

ZÁKLADY HYDROGEOLOGIE

I. PŘEDNÁŠKA

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Schwartz, F. W. – Zhang, H. (2003): Fundamentals of ground water. John Wiley and Sons, Inc.

Šráček, O. – Kučovsky, T. (2003): Základy hydrogeologie . Skripta PfF MU v Brně.

Domenico, P. A. – Schwartz, F. W. (2000): Physical and Chemical Hydrogeology. John Wiley and Sons, Inc.

Fetter, C.W. (1994): Applied Hydrogeology, 3rd Edition, Prentice Hall, New York.

Freeze, R. A. – Cherry, J. A. (1979): Groundwater. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

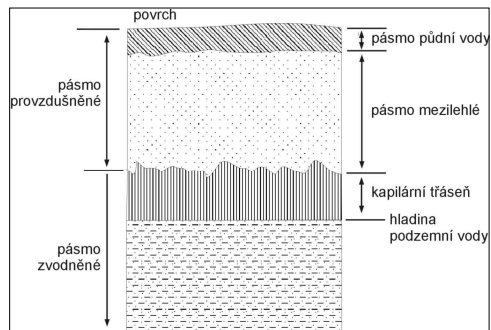
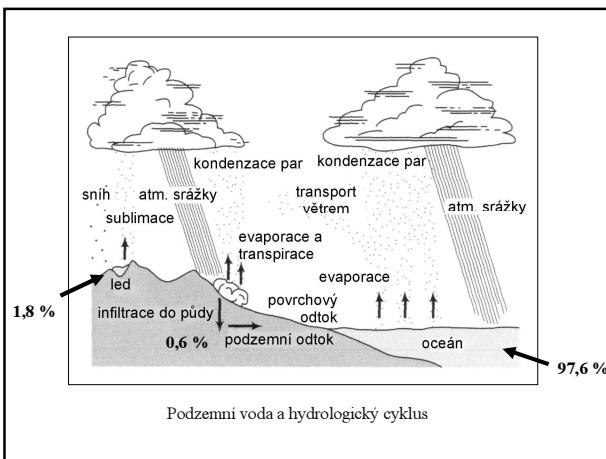
Šilar, J. – Pačes, T. – Dovolil, M. – Sarga, K. (1983): Všeobecná hydrogeologie, SPN Praha.

Šilar, J. (1996): Hydrologie v životním prostředí, učební texty projektu PHARE, UJEP Ústí nad Labem.

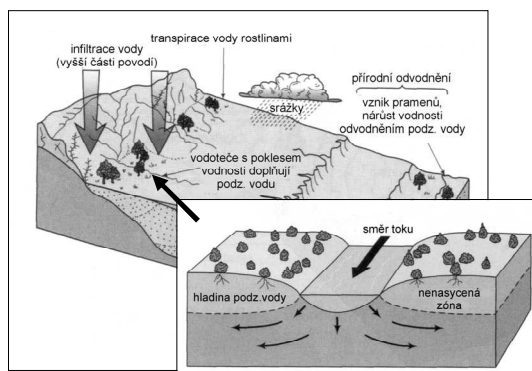
POZICE HYDROGEOLOGIE MEZI OSTATNÍMI VĚDAMI

interdisciplinární věda

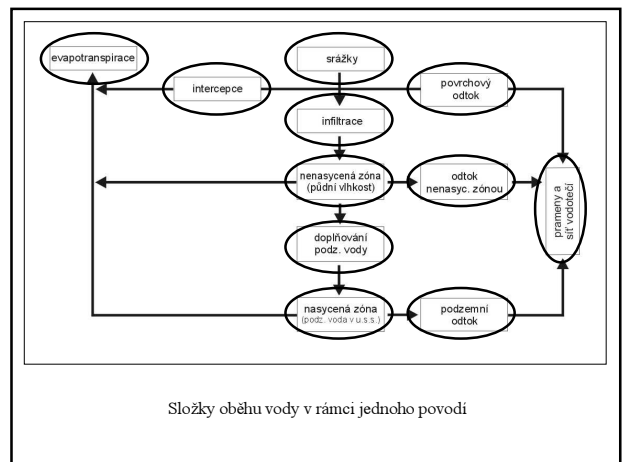
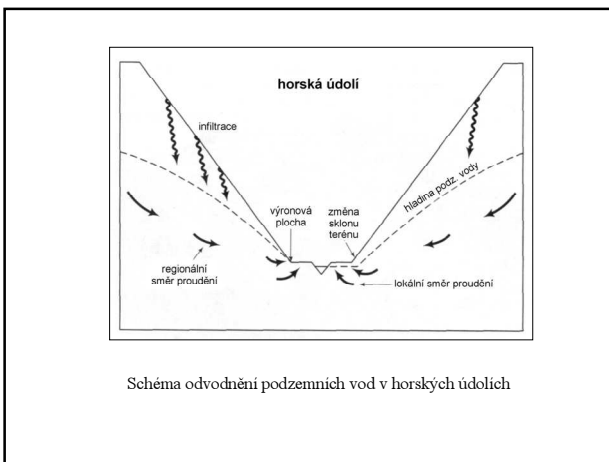
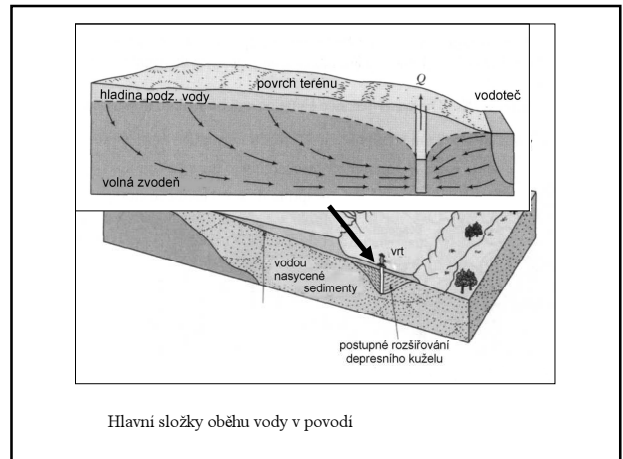
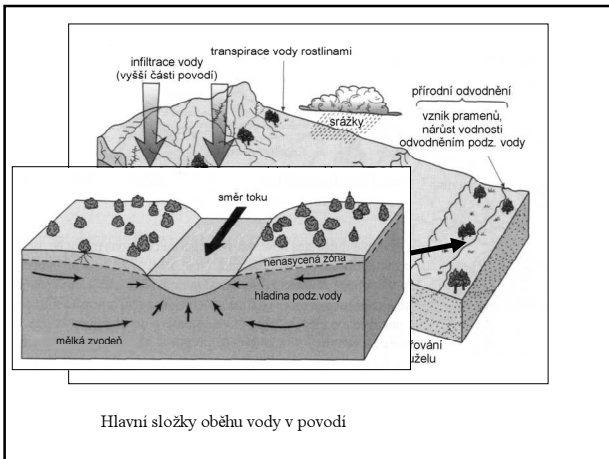
- geologie
- hydrologie
- matematika
- chemie
- fyzika



zóny výskytu podzemní vody



Hlavní složky oběhu vody v povodí



HYDROLOGICKÁ BILANCE

1. v rámci jednoho povodí

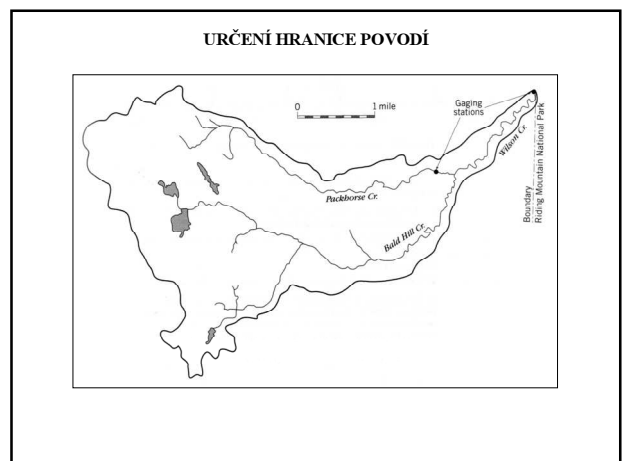
VSTUPY (+)	VÝSTUPY (-)
- atm. srážky (<i>P</i>)	- povrchový odtok (<i>PO</i>)
infiltrace (<i>I</i>)	- podzemní (bazální) odtok (<i>D</i>)
	- hypodermický odtok (<i>HO</i>)
	- evaporace + transpirace (<i>ET</i>)

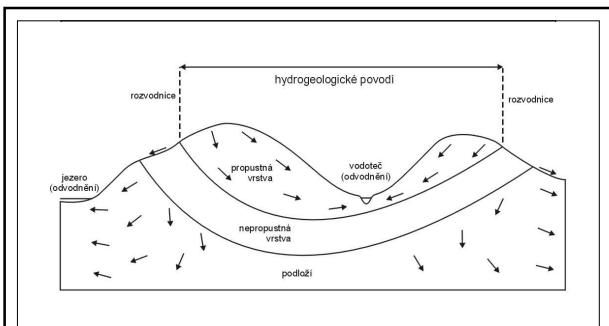
2. v rámci více povodí

musíme navíc uvažovat i přítok vody (podzemní a povrchový) z jiných povodí

další VSTUPY (+)

- povrchový přítok (*PP*)
- podzemní přítok (*DP*)





rozvodni – směry proudění podzemní vody jsou na ně kolmé (mapy)
rozvodnice – různých řádů (I, II, ...), zásady konstrukce rozvodnic
povodi – různé řady (I, II, ...)

ROVNICE HYDROLOGICKÉ BILANCE

zhodnocení vstupů a výstupů v různé velkých posuzovaných regionech

- globální měřítko – množství vody je víceméně konstantní
- lokální měřítko – hydrogeologické struktury, povodi, rajóny

základní rovnice

$$vstup - výstup = změna v zásobách$$

obecná rovnice pro pevniny

$$P - E - T - PO - D - HO (+ DP) = \Delta S$$

zjednodušení rovnice – zanedbání změn zásob

$$P = ET + PO + I$$

určení infiltrace – přímé určení infiltrace je prakticky nemožné

$$I = P - ET - PO$$

detailní rovnice v měřítku hydrogeologické struktury (pouze pro bilanci podzemní vody)

$$D + Qi - T - Qo = \Delta S$$

antropogenní zásahy – vstupuje další člen rovnice – čerpané množství ($\pm Qč$)

$$D + Qi - T - Qo \pm Qč = \Delta S$$

sestavení konkrétní bilanční rovnice

- vždy podle požadavků výpočtu
- může obsahovat navíc i členy podzemního a povrchového přítoku
- nejčastěji pro období jednoho hydrologického roku (1.11. – 30.10.)
- v období jednoho hydrologického roku se často pro zjednodušení zanedbává změna zásob podzemních vod

vlastní výpočet bilanční rovnice

- hodnoty jednotlivých členů se vyjadřují v mm vodního sloupce
- v případě výpočtů pro povodi se obvykle členy vyjadřují v m^2 (plocha povodi v m^2 násobená hodnotou členu vyjádřenou v mm vodního sloupce)

URČENÍ JEDNOTLIVÝCH ČLENŮ BILANČNÍ ROVNICE

SRÁŽKY

základní a nejvýznamnější vstupní člen bilanční rovnice

kapalné skupenství (déšť)

- srážkoměry - kalibrované nádoby minimalizující odpar
- měření za určité období (24 hodin) nebo kontinuálně

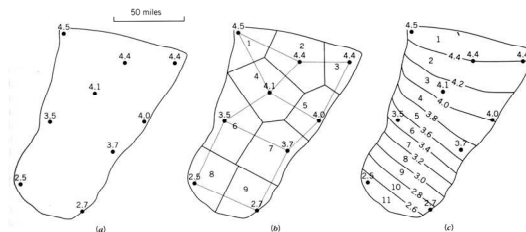
pevné skupenství (sněh)

- měření měnou latí nebo pomocí radionuklidů
- přepočten na ekvivalent vodního sloupce

reprezentativní data

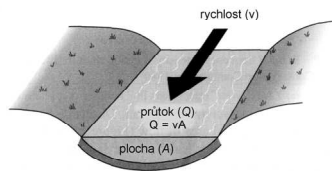
- dlouhodobé řady pozorování
- malá hustota měřících stanic – interpolace dat:

- aritmetický průměr
- Thiessenovy polygony
- izohyety



- perspektivní metoda – radar – nejpřesnější detailní informace i o intenzitě srážek

POVRCHOVÝ ODTOK A PŘÍTOK
(měření průtoků ve vodotečích)

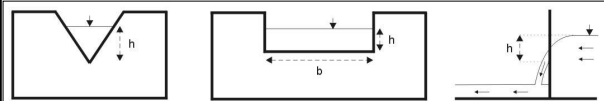


zásady měření

- nutné zaznamenat změny v průtocích ve vodních tocích
- měření vždy před ústím do dalšího vodního toku případně častěji

způsoby měření průtoků

1. objemové měření
 - malé vodní toky
 - použití kalibrované nádoby o známém objemu a stopek
2. měrné přepady (přelivy)
 - trvale instalované nebo přenosné
 - použití až do průtoků v desítkách l/s
 - řada typů podle geometrie výřezu



Thomsonův - trojúhelníkový tvar - $Q = 2,362 \cdot \mu \cdot h^{5/2} \dots (\mu = 0,62)$

Ponceletův - obdélníkový tvar - $Q = 2/3 \cdot \mu \cdot b (2g)^{1/2} \cdot h^{3/2}$

3. použití stopovačů

konzervativní stopovač – roztok sloučeniny, která se nerozpadá a nesorbuje
použití u menších toků s kamenitým dnem

po určité vzdálenosti měříme koncentrace v měrném profilu (rozředění)

- směšovací metoda – do vodního toku přidáváme roztok stopovače s konstantní koncentrací při konstantní vydatnosti

$$Q = \frac{(C_1 - C_2)}{(C_2 - C_0)} \cdot Q_1$$

C_1 ... koncentrace dávkovaného stopovače
 C_2 ... koncentrace v měrném profilu
 C_0 ... pozad'ová koncentrace
 Q_1 ... dávkovaný průtok roztoku stopovače

- integrační metoda – jednorázové přidání známého objemu roztoku stopovače

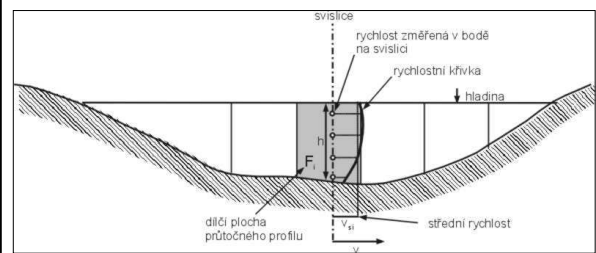
$$Q = \frac{V \cdot C_1}{t(C_2 - C_0)}$$

4. hydrometrování

použití u větších vodních toků

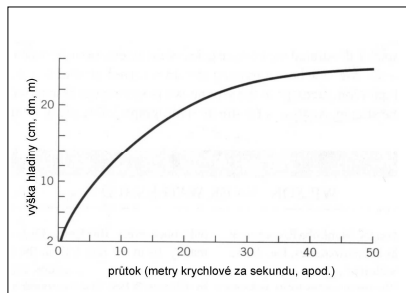
nejčastěji vybudování stálých měrných profilů

- použití tzv. *hydrometrické vrtule (křídla)*
- měří se rychlost proudění – přímo úměrná otáčkám vrtule ... $v = a + b \cdot n$



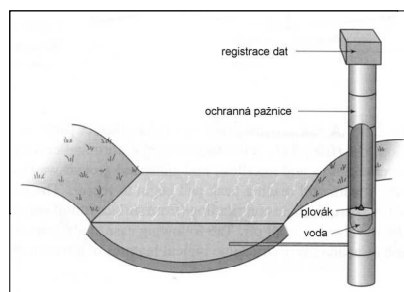
jednotlivé průtoky odpovídají jednotlivým stavům hladin
(při konstantní geometrii průtočné plochy – koryta)

konzumpční křivka – vyjadřuje závislost průtoku na výšce hladiny



orientační metoda – unášecí účinek proudu – splývající tělíska

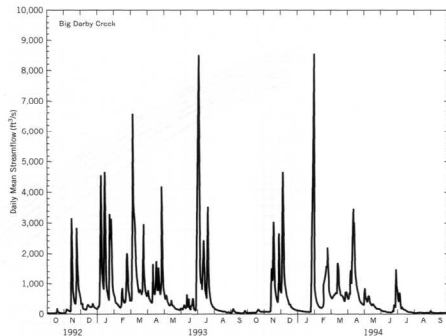
měření výšky (stavu) hladiny



průběžně – limnigraf

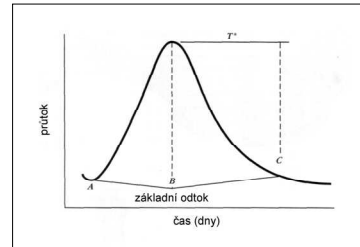
hydrogram

- chronologický záznam průtoku v profilu
- $Q \dots f(t)$



separace hydrogramu

- vodoteče odvodňují o podzemní vodu
- v hydrogramu je současně zachycen povrchový i podzemní odtok
- velké výkyvy v závislosti na srážkách



EVAPORACE + TRANSPIRACE

- evaporace - souborný výpar z otevřené hladiny (jezera, řeky, půda)
- transpirace - spotřeba vody vegetacním pokryvem

potenciální evapotranspirace (PET)

- vždy je spíše nadhodnocená – uvažuje neomezené množství vody pro výpar
- není v průběhu roku stejná – f (teplota, vlhkost vzduchu, vegetace)
- převyšuje skutečnou evapotranspiraci (AET) – dopočítání (obtížné se stanovení)

způsoby stanovení PET

1. půdní lyzimetry – válcovité nádoby zapuštěné v zemi
– vážením se sleduje PET (event. i AET)

2. empirické vzorce:

- Penmannův
- Turcovův
- Thornthwaitův

Thornthwaitův vzorec

$$PET = 16,2 \left(\frac{10 \cdot T_{ai}}{I} \right)^a \cdot F(\lambda) \quad [\text{mm/měsíc}]$$

T_{ai} ... průměrná měsíční teplota vzduchu

I ... roční termický index (součet měsíčních indexů i)

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_{ai}}{5} \right)^{1,5}$$

$$a = 0,492 + 0,0179 \cdot I - 0,0000771 \cdot I^2 + 0,000000675 \cdot I^3$$

$F(\lambda)$... korekční koeficient (funkce zeměpisné šířky – hodnoty tabelovány)

hodnoty

korekčního

koeficientu

$F(\lambda)$

Lat. N.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1,04	,94	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,04
5	1,02	,93	1,03	1,02	1,06	1,03	1,06	1,05	1,01	1,03	1,01	1,02
10	1,00	,91	1,03	1,03	1,08	1,06	1,08	1,07	1,02	1,02	1,01	1,01
15	,97	,91	1,03	1,04	1,11	1,08	1,12	1,08	1,02	1,01	1,01	,99
20	,94	,90	1,03	1,05	1,13	1,11	1,14	1,11	1,02	1,00	1,01	,97
25	,91	,89	1,03	1,06	1,15	1,14	1,17	1,12	1,02	,99	1,01	,94
26	,92	,88	1,03	1,06	1,15	1,15	1,17	1,12	1,02	,99	1,01	,91
27	,92	,88	1,03	1,07	1,16	1,15	1,18	1,13	1,02	,99	1,01	,90
28	,91	,88	1,03	1,07	1,16	1,16	1,18	1,13	1,02	,98	1,01	,90
29	,91	,87	1,03	1,07	1,17	1,16	1,19	1,13	1,03	,98	1,01	,89
30	,90	,87	1,03	1,08	1,18	1,17	1,20	1,14	1,03	,98	1,01	,88
31	,90	,87	1,03	1,08	1,18	1,18	1,20	1,14	1,03	,98	1,01	,88
32	,89	,86	1,03	1,09	1,19	1,20	1,22	1,15	1,03	,97	1,01	,86
33	,88	,86	1,03	1,09	1,19	1,20	1,22	1,16	1,03	,97	1,01	,86
34	,88	,85	1,03	1,09	1,20	1,21	1,23	1,16	1,03	,97	1,01	,85
35	,87	,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,25	1,17	1,03	,97	1,01	,84
36	,87	,85	1,03	1,10	1,21	1,21	1,25	1,17	1,03	,97	1,01	,83
37	,86	,84	1,03	1,10	1,21	1,23	1,25	1,17	1,03	,97	1,01	,83
38	,85	,84	1,03	1,10	1,21	1,24	1,25	1,17	1,04	,96	1,01	,82
39	,85	,84	1,03	1,11	1,23	1,24	1,26	1,18	1,04	,96	1,01	,83
40	,84	,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	,96	1,01	,81
41	,83	,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	,96	1,01	,80
42	,82	,83	1,03	1,12	1,26	1,27	1,28	1,19	1,04	,95	1,01	,79
43	,81	,82	1,02	1,12	1,26	1,28	1,29	1,20	1,04	,95	1,01	,77
44	,81	,82	1,02	1,13	1,27	1,29	1,30	1,20	1,04	,95	1,01	,76
45	,80	,81	1,02	1,13	1,28	1,29	1,31	1,21	1,04	,94	1,01	,75
46	,79	,81	1,02	1,13	1,29	1,31	1,32	1,22	1,04	,94	1,01	,74
47	,79	,80	1,02	1,14	1,30	1,32	1,33	1,22	1,04	,94	1,01	,73
48	,78	,80	1,02	1,14	1,31	1,33	1,34	1,23	1,05	,93	1,01	,72
49	,78	,79	1,02	1,14	1,32	1,34	1,35	1,24	1,05	,93	1,01	,71
50	,78	,78	1,02	1,15	1,33	1,36	1,37	1,25	1,06	,92	1,01	,70
Lat. S.												
5	1,06	,95	1,04	1,00	1,02	,99	1,02	1,03	1,00	1,02	1,03	1,06
10	1,08	,97	1,05	,99	1,01	,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10
15	1,12	,98	1,05	,98	,98	,94	,97	1,00	1,00	1,07	1,07	1,12
20	1,14	1,00	1,05	,97	,96	,93	,95	1,00	1,00	1,09	1,10	1,18
25	1,17	1,01	1,05	,96	,94	,88	,93	,98	1,00	1,10	1,11	1,18
30	1,20	1,03	1,06	,94	,89	,82	,87	,94	1,00	1,13	1,17	1,25
35	1,23	1,04	1,06	,94	,86	,78	,84	,91	1,00	1,15	1,20	1,29
40	1,27	1,06	1,07	,92	,85	,76	,82	,92	1,00	1,16	1,22	1,31
42	1,28	1,07	1,07	,92	,85	,76	,81	,91	1,00	1,17	1,23	1,32
44	1,30	1,08	1,07	,92	,83	,74	,81	,91	1,00	1,17	1,25	1,35
46	1,32	1,10	1,07	,91	,82	,72	,79	,90	1,00	1,18	1,27	1,37
48	1,34	1,11	1,08	,90	,80	,70	,76	,89	1,00	1,18	1,27	1,37
50	1,37	1,12	1,08	,89	,77	,67	,74	,88	1,00	1,19	1,29	1,41