

Vodna bilanca

Pojam – elementi - veze

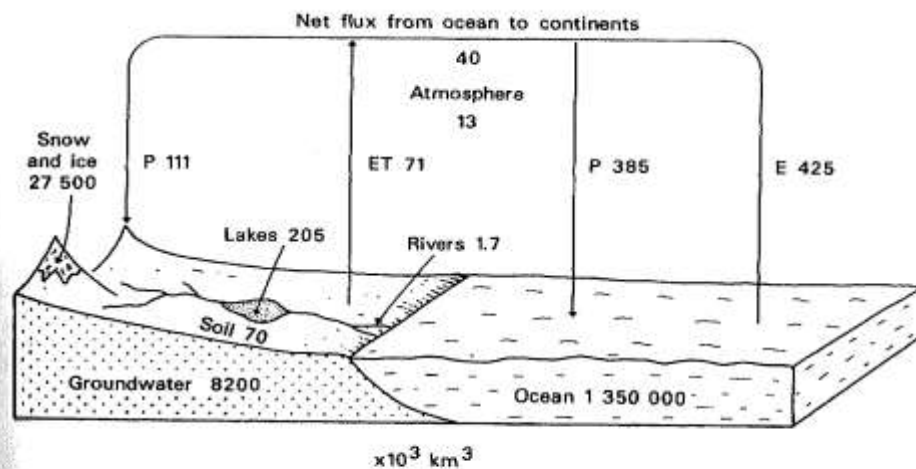
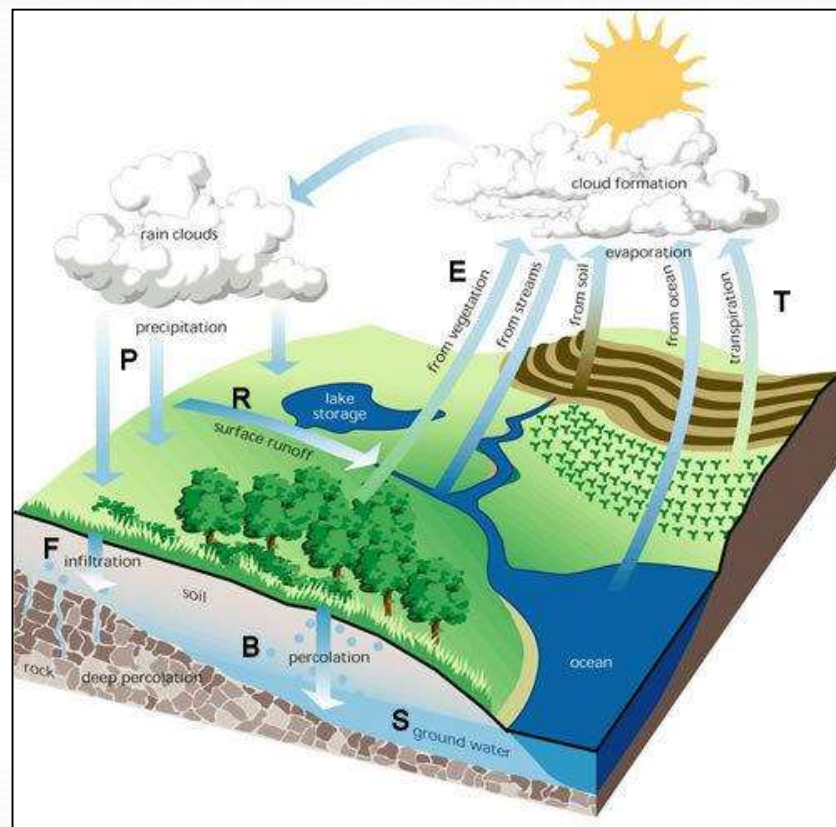


Figure 2.1 The global hydrological cycle

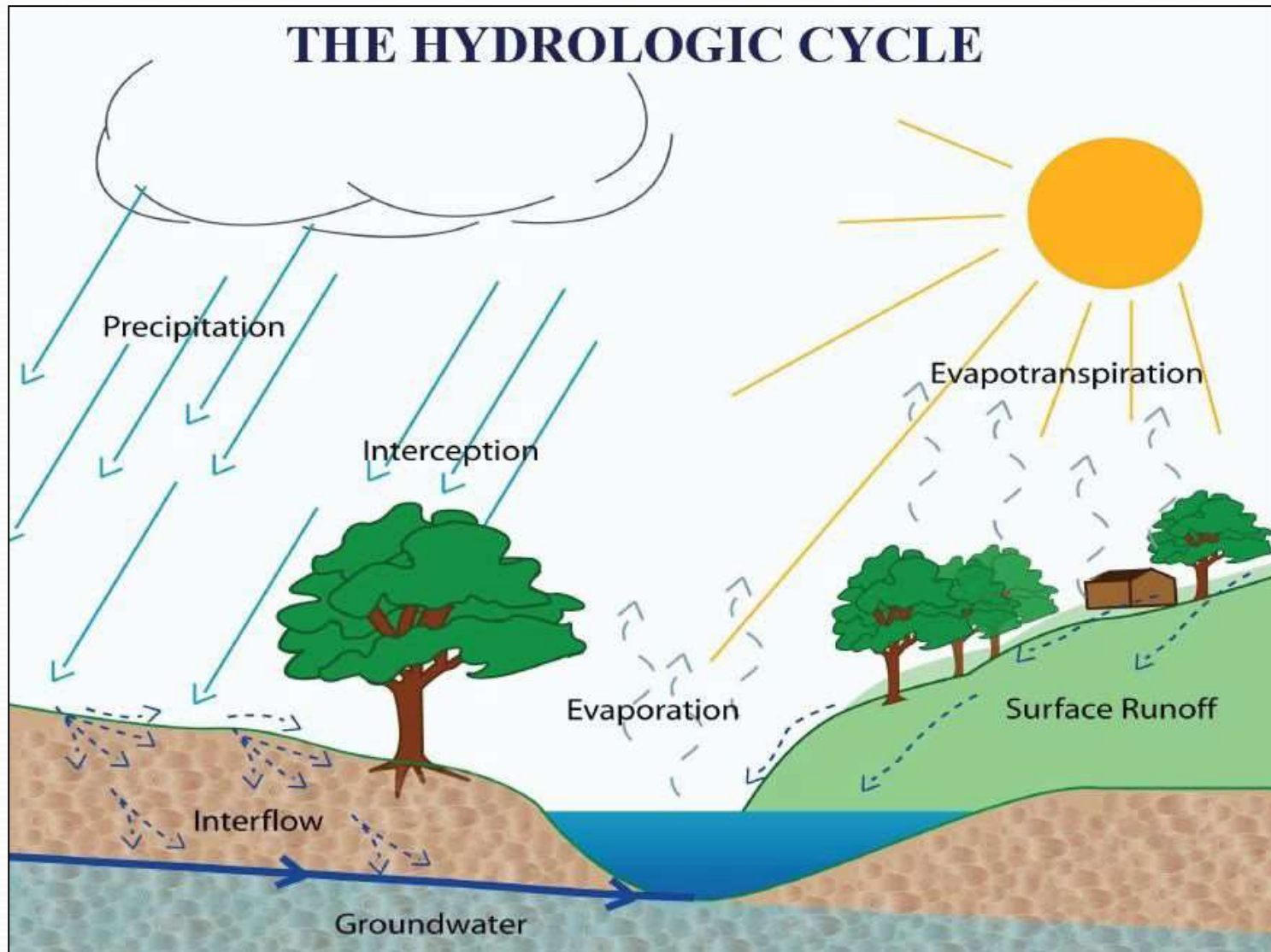
Izvor: Jones, 1997.



Izvor: <http://earth.boisestate.edu>

Kruženje vode u prirodi

- hidrološki ciklus



Kruženje vode u prirodi

- hidrološki ciklus

Faze (komponente):

Evaporacija (evapotranspiracija)

Kondenzacija

Padanje

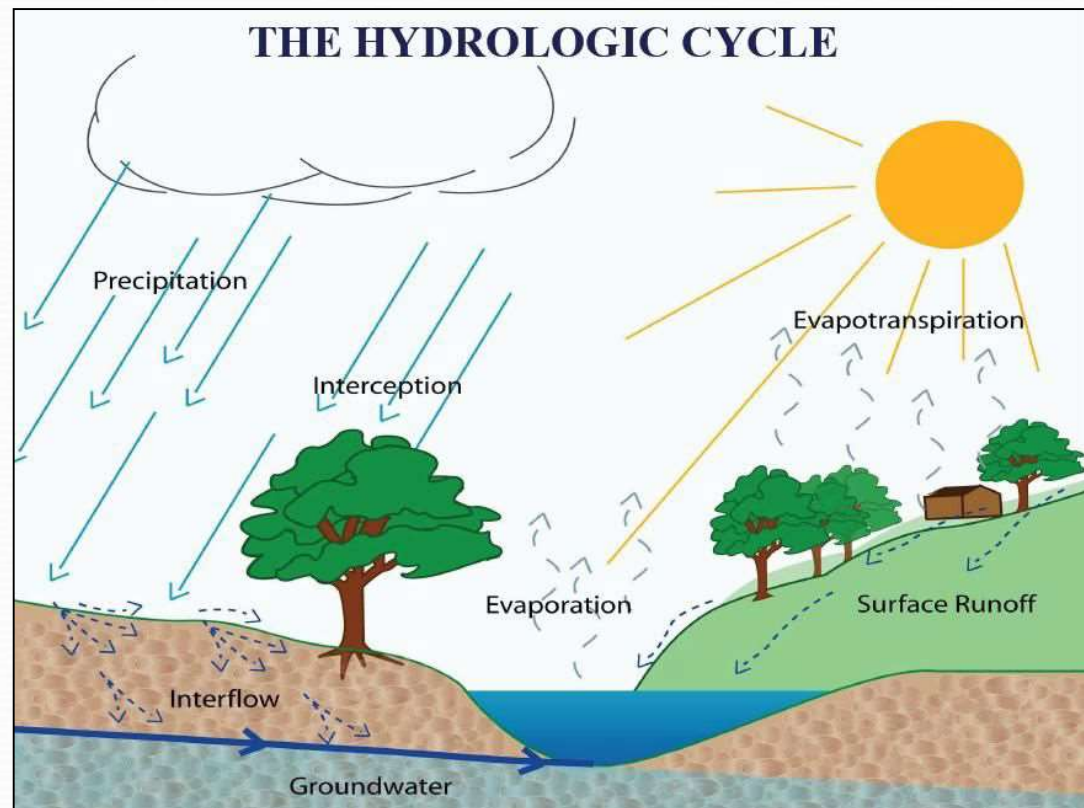
Intercepcija (presretanje)

Infiltracija (tlo)

Perkolacija (stijene)

Otjecanje

Zadržavanje (spremanje)



Vodna bilanca

U najširem smislu podrazumijeva analizu, određivanje i uspoređivanje kvantitativnih pokazatelja prihoda, rashoda i promjena zaliha vlage (vode) na utvrđenom ograničenom prostoru za unaprijed zadano vremensko razdoblje.

Opća formula:

Q (protok) = P (padaline) - E (evapotranspiracija) +/- ΔV (ΔS) (promjena volumena vode u promatranom vremenu i prostoru)

Ili slična složenija:

$$P = Q + ET + U \pm \Delta S_s \pm \Delta S_g + I$$

dodatne komponente:

U – podzemno otjecanje

ΔS_s – promjene vlažnosti tla

ΔS_g – promjene vode temeljnice

I – intercepcija

Padaline/oborina

Bonacci, O.,1994: Oborine: glavna ulazna veličina u hidrološki ciklus, Sveučilište u ST i OS

Mjerenje u točkama - kišomjer (totalizator), pluviograf (ombrograf)

Problemi - ovisno o vrsti mjernog instrumenta - kiša, snijeg, oblaci i magla (pr. Zavižan - sr.god. $P = 1919\text{mm}$; s mrežicom 3960mm)
- položaju stanice i sl.

Gdje dobiti podatke?

Budući da se radi o mjerenjima u točki potrebno je za izračun vodne bilance nekoga područja podatke interpolirati → desetak metoda - danas uglavnom na računalima različitim statističko-računalnim metodama.

Procjena količine padalina u poriječju:

1) Metoda aritmetičke sredine

- uvjeti: gusta mreža mjernih stanica, mala reljefna raščlanjenost

2) Metoda izohijeta

- subjektivna, ovisi u velikoj mjeri o iskustvu

3) Metoda Thiessenovih poligona

- daje se težinski koeficijent svakoj stanici s obzirom na dio površine poriječja koju predstavlja → smatra se pouzdanom, ako se ne radi o planinskim poriječjima

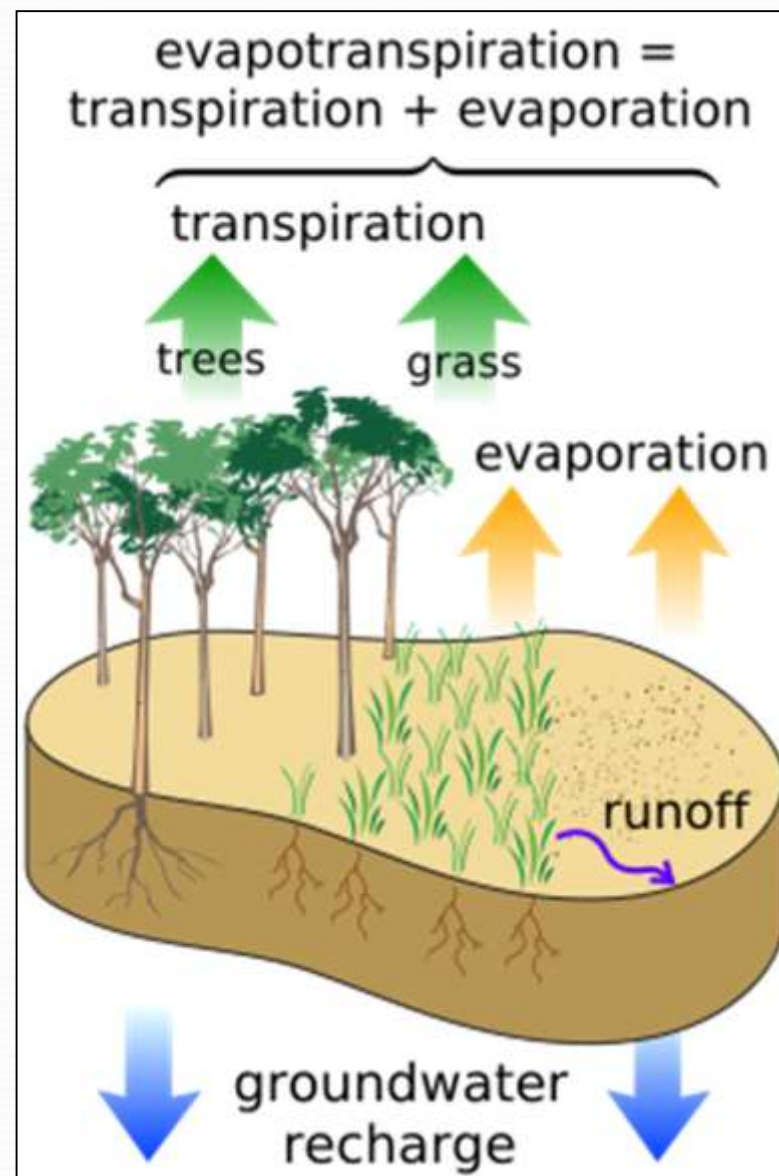
ltd.

Računalne:

- IDW, (co)kriging, spline i dr. koje ponajviše ovise o gustoći mjernih stanica i visinskim razlikama promatranog prostora

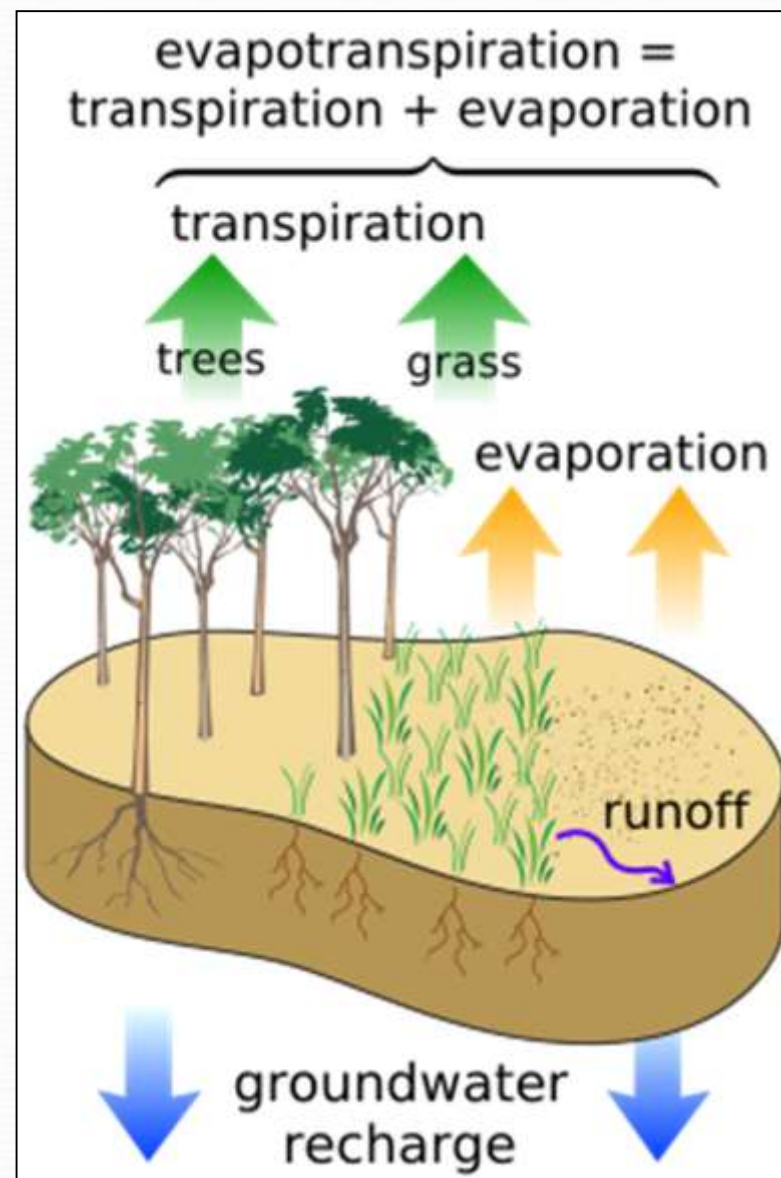
Evapotranspiracija

- Oko 90% vode u atmosferi dolazi od evaporacije
- Ostalih 10% od transpiracije



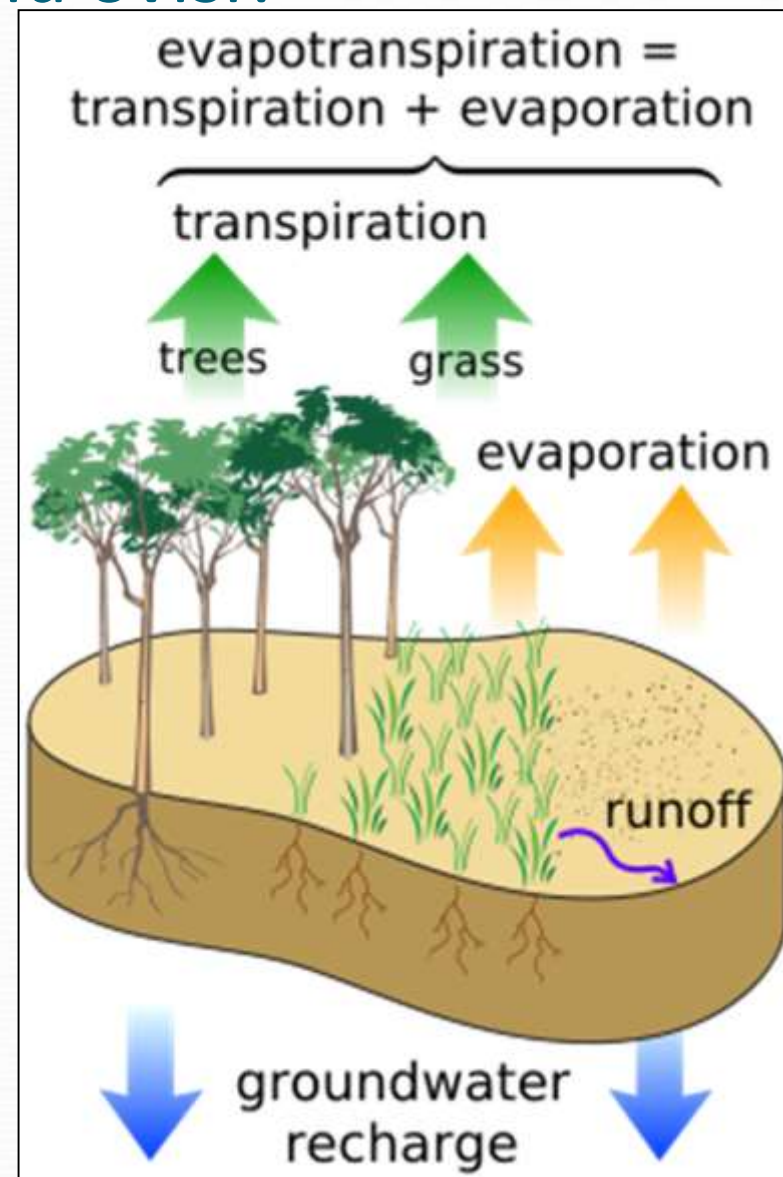
Evapotranspiracija

- Stvarna ili realna (ET)
= $P - Q$
- još se naziva i deficit otjecanja
- Moguća ili potencijalna (PET)
= maksimalna moguća s
obzirom na uvjete - koje?



Evapotranspiracija - o čemu ovisi?

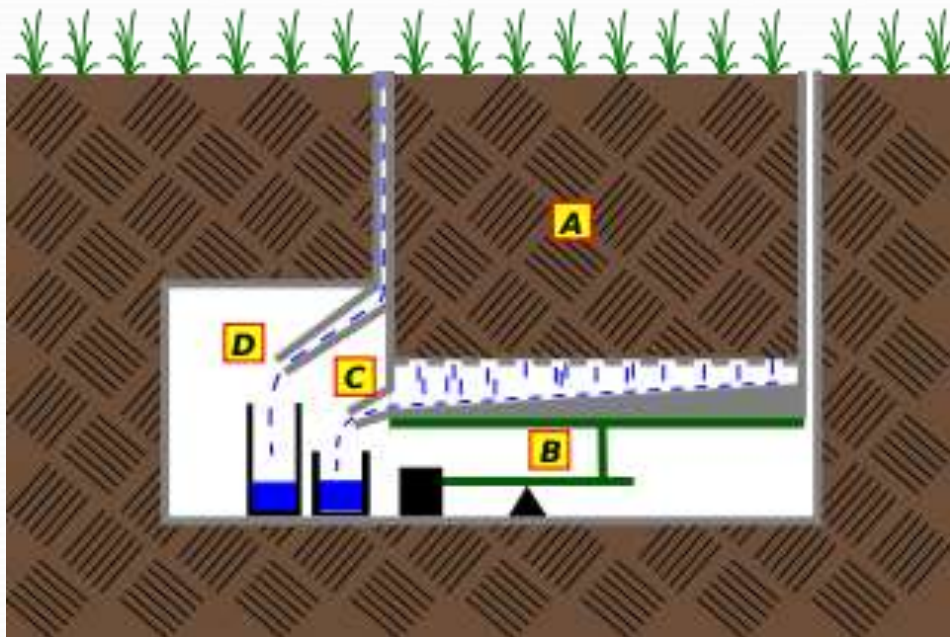
- Temperatura zraka, vjetar, deficit vlažnosti zraka, tlak zraka, intenzitet Sunčevog sijanja
- Temperatura vode, kemijska obilježja vode
- Obilježja površine s koje voda isparava
- Vrsta vegetacije



Evapotranspiracija

- Kako se mjeri?

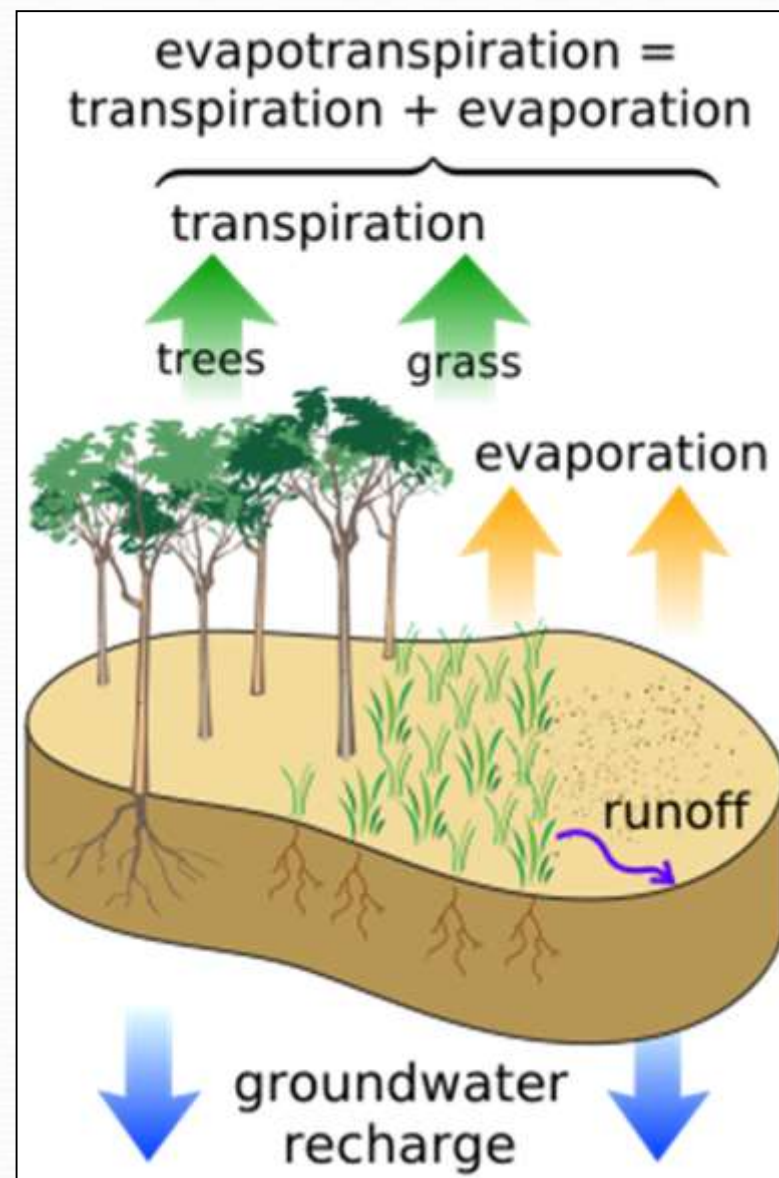
Isparitelj ili evaporimetar za evaporaciju



Lizimeter za evapotranspiraciju

Evapotranspiracija

- U praksi često procjena na temelju klimatskih elemenata
→ formule:
- Meyer (1912.) - za evapor.
- Turc(1953.) - za realnu ET
- Thornthwaite (1944.,1954.)
- Pennman (1948.)
- Pennman-Montheit



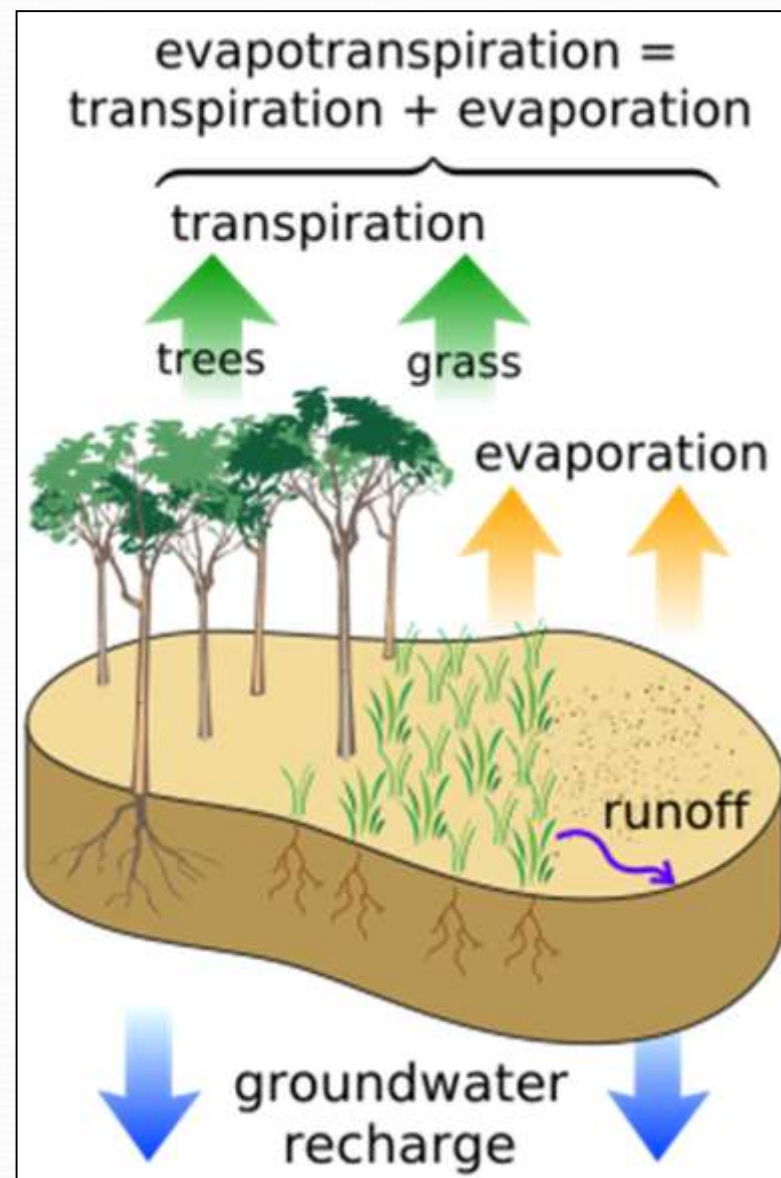
Evapotranspiracija

Thornthwaite (1944.,1954.)

- na temelju sr. T i g.š.
- za mjesečne vrijednosti PET
- samo za vlažne umjerene šir.

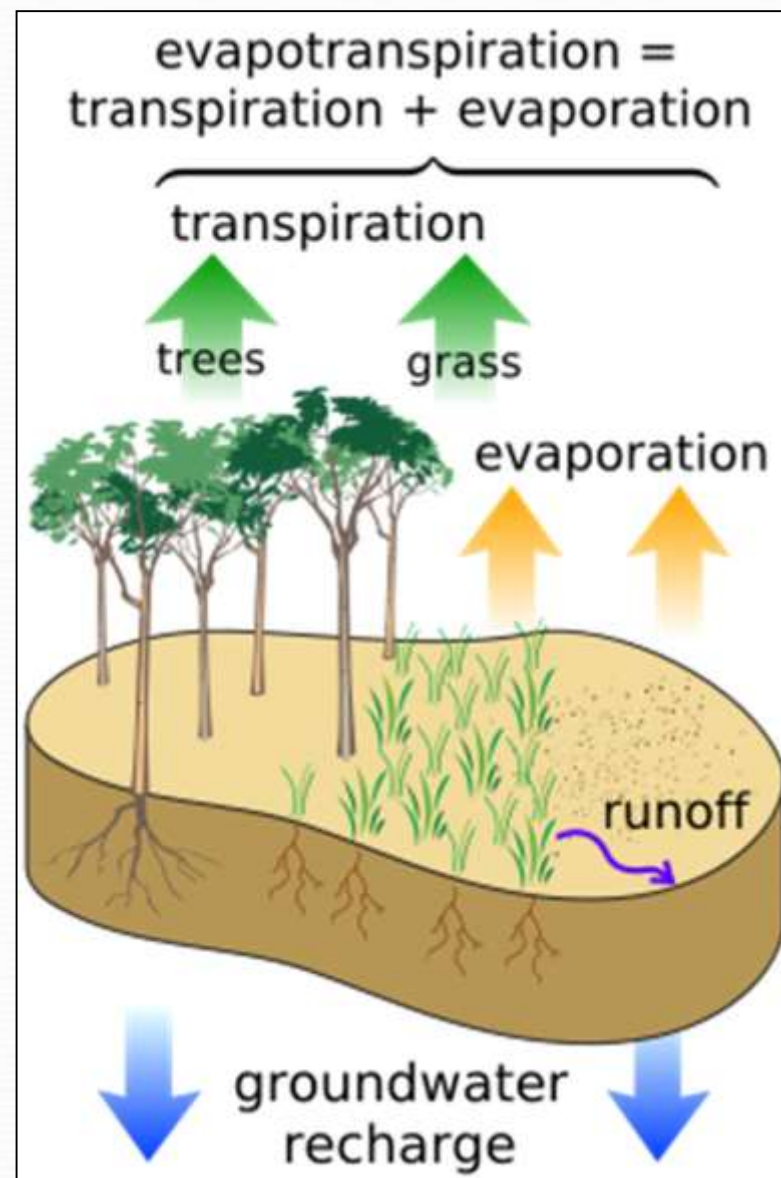
Penman (1948.)

- složena formula na temelju 4 parametra: radijacija, brzina vjetra, vlažnost i T zraka
- za manje intervale (dan, sat) - **najviše korištena u hidrologiji**
- Penman-Montheit - vjerojatno najbolja do sada – službena FAO



Evapotranspiracija

- FAO - referentne vrijednosti za pojedinu vrstu vegetacije
- ETo Calculator za izračun
<http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/eto-calculator/en/>
- daljinska istraživanja (vodena para je staklenički plin)
+ modeliranje
→ za veća područja



Evapotranspiracija - daljinska istraživanja

- Kada voda isparava s površine ta površina gubi energiju i hladi se. To se hlađenje može uočiti iz satelita - infracrveno zračenje Zemlje pomoću kojega uočavamo toplije i hladnije dijelove.

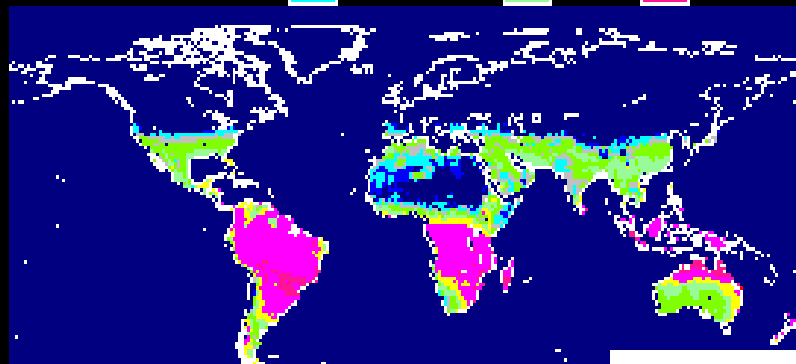
Monthly Actual Evapotranspiration (mm in Unit)

0 (mm) 10 100 270

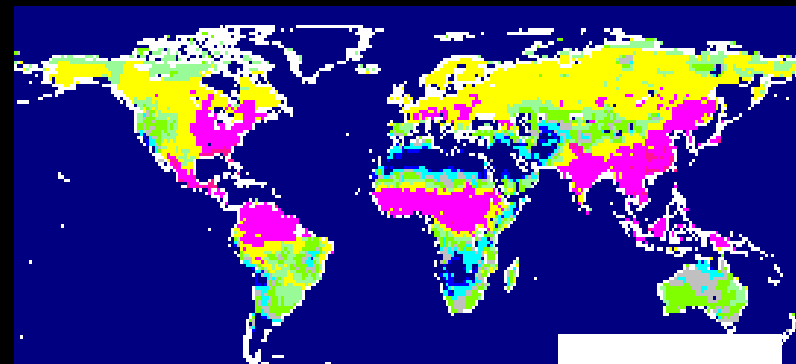
1 25 150

5 50 200

Origin : Prof. Tateishi (Chiba University)

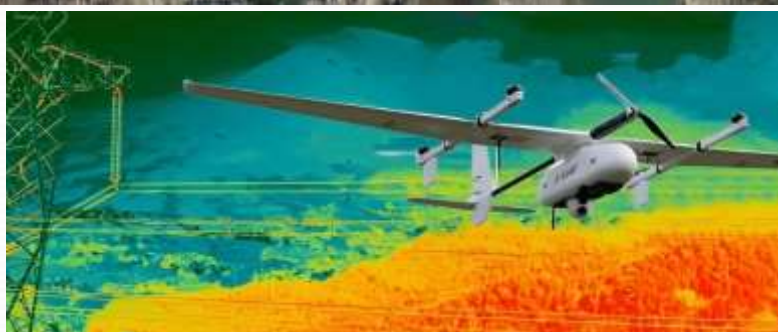
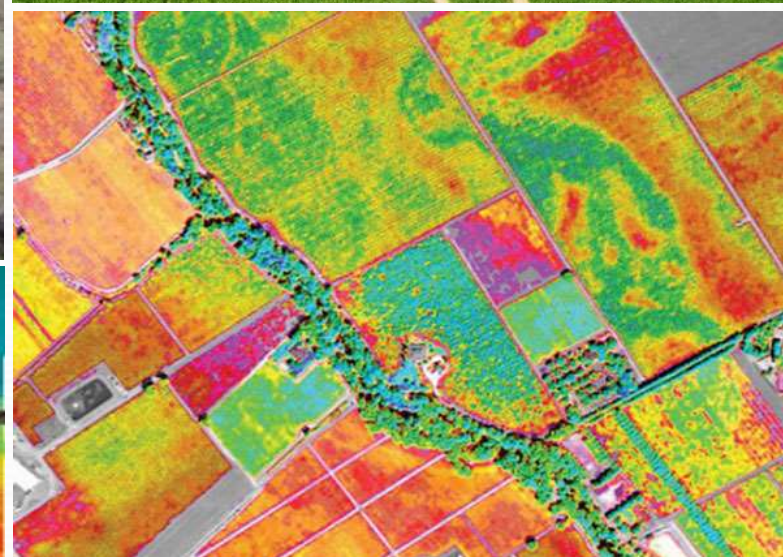


winter



summer

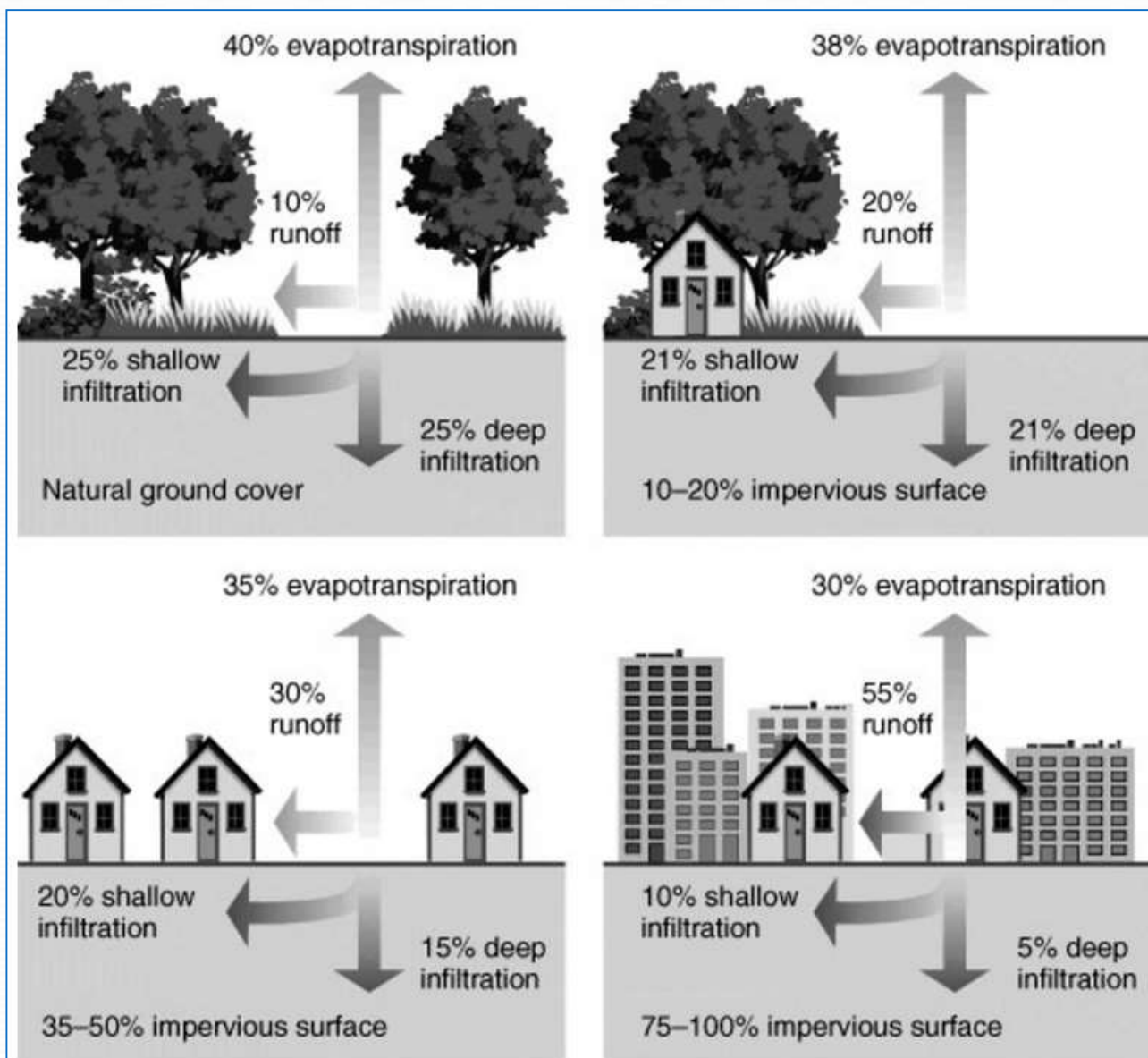
UAV – termalne kamere



Izvor: <https://www.jouav.com/blog/thermal-drone.html>

Izvor: <https://www.uaslogic.com/>

Evapotranspiracija



Općenito je pravilo da vegetacija smanjuje protok → što je manje vegetacije otjecanje će biti obilnije i brže

Evapotranspiracija

<https://www.youtube.com/watch?v=U4rzLhz4HHk>

- vrijednosti ET u istim vremenskim uvjetima (temperatura, vjetar) **za šumu su do tri puta veće** od pašnjaka

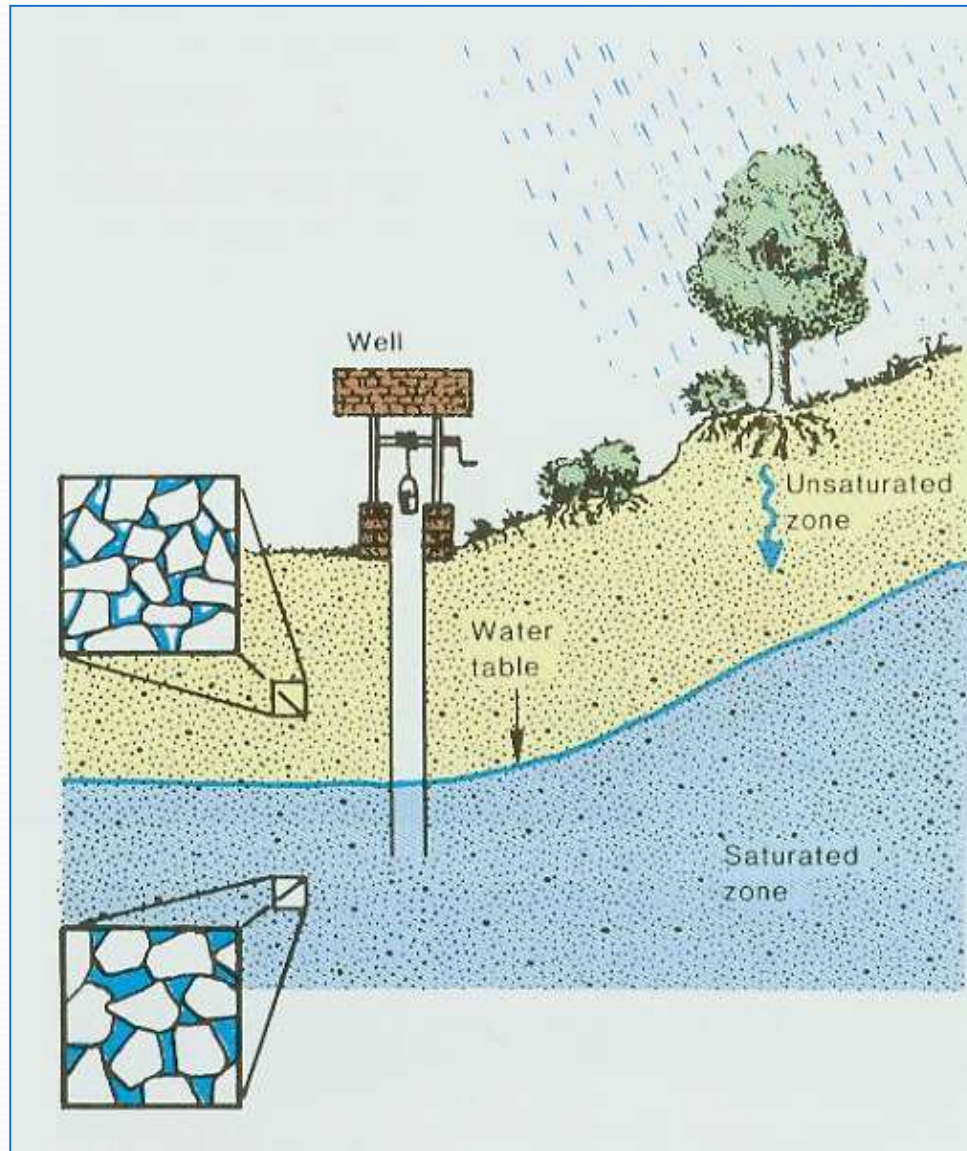
- vrijednosti ET crnogoričnog drveće u karakteristikama varira tijekom godine, ali vegetacijskom razdoblju ima znatno veću ukupnu lisnu površinu i veće vrijednosti intercepcije i ET.

- crnogorično drveće ima značajne vrijednosti intercepcije tijekom hladne godine (posebice ukoliko se radi o snijegu), ali su vrijednosti ET zbog drugih uvjeta zimi manje

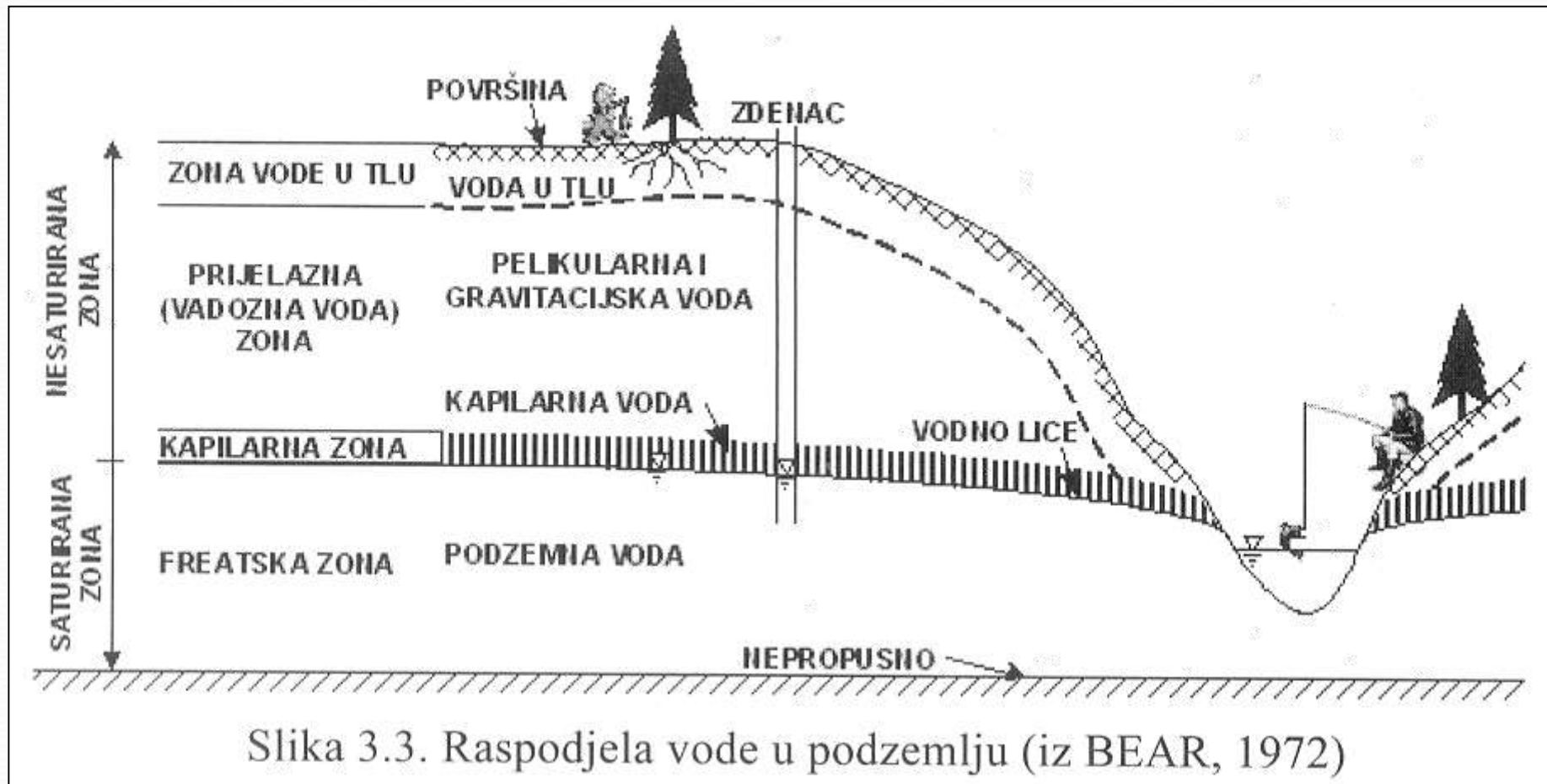
- ostali faktori uključuju intenzitet i trajanje padavina. E najveći su kod dugotrajnih slabijih kišnih padalina, a padalina (snijeg je podložniji intercepciji, ali je evaporacija snijega mnogo manja) i brzinu vjetra

Gdje pronaći podatke o vrijednostima E i ET?

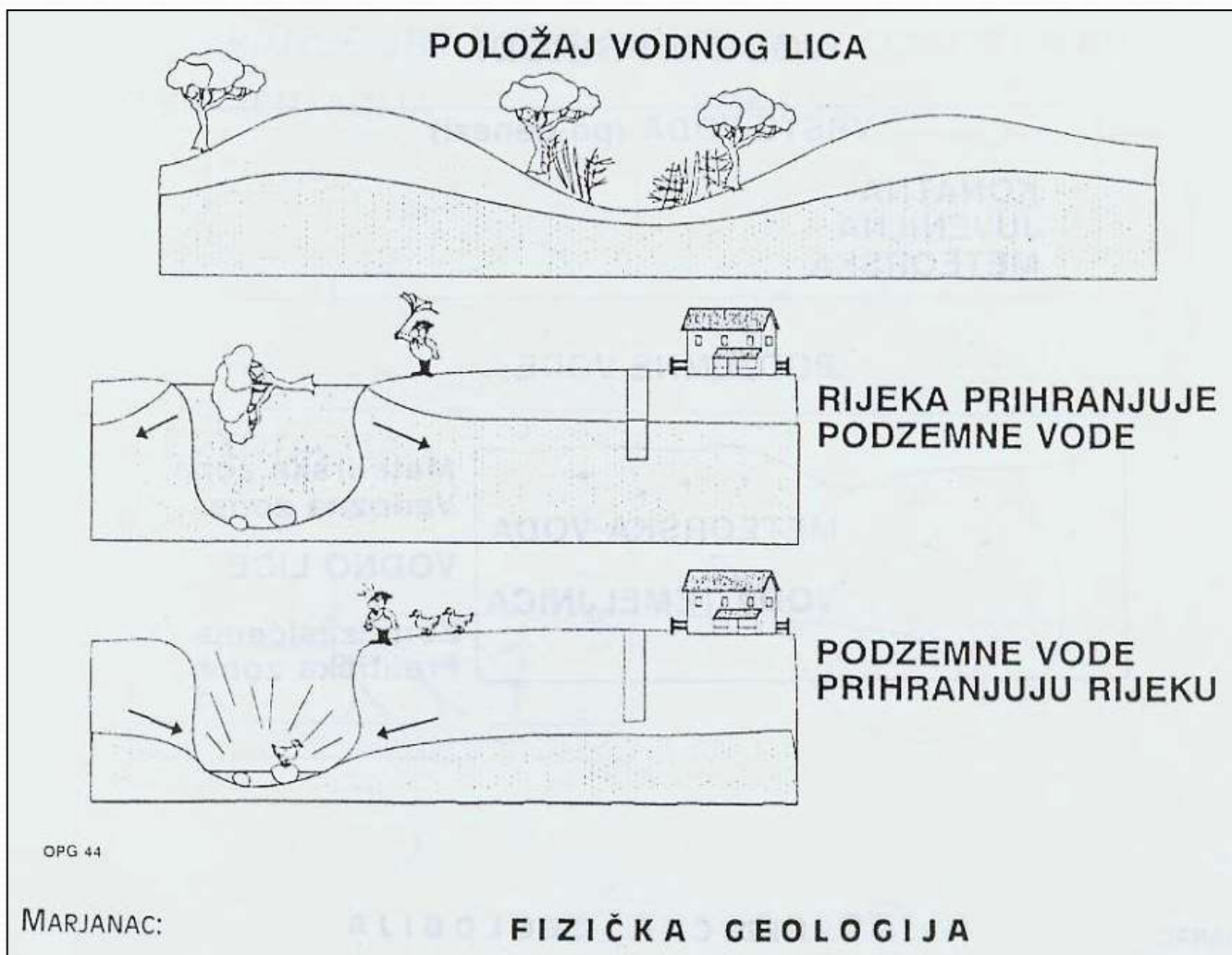
Procjeđivanje i podzemno otjecanje



Procjeđivanje i podzemno otjecanje

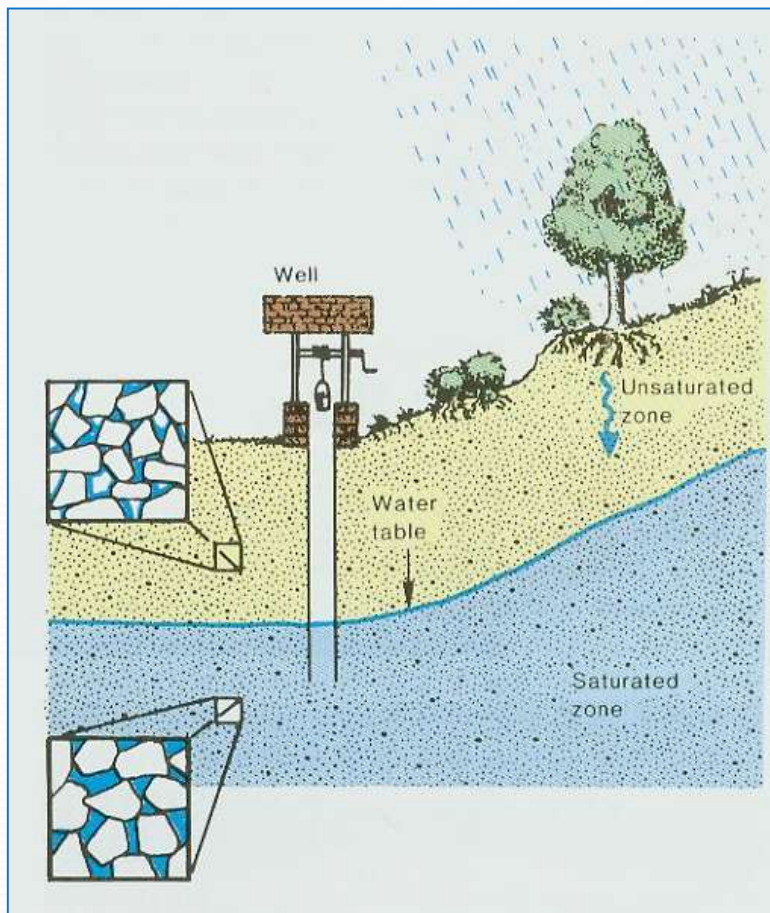


Procjeđivanje i podzemno otjecanje



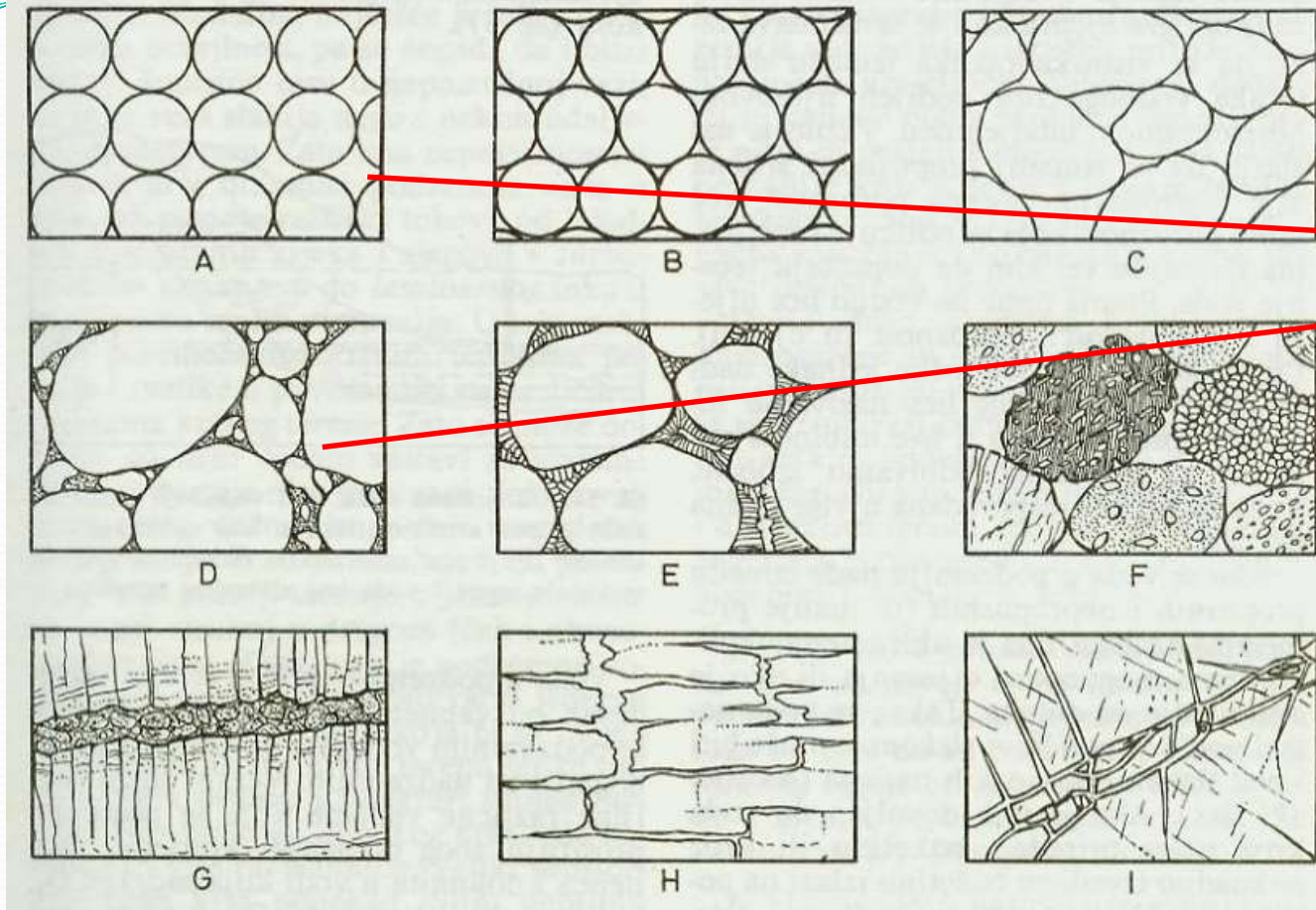
- vodno lice prati reljef, ali s manjom amplitudom
- povezano s rijekama i jezerima (oprez u kršu!)

Procjeđivanje i podzemno otjecanje



- mjerenje piezometrom
- po potrebi i za mjerenje T vode i uzimanje uzoraka vode za analizu njezine kvalitete

Podzemno otjecanje - POROZNOST



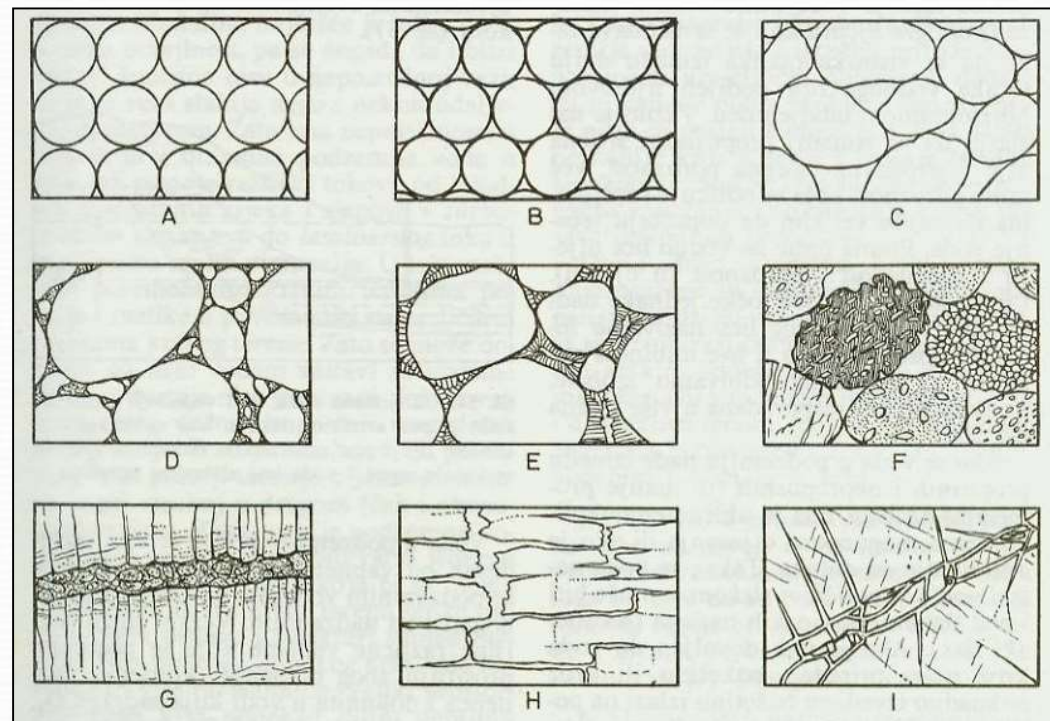
sortiranost!

Izvor: Herak, 1990

TIPOVI POROZNOSTI; PRIMARNA: A,B - utjecaj položaja zrna, C - utjecaj oblika i veličine zrna, D - utjecaj granulometrijskog sastava i rasporeda zrna različite veličine, E - utjecaj cementacije, F - poroznost zrna, G - porozna zrna između tokova lave; SEKUNDARNA: H - sekundarna poroznost zbog korozivnog proširenja primarnih pukotina (solucijski), I - pukotinska poroznost

Podzemno otjecanje - POROZNOST

- Tipični rasponi poroznosti nekih sedimentnih stijena:
 - Pješčenjaci: 10-40 %
 - Vapnenci, dolomiti: 2-25 %
 - Gline: 20-90 %
- Procjena poroznosti:
 - Vrlo mala: < 5 %
 - Mala: 5 - 10 %
 - Velika 10 - 20 %
 - Vrlo velika > 20 %



Podzemno otjecanje - PROPUSNOST

- = “protočnost” stijene, odnosno lakoća kojom se fluid kreće kroz stijenu
 - → povezane šupljine
 - → ne ovisi samo o poroznosti
 - → mjeri se u DARCY - nije SI; i mD
- 1 Darcy - jako propusno (pijesak); deseci mili Darcy-a - mala propusnost
- → u SI koeficijent filtracije (hidraulička vodljivost) k :
- Slabo: $<10^{-9}$ m/s; srednje propusna: 10^{-9} - 10^{-5} ;
Dobro propusna: $>10^{-5}$ m/s

Podzemno otjecanje - PROPUSNOST

Slabo propusna: $<10^{-9}$ m/s;

Srednje propusna: 10^{-9} - 10^{-5} ;

Dobro propusna: $>10^{-5}$

- voda u podzemlju - u propusnim stijenama koje imaju veliku poroznost
- npr. glina - velika poroznost (10 - 90%) - nepropusna na vodu

Podzemno otjecanje - PROPUSNOST

- - slabo propusne stijene (nepropusne stijene) - izolatori, AKVIKLUDE (ne propušta zamjetnu količinu vode)
- - srednje propusne stijene - voda se ne može crpiti pomoću zdenca (npr. glinovito-prašinaste naslage); kroz njih se voda može procjeđivati iz jednog vodonosnog sloja u drugi)
- - dobro propusne stijene - vodonosnici - AKVIFERI (voda se kreće kroz stijenu s lakoćom u smislu dotoka vode u zdenac za potrebe vodoopskrbe)

Površinsko otjecanje

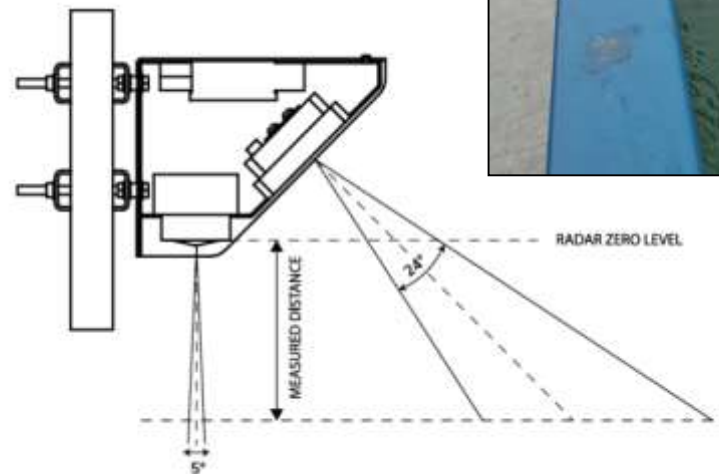
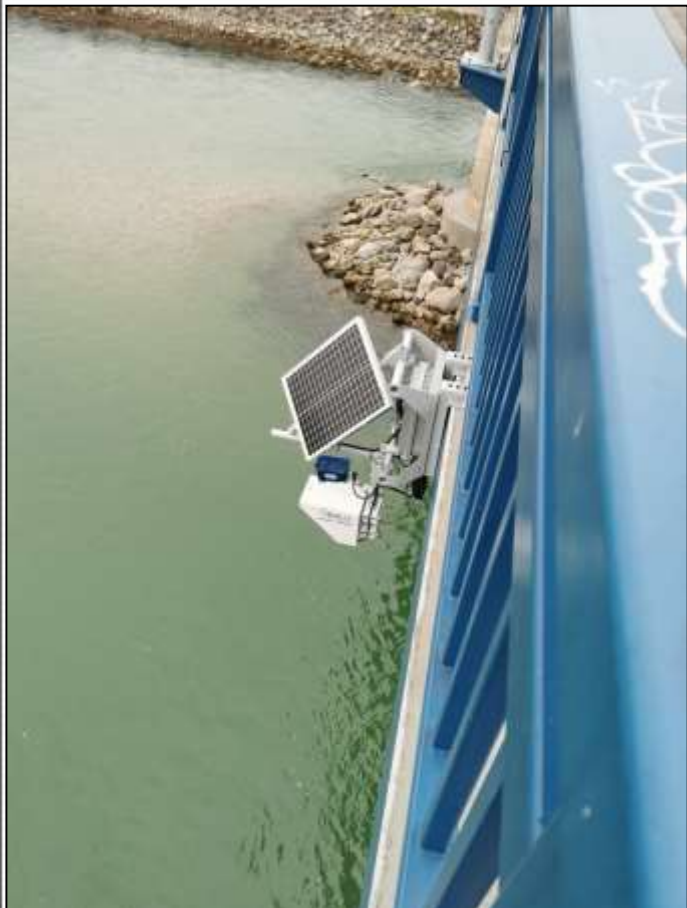
Vodostaj (V)

- visina vode iznad (od) nulte točke (kote „0“) u rijeci, jezeru, močvari; mjerna jedinica centimetar (cm)
- mjerenje na vodomjernim stanicama pomoću letve ili limnigrafa (nivografa) (fotke) - automatiziran, mjeri stalno

Protok (Q)

- količina vode što prolazi kroz poprečni presjek vodotoka u jedinici vremena; mjerna jedinica m^3/s ili l/s
- $Q = S$ (površina mokrog profila) • v (srednja brzina tečenja)
- Protočna krivulja, krivulja protoka ili konsumpcijska krivulja!

Uređaji za mjerenje



Površinsko otjecanje

- **Specifično otjecanje**

q = količina vode koja otječe s površine poriječja u jedinici vremena

→ također *specifični dotok*

→ $q = Q/F = L \cdot s^{-1} \text{ km}^{-2}$ ili $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$

→ razlikujemo prosječno i ekstremno (maksimalno i minimalno) specifično otjecanje

- Važna hidroveličina jer omogućava usporedbu otjecanja vode poriječja različitih površina, usporedbu i analizu otjecanja u različitim profilima na tekućici te analizu u različitim hidrološkim uvjetima.
- krivulja specifičnog otjecanja tekućice