ČESKÝ
HYDROMETEOROLOGICKÝ
ÚSTAV

Hydrologie povrchových vod

Hana Macháčková, Roman Pozler
ČHMÚ Hradec Králové

Hydrologie

Věda, která se zabývá poznáním zákonů výskytu a oběhu vody v přírodě.

Inženýrská hydrologie

Zabývá se charakteristikami hydrologického režimu vodních objektů

(řeky, nádrže, jezera …) a poskytuje je pro potřebu projekce, provozu i údržby vodohospodářských děl a stavební činnosti obecně.

Hydrologie se člení :

Hydrometrie – věnuje se návrhu vhodných přístrojů, metodám měření, samotnému měření.

Hydrografie – zabývá se pozorováním, shromažďováním, klasifikací, tříděním a zpracováním získaného materiálu.

Historický vývoj hydrologie

Až do minulého století se kryje s vývojem hydrauliky, geofyziky a fyzického zeměpisu.

- **1800 – 1900** – období pozorování, měření, experimentů, modernizace a matematizace.
- **1900 – 1930** – hydrologie začíná existovat jako samostatná věda.
- **1930 – 1950** – výrazný rozvoj především inženýrské hydrologie.
- **Současnost** – období rozmachu matematických modelů.

Základní úkol hydrologie – určení hlavního prvku - **průtoku**

Definice **průtoku** – objem vody proteklý daným profilem za jednotku času.

$$Q = \frac{V}{t}$$

Q – průtok [$m^3.s^{-1}$], V – objem [m^3], t – čas [s]

17.století – Toricelli – první měření průtoku výtokem do nádoby.

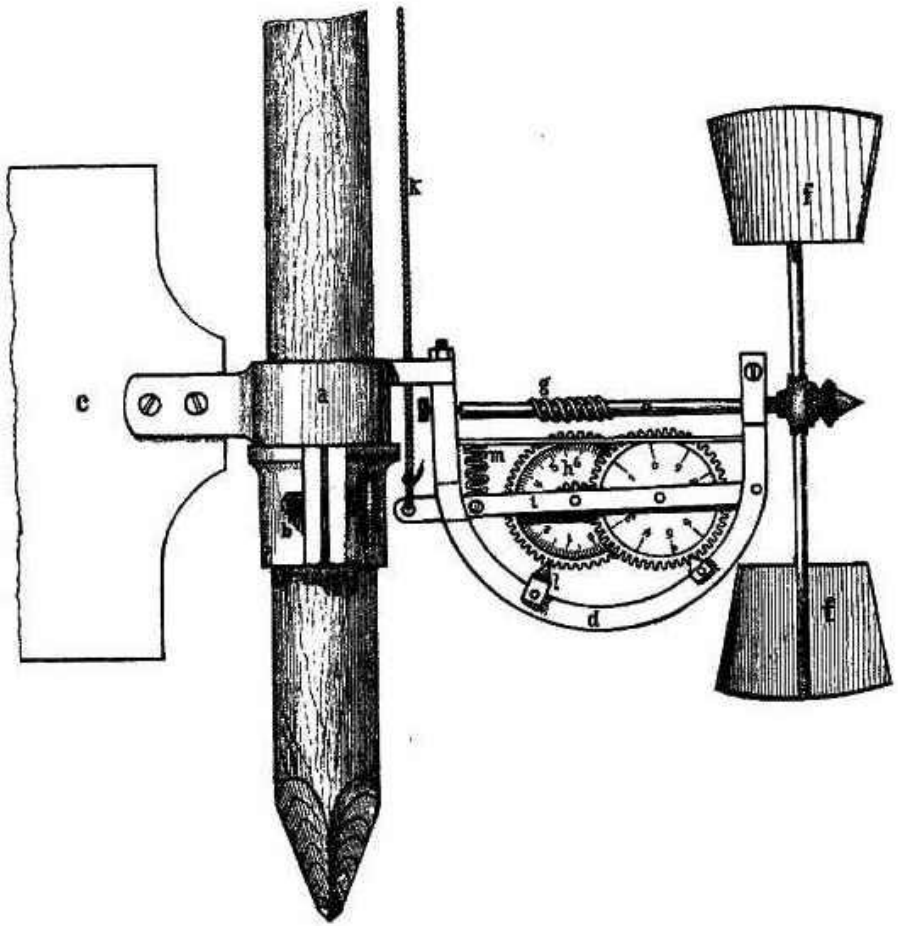
1650 – Perreault – první přibližný odhad průtoku vody řeky Seiny v Paříži
první kvantitativní vztah oběhu vody v přírodě.

1732 – Pitot – objevil možnost měření místní (bodové) rychlosti vody pomocí speciální trubice (Pitotova trubice).

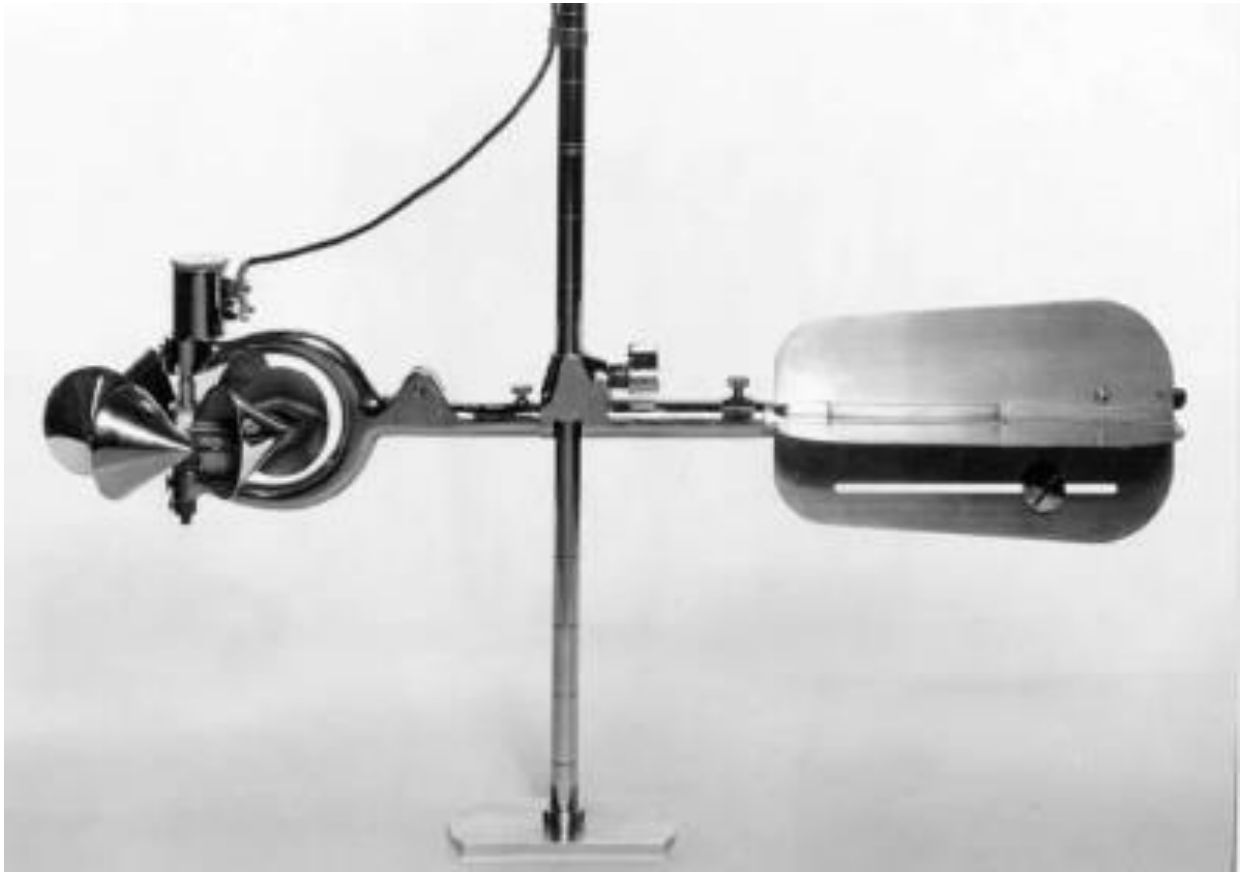
1775 – Chezy – uveřejnil způsob výpočtu střední (průřezové) rychlosti v (Chezyho rovnice).

Velký zvrat v hydrologii – vynález **hydrometrické vrtule Woltmanna.**

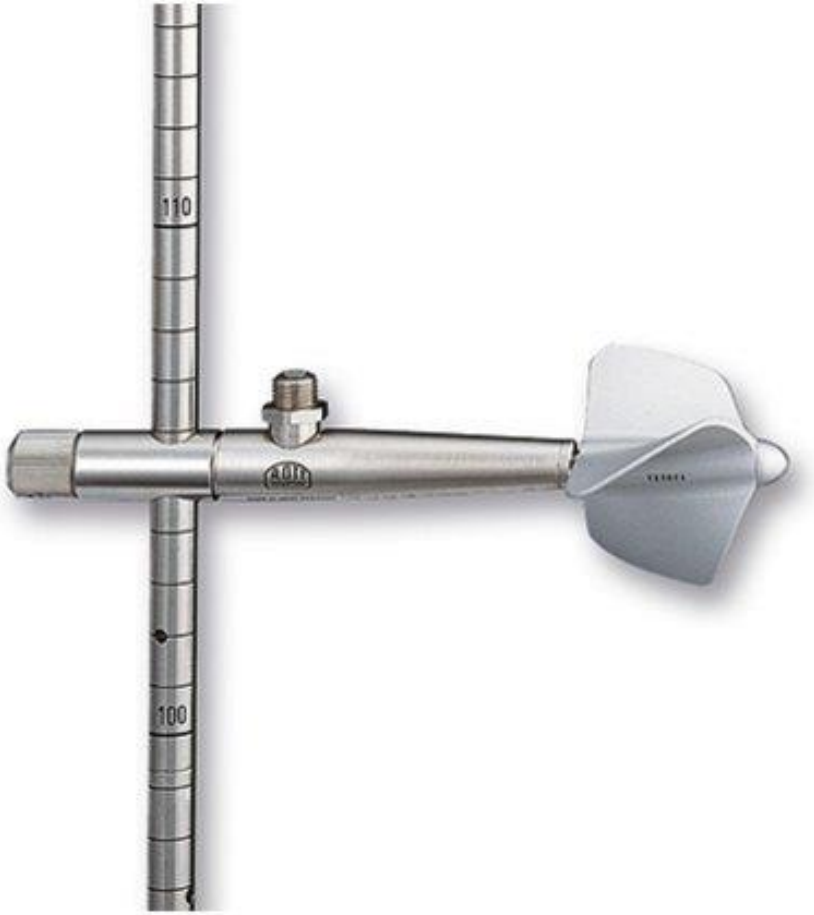
Hydrometrické vrtule – Woltmannova



Hydrometrické vrtule – Priceova



Hydrometrické vrtule – Ott C2



Hydrometrické vrtule – Ott C31

Hydrometrické vrtule – Ott C2

Historie hydrologické služby v Čechách

1. polovina 19.století – první soustavná pozorování a měření hydrologických veličin a prvků, založení sítě srážkoměrných stanic (F. J. Studnička)

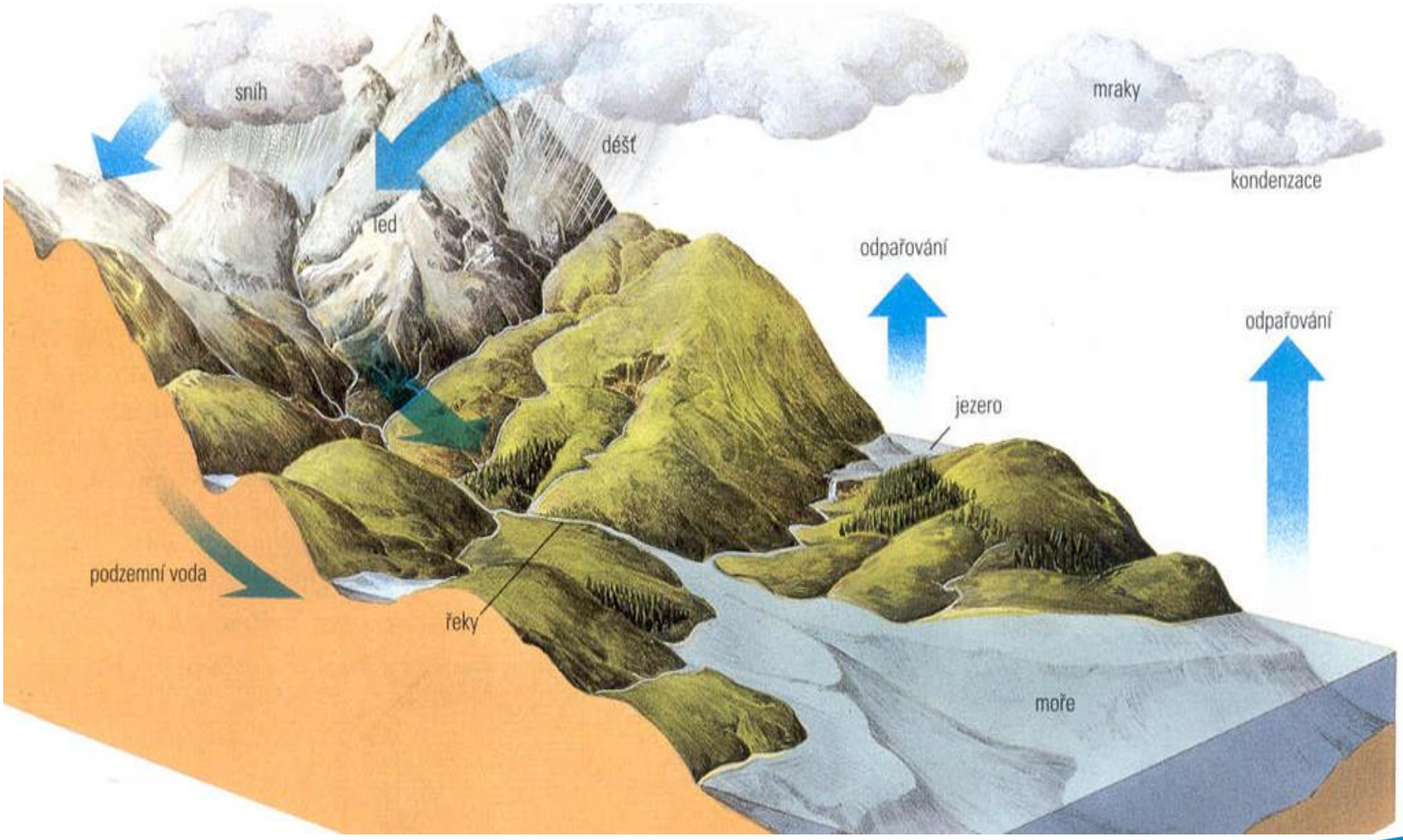
1875 – zřízena Hydrografická komise pro Království české. Kromě srážkoměrného oddělení obsahuje i oddělení vodoměrné vedené A. R. Harlacherem – zasloužil se o zpracování teoretických základů hydrometrických metod využívaných dodnes.

1920 – založen Státní ústav hydrologický (dnes Výzkumný ústav vodohospodářský – VÚV TGM).

2. sv. válka – srážkoměrná pozorování svěřena složkám meteorologie

1954 – spojením meteorologické a hydrologické služby založen Hydrometeorologický ústav (dnes Český hydrometeorologický ústav – ČHMÚ)

Oběh vody


sníh
déšť
mraky
kondenzace
led
odpařování
odpařování
jezero
podzemní voda
řeky
moře

Odtok

Nevsáknutá část srážky a vyvěrající voda z podzemních pramenů stékají působením gravitace ve směru největšího sklonu.

Plošný odtok ⇨ postupné soustřeďování (ron, stružky, potoky, řeky).

Říční soustava – hlavní tok se svými přítoky.

Říční síť – systém říčních soustav.

Fyzikálně geografické vlastnosti povodí

- zeměpisná poloha ⇒ klimatické poměry
- orografické poměry ⇒ výškové a sklonitostní poměry
- geologické a půdní poměry
- rostlinná pokrývka

Velikost a tvar povodí

Zpracování údajů o odtoku

Průtok Q – objem vody proteklý profilem za jednotku času [$m^3.s^{-1}$ nebo l. s^{-1}]

Proteklé množství O – objem vody proteklý profilem za delší časové období [tis. m^3]

Q_d, Q_m, Q_r – průměrný denní, měsíční respektive roční průtok
Q_a – dlouhodobý průměrný průtok

Pro porovnání vodnosti (velikosti) toku se používá **specifický odtok**, což je průtok z jednotky plochy, zpravidla km^2

Jak ale průtok zjistit

základní úloha hydrologie

Měření průtoku

Průtok lze v podstatě změřit v jakémkoliv profilu v říční síti. To se někdy taky dělá, ale pro další zpracování to nemá velký význam.

Proto se průtoky měří a vyhodnocují ve **stanicích** státní pozorovací sítě.

Přímé měření průtoku

Směšovací metoda

Je založena na měření změny vodivosti, využívá se solný roztok nebo fluorescent.

Metoda rychlostního pole

Spočívá v měření bodových nebo profilových rychlostí a proměření průtočného profilu.

Bodová měření

- hydrometrické vrtule
- indukční hydrometrické přístroje
- ultrazvukové hydrometrické přístroje
- měření povrchové rychlosti – radar, plováky

Profilová měření

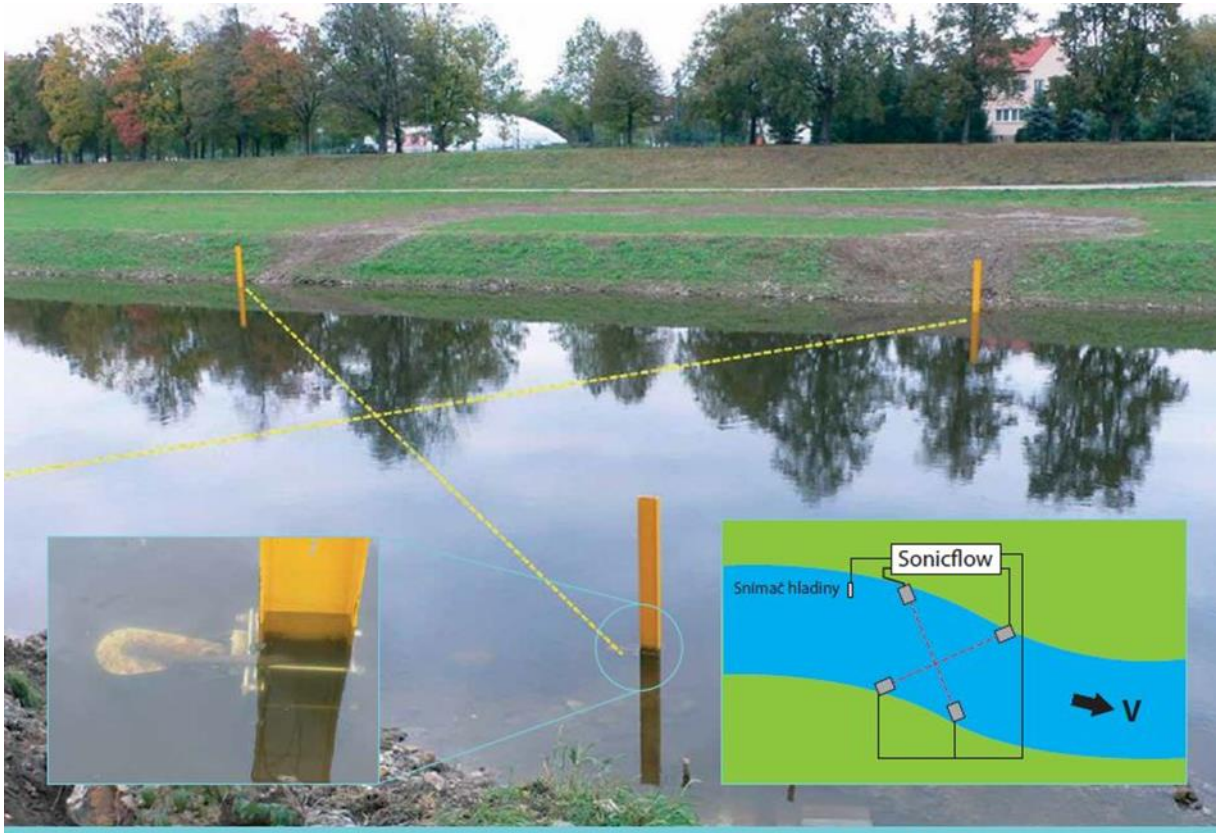
- Mobilní ADCP
- Horizontální ADCP a ultrazvukový měřič rychlosti proudění

Vrtule a indukce

Ultrazvuk a radar

Ultrazvuk profilový - ADCP

Ultrazvuk horizontální



Prohloubení koryta Vltavy v Českých Budějovicích v roce 2009 a regulace hladiny pro umožnění plavby vyřadily z provozu vodoměrnou stanici. Právě tady byl instalován první stabilní ultrazvukový průtokoměr. Pro vyšší spolehlivost a přesnost měření využívá čtveřici snímačů a dvojici zkřížených ultrazvukových paprsků.

Vodní stav

Hydrometrování trvá dle velikosti toku cca 0,5 -1 hodinu.

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 vztažená k „0“ (nule) vodočtu.

Ta bývá zpravidla zaměřena v m.n.m.

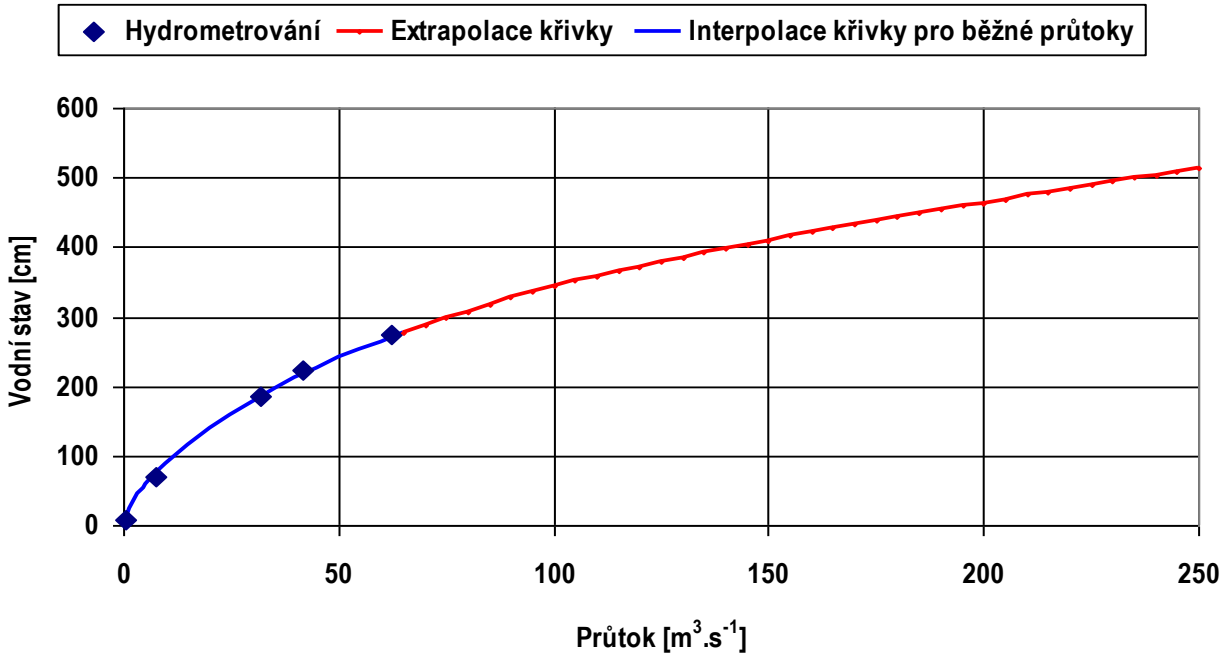
Základem pro měření vodního stavu je vodočet.

V počátcích pozorovatel zapisoval 1-3 x denně.

Postupně kontinuální záznam – limnigraf.

V současnosti automatické stanice.

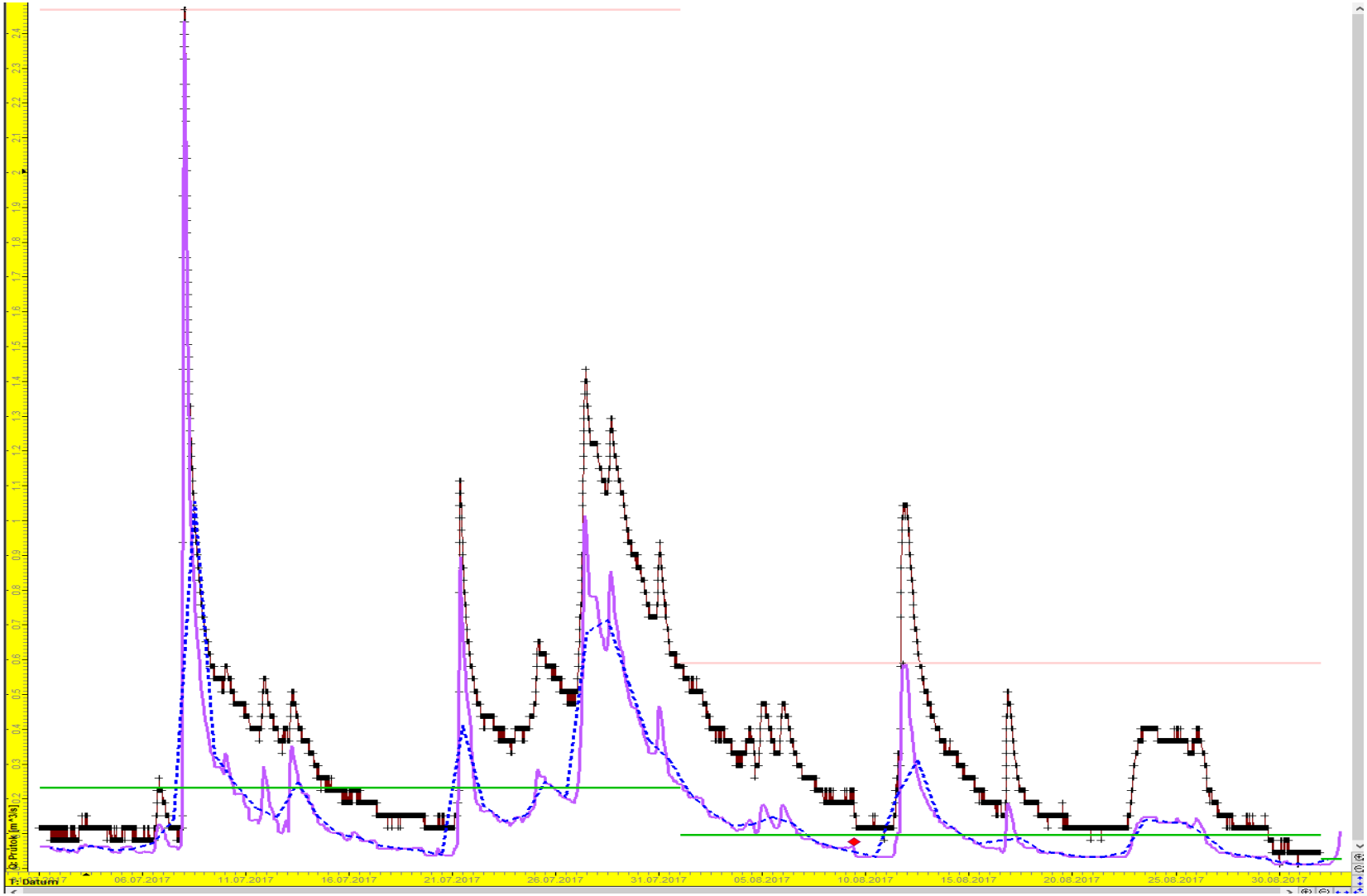
Jak získat průběžné hodnoty Q? Sestrojit měrnou křivku…



Nepřesnost měrných křivek

- chyby primárních veličin (hydrometrování)
- nestabilní koryto v profilu či blízkém okolí stanice
- vliv vegetace
- vliv ledových jevů
- hystereze měrné křivky za povodňových situací

Výsledek zpracování – hydrogram, čára průtoků



Proč to všechno potřebujeme

Čáry překročení – zcela zásadní pracovní nástroj v hydrologii.

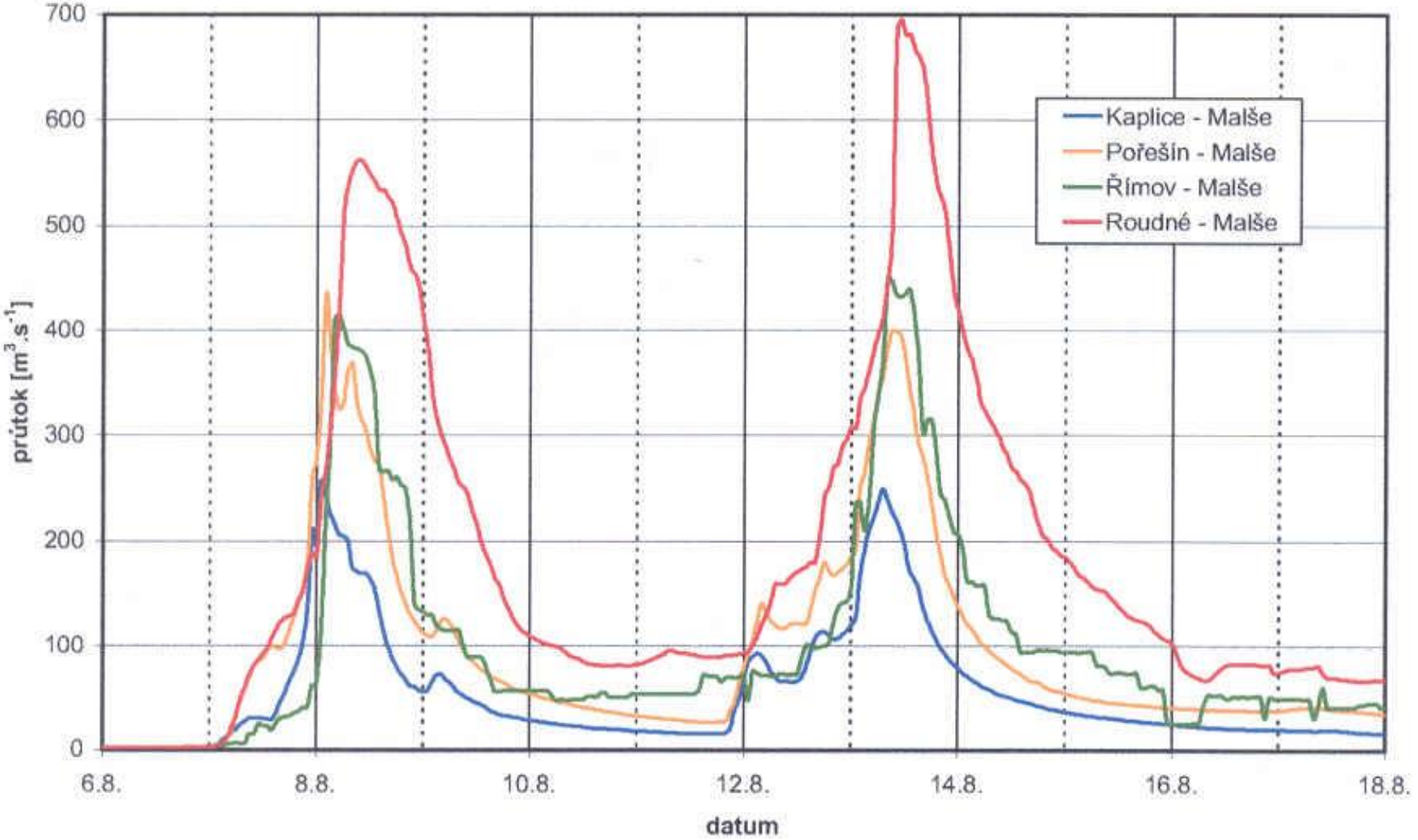
Poskytuje informaci **kolikrát** nebo **po jakou dobu** byla určitá hodnota znaku v určitém období (např. pozorování) **dosažena** nebo **překročena**.

Výsledkem zpracování čar překročení jsou mimo jiné návrhové veličiny pro projektování vodohospodářských a jiných staveb.

Čáry opakování - vyjadřují zákonitost růstu kulminačního průtoku s délkou období, ve kterém je tento průtok Q_N dosažen nebo překročen v průměru jednou.
Jedná se o tzv. **n-leté průtoky** – obvykle 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 let.

100letá povodeň je taková povodeň, jejíž kulminační průtok je v dlouhodobém průměru dosažen nebo překročen 1krát za 100 let**,** přesněji to znamená pravděpodobnost 1 %, že v daném roce dojde k takto vysokému stavu vody a Q. Z metodiky výpočtu používané ČHMÚ vyplývá, že 100letá nebo vyšší povodeň se teoreticky vyskytne za období dlouhé 100 let s pravděpodobností 63,4 %, za období 200 let s pravděpodobností 86,6 % a až za období 500 let s pravděpodobností 99,3 %.

Může se stát i toto – Q_{100} 494 $m^3.s^{-1}$, 1. vlna 562, 2. vlna 695



Povodně z tání

Vznikají pokud dojde k akumulaci sněhu i v podhorských a nížinných oblastech. Tání často zhoršuje teplý vítr a déšť. Příkladem jsou povodně z roku 2006.

Ledové povodně

Vznikají pokud dojde k zatarasení koryta ledem, krami.

Letní povodně

Vznikají většinou z dlouhodobých intenzivních plošných srážek, například v letech 1997 a 2002.

Přívalové povodně

Vznikají většinou z krátkodobých velmi intenzivních bouřkových srážek, například povodeň roce 1998.

Zvláštní povodně

Vznikají havárií vodních děl – protržením hrází, například Bílá Desná v roce 1916.

Proč to všechno potřebujeme

Čára překročení m-denních průtoků

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

Používá se k určení minimálních průtoků v tocích (především z pohledu ekologického stavu toku).

Zpracovávané hodnoty čáry překročení m-denních průtoků ČHMÚ
Q_{30d}, Q_{60d}, Q_{90d}, Q_{120d}, Q_{150d}, Q_{180d}, Q_{210d}, Q_{240d}, Q_{270d}, Q_{300d}, Q_{330d}, Q_{355d}, Q_{364d}

Referenční období: v současnosti 1981 – 2010, dřívější 1931 – 1980, 1931 -1960.

Hydrologický rok **1.11. až 30.10.**
Důvod - minimální srážky na přelomu měsíců X a XI.

V každé části světa se používá hydrologický rok jiný
Afrika – 1.4. až 31.3. – začátek období dešťů.

Děkuji za pozornost.