

ČESKÝ  
HYDROMETEOROLOGICKÝ  
ÚSTAV

# Hydrologické sucho v podzemních a povrchových vodách

Konference

Podzemní vody ve vodárenské praxi

Ing. Eva Soukalová, CSc.

Dolní Morava 1. – 2. dubna 2015



# Obsah přednášky

- Pozorovací síť podzemních vod
- Aktuální stavy PZV
- Předpovědi podzemních vod
- Periodicita časových řad podzemních vod
- Aktuální stavy průtoků
- Dopad klimatické změny na PVV



# Hydrologické sucho

Hydrologické sucho vzniká následkem nedostatku srážek a projevuje se jako nedostatek zdrojů povrchových a podzemních vod (průtoky ve vodních tocích, hladiny jezer a nádrží, podzemní vody). Přitom vznik hydrologického sucha je ovlivněn i způsobem lidského užívání vody, proto je nutno na hydrologické sucho pohlížet jako na přírodní fenomén, který však může být prohlouben lidským působením.

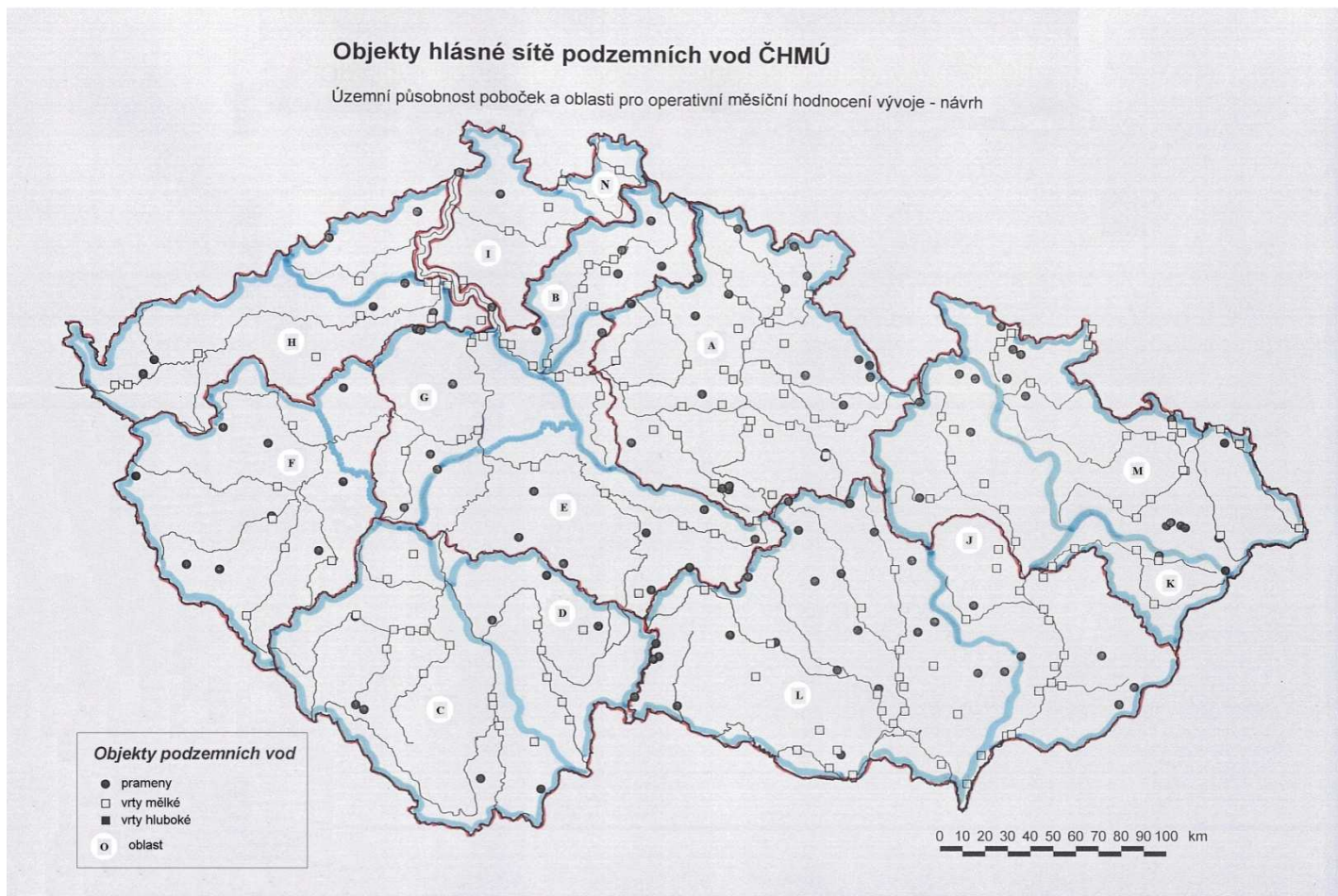
Nedostatek srážek se v komponentách podzemní části hydrologického cyklu projevuje s určitým zpožděním. Hydrologické sucho je pak nezbytné pojímat jako výsledek působení procesů hydrologického cyklu a antropogenního ovlivnění v rámci celého povodí

# Pozorovací síť podzemních vod

- Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) provozuje jedinou státní celoplošnou
- pozorovací síť podzemních vod na území ČR, která v roce 2013 zahrnovala asi **2000** objektů.
- Pro účely sledování stavu podzemních vod se objekty pozorovací sítě dělí na
  - prameny
  - a vrty v mělkých a hlubinných zvodnících.
- V síti pramenů se sledují vydatnosti a teploty vody, zatímco ve vrtech se měří výšky hladiny podzemní vody.
- Vrty v mělkých zvodnících jsou zpravidla umístěny v pořičních zónách a přilehlých terasových stupních, většina z nich je umístěna v kvartéru.
- Hlubinné vrty jsou situovány tak, aby charakterizovaly různé hydrogeologické struktury



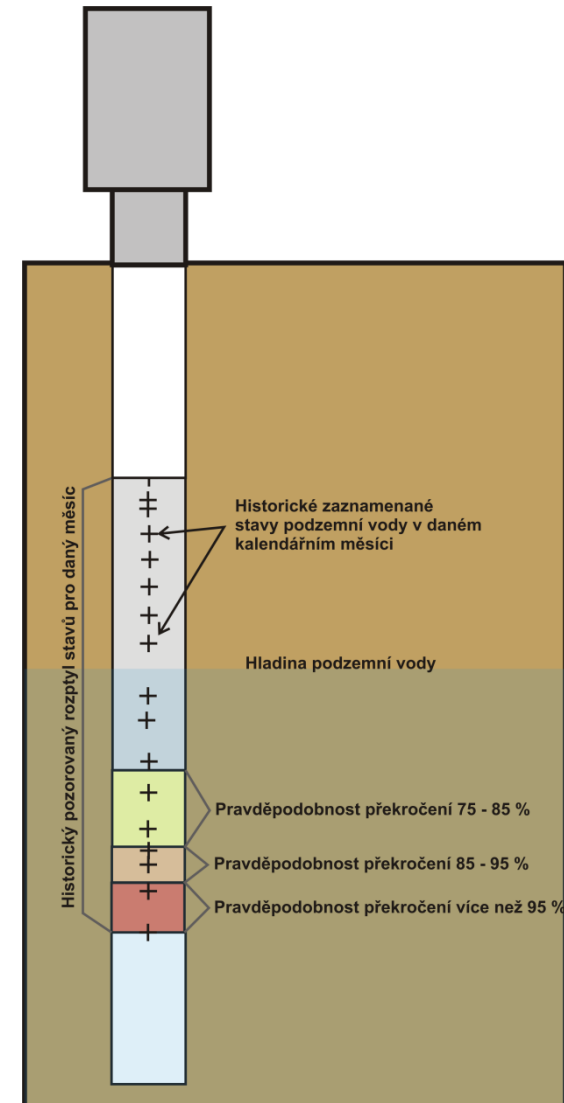
# Hlásná síť podzemních vod



# PZV – stav sucha

- Charakterizován třemi kategoriemi závažnosti podle pravděpodobnosti výskytu odvozené za referenční období **1981–2010**
- **Mírné sucho** jsou označeny stavy pod hodnotou spodního kvartilu (tj. pravděpodobnosti překročení 75–85%)
- **Silné sucho** je hodnoceno jako pravděpodobnost překročení 85–95 %
- **Mimořádné sucho** jsou označeny stavy, které odpovídají nejnižším 5 % historických pozorování (tj. pravděpodobnost překročení 95%).

Hodnocení je prováděno jak pro jednotlivé objekty, tak souhrnně pro definované oblasti povodí.

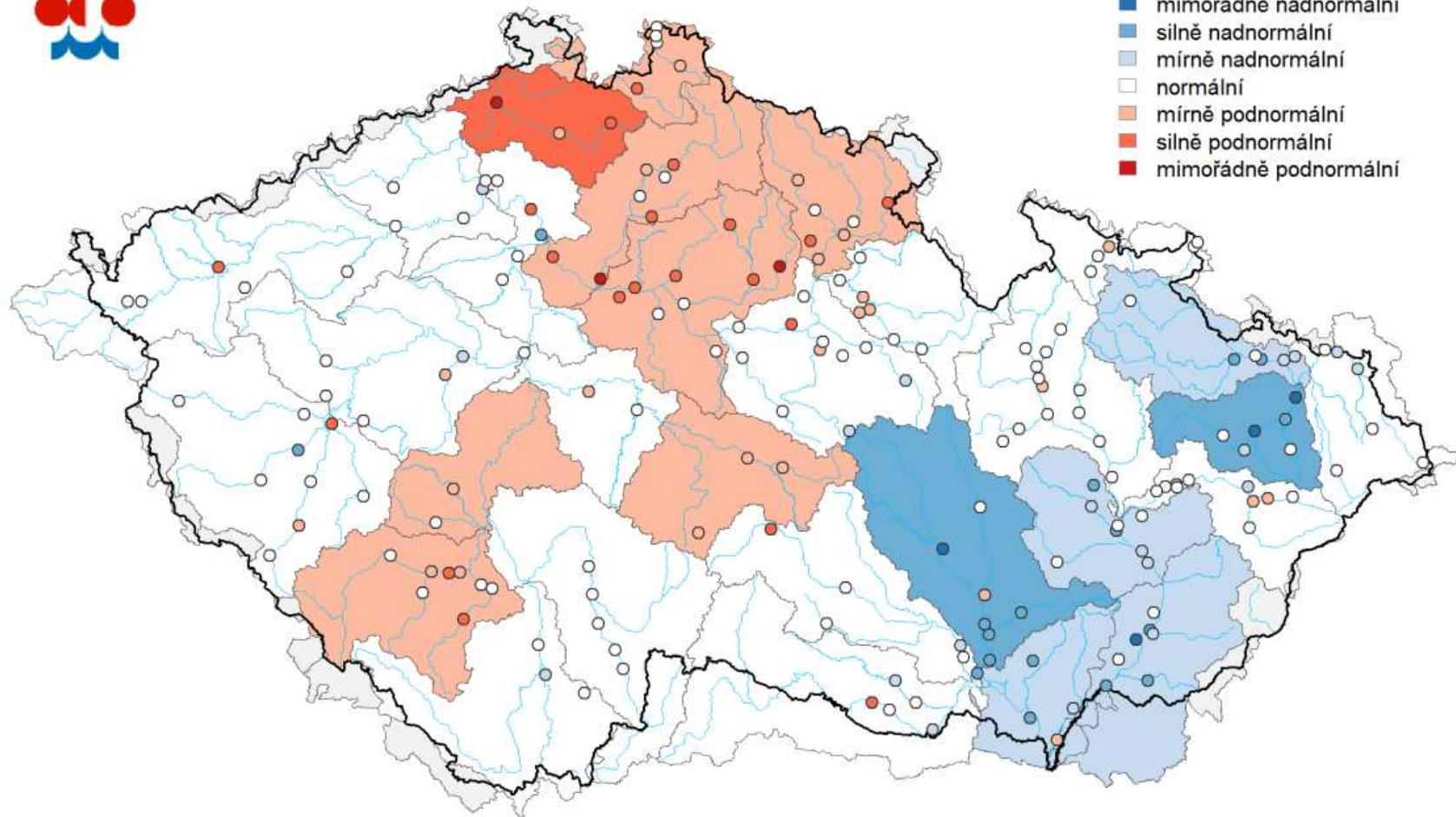




# Mapa vyhodnocení kategorií sucha

Stav hladiny podzemní vody v mělkých vrtech

09. 03. – 15. 03. 2015



# Stav PZV – březen 2015

## Vrty – celá republika

### Hodnocení nárůstu nebo poklesu hladin ve vrtech ve srovnání s předchozím měsícem

- U 2% objektů velmi rychle klesají hladiny.
- U 19% objektů hladiny klesají.
- U 52% objektů hladiny stagnují nebo pomalu klesají.
- U 21% objektů hladiny stagnují nebo pomalu rostou.
- U 5% objektů hladiny rostou.
- U 1% objektů hladiny velmi rychle rostou.

## Prameny - celá republika

### Hodnocení nárůstu nebo poklesu vydatnosti pramenů ve srovnání s předchozím měsícem

- U 3% objektů velmi rychle klesají vydatnosti.
- U 9% objektů vydatnosti klesají.
- U 50% objektů vydatnosti stagnují nebo pomalu klesají.
- U 30% objektů vydatnosti stagnují nebo pomalu rostou.
- U 3% objektů vydatnosti rostou.
- U 5% objektů vydatnosti velmi rychle rostou.





# Únor 2015 – nárůst nebo pokles hladin PZV srovnání s únozem 2014

Nárůst nebo pokles hladin ve vrtech v měsíci: 02/2015  
Srovnání se stejným měsícem předchozího roku.

— Hranice ČR

— Toky

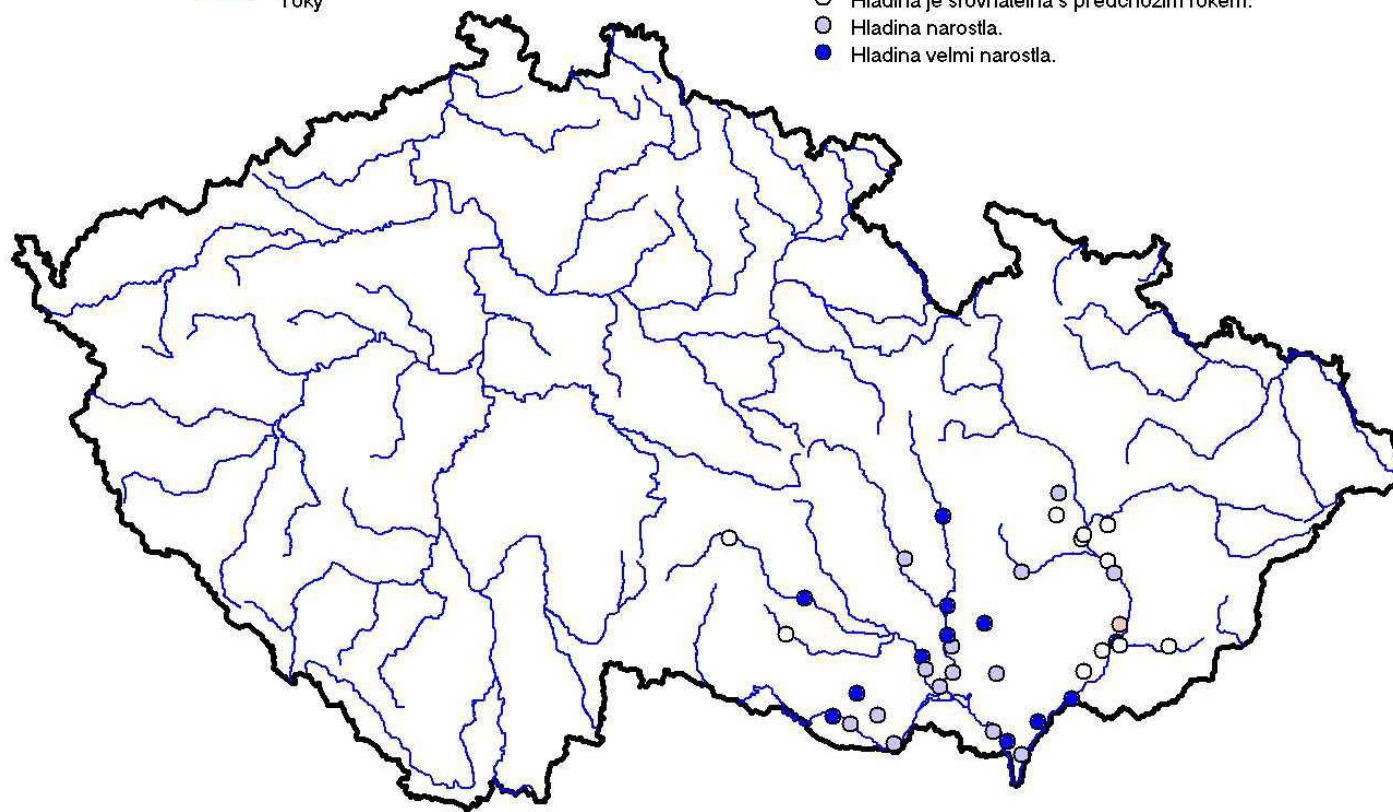
● Hladina velmi poklesla.

○ Hladina poklesla.

○ Hladina je srovnatelná s předchozím rokem.

○ Hladina narostla.

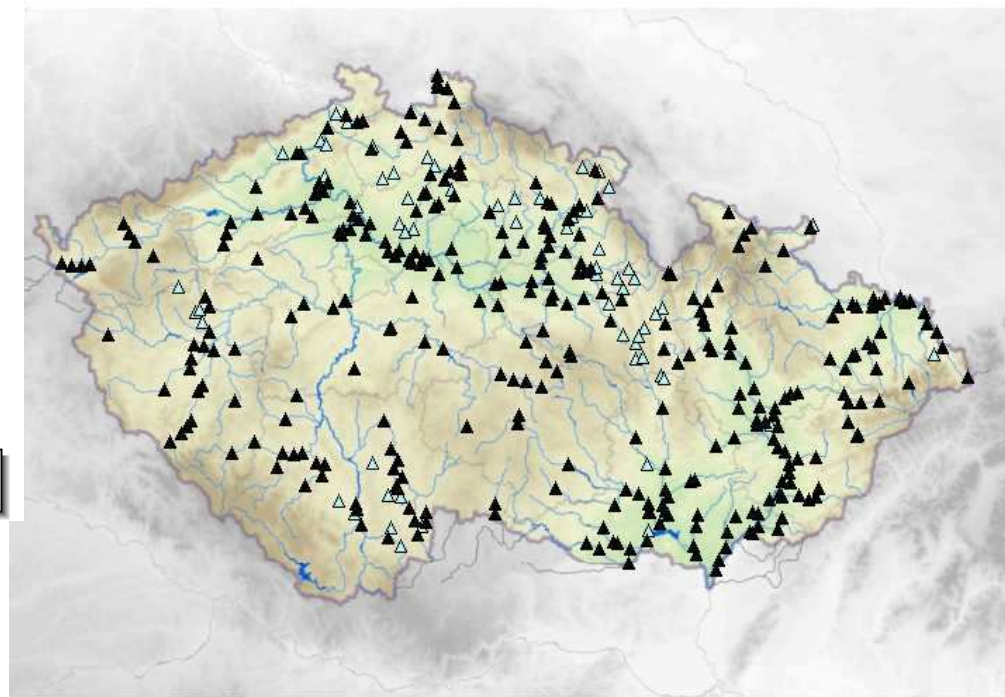
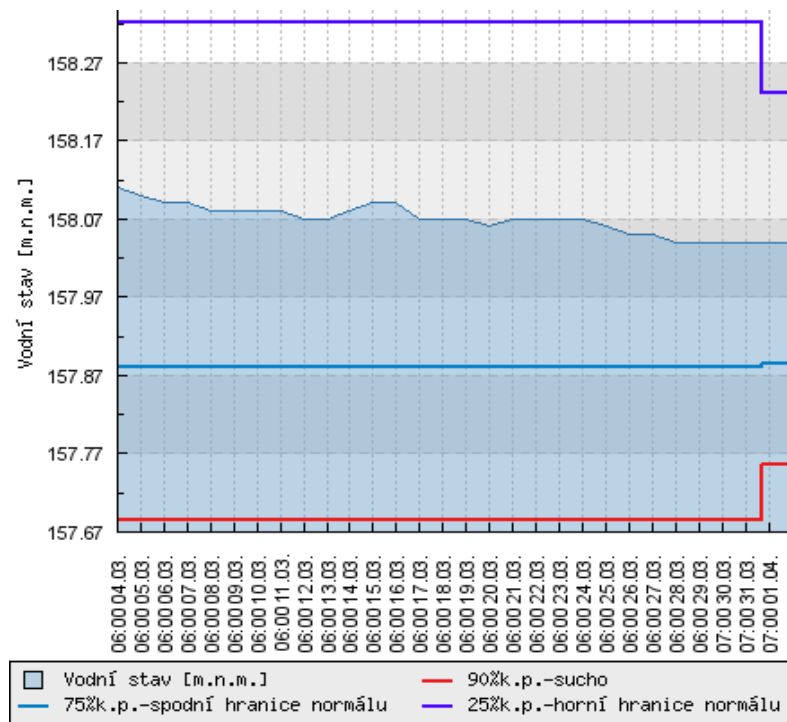
● Hladina velmi narostla.



# Aktuální informace PZV

[http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps\\_pzv.php](http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_pzv.php)

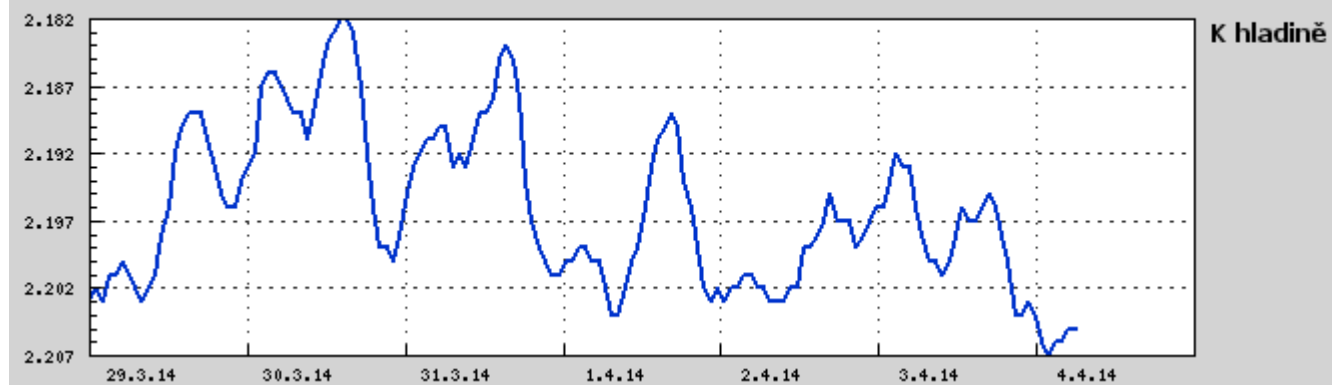
- VB0349 Charvatská Nová Ves



# Aktuální stav hladin PZV

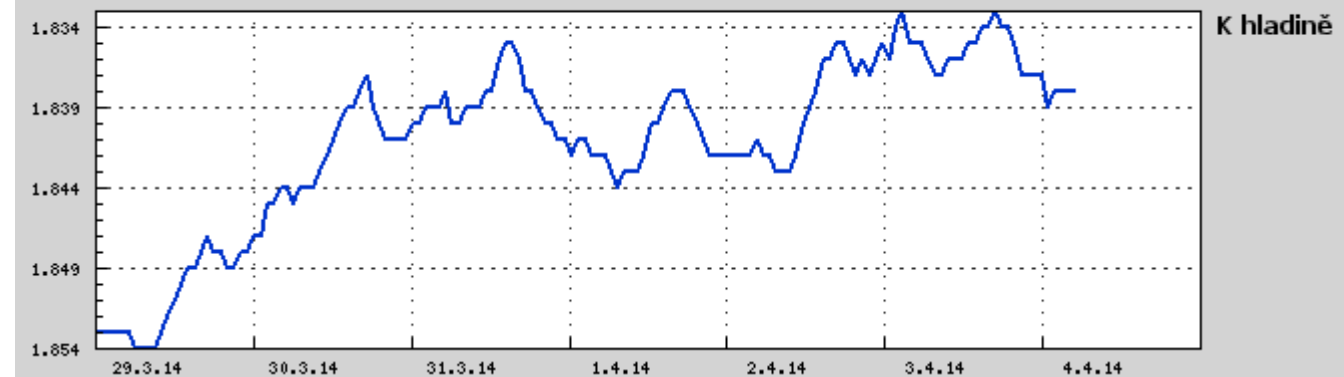
- Hevlín

K4: Stav [m]



- Vítonice

K4: Stav [m]





# Korelační analýza

- Prognózy se stanoví korelační analýzou na základě koeficientu korelace mezi měsíčními stavy
- Koeficienty korelace mezi sousedními měsíci jsou poměrně vysoké

$$r = 0,7 - 0,99$$

klesají s délkou předpovědi





# Harmonická analýza

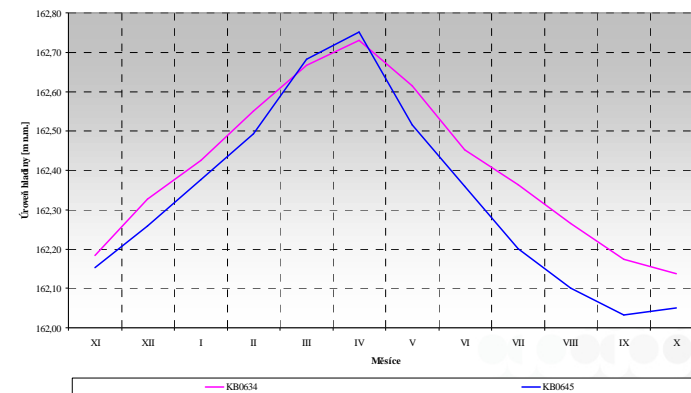
- V hydrologických časových řadách je možno vyčlenit: **trend, sezonní složku, cyklickou složku víceletou, složku náhodnou a složku katastrofální.**
- **Trend** představuje systematickou změnu v časové řadě. Projevuje se jako dlouhodobý vzestup nebo pokles hladiny podzemní vody. Po identifikaci trendu se přistoupí k jeho aproximaci matematickými křivkami. Nejvhodnější je trend lineární. Je-li statisticky významný (určíme podle koeficientu korelace), provede se eliminace trendu, což je první krok dekompozice časové řady.
- Dalším krokem dekompozice časové řady je určení **krátkodobých a dlouhodobých periodických kolísání** podle periodogramu.
- Vybraný časový úsek by měl být homogenní (např. po odečtení trendu). Podle periodogramu vybereme podle délky časové řady 4 – 8 maximálních hodnot a pomocí těchto frekvencí se spočítá prognóza pro následující měsíce. Významnost periody se posuzuje **Fisherovým testem**. Protože většina period je statisticky nevýznamná, uvažuje se o tendenci

k **periodicitě** nebo **kvaziperiodicitě**.

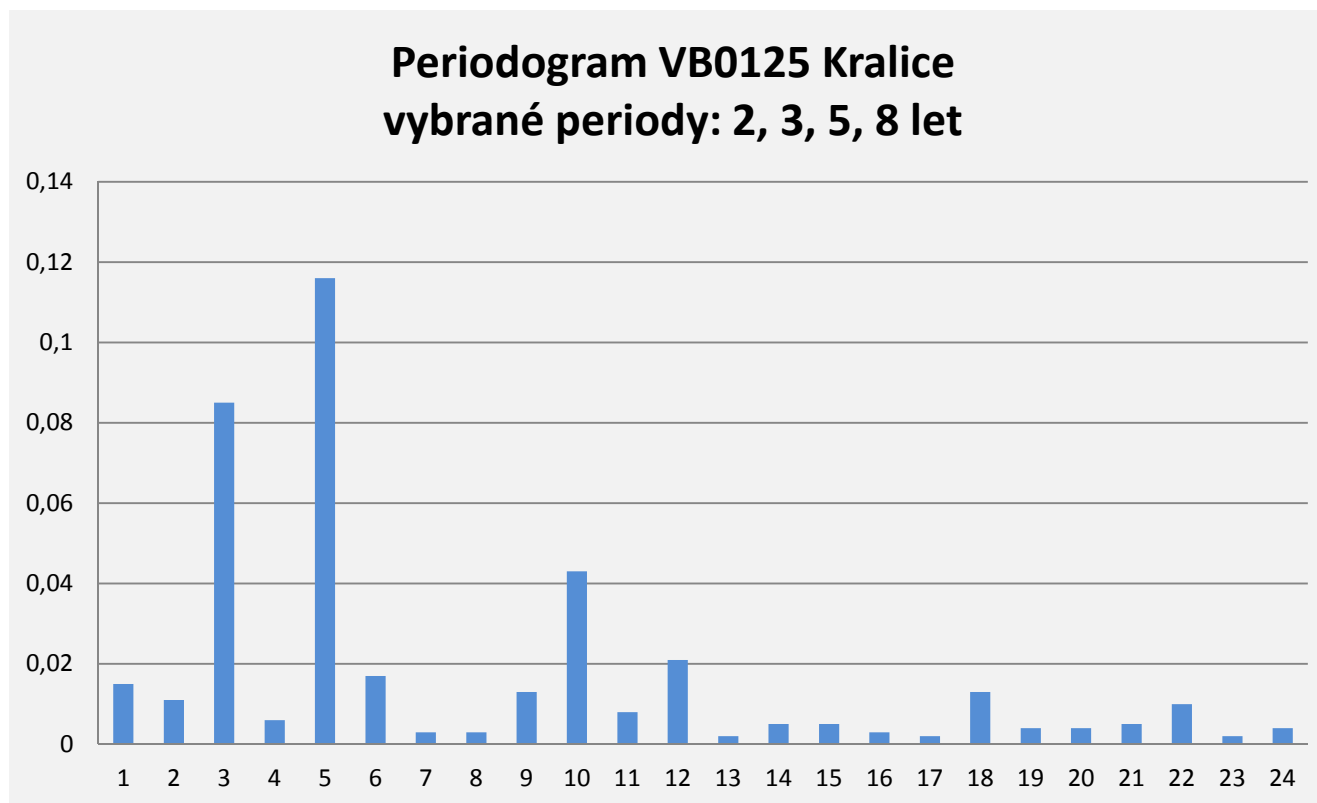
Nejvýznamnější u většiny vrtů je

**12 měsíční perioda**, která koresponduje se sezóním doplňováním podzemní vody.

Graf 3: Průměrný roční chod hladiny podzemní vody za období 1949 -2001

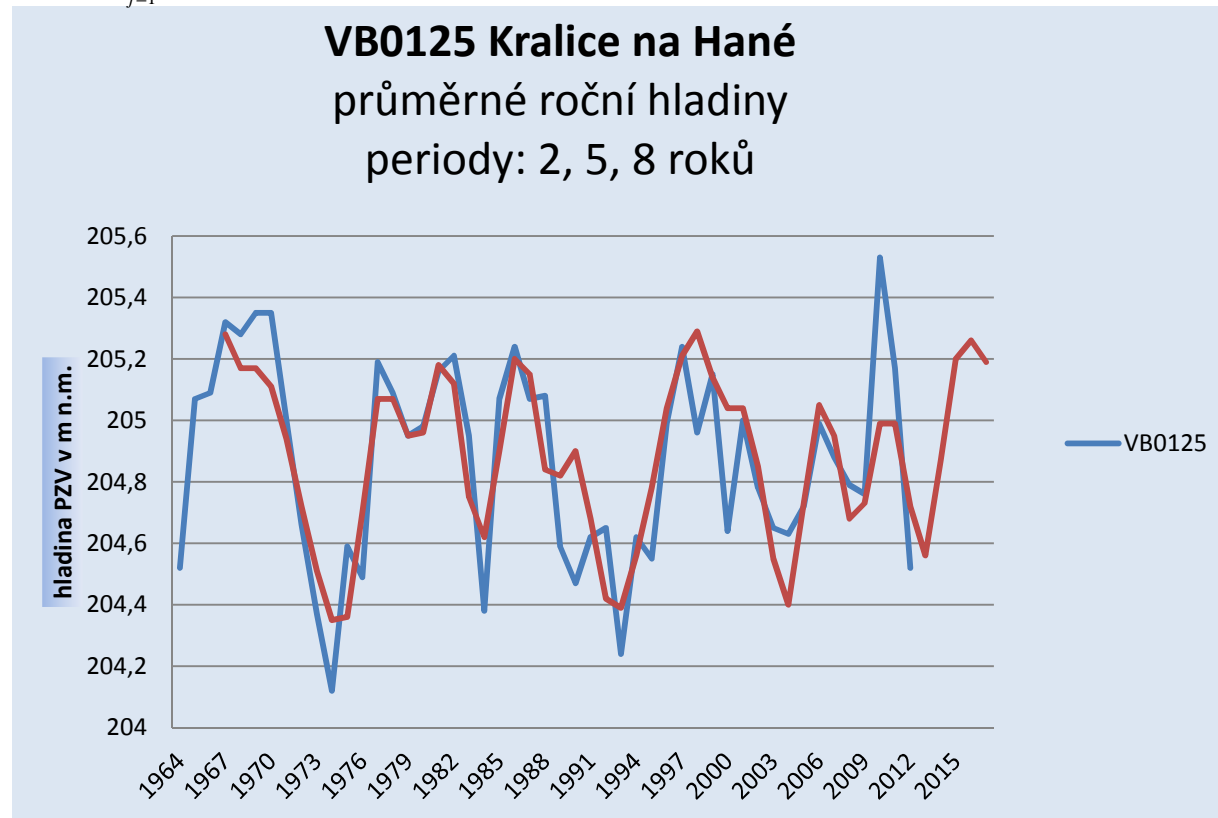


# Periodogram

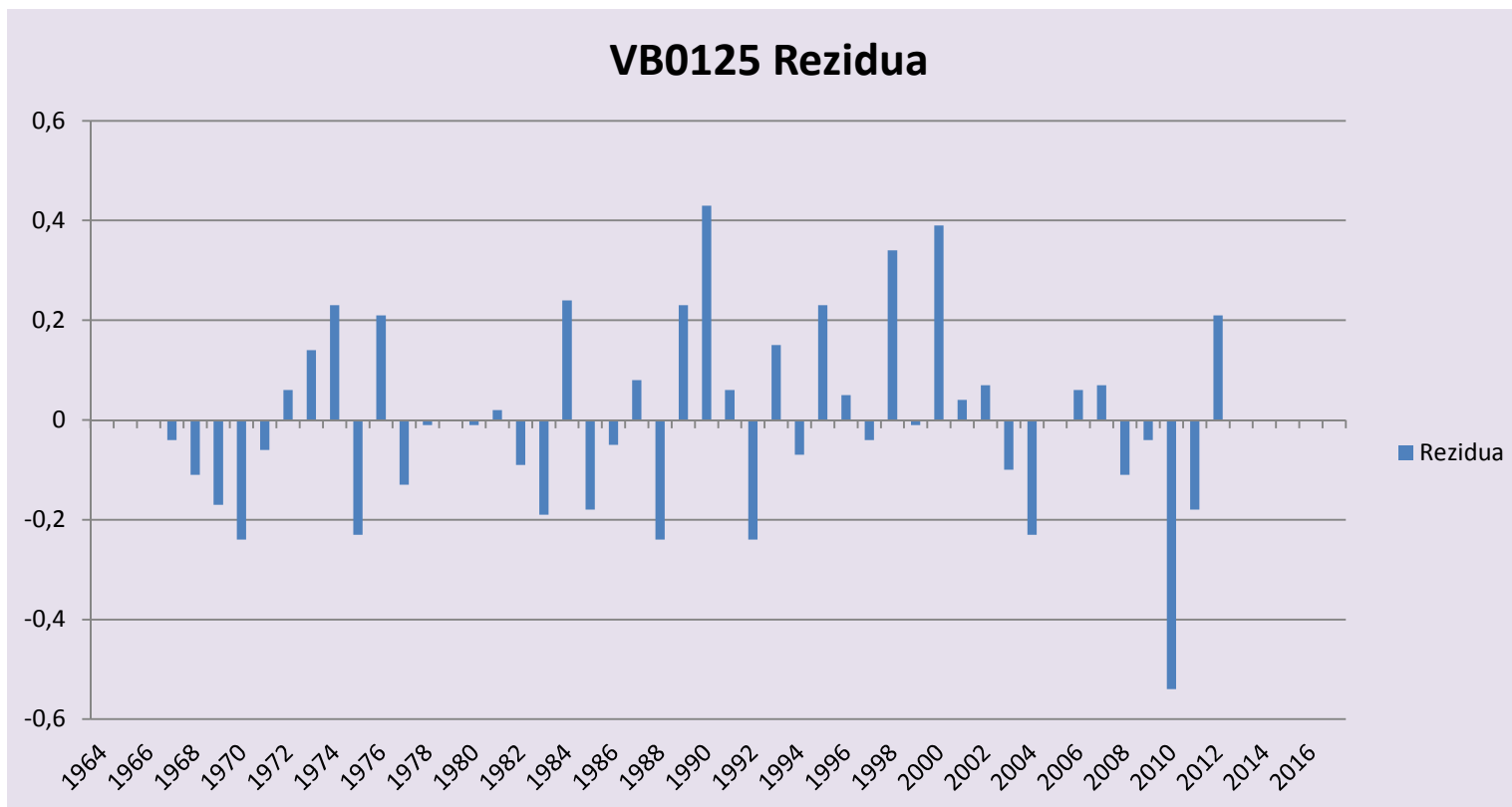


# Roční předpovědi hladiny PZV

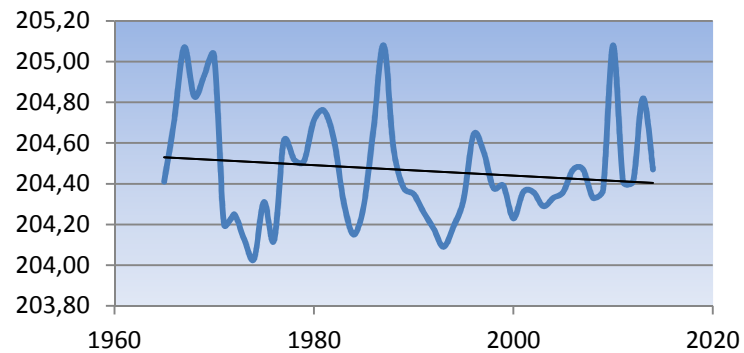
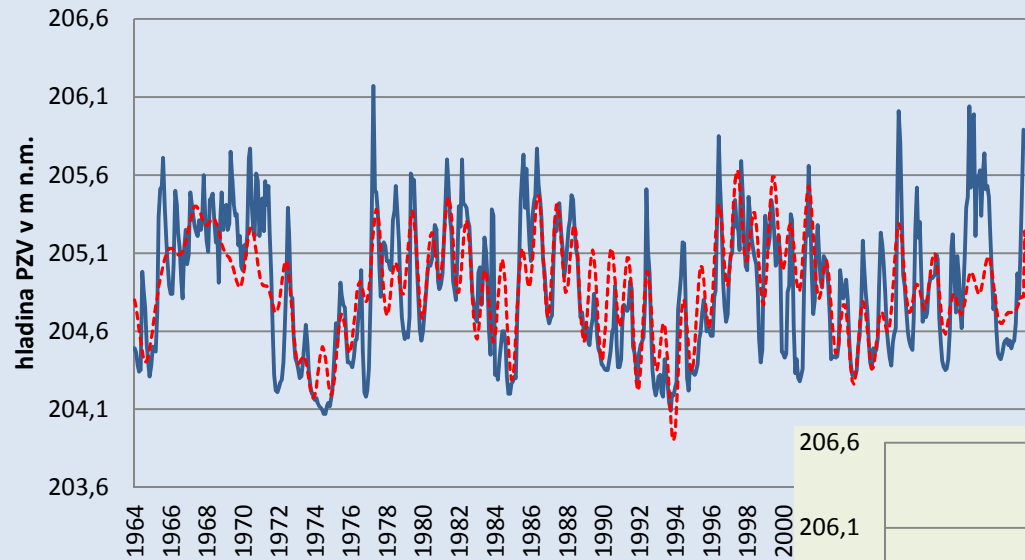
$$\hat{S}_t = \bar{y} + \sum_{j=1}^p (A_j \cos \omega_j t + B_j \sin \omega_j t)$$



# Reziduální složka



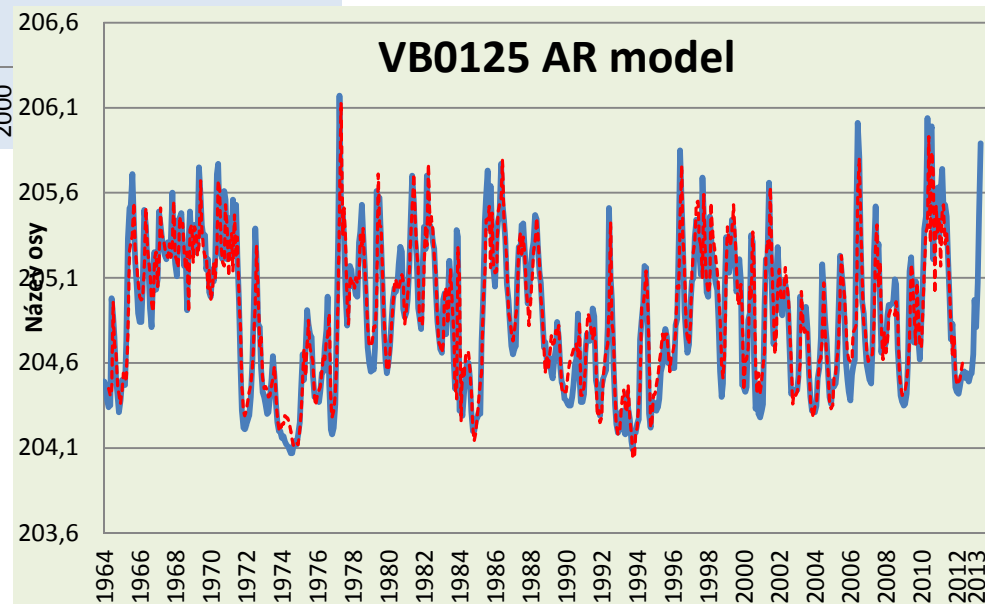
## VB0125 Kralice na Hané průměrné měsíční hladiny periody: 1, 5, 8 let



## Měsíční předpovědi

Použití autoregresní analýza třetího řádu

$$\tilde{r}_t = a_0 + a_1 r_{t-1} + a_2 r_{t-2} + a_3 r_{t-3}$$





# Hodnocení prognóz

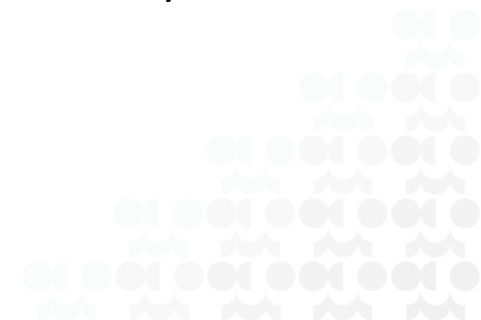
- Klasifikace efektivnosti předpovědního modelu se posuzuje podle podílu směrodatných odchylek předpovídaných hodnot a směrodatných odchylek pozorovaných hodnot

$\frac{s_p}{s}$	Hodnocení prognózy
0.4	dobrá
0.6	Uspokojivá
0.8	slabá

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_t - \bar{y})^2}{n-1}}$$

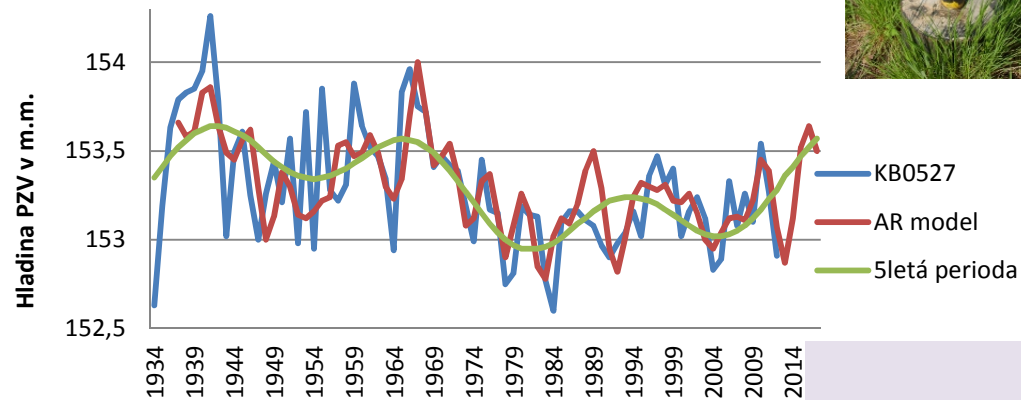
$$s_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tilde{y}_t - y_t)^2}{n-1}}$$

Velikost rozdílu mezi skutečnou a předpovídanou hodnotou posoudíme přípustnou chybou:  $F = 0,674 s$ , kde  $s$  je směrodatná odchylka naměřených hodnot



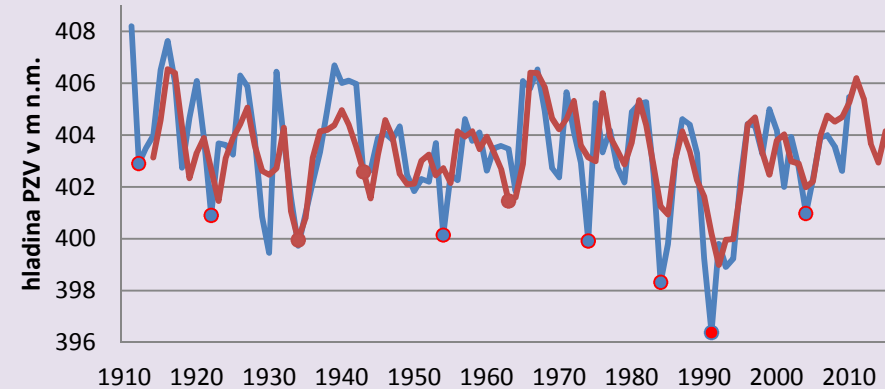
# KB0527 Lanžhot, vrt V 12 Banín

**KB0527 Lanžhot**  
průměrné roční hladiny 1934 – 2012



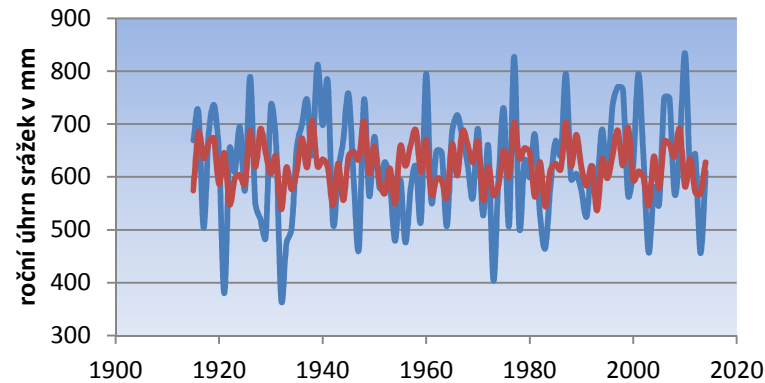
Výskyt minimálních hladin:  
1922, 1930, 1934, 1943, 1952,  
1964, 1974, 1984, 1993, 2003

**Vrt V 12 Banín**  
Průměrné roční hladiny 1910 -2010

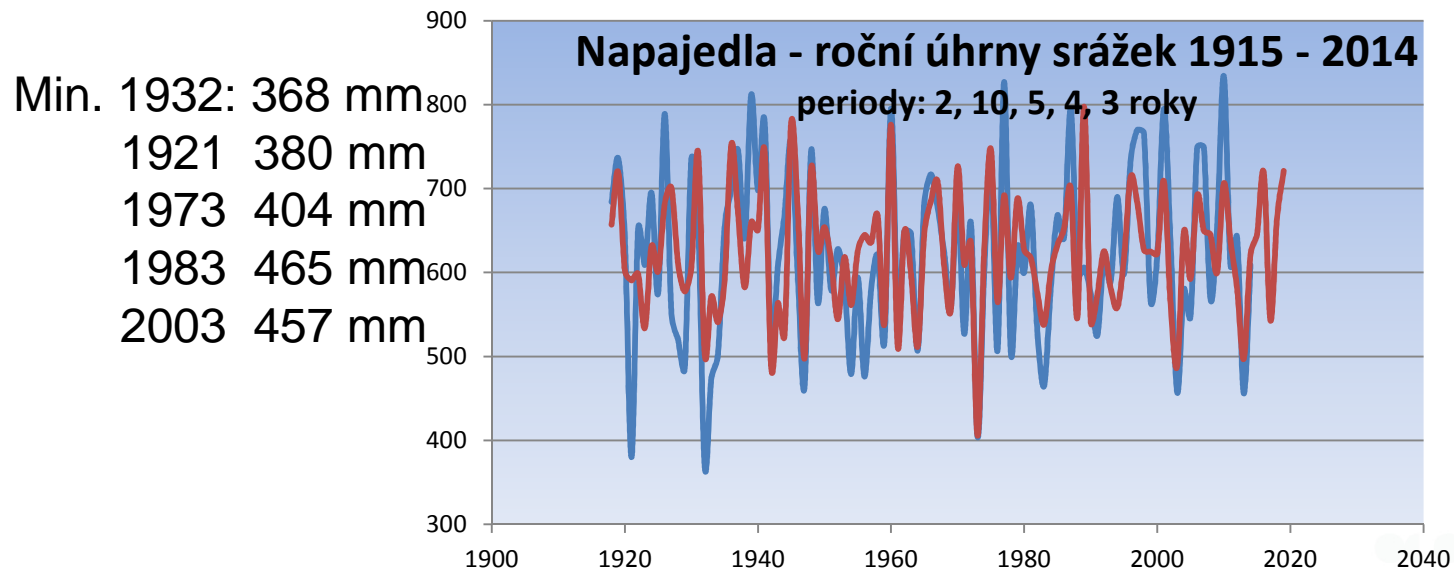
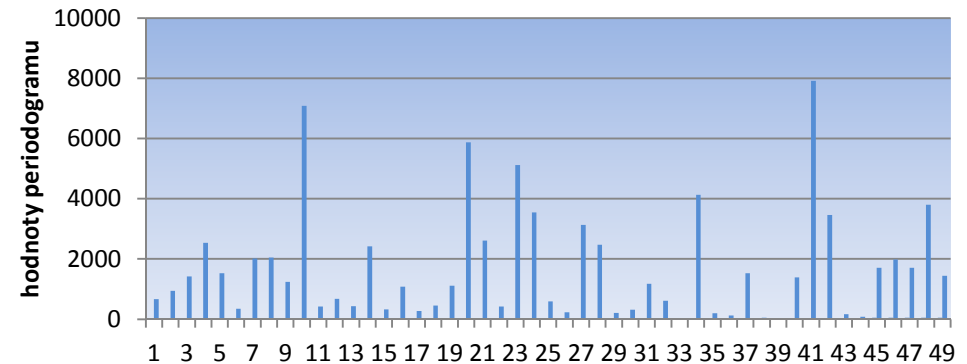


# Periody - srážky

**Napajedla - roční úhrny srážek**  
model: periody 2, 10 roků



**Peridogram**  
roční úhrny srážek Napajedla 1915 -2014  
nejvýznamnější periody: 2, 10, 5 let

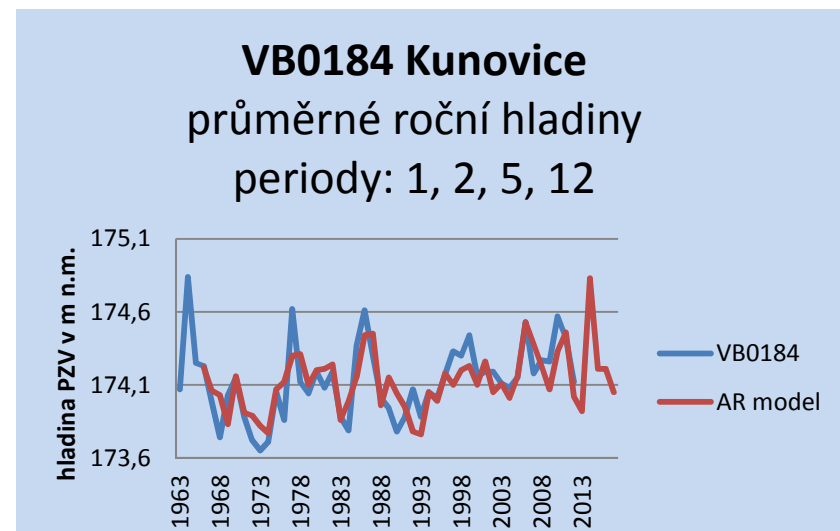
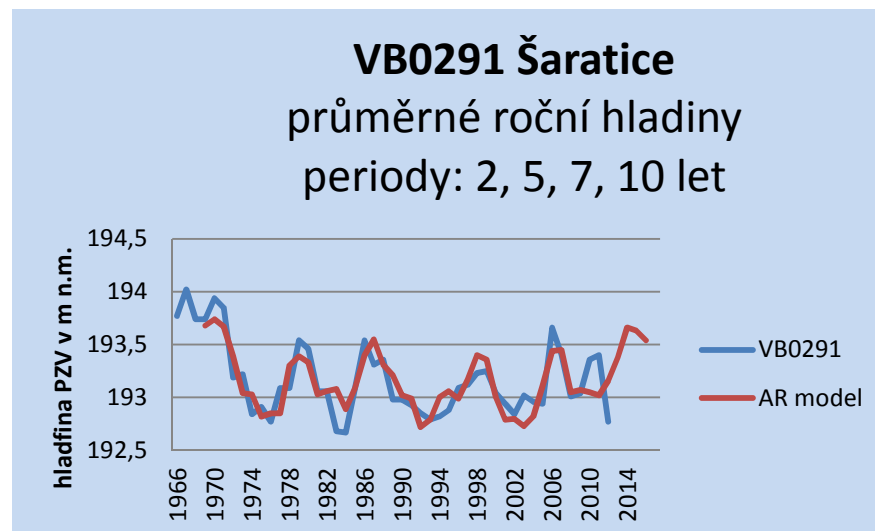


# Výskyt minimálních hladin podzemní vody

- Jako málo vodné se z hlediska podzemních vod jeví roky 1934, 1944, 1954, 1964, 1974, 1984, 1993, 2003 a 2012.
- **V povodí Moravy** byly dosaženy minimální hladiny převážně v letech **1974**, 1993 a **1984**,
- **v povodí Jihlavy** většinou v letech 1995 a **1983**,
- **v povodí Svatky** v letech **1973 – 74**
- **v povodí Dyje** v letech **1974**, **1983** a 2003.
- V roce 2012 se hladiny podzemních vod přiblížily nebo překročily absolutní minimální hladiny v horním povodí Jihlavy a v povodí Dyje.

# Významné periody

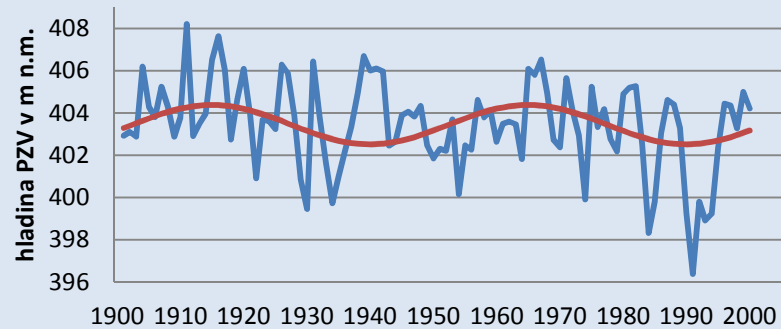
- Nejvýznamnější u většiny vrtů se jeví **dvanactiměsíční** perioda, která koresponduje se sezónním doplňováním podzemní vody.
- Jako druhá nejvýznamnější ze směrodatně prokázaných je perioda přibližně **pětiletá**.
- **Dvouletá perioda** je třetí nejvýznamnější.
- U řad s šedesátiletou řadou pozorování se vyskytují rovněž statisticky významné **30-leté periody**



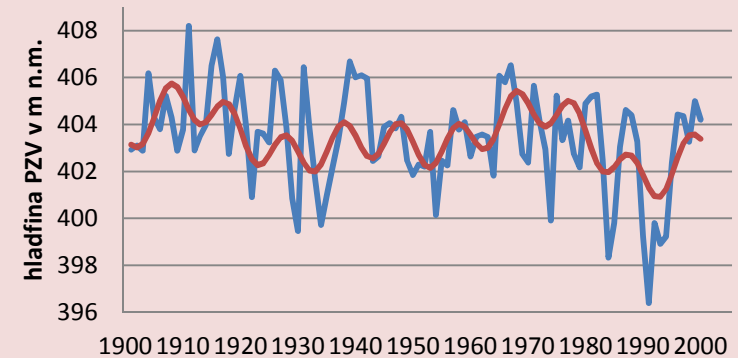


# Vrt Banín 1901 – 2000

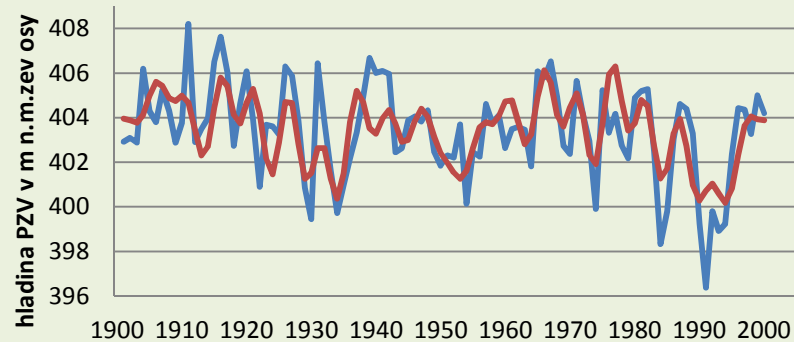
## Banín - 25letá perioda



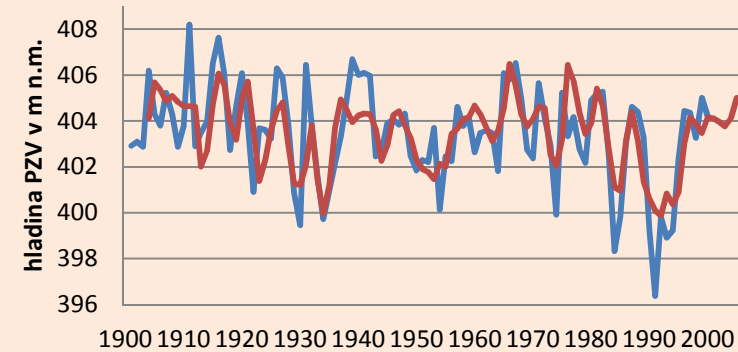
## Banín- periody 5, 16, 25 let



## Banín - periody 2, 5, 10, 16, 25 let

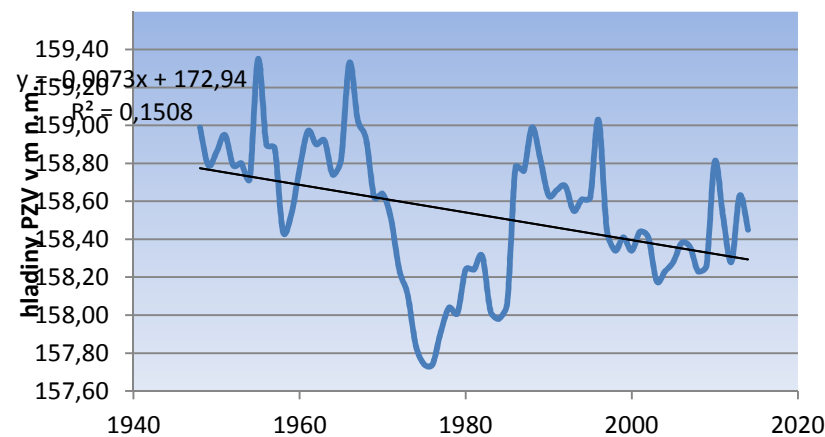


## Banín - AR model

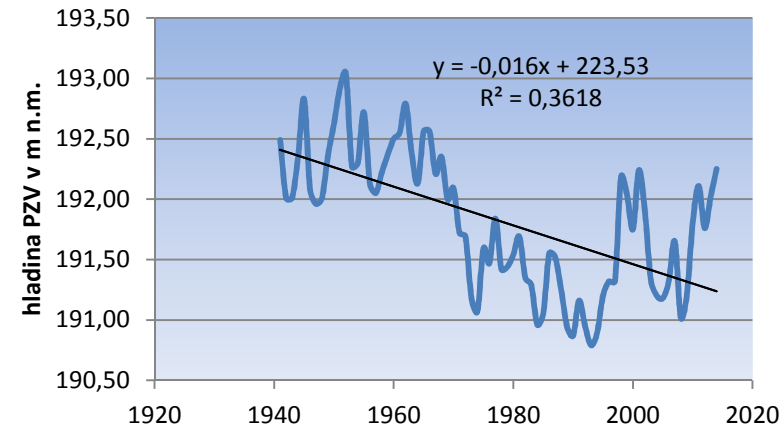


# Trendy – minimální roční hladiny

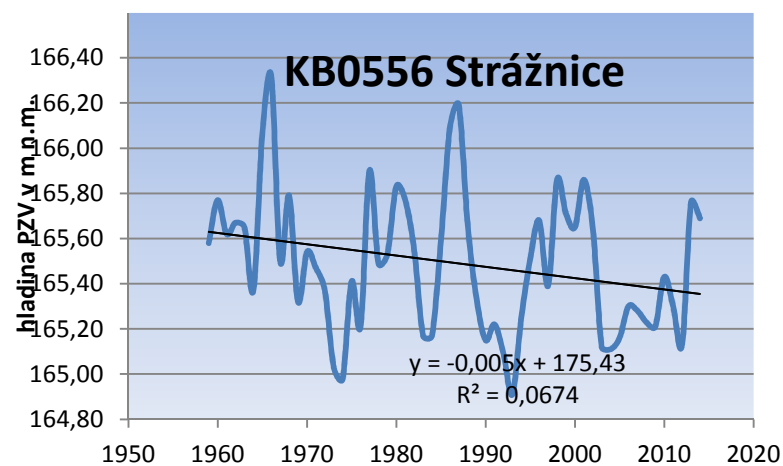
## KB0690 Ladrná



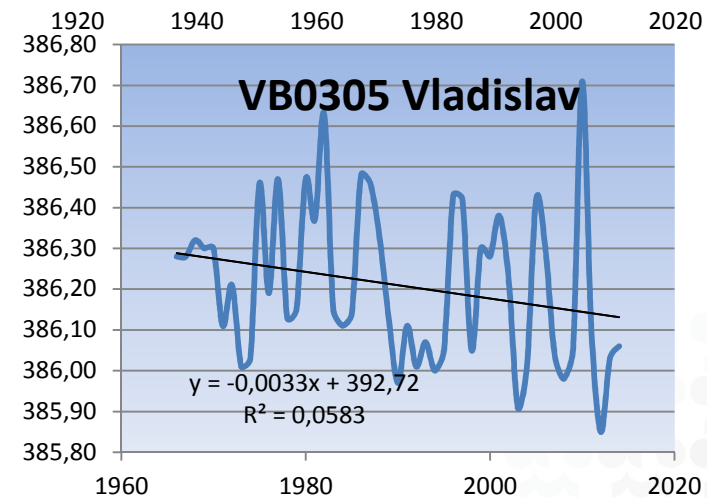
## KB0189 Břest-Kyselovice



## KB0556 Strážnice



## VB0305 Vladislav



# Povrchové vody

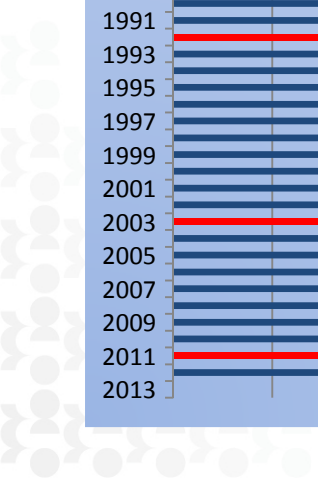
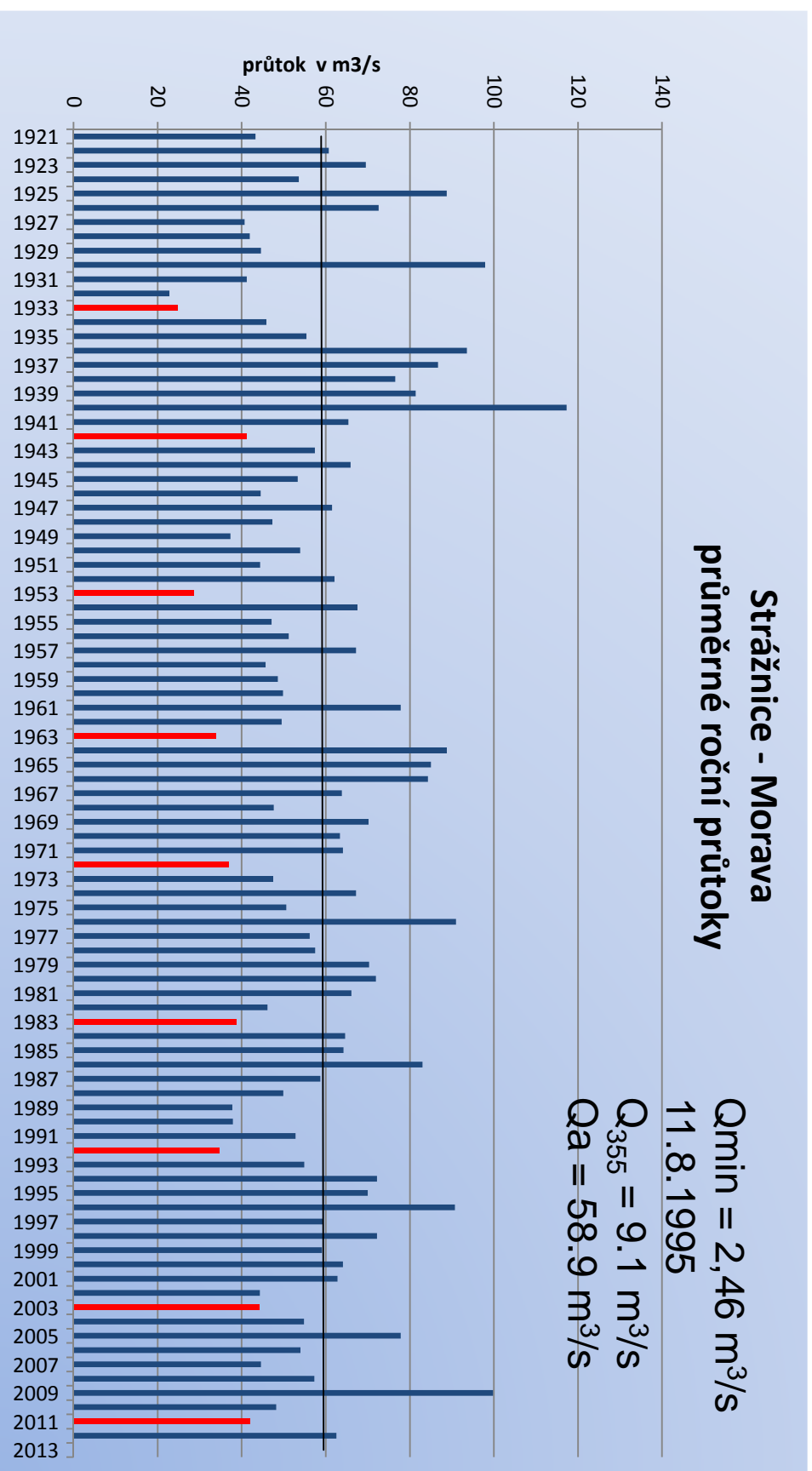
## hydrologické sucho



- V případě **povrchových vod**, vodních toků, je za sucho považována situace, kdy průtok poklesne pod určitou kritickou mez. V České republice je za tuto mez považována hodnota tzv. **355denního průtoku  $Q_{355d}$** .  $Q_{355d}$  označuje průtok, který je v dlouhodobém průměru dosažen či překročen po dobu 355 dní v roce, za stav sucha jsou tedy označena přibližně 3 % nejsušších dní.

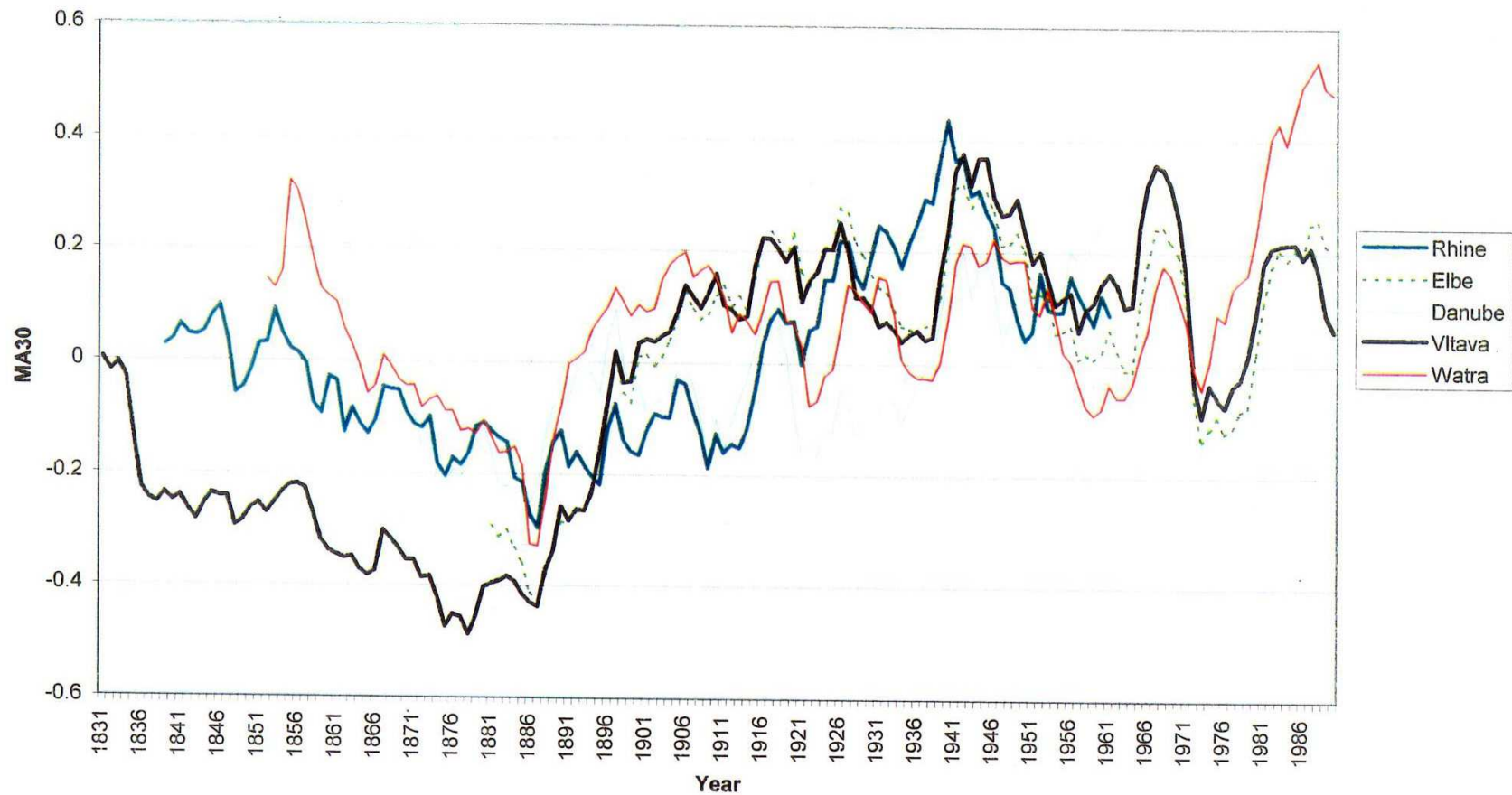


# Vodměrná stanice Strážnice



# Povrchové vody

Fig.4 30-year moving averages (MA30) calculated from standardised annual flows of European rivers (Rhine at Basel, Elbe at Děčín, Danube at Stein-Krems, Vltava at Prague, Warta at Poznan)



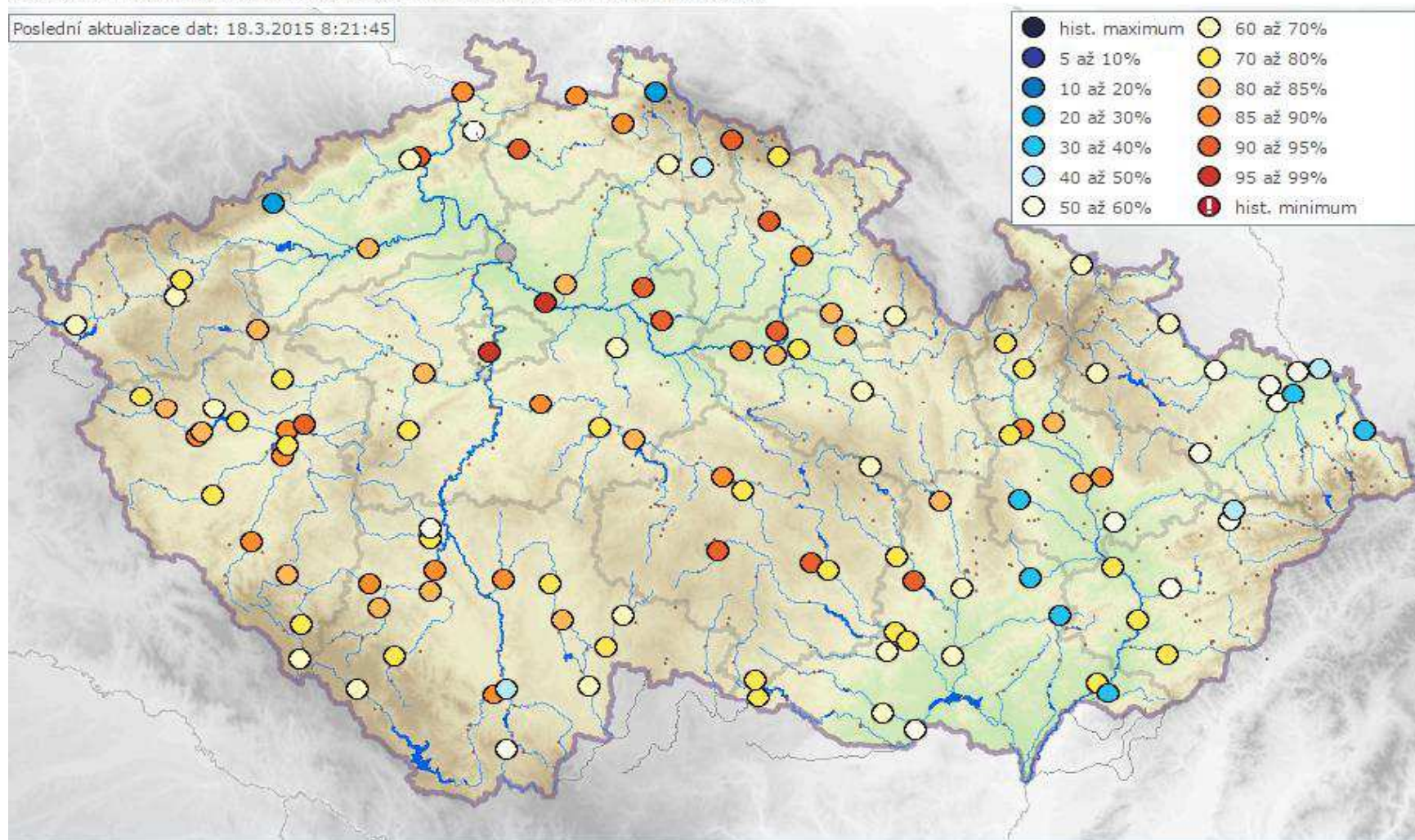


# Aktuální denní průtokové hodnoty

<http://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/vodnosti/vodnosti.html>

**Popis mapy:** Symboly ukazují porovnání současného průměrného průtoku za posledních 24 hodin se všemi pozorovanými denními průtoky v daný den roku za období pozorování. Procenta udávají, kolik historických pozorování je větších než aktuální průtok.

Poslední aktualizace dat: 18.3.2015 8:21:45



# Odhad vlivu klimatické změny na průtoky

- ❑ Pro horizont **2010–2039**: nevýrazné nárůsty nebo poklesy
  - průměr  $Q_a$  = do 5%
  - $Q_{355d}$  = do 5%
  - průměr  $Q_{min7d}$  = + 0.2%
  - $Q_{100min7d}$  = - 2.0%
  
- ❑ Pro horizont **2040–2069**: výraznější poklesy
  - průměr  $Q_a$  = cca - 5%
  - $Q_{355d}$  = cca - 13%
  - průměr  $Q_{min7d}$  = - 7,9%
  - $Q_{100min7d}$  = - 11,0%
  
- ❑ Pro horizont **2070–2099**: ještě výraznější poklesy
  - průměr  $Q_a$  = cca - 13%
  - $Q_{355d}$  = cca - 23%
  - průměr  $Q_{min7d}$  = - 15,5%
  - $Q_{100min7d}$  = - 18,2%

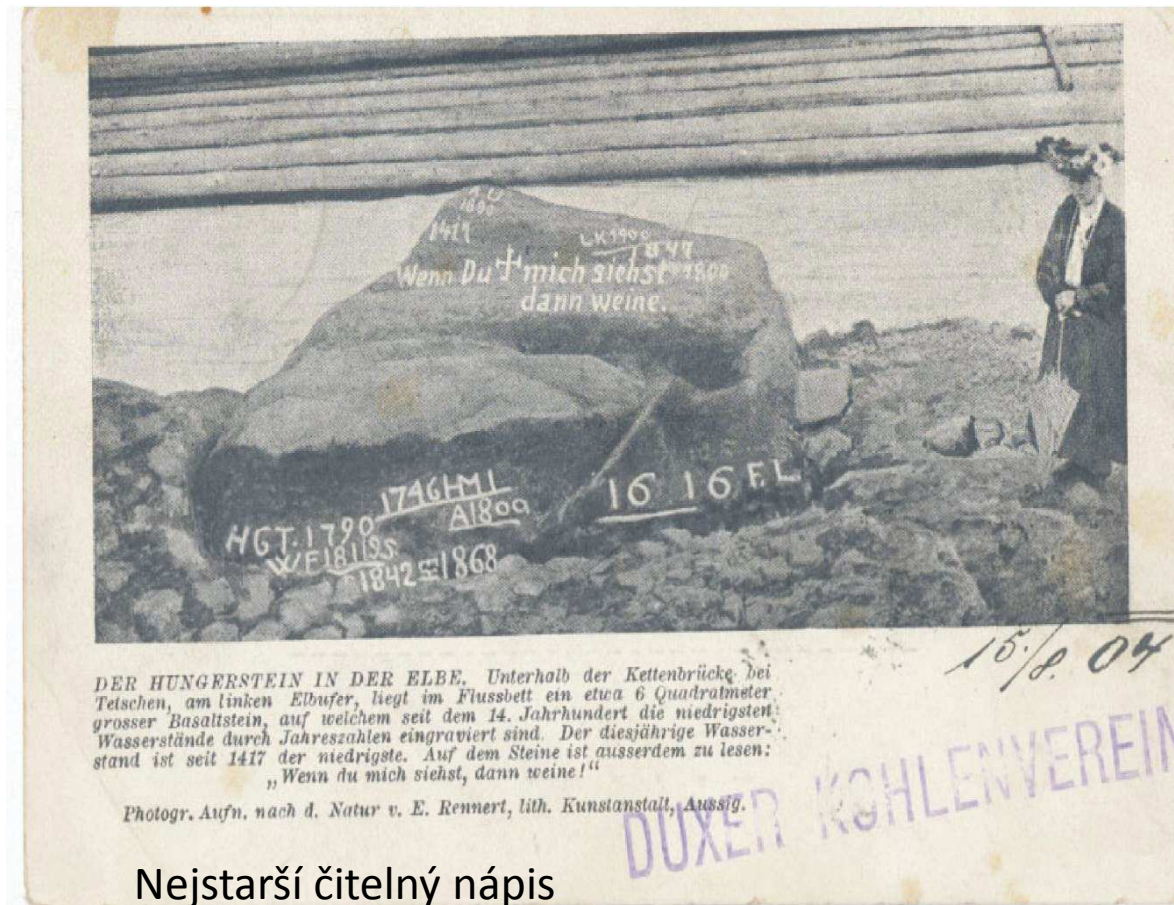


Výsledky porovnání charakteristik minimálních průtoků ukazují na vliv klimatické změny ve druhém a zejména v třetím časovém horizontu.



# Hladový kámen v Děčíně

jedna z nejstarších hydrologických památek v Evropě



Nejstarší čitelný nápis  
je z roku 1616



Částečně viditelný kámen  
na konci července 2013

$$Q_{1904} = 39 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{1947} = 40,1 \text{ m}^3/\text{s}$$



# Hladový kámen 21. srpna 1904



# Ústí nad Labem 1. srpen 1904



Die Elbe bei Aussig am 1. August 1904.

E. Kennert, A





# Děkuji za pozornost

Eva Soukalová  
eva.soukalova@chmi.cz

