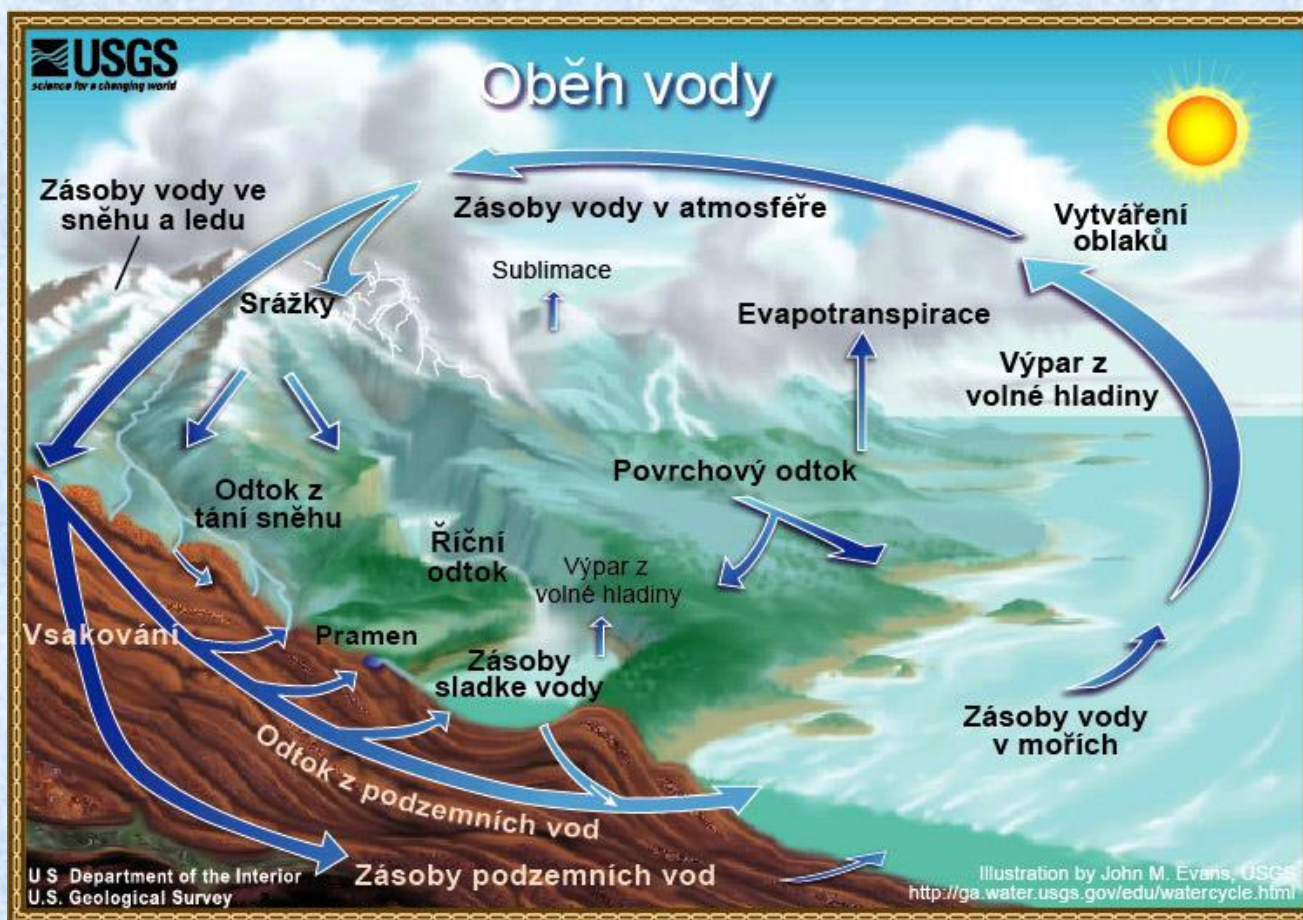




# HYDROLOGIE

věda, která se systematicky zabývá poznáváním zákonů výskytu a oběhu vody v přírodě



# Oběh vody v přírodě



voda podle místa výskytu	objem 10 <sup>3</sup> km <sup>3</sup>	objem v %
sladká voda v jezerech	125	0.009
slaná v. v jez. a kontin.mořích	105	0.008
voda v povrchových nádržích	5	0.0004
voda v řekách	1.3	0.00009
voda v bažinách	6	0.00043
půdní voda a voda v zóně aerace	65	0.0046
podzemní voda do hl. 800 m	4 000	0.29
podzemní voda pod hl. 800 m	4 000	0.29
kapalná voda na kontinentech	8 307.3	0.59
voda v ledovcích a sněhu	32 000	2.285
voda v atmosféře do výšky 10 km	13	0.0009
voda v oceánech	1 360 000	97.12
hydrosféra	1 400 320.3	100

# Oběh vody v přírodě



**Voda** - nejrozšířenější látka v přírodě. Vyskytuje se trvale v zemské atmosféře, na povrchu i pod povrchem. Je součástí půdy, je nenahraditelnou složkou mnoha technologických procesů, je obsažena i v tělech živočichů a rostlin. Je nezbytnou podmínkou života.

Množství vody v atmosféře, na povrchu země i v horninách je víceméně konstantní.

Voda, která tato množství tvoří, se pohybuje a přechází neustále z jednoho prostředí do druhého.

Zdrojem její kinetické energie je sluneční záření, zemská gravitace, zemská tepelná energie a geochemická energie.

Tyto energetické zdroje jsou příčinou neustálého hydrologického oběhu.

# Oběh vody v přírodě



**Hydrologický oběh** se skládá ze čtyř hlavních částí:

atmosférické srážky

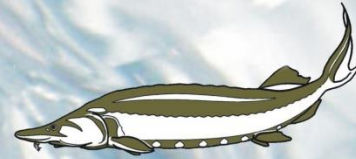
povrchový odtok

podzemní odtok (infiltrace)

evapotranspirace (vypařování a transpirace rostlin)

Množství vody vydechované do atmosféry živočichy je ve srovnání s transpirací rostlin zanedbatelné.

# Atmosférické srážky



veškerá atmosférická voda se vymění během deseti dní

většina vody je přítomna ve formě páry

průměrný obsah páry je asi  $3.5 \text{ g/m}^3$

koncentrace vodní páry ve vzduchu, při které se začíná srážet kapalná voda, závisí na teplotě a tlaku

celková koncentrace rozpuštěných látek v dešťové vodě obvykle nepřesahuje  $30 \text{ mg/l}$ .

vodní pára ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ) spoluvytváří tzv. skleníkový efekt v atmosféře

průměrné množství srážek v ČR za rok činí  $679 \text{ mm}$

# Atmosférické srážky



## Srážky

Členění srážek dle různých kritérií

dle skupenství – srážky kapalné (déšť, rosa), pevné (sníh, kroupy)

dle způsobu a místa vzniku – horizontální (kondenzace na povrchu země), vertikální (vznik v atmosféře)

## Základní parametry

**Srážková výška**  $H_s$  [mm] – výška vodního sloupce, která by se vytvořila z deště na dané ploše bez odtoku, výparu či vsaku.

**Srážkový úhrn** – množství srážek vypadlé v bodě (srážkoměrné stanici) vyjádřené rovněž jako výška vodní sloupce.

# Měření srážek



Srážkoměr – měří pouze srážkový úhrn za zvolené období



# Měření srážek



Záchytná plocha – 500 cm<sup>2</sup>

Výška hrany záchytného otvoru - 1 m nad terénem

Měření velikosti srážky – změření celkového objemu zachycené vody, stanovení srážkového úhrnu po vydělení plochou otvoru



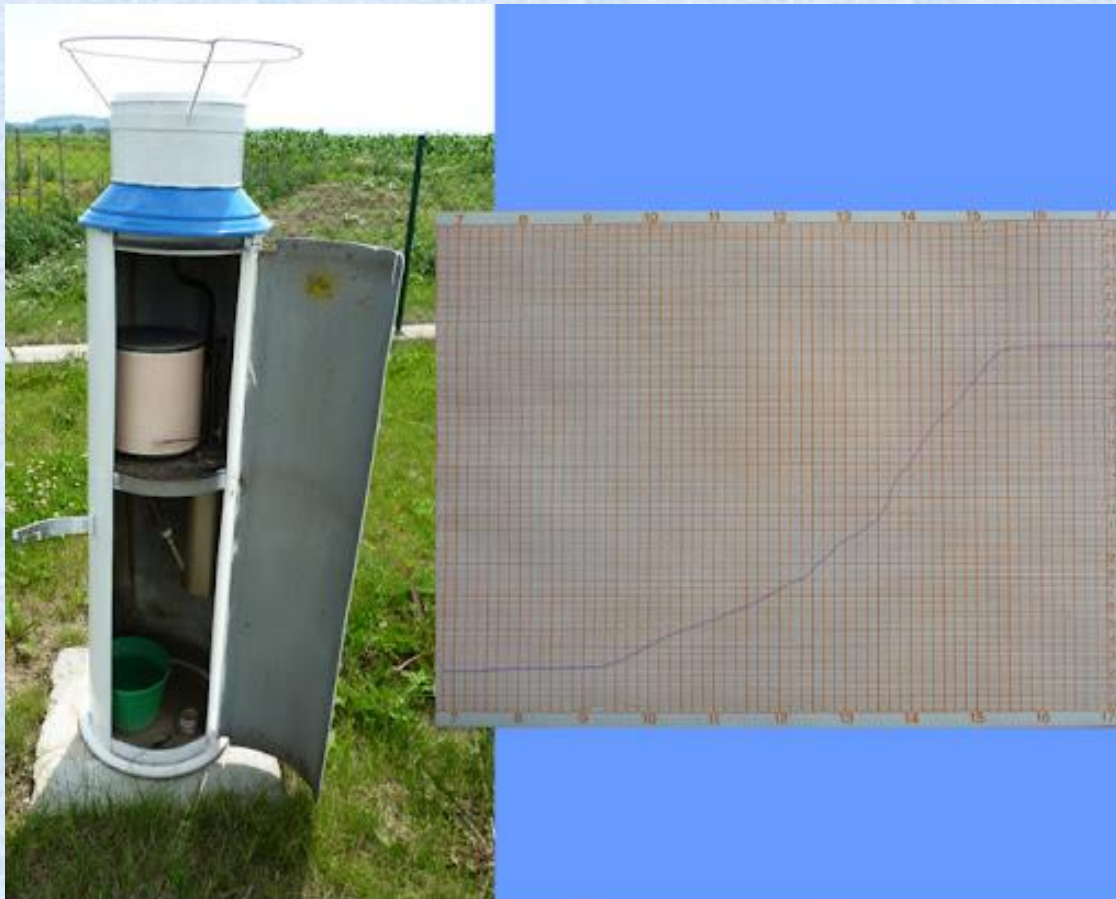
**Totalizátor**



# Měření srážek



Měření časového průběhu nárůstu srážkového úhrnu pomocí plovákové komory s plovákem přenos pomocí registračního zařízení na záznamový (milimetrový papír) - **ombrogram**



Ombrograf, který zakresluje průběh srážek za celý den. Vpravo ukázka zápisu křivky.

# Měření srážek



## Automatické srážkoměry

**optický**



**člunkový**



**váhový**



# Měření srážek



## Časové rozdělení srážek

### Denní chod srážek

u nás nejčastěji ranní a odpolední hodiny

### Roční chod srážek

rovníkový typ – 2 maxima (IV a XI), 2 minima (VIII a I)

monzunový typ – velké srážky v létě, malé v zimě

subtropický typ – srážky v zimě, suché léto

přímořské oblasti mírných zeměpisných šířek

– rovnoměrné rozdělení po celý rok

### Dlouhodobý roční úhrn srážek

Minima – u nás 400 mm (Slaný, Žatec, soutok Dyje a Svatky)

– ve světě 1 mm (části Chile), 5 mm (Sahara)

Maxima – u nás 1700 mm (Krkonoše, Jeseníky, Beskydy)

– ve světě až 16000 mm (jižní svahy Himalájí)

– v Evropě 4000 mm (severní Anglie, část Švédska)

# Měření srážek

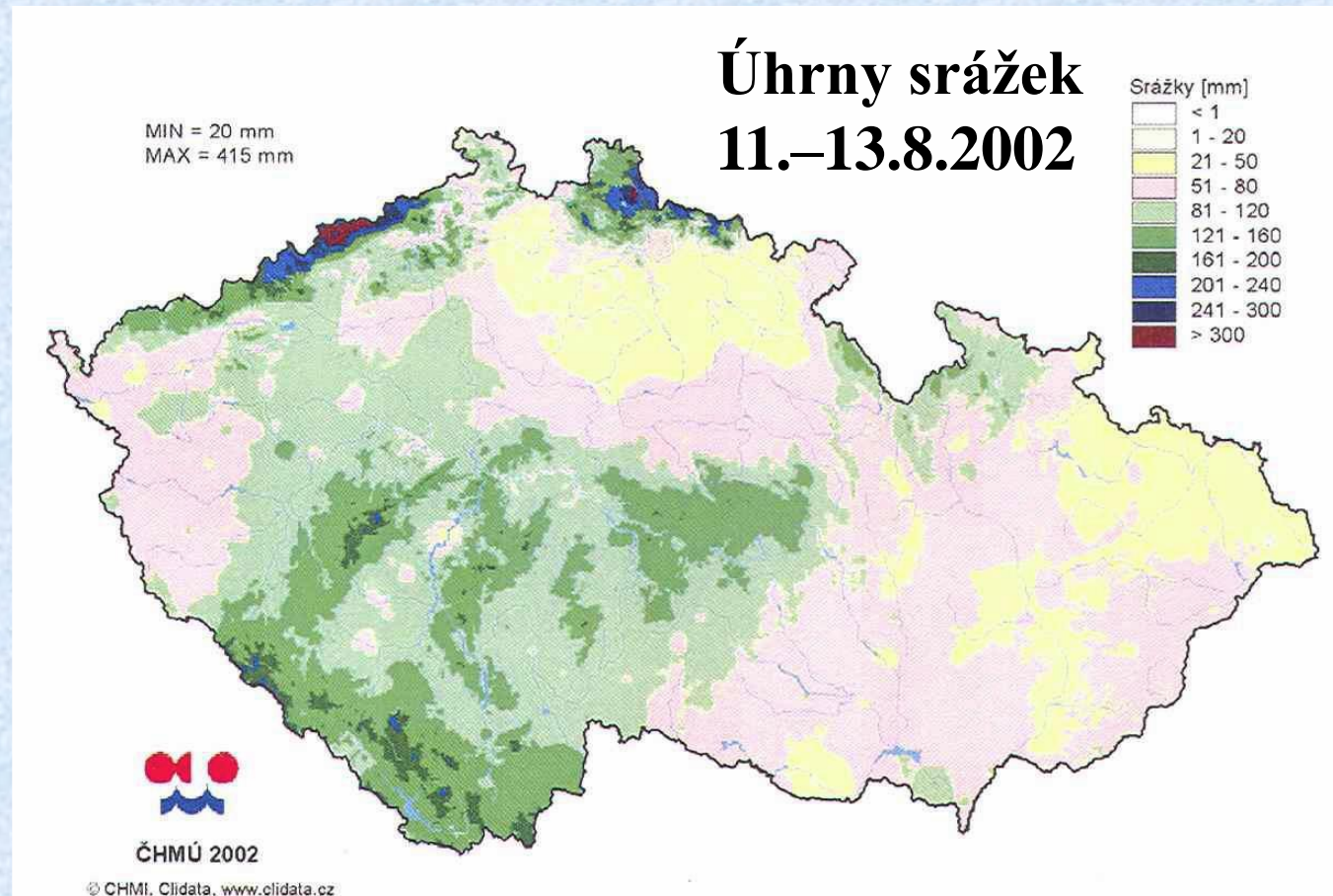


## Plošné rozdělení srážek

**Izohyety** – čáry spojující na mapě místa se stejnými srážkovými úhrny

Izohyety mohou být vztaženy k různým časovým obdobím:

- průměrný rok
- konkrétní rok
- měsíc
- jednotlivý déšť



# Evapotranspirace



## Fyzikální výpar - evaporace

výpar z volné vodní hladiny

výpar z povrchu půdy (bez vegetace)

výpar ze sněhu a ledu (sublimace)

## Fyziologický výpar - transpirace

voda vydechovaná do atmosféry

Evapotranspiraci ovlivňuje sluneční radiace, teplota vypařujícího se povrchu, vlhkost vzduchu, rychlost větru, atmosférický tlak.

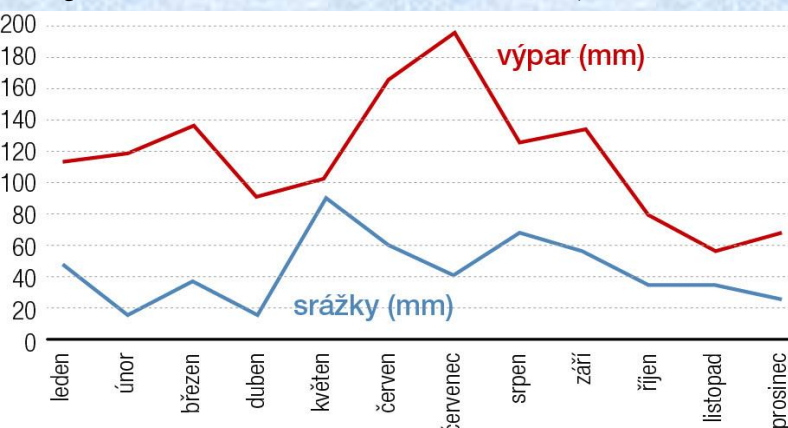
Měření výparu - různé druhy výparoměrů (Wildův, Rónův . . .)

Měření transpirace – potometrické, gravimetrické, tepelné . .

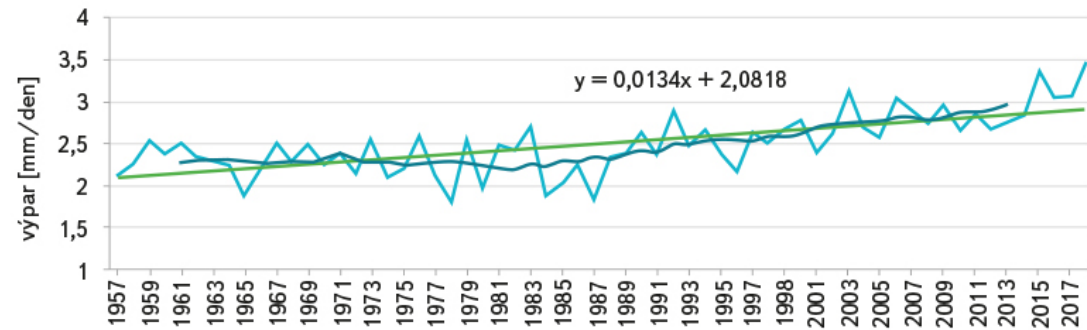
# Evapotranspirace



Jezero Most (309 ha)  
roční ztráta vody výparem 112,3 cm,  
(objem 3 470 070 m<sup>3</sup> ročně).



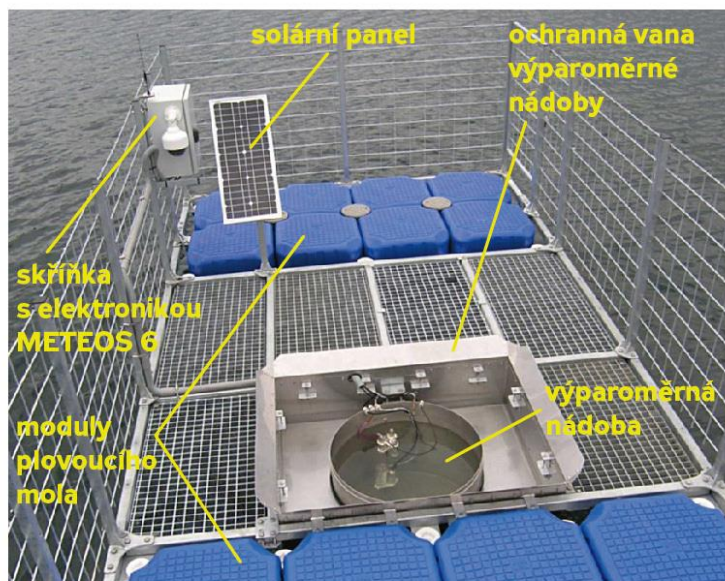
Průměrný denní výpar v sezoně květen až říjen  
v letech 1957–2018



kouzavý průměr

průměrný denní výpar

lineární (průměrný denní výpar)



Mušlovský rybník 17.9.2018



# Evapotranspirace



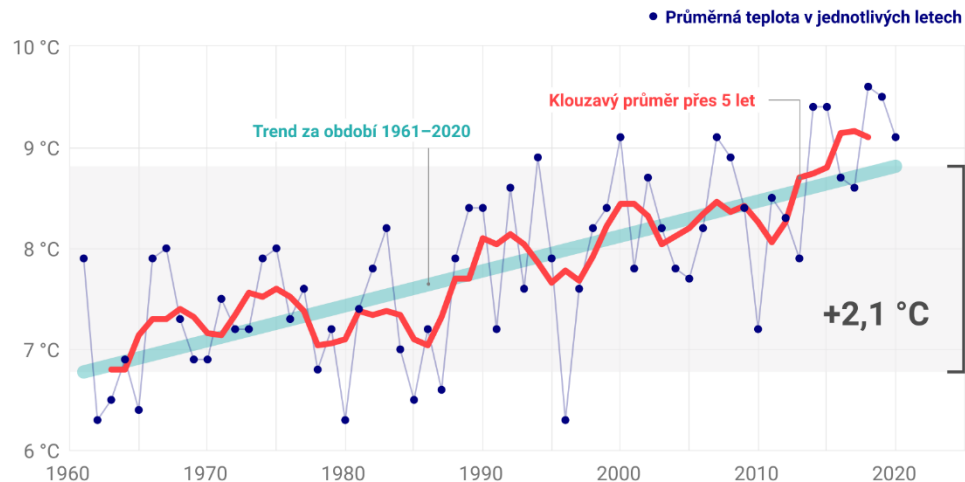
Výpočet výparu z vodní hladiny (odhad)

$$VVH = 0,0824 \times Tvzd^{1,289} \quad (1)$$

VVH je výpar z vodní hladiny [mm/den/měsíc],  
Tvzd průměrná měsíční teplota vzduchu [°C].

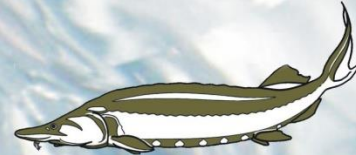
## PRŮMĚRNÁ ROČNÍ TEPLOTA V ČR

Teplota se od roku 1961 zvýšila o 2,1 °C.



Průměrná hodnota evapotranspirace je kolem 423 mm/rok

# Povrchový odtok



- sestává ze srážkové vody a podílu podzemní vody
- v průměru se voda v říční síti vymění za 11 dní
- chemické složení povrchových vod je velmi proměnlivé. Kromě rozpuštěných látek je ve vodě rozptýleno i velké množství suspendovaných částic různého původu a chemického složení
- odtok kolísá v čase i prostoru
- v ČR je nejvyšší na jaře při tání a nejnižší v zimě nebo na podzim po suché letní sezóně

# Podpovrchový odtok



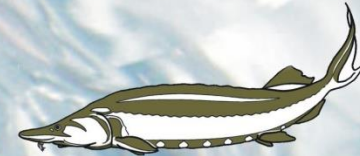
- tvořen podzemní vodou prosakující pozvolna z daného území
- podzemní vodu tvoří ta část podpovrchové vody, která vytěsnila veškerý vzduch v hornině a vytvořila zcela nasycené pásmo
- koeficient infiltrace – udává kolik % vody z celkových srážek je začleněno do oběhu podzemních vod (v ČR kolem 3% ročních srážek)
- chemické složení podpovrchových vod je ještě pestřejší, než je tomu u vod povrchových.
- celkový odtok z ČR kolem 30% srážek

# Hydrologická bilanční rovnice



- **$R = S + V - E - O$**
- $R$  = hromadění čili retence vody v území
- $S$  = atmosférické srážky
- $V$  = množství vody přiteklé ze sousedních území
- $E$  = evapotranspirace
- $O$  = odtok vody z území
- hodnoty  $R$  a  $V$  mohou být kladné i záporné podle toho, dochází-li k hromadění vody nebo k jejímu úbytku v daném území
- hydrologická bilanční rovnice je základním vztahem pro hydrologické hodnocení zásob přírodních vod

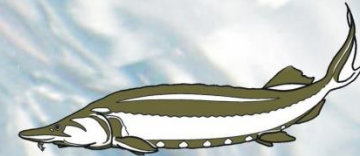
# Stanovení průtoku



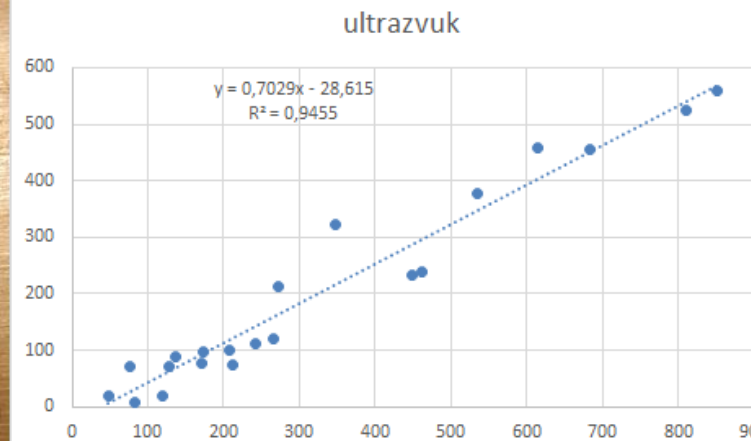
- **Měření průtoku** – měření proteklého objemu za čas výjimečně  
např. prameny
- **Stanovení bodové rychlosti**
- **Hydrometrická vrtule** - frekvence otáčení lopatkového kola je úměrná rychlosti obtékání vrtule
- **Elektromagnetická čidla** - aplikace Faradayova zákona - při pohybu vodiče v magnetickém poli se na vodiči indukuje elektrický proud. Vodičem je voda, v čidle se cívkou vybudí magnetické pole a indukované napětí se snímá elektrodami.
- **Ultrazvuková měřidla** - aplikace Dopplerova principu - změna frekvence a vlnové délky ultrazvukového signálu v závislosti na rychlosti unášené částice.



# Stanovení průtoku



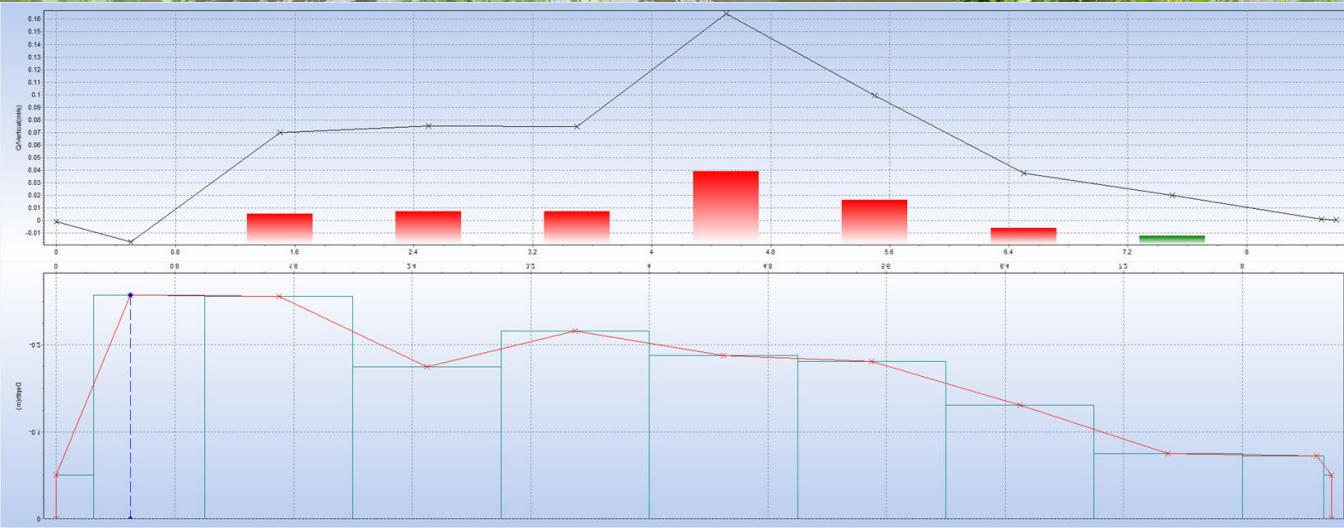
Hydrometrická vrtule



# Stanovení průtoku



Flow Tracker





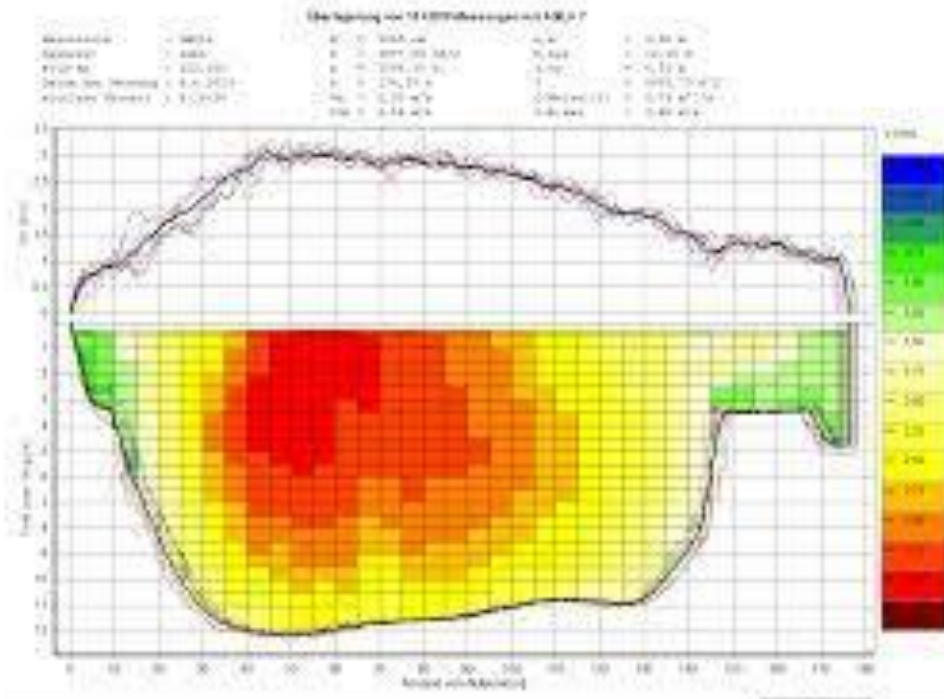
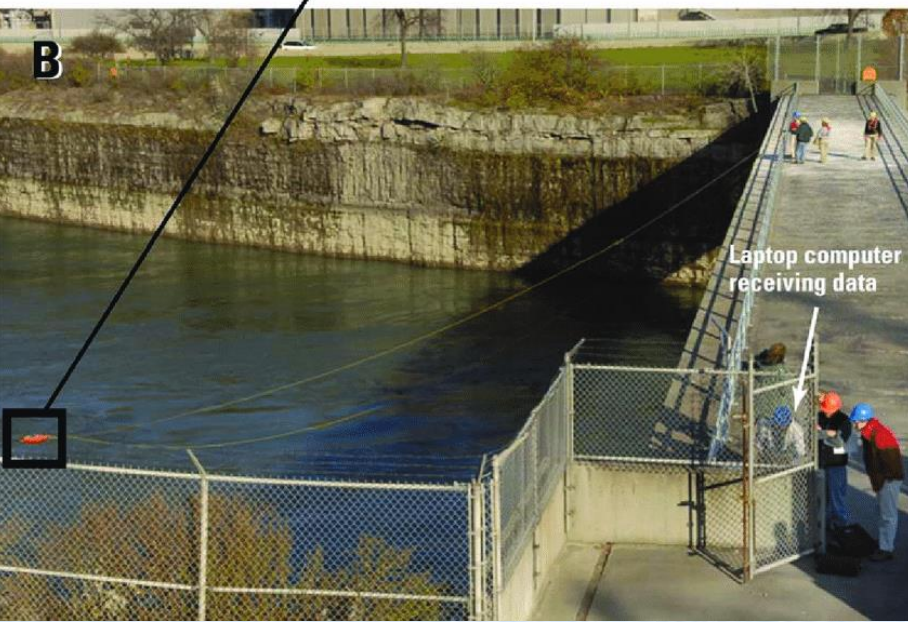


# Stanovení průtoku



Ultrazvuk ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler)

Měření pomocí stopovačů



# Stanovení průtoku



Hydrometrování trvá dle velikosti toku cca 1 až 2 hodiny.

Výsledkem není kontinuální záznam časového průběhu průtoků.

Zásadní problém hydrologie – nalezení veličiny průběžně měřitelné, na základě které je průtok vyčíslitelný.

Touto veličinou je **VODNÍ STAV** – úroveň hladiny v posuzovaném profilu.

## *Měření vodních stavů*

Stanice určené k měření vodních stavů – vodoměrné stanice



# Vodočty

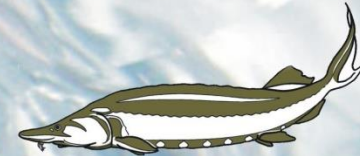
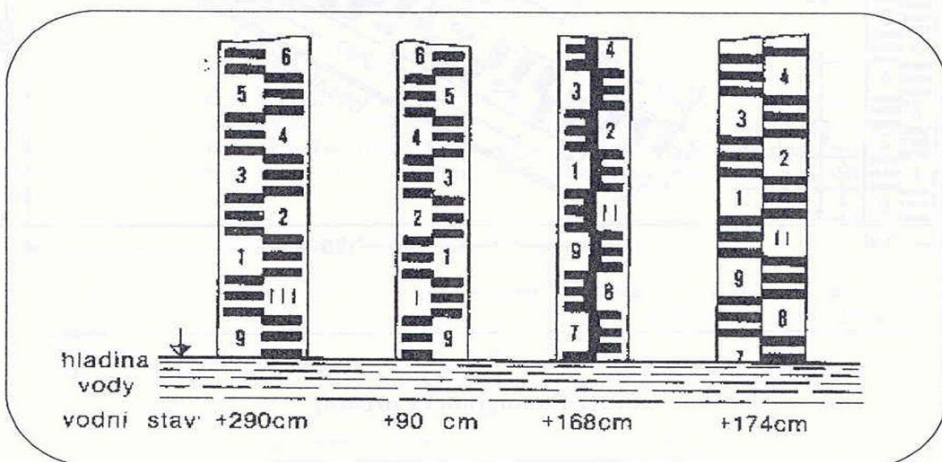
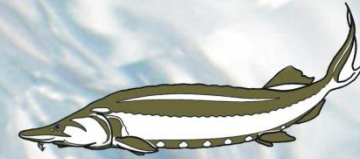


foto: kavol



# Stanovení průtoku

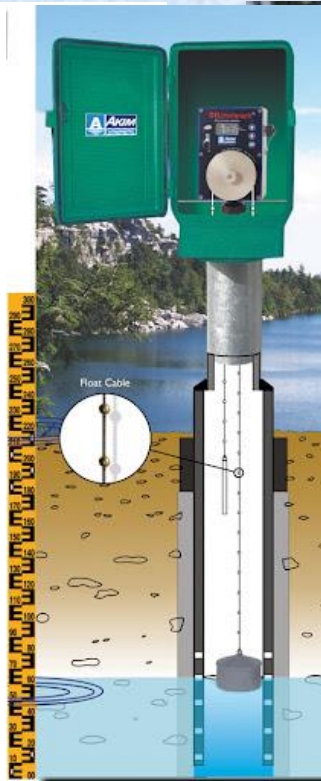


## *Princip funkce klasického limnigrafu*

Plováková šachta spojená přívodním kanálem s korytem vody – užití fyzikálního principu spojených nádob.

Pohyb plováku přenášen (mechanicky, pneumaticky ...) na pisátko.

Záznam průběhu vodních stavů na milimetrový papír na válci poháněném hodinovým strojkem. 1 otočka za 1 den.



# Stanovení průtoku



**Nové přístupy pro měření úrovně hladiny**

**Ultrazvukové snímače** - (měření časové prodlevy mezi vyslaným a přijatým signálem z vysílače nad hladinou)

**Tlakové snímače** - (měření hydrostatického tlaku vyvolaného výškou vodním sloupce na čidlem)

**Radarové snímače** - (vysílání radarového signálu a jeho příjem z objektu nad hladinou)

**Bublíkové snímače** - (měření tlaku potřebného k vytlačení vzduchové bubliny do vodního prostředí )



# Minimální průtoky



Hydrologický rok v ČR od 1.11. do 30.10.  
(minimální srážky na přelomu 10 a 11. měsíce)

Např. v Africe je hydrologický rok dle období dešťů (1.4. až 31.3.)

Dlouhodobá data průměrných denních průtoků jsou zásadním souborem dat pro stanovení minimálních průtoků.

Významný je  $Q_{330d}$  – průměrný denní průtok, který je v dlouhodobém období dosažen nebo překročen po 330 dní v roce.

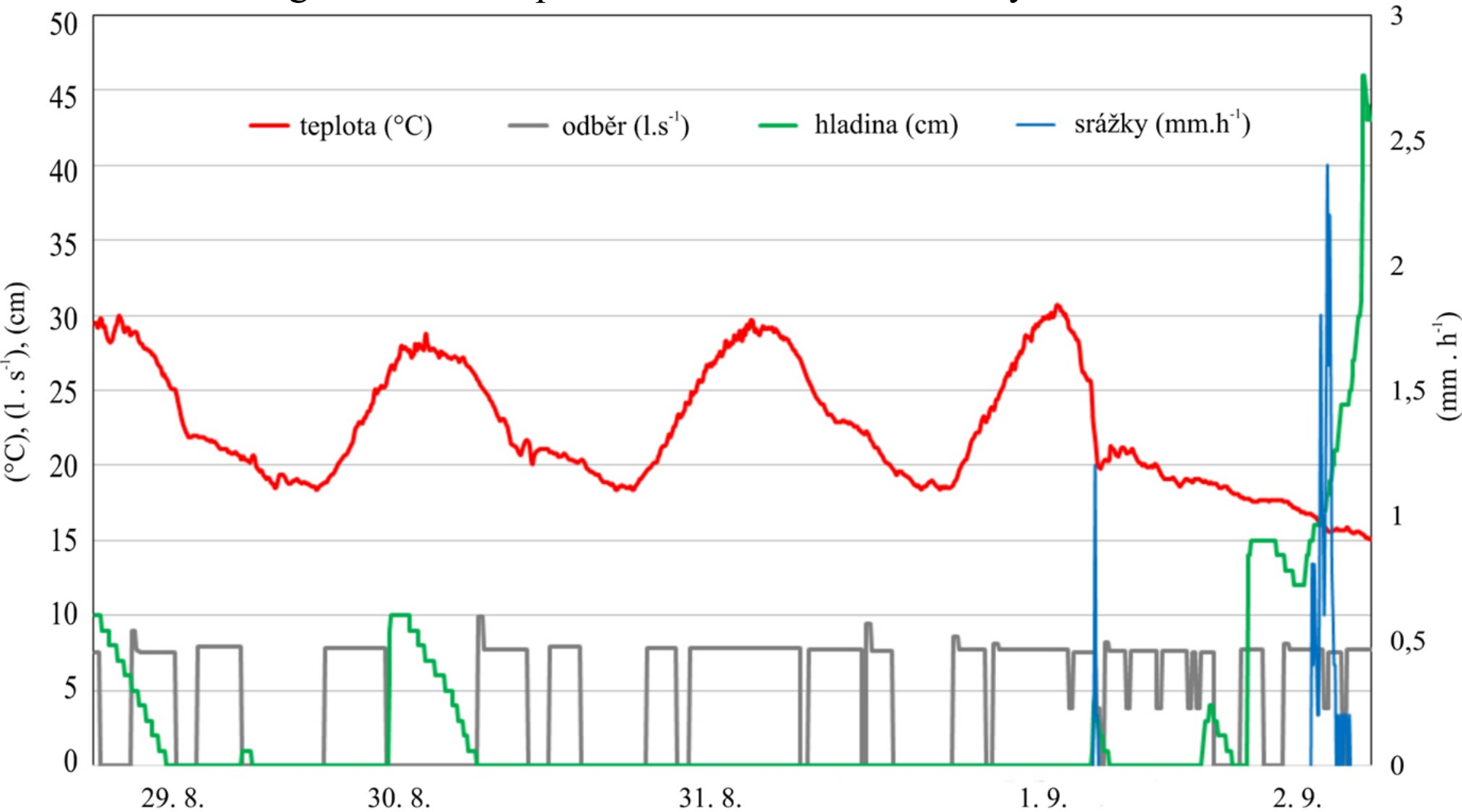
Využití se ke stanovení minimálních průtoků v tocích především z ekologického hlediska.

Q355 – využíván ke stanovení sucha

# Stanovení průtoku



Monitoring vlivu vrtů na pitnou vodu na množství vody v řece Bobravě



# Maximální průtoky



## Druhy povodní

Členění dle nařízení vlády

***Přirozené povodně*** – způsobené přírodními jevy (srážko- odtokové).

***Zvláštní povodně*** – způsobené umělými jevy (poruchy vodních děl).

Členění dle příčin vzniku

***Průtokové povodně*** – vyvolané velkým průtokem v toku.

Důsledek průtokových povodní – velké průtoky i vodní stavy.

***Ledové povodně*** – vyvolané ucpáním profilu ledem

Důsledek ledových povodní – velké vodní stavy při relativně běžných průtocích.

# Maximální průtoky



## Členění průtokových povodní

***Regionální povodně*** – vyvolané vydatnými dlouhodobými dešti, táním sněhu – zasahují velká povodí, trvání řádově ve dnech.

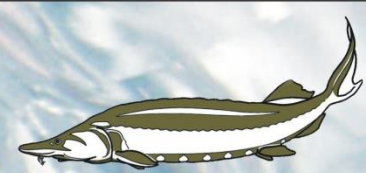
***Bleskové povodně*** – z extrémních krátkodobých lijáků zasahujících malé povodí, trvání řádově v hodinách.

## Členění ledových povodní

***Povodně v době mrazů*** – příčina vyvolána ucpáváním koryta toku ledovým nápěchem v mrazivém období.

***Povodně v době oblevy*** – příčinou ucpání koryta ledem v době odchodu ledů (ledové zácpy), ledem z uvolňovaného dnového ledu.

# Maximální průtoky



## Základní parametry povodňových vln

*Kulminační průtok* – důležitý při posuzování kapacity koryt

*Tvar a objem povodňové vlny* – důležitý při navrhování velikosti retenčních objemů nádrží

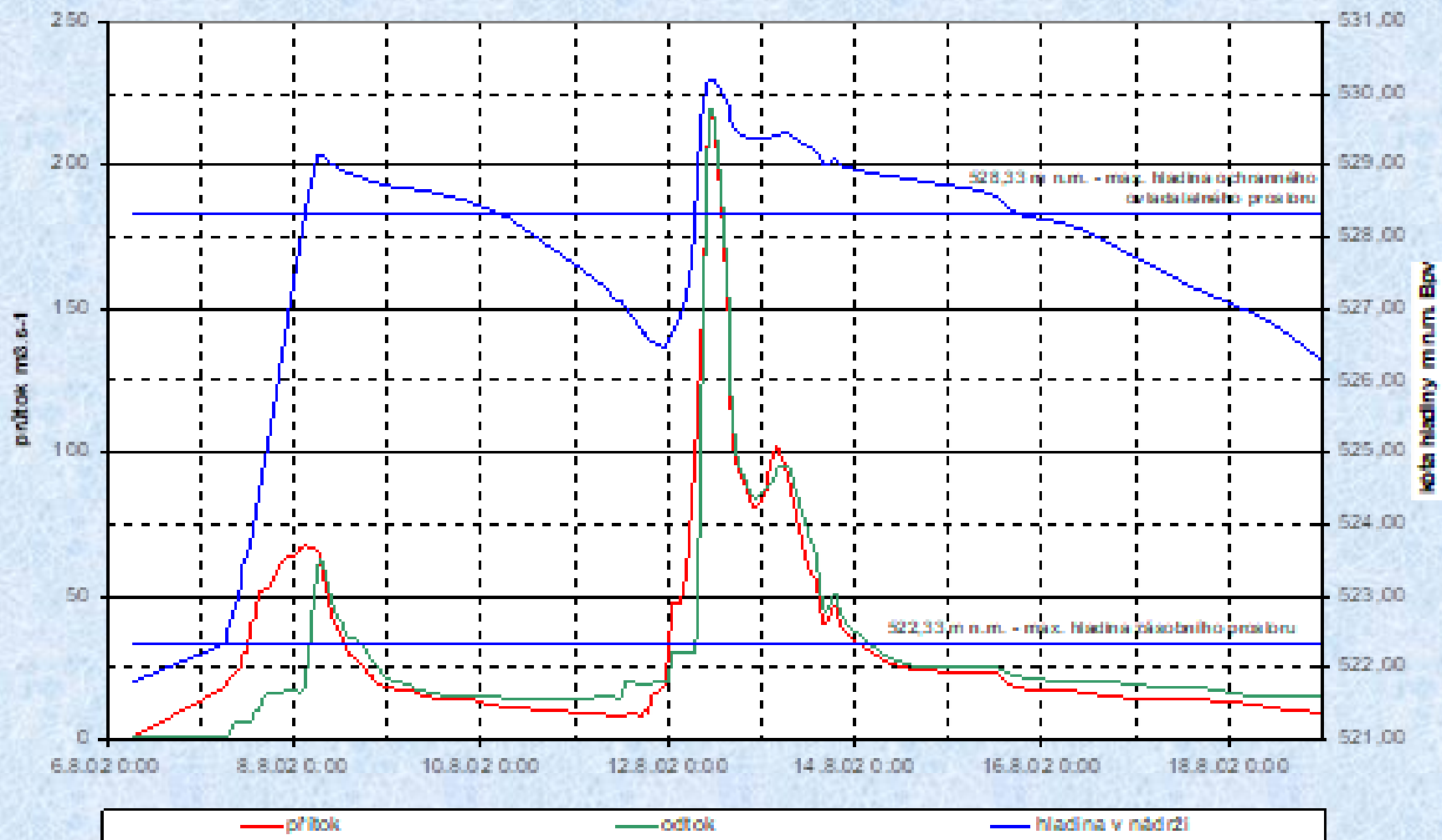
$Q_{100}$  – okamžitý průtok, který je dosažen nebo překročen za dlouhodobé období v průměru 1 krát za 100 let.



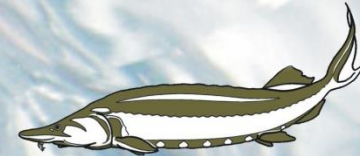
# Stanovení průtoku



VD Husinec - průběh hladiny, přítoku a odtoku při povodni v srpnu 2002



# Stanovení průtoku



Graf povodně z června 2009 VD Husinec (Povodí Vltavy s.p.,2009)

VD Husinec

