

ČESKÝ  
HYDROMETEOROLOGICKÝ  
ÚSTAV

# Hydrologické sucho v podzemních a povrchových vodách

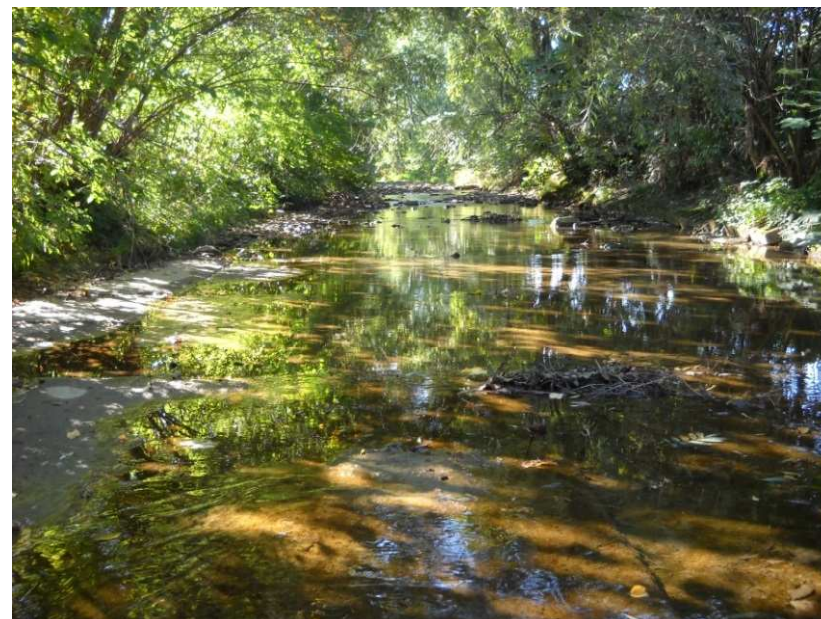
Ing. Eva Soukalová, CSc.

Brno 13. dubna 2016

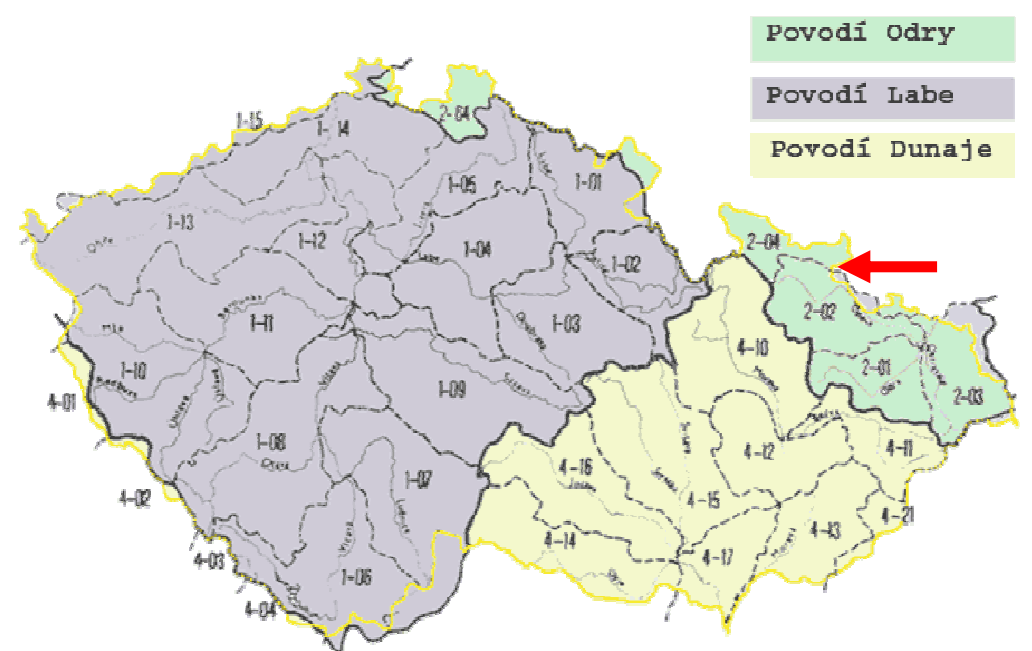


# Obsah přednášky

- Sucho v ČR v roce 2015
- Hydrologické sucho
- Pozorování podzemních vod
- Periodicita časových řad PZV
- Hydrologické sucho v PV
- Historické sucho

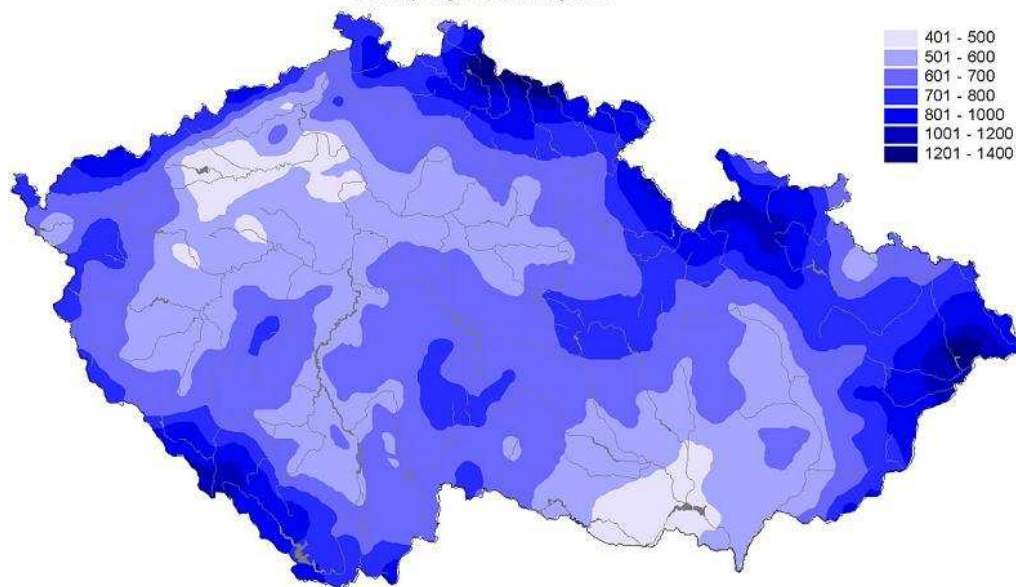


# Vodopis České republiky



Normály ročních srážkových úhrnů 1961 - 90 [mm]

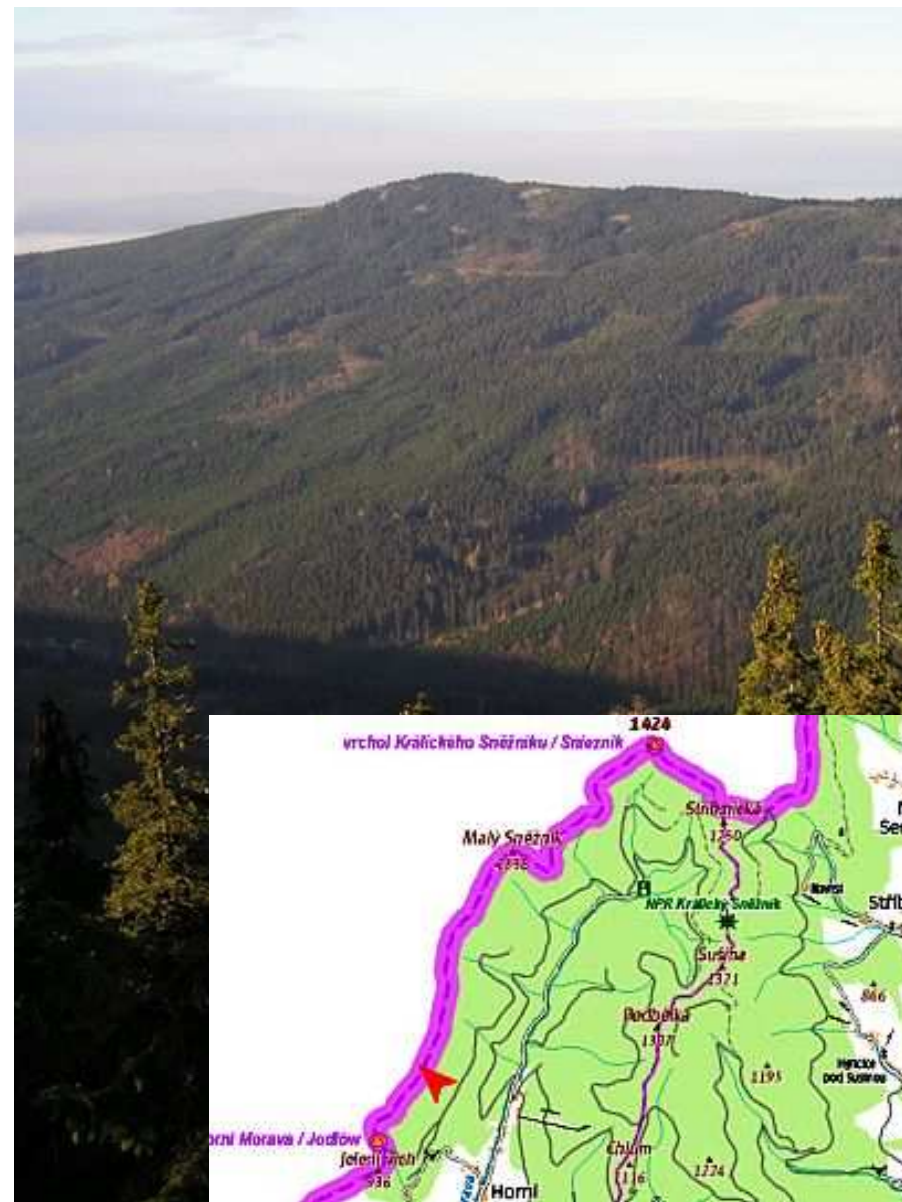
(Metoda splňování dr. Kočkoně a ing. Retta)

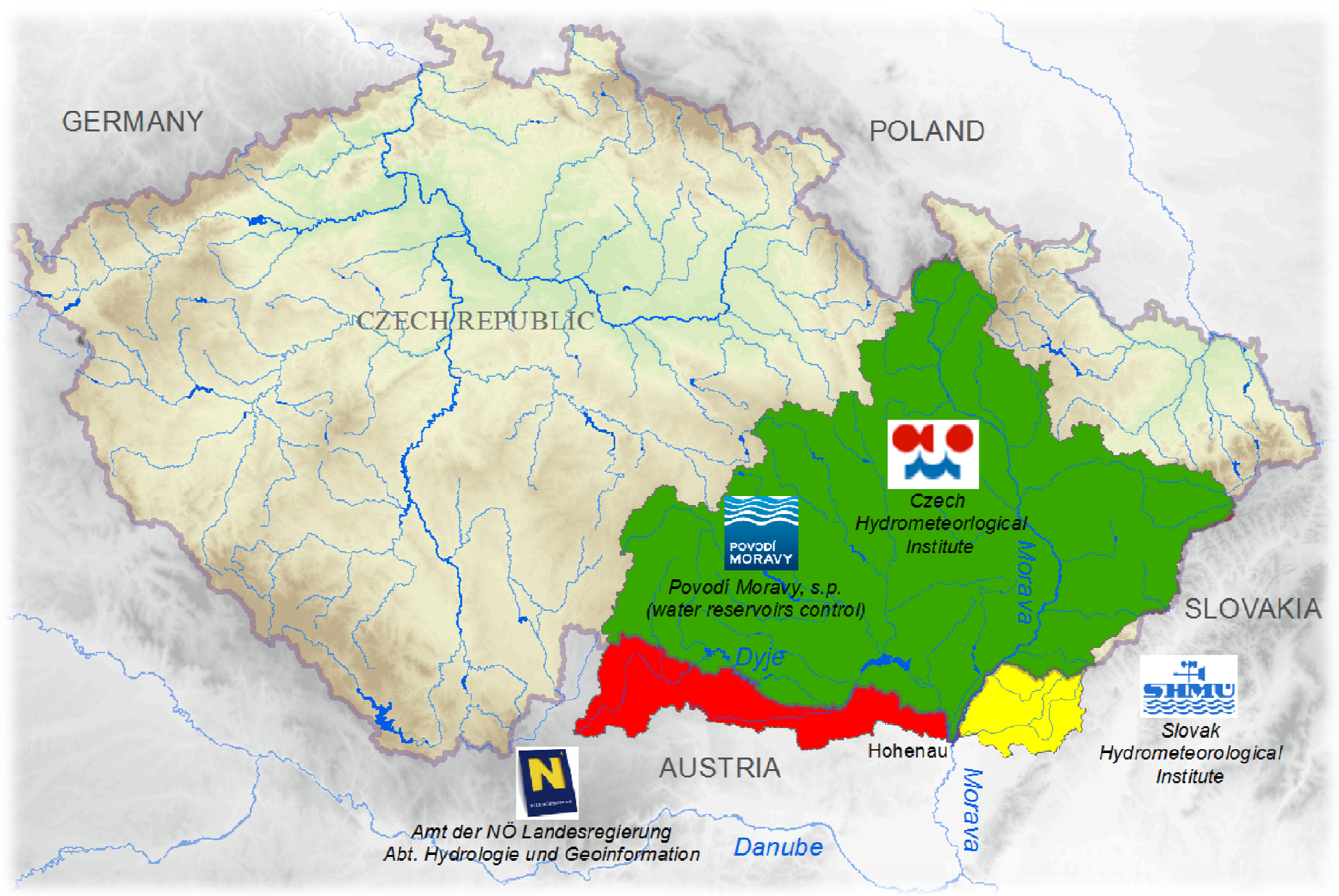


Povodí	Roční úhrn srážek mm	Odtoková výška mm	Specifický odtok $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$	Odtokový součinitel %
Labe	659	194	6,2	<b>29,6</b>
Odra	825	313	9,9	<b>37,9</b>
Morava	641	149	4,7	<b>23,2</b>
ČR	668	192	6,1	<b>28,8</b>

# Vrchol Klepý (1144 m – Kralický Sněžník)

- Českou republikou procházejí hranice povodí významných evropských řek Labe, Odry a Dunaje. Území je proto rozděleno podle odtoku vod do příslušných moří: Severního, Baltského a Černého moře. Rozvodnice mezi povodími Labe, Odry a Dunaje se setkávají v jediném bodě. Tento hydrograficky významný bod leží na vrchu Klepý v pohoří Kralického Sněžníku. Páteřními toky jsou Labe s Vltavou v Čechách, Morava s Dyjí na jižní Moravě a Odra s Opavou na severu Moravy a ve Slezsku.





GERMANY

POLAND

CZECH REPUBLIC

SLOVAKIA

AUSTRIA

Danube

Hohenau



Amt der NÖ Landesregierung  
Abt. Hydrologie und Geoinformation



Povodí Moravy, s.p.  
(water reservoirs control)



Czech  
Hydrometeorological  
Institute



Slovak  
Hydrometeorological  
Institute

Morava

Morava

Dyje

# Pramen Dunaje Furtwagen-Německo

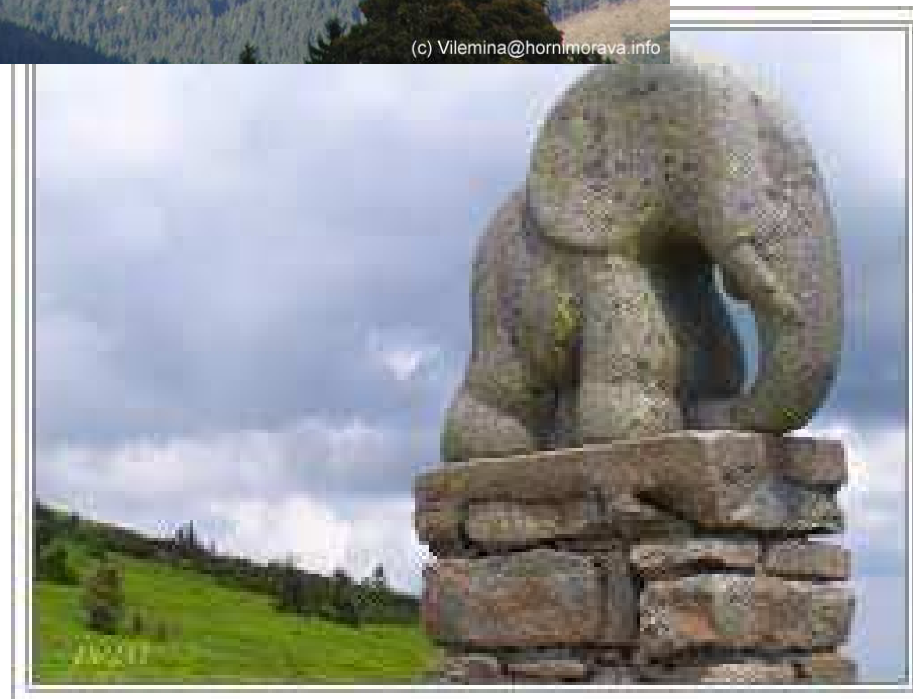
## Danube River Basin



# Pramen Moravy



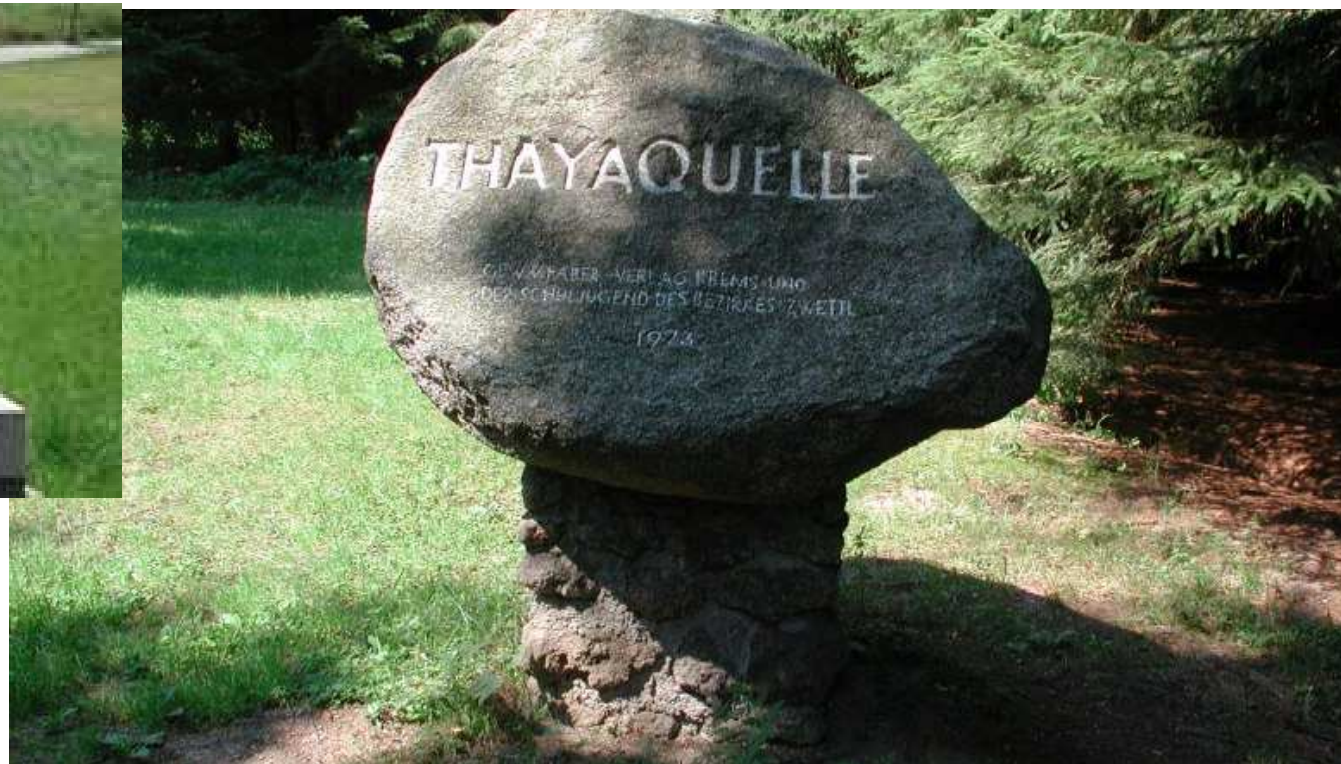
(c) Vilemina@hornimorava.info



# Pramen Německé Dyje



Dyjská nymfa



Pramen Deutsche Thaya u Schweiggers ve výšce 657 m n.m.



# Pramen Moravské Dyje



# Raabs an der Thaya



# Pramen Svitavy, pramen Svratky



# SUCHO v ČR v roce 2015



# SUCHO definice

sucho je velmi neurčitý, avšak v různých oborech často užívaný pojem, znamenající v zásadě nedostatek vody v půdě, řekách, jezerech, rostlinách nebo i v atmosféře.

Jednotná kritéria pro kvantitativní vymezení neexistují s ohledem na rozmanitá hlediska:

meteorologické

hydrologické

agronomické

pedologické (půdní)

fyziologické

socioekonomické



# SUCHO v ČR

Ve střední Evropě se sucho vyskytuje **NAHODILE** jako důsledek nepravidelně se vyskytujících období podnormálních srážek, trvajících několik týdnů, měsíců i roků.

Ve vegetačním období bývá **srážkový deficit** doprovázen často i

- **nadnormálními teplotami,**
- **nižší poměrnou vlhkostí vzduchu,**
- **zmenšenou oblačností**
- **větším počtem hodin slunečního svitu**

*Pozn. Tyto meteorologické prvky mají pak za následek vyšší evapotranspiraci (výpar), čímž se dále zvyšuje nedostatek vody (vláhy).*



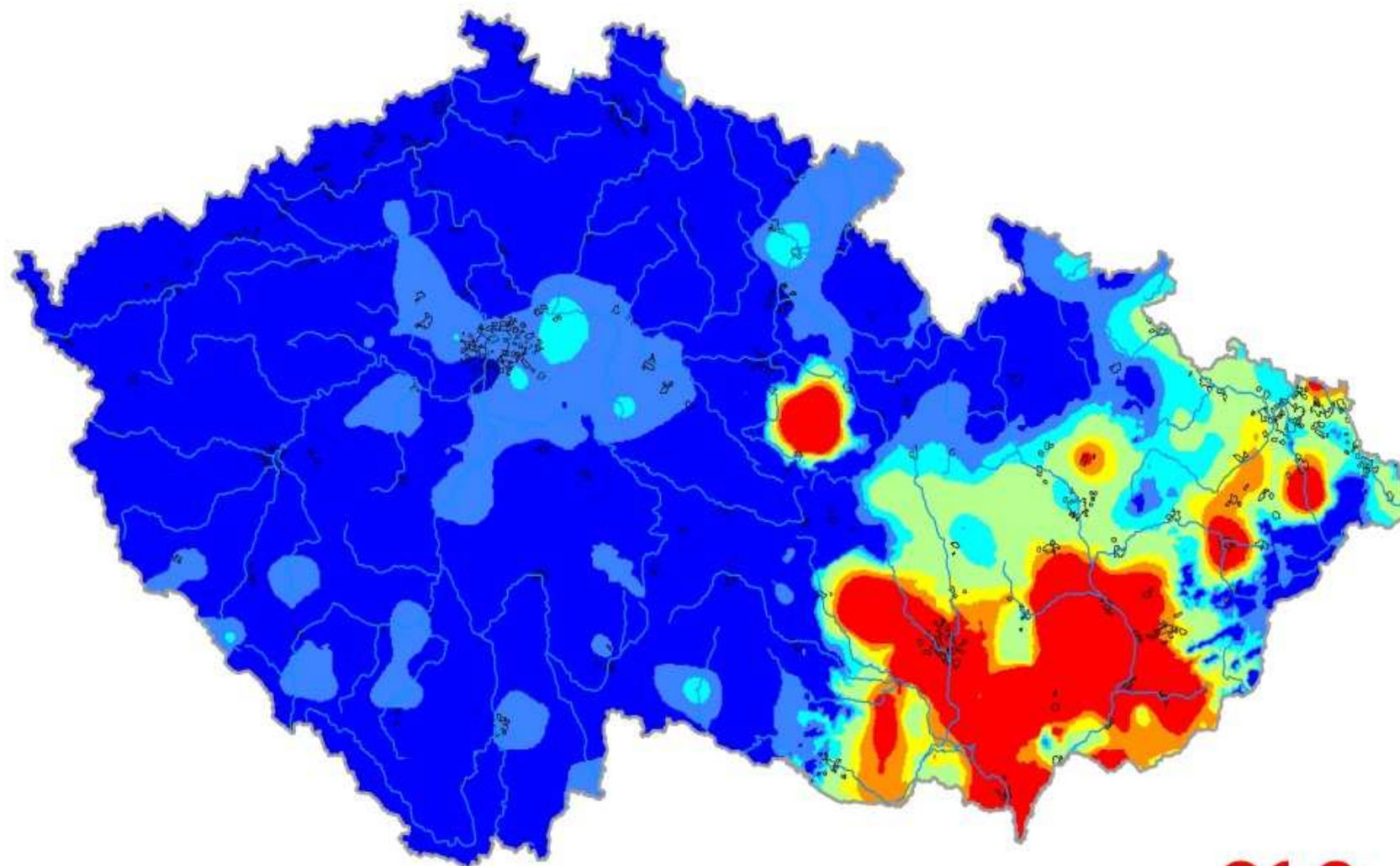
# Nejvýznamnější sucha

*Tab. 10.2 Nejvýznamnější sucha od roku 1900 podle SPI3 a DMPI3 v chronologickém pořadí (5 nejhorších let). Silně jsou vyznačena sucha, která byla větší než v roce 2015, podtržena jsou sucha mnohem větší, ostatní jsou přibližně srovnatelná s rokem 2015.*

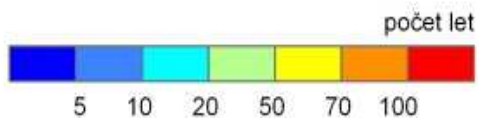
Stanice	SPI3	DMPI3
Klementinum	<b>1900, 1904, 1947, 1976, 1990</b>	1911, <b>1943</b> , 1976, 1990, 2003
Brno	<b>1904, 1917, 1921, 1976</b>	1917, <u>1921</u> , <u>1947</u> , 1976, 2003
České Budějovice	<b>1904, 1911, 1923, 1947</b>	1904, 1911, <b>1981</b> , 2003
Čáslav	<b>1904, 1911, 1976, 1994</b>	1921, 1947, 1976, 1982
Opava	1904, 1921, 1992	1921, 1932, 2003

# Doba opakování

Doba opakování suché periody pro období srpen 2011 až květen 2012



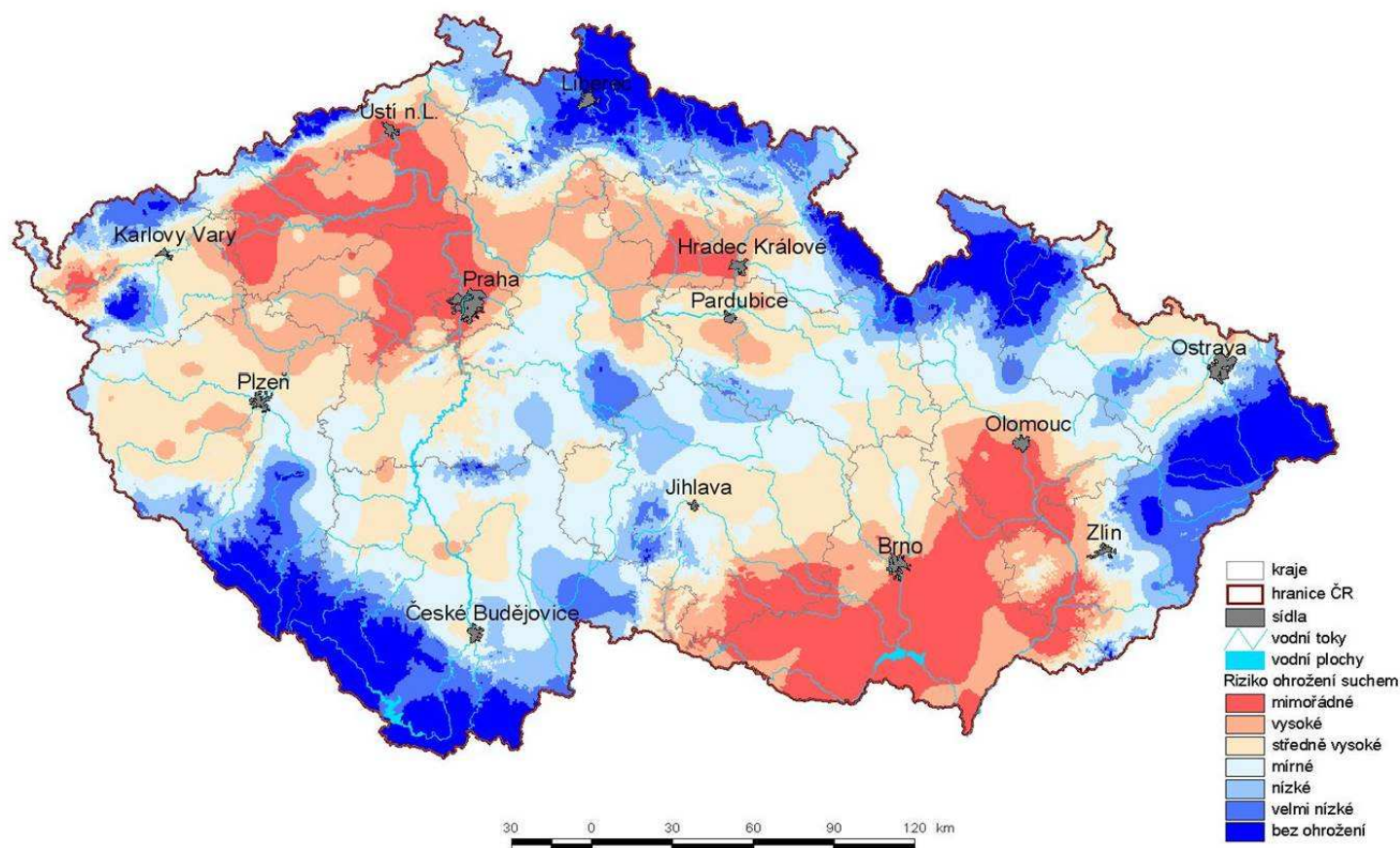
0 25 50 100 150 km



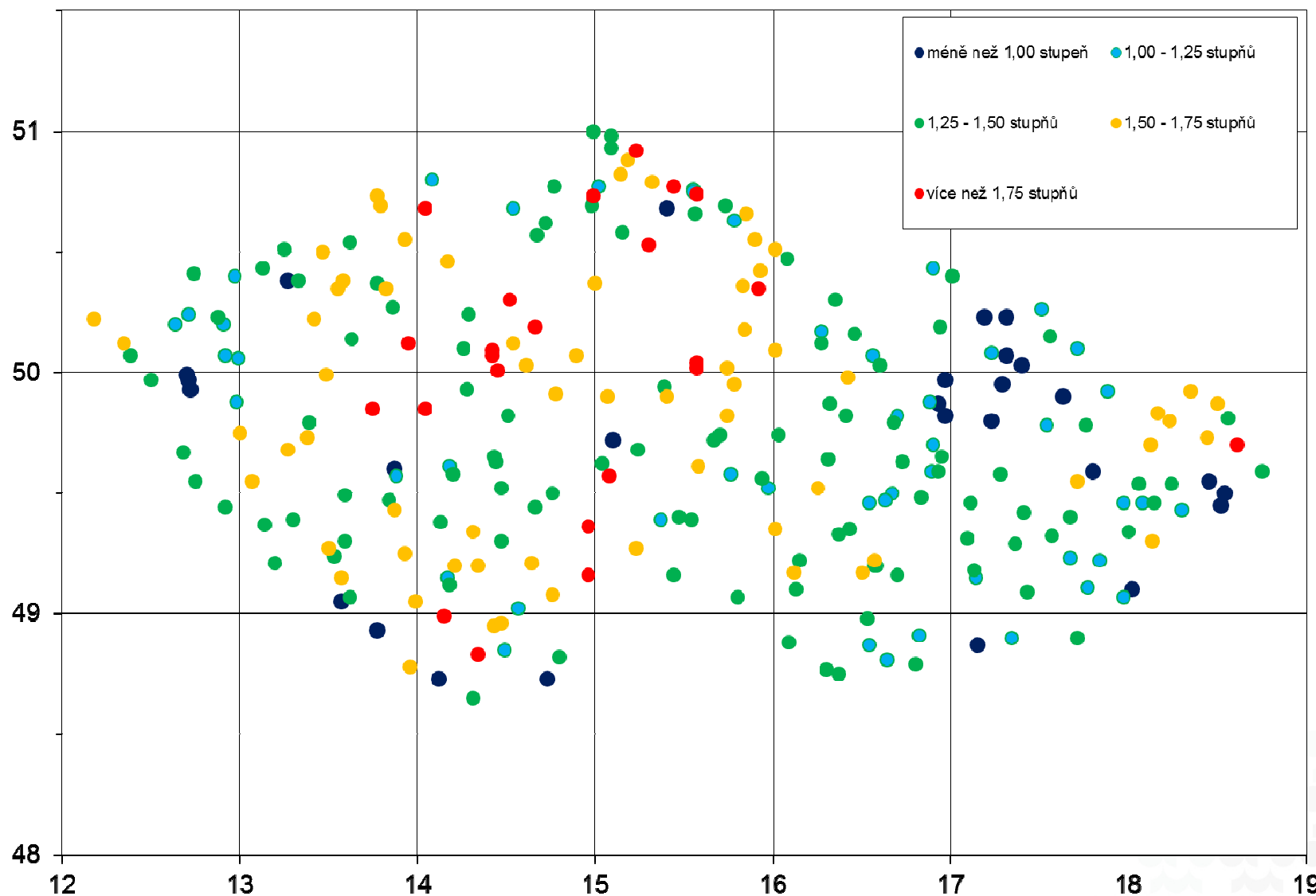


# Zemědělské sucho 1961 - 2000

Zemědělské sucho na území ČR ve vegetačním období  
( míra ohrožení na základě analýzy aktuální vláhové bilance za období 1961 - 2000, metoda indexů)



## Změna průměrné teploty vzduchu na území České republiky v letech 1961 až 2010



## Průměrné teploty vzduchu v jednotlivých obdobích na území České republiky v letech 1961 až 2010

<b>1961-1970</b>	<b>1971-1980</b>	<b>1981-1990</b>	<b>1991-2000</b>	<b>2001-2010</b>
<b>7.1</b>	<b>7.3</b>	<b>7.6</b>	<b>8.0</b>	<b>8.2</b>
<b>1961-1980</b>	<b>1971-1990</b>	<b>1981-2000</b>	<b>1991-2010</b>	
<b>7.2</b>	<b>7.4</b>	<b>7.8</b>	<b>8.1</b>	
<b>1961-1990</b>	<b>1971-2000</b>	<b>1981-2010</b>		
<b>7.3</b>	<b>7.60</b>	<b>7.9</b>		



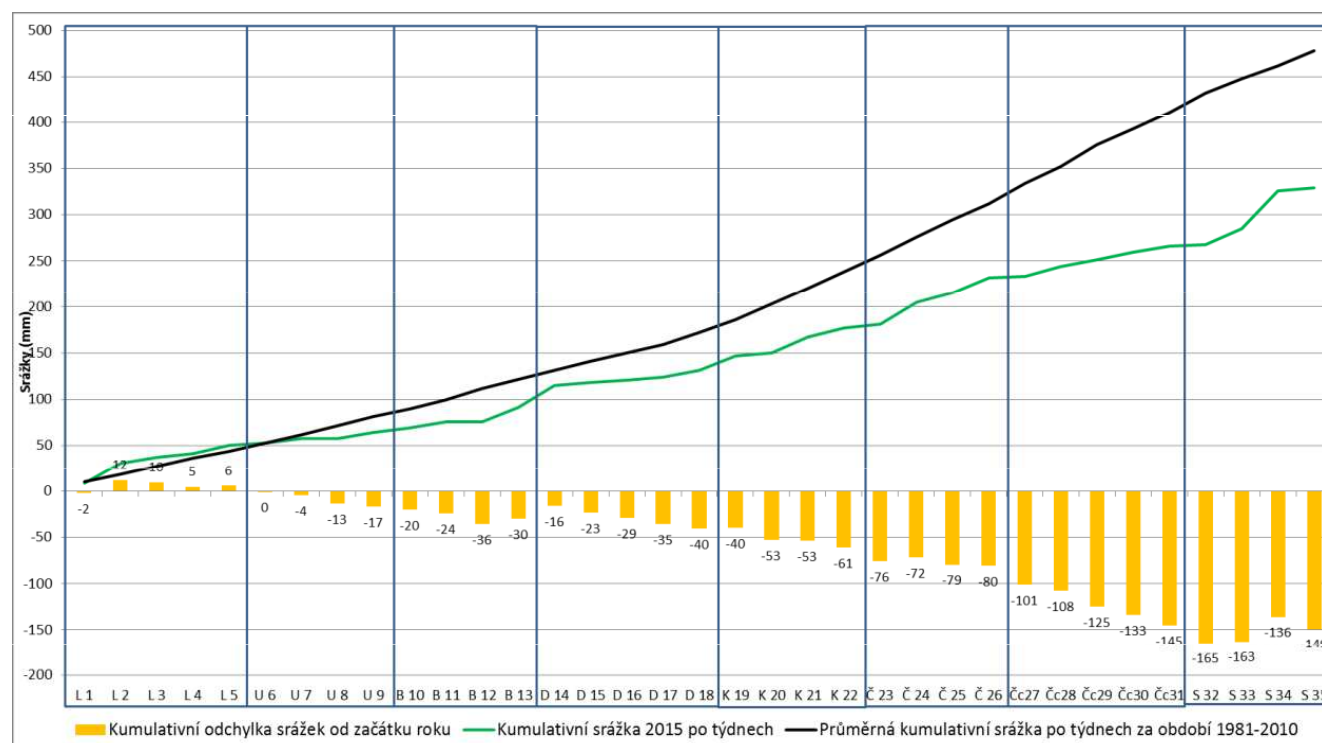
Průměrné úhrny srážek v jednotlivých obdobích na území  
České republiky v letech 1961 až 2010

1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010
702	673	673	693	736
1961-1980	1971-1990	1981-2000	1991-2010	
687	673	683	715	
1961-1990	1971-2000	1981-2010		
683	680	701		

# Rok 2015 - srážky

V průměru spadlo za období od 1. 1. do 31. 8. 2015 na území ČR **353 mm** srážek, což je od roku 1961 druhý nejnižší srážkový úhrn za uvedené období, nižší úhrn 335 mm byl zaznamenán v roce **2003**.

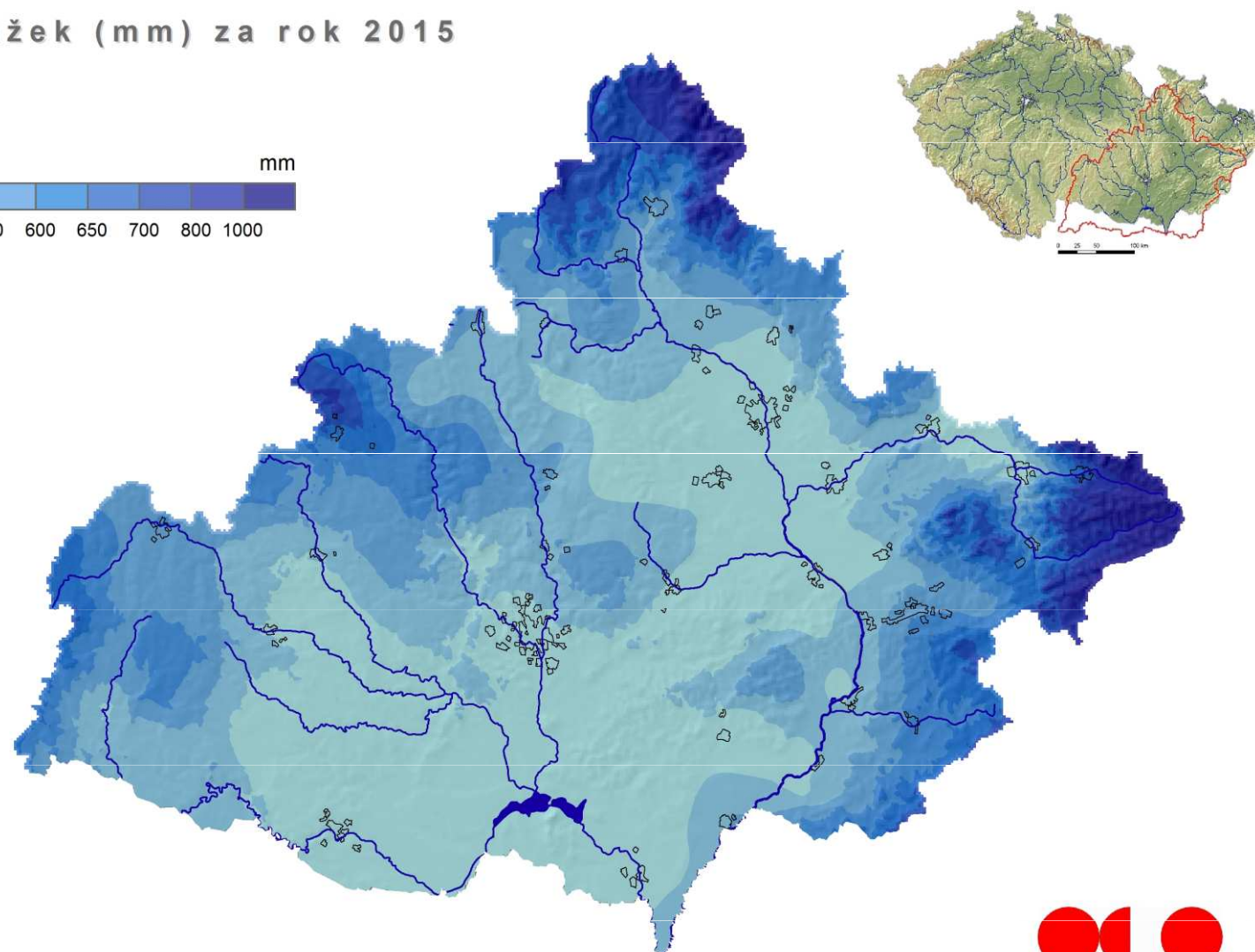
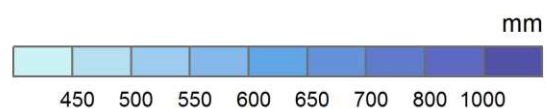
Nejnižší srážkové úhrny (méně než 250 mm) byly zaznamenány na jižní Moravě v jižní části povodí Dyje, lokálně na severní Moravě, místy v západních, jižních, středních a východních Čechách. Méně než 75 % normálu srážkového úhrnu za období 1981-2010 bylo zaznamenáno téměř na celém území Čech s výjimkou Krušných hor a Podkrušnohoří.



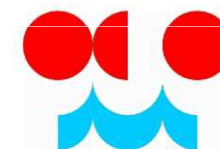
# Povodí Moravy

r. 2015: 497 mm, (normál 617 mm)

Úhrn srážek (mm) za rok 2015

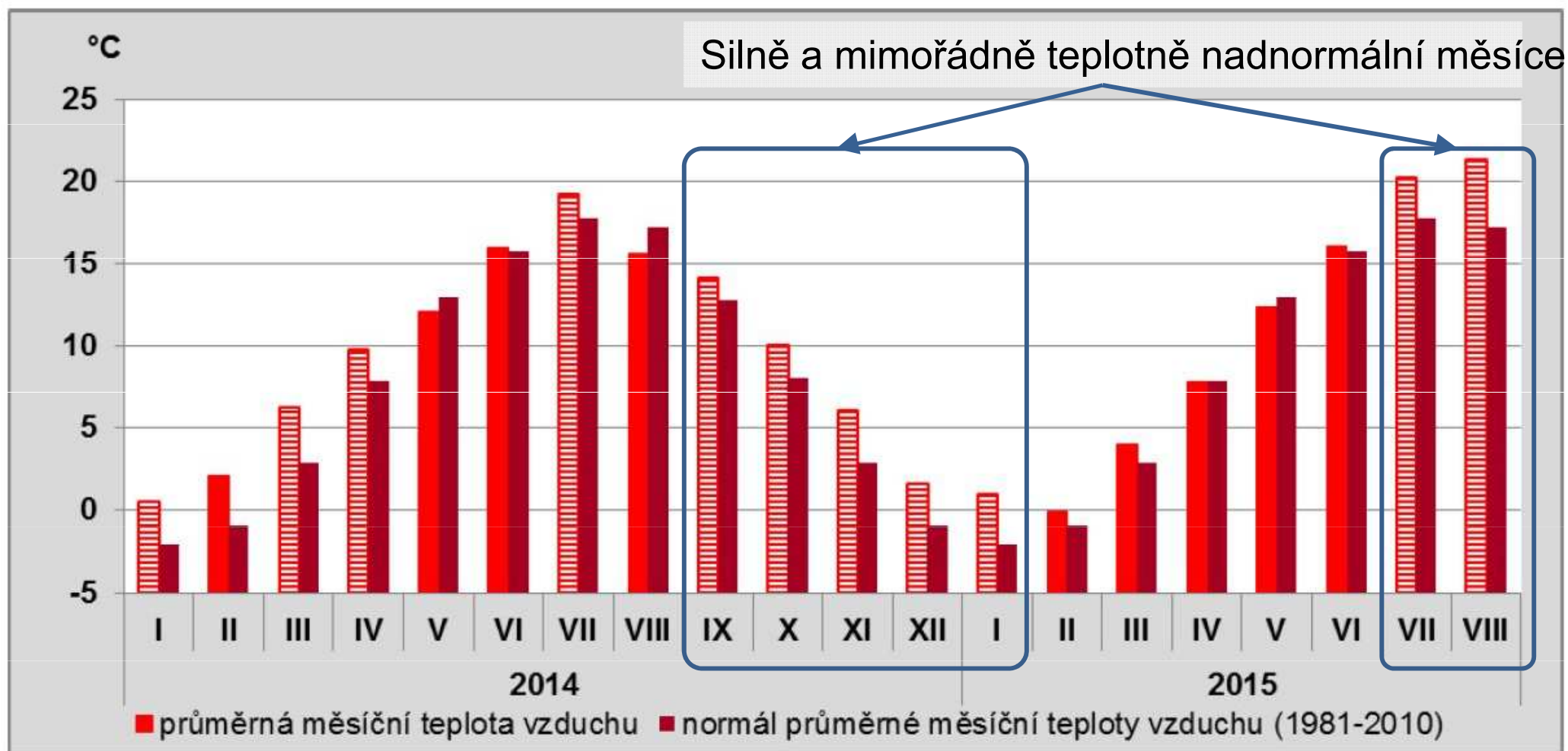


0 12,5 25 50 km



# SUCHO 2015 příčiny

## Extrémní teploty během letních měsíců 2015



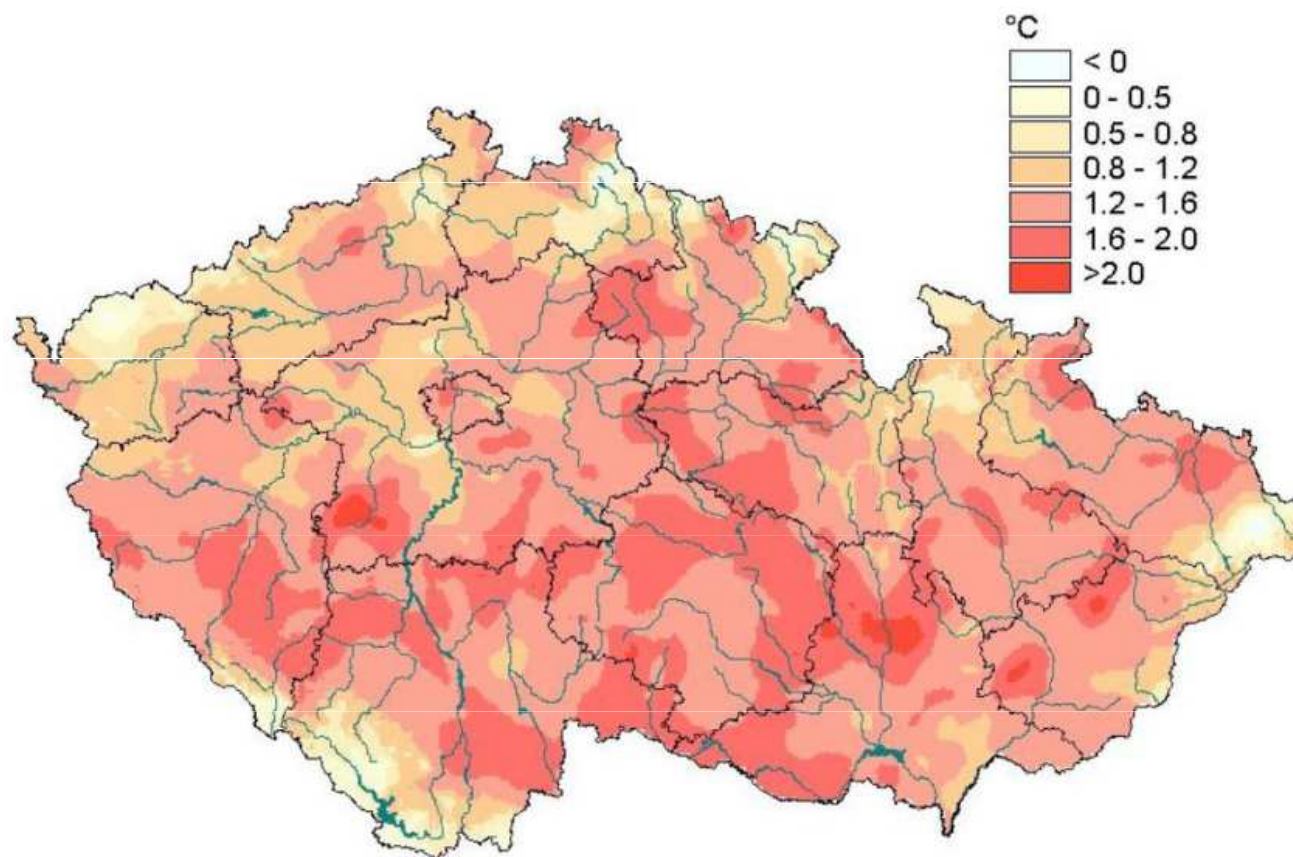
Obr. 3.1 – Průběh průměrných měsíčních teplot na území ČR v období od ledna 2014 do srpna 2015. Šrafovány jsou měsíce, kdy byla měsíční teplota nadnormální, silně nadnormální nebo mimořádně nadnormální.



# SUCHO 2015 příčiny

## Extrémní teploty během letních měsíců 2015

Průměrná teplota letních měsíců (červen až srpen) dosáhla pro území ČR hodnotu 19,2 °C, jde o druhé nejteplejší léto od roku 1961, dosud nejvyšší průměrná letní teplota 19,3 °C byla zaznamenána v roce 2003.



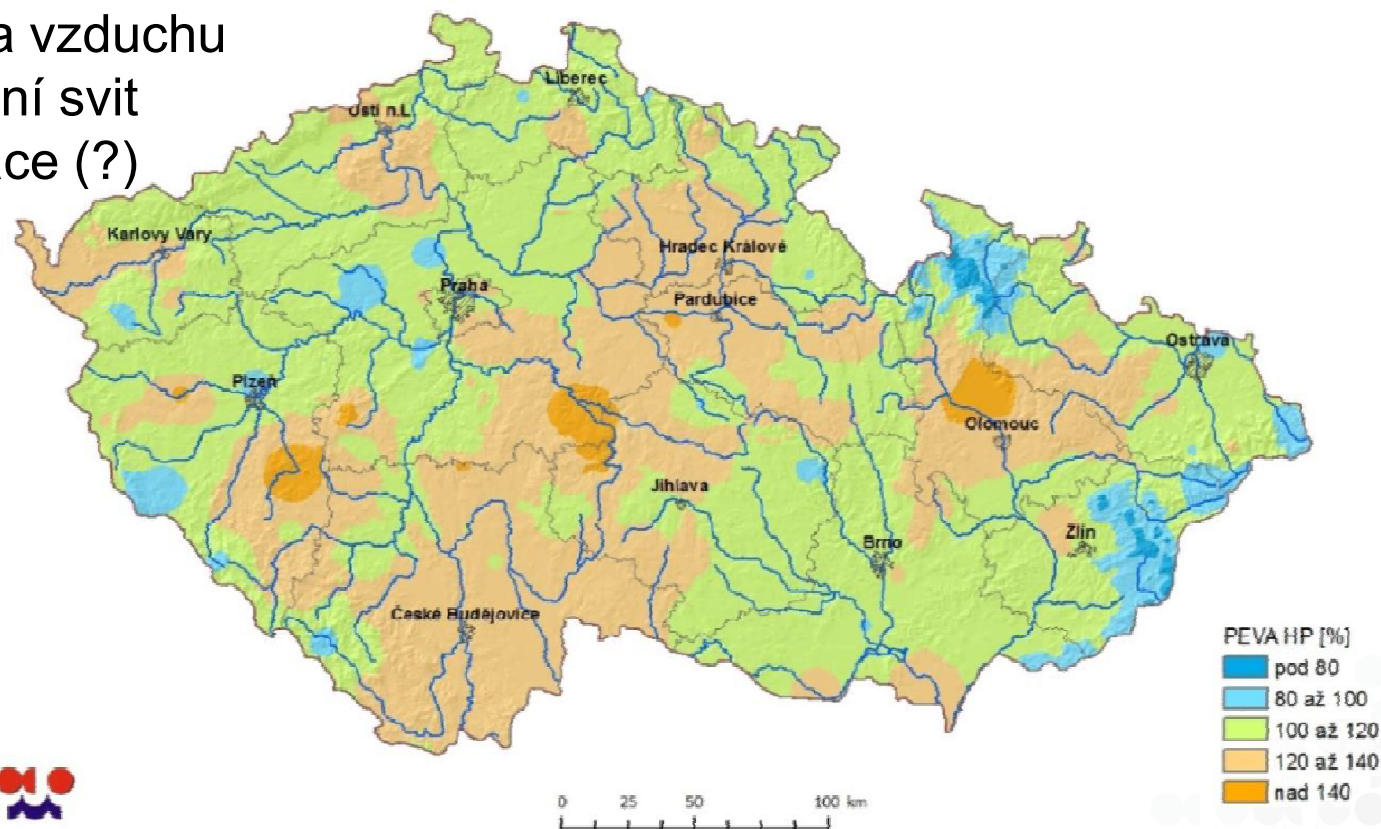
Obr. 3.4 – Odchylka průměrné teploty vzduchu od normálu 1981-2010 za období od 1. 1. 2015 do 31. 8. 2015.

# SUCHO 2015 příčiny

## Extrémní sucho vzniklo kombinací deficitu srážek, a velkého výparu

Odčerpávání vody z půdy (výpar + transpirace rostlinami) zesiluje:

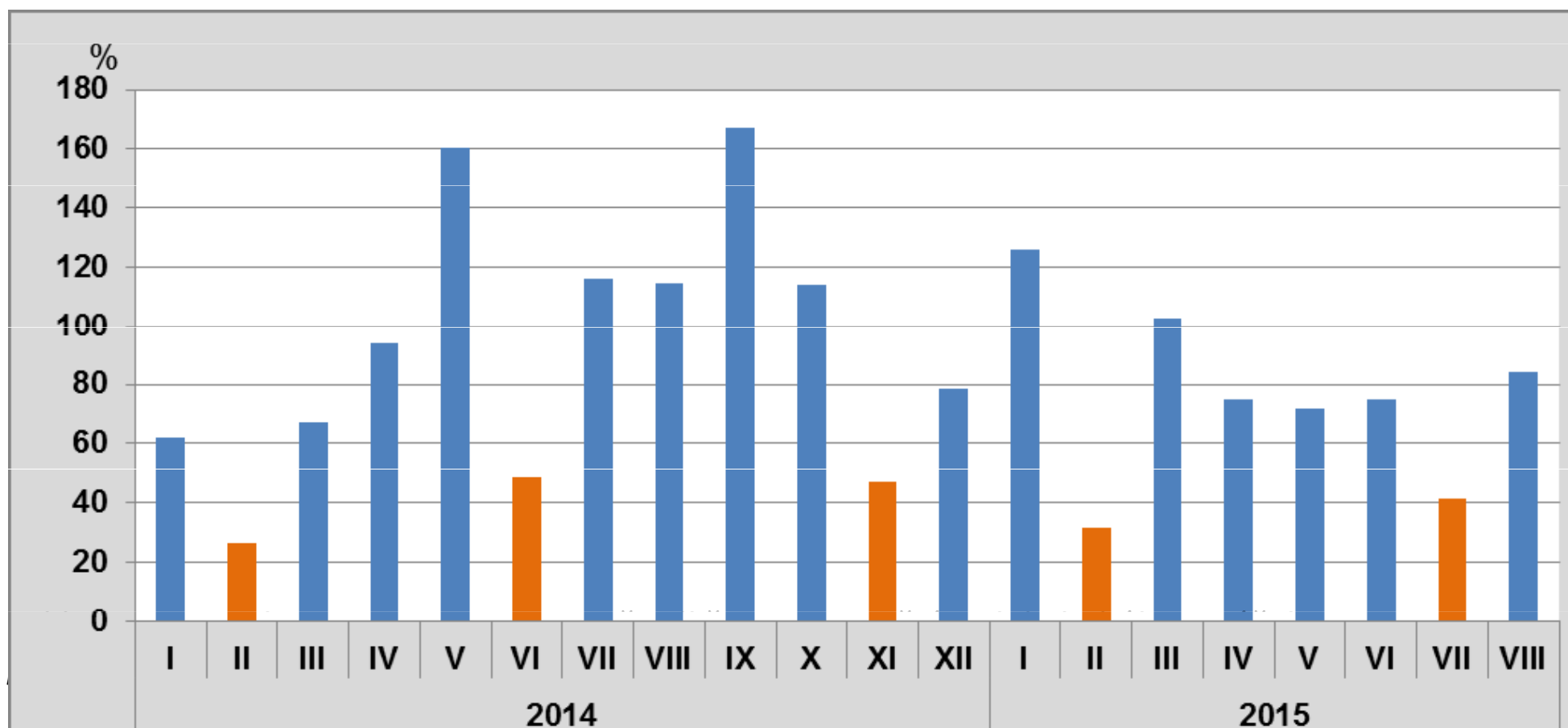
- nízká vlhkost vzduchu
- vysoká teplota vzduchu
- dlouhý sluneční svit
- aktivní vegetace (?)



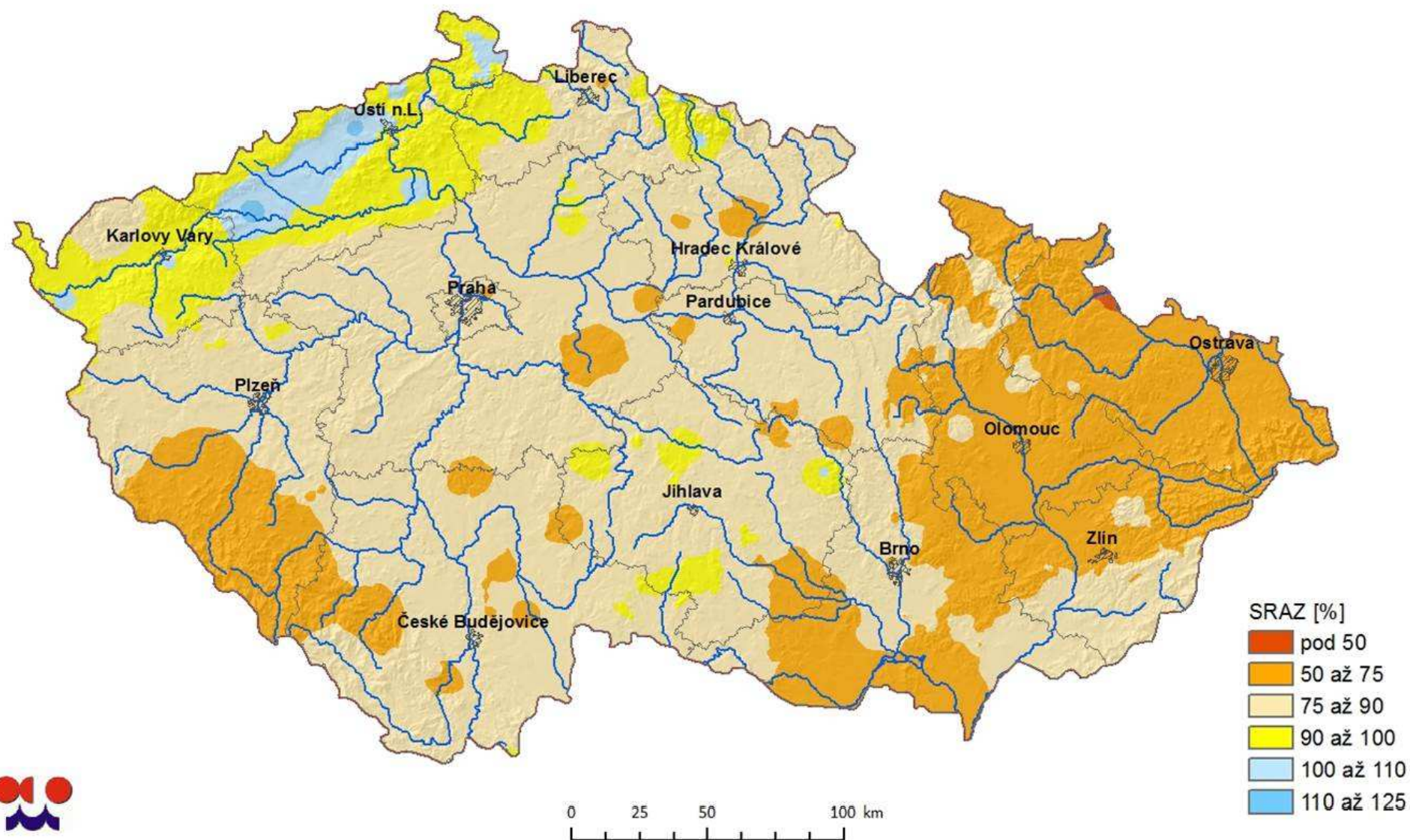
Pozn.: potenciální evaporace představuje výpar z dokonale nasycené půdy při daných atmosférických podmínkách

Obr. 4.2 – Potenciální evaporace holé půdy na území ČR, srovnání úhrnu od 1.3. s dlouhodobým průměrem 1961-2010 k neděli 16.8.2015.

# Měsíční úhrny srážek



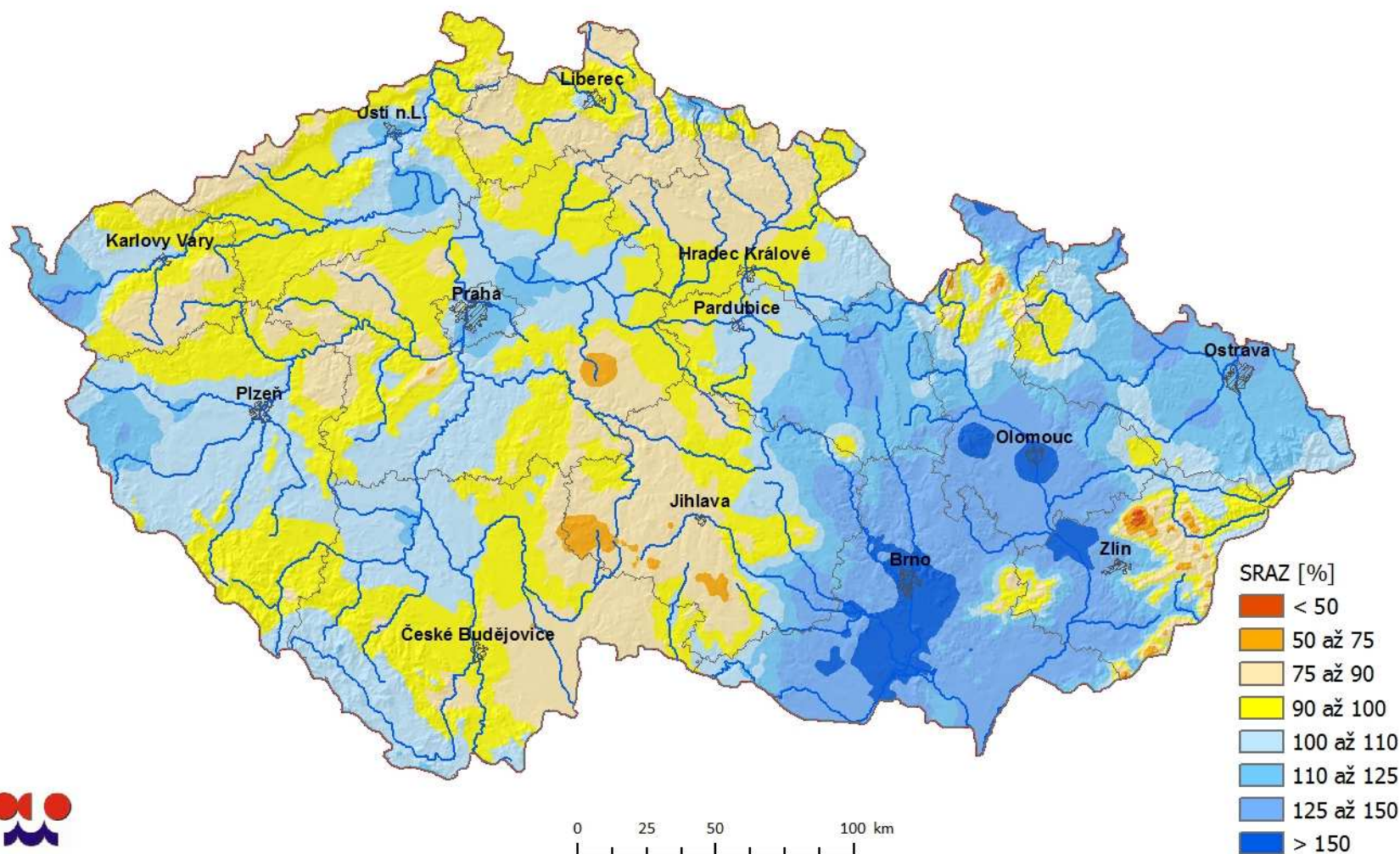
Srovnání úhrnu srážek na území ČR s dlouhodobým průměrem 1961-2010 za období od 1. 1. do 13. 12. 2015  
*Comparison of the precipitation amount from 1st January to 13th December 2015 with the long-term average (1961-2010)*



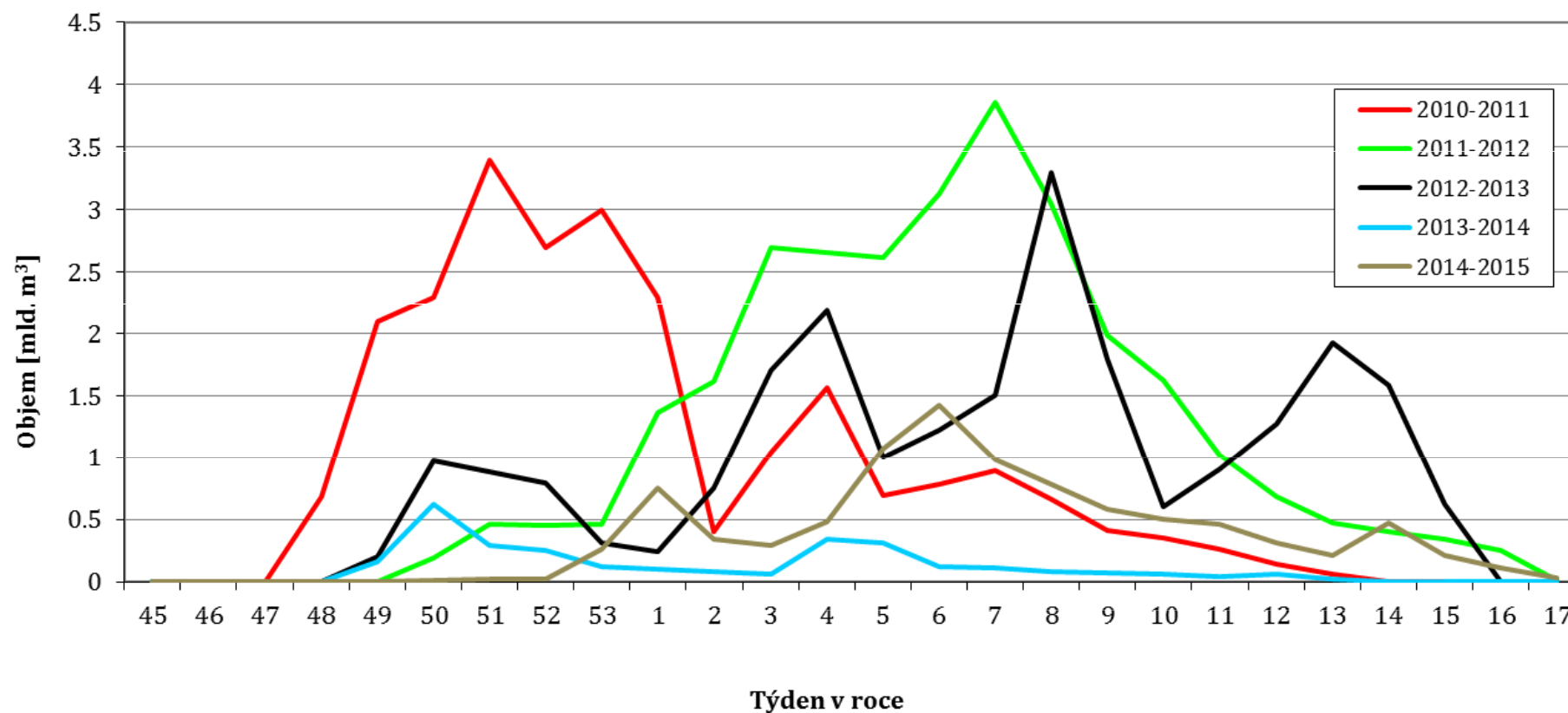
# Srovnání úhrnu srážek

Srážky na území České republiky  
srovnání úhrnu za období od 1. 1. do 10. 4. 2016 s dlouhodobým průměrem 1961-2010

*Precipitation total in the Czech Republic  
comparison of the amount during the period from 1st January to 10th April 2016 with the long-term average 1961-2010*



# Vývoj zásob sněhu v zimách od roku 2010 na území České republiky



# SUCHO 2015 následky

Sucho se projevilo v různých částech přírodních i socio-ekonomických sfér.

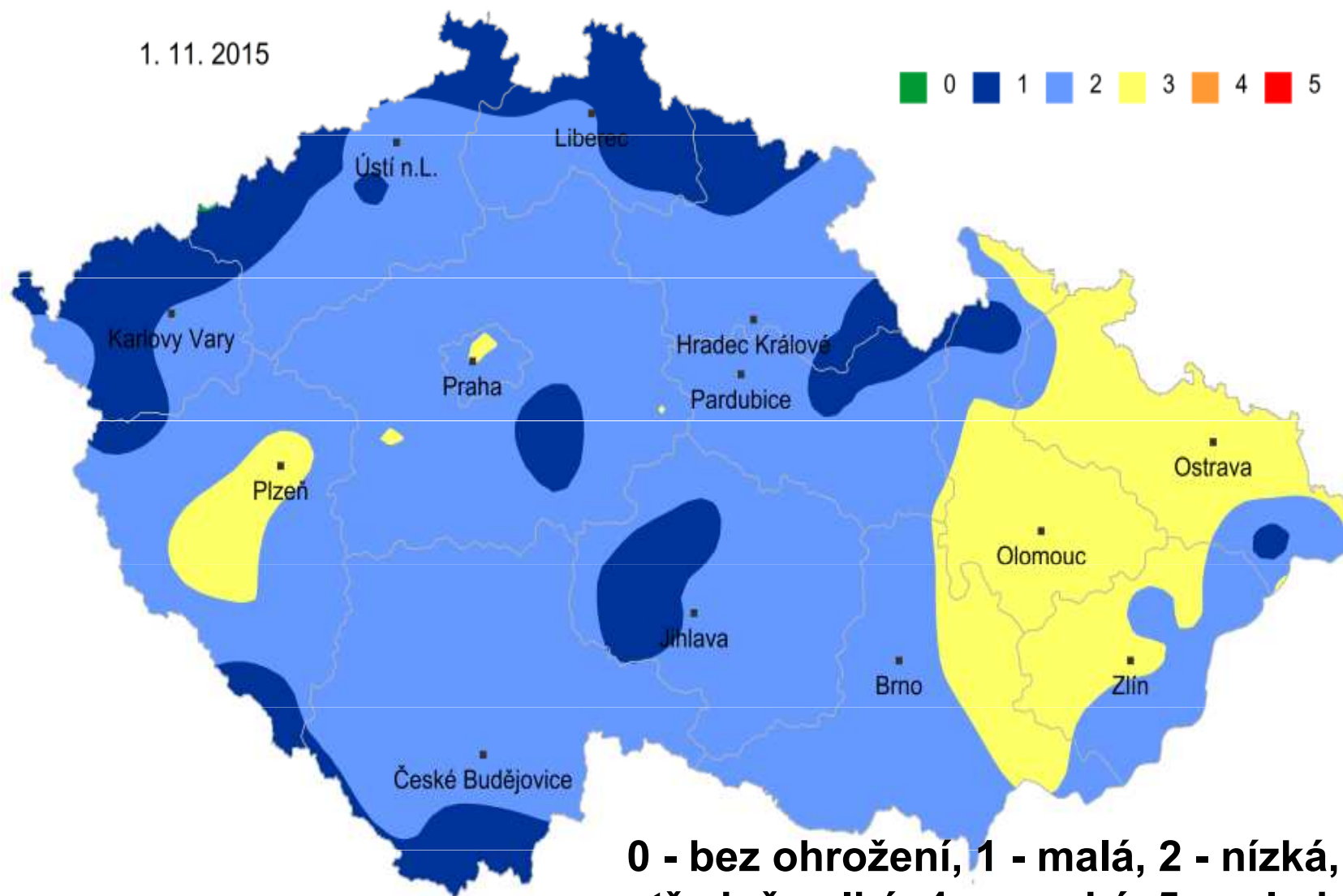
- 1) Sucho v půdě.
- 2) Sucho v podzemních vodách, na řekách a v nádržích.
- 3) Sucho v hospodářství.



# Klimatické a půdní sucho

Míra ohrožení půdním suchem ve vrstvě 0 až 20 cm

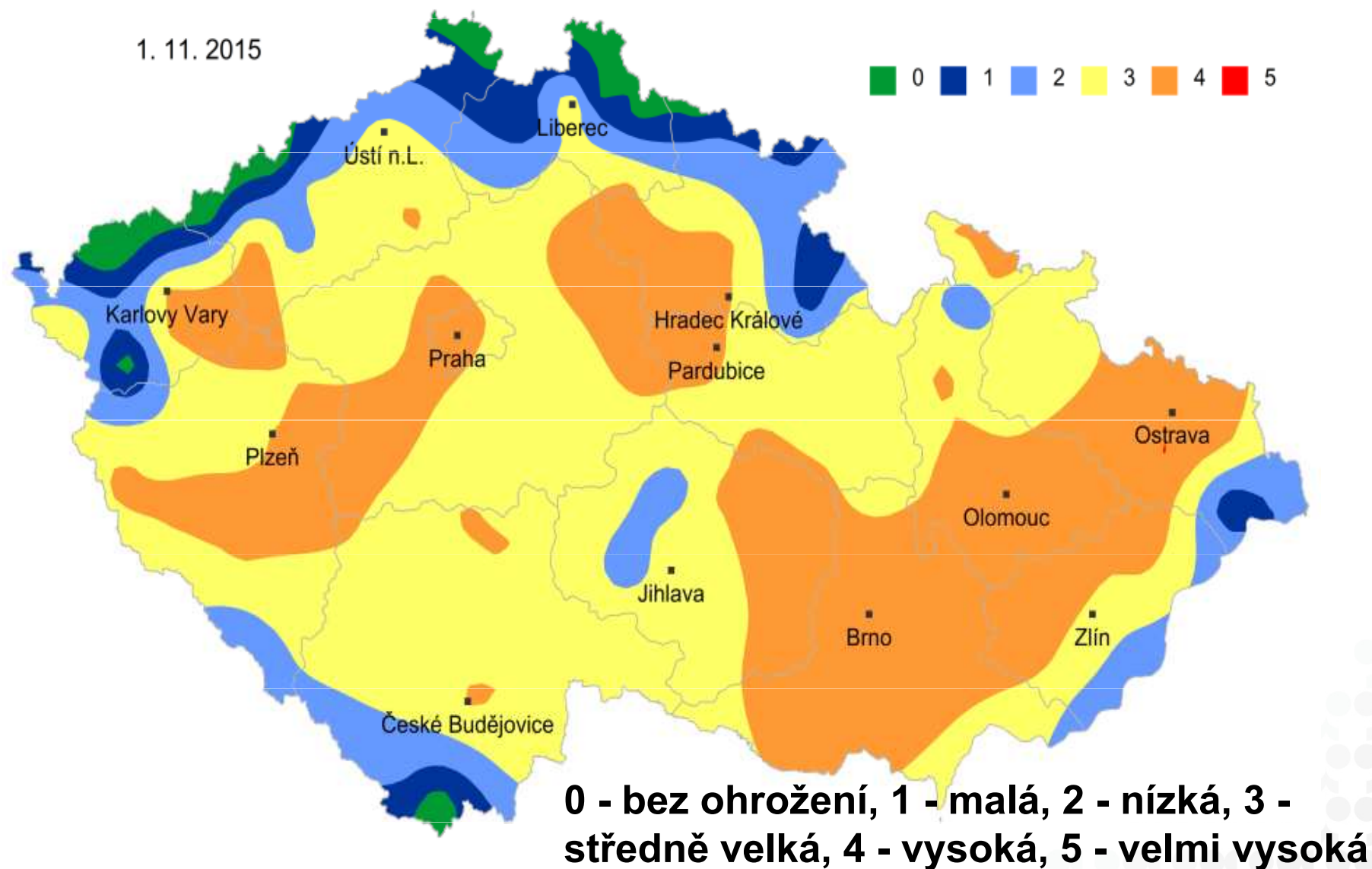
1. 11. 2015



0 - bez ohrožení, 1 - malá, 2 - nízká, 3 - středně velká, 4 - vysoká, 5 - velmi vysoká

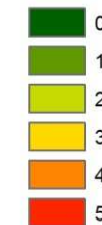
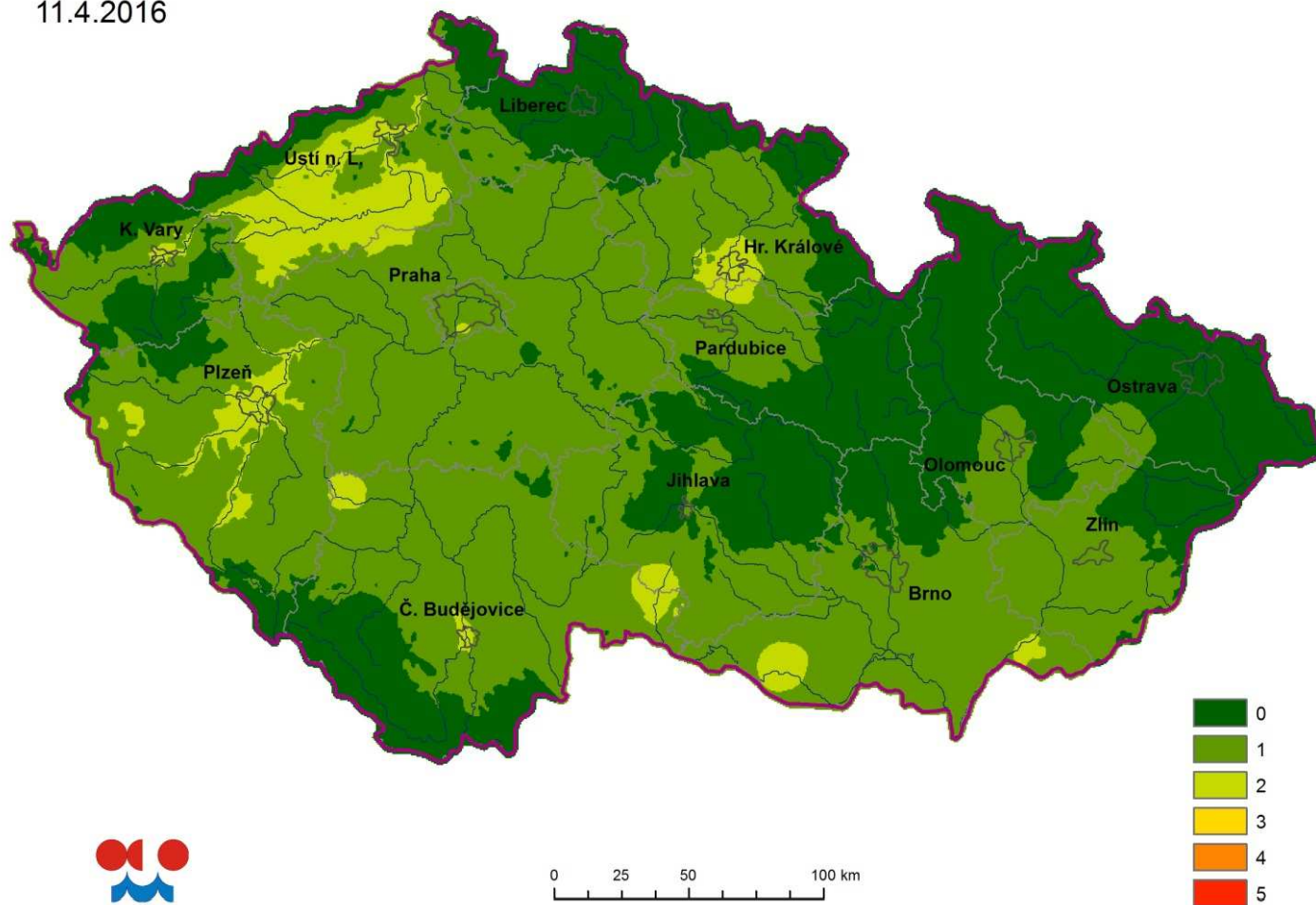


# Půdní sucho v hloubce do 100 cm

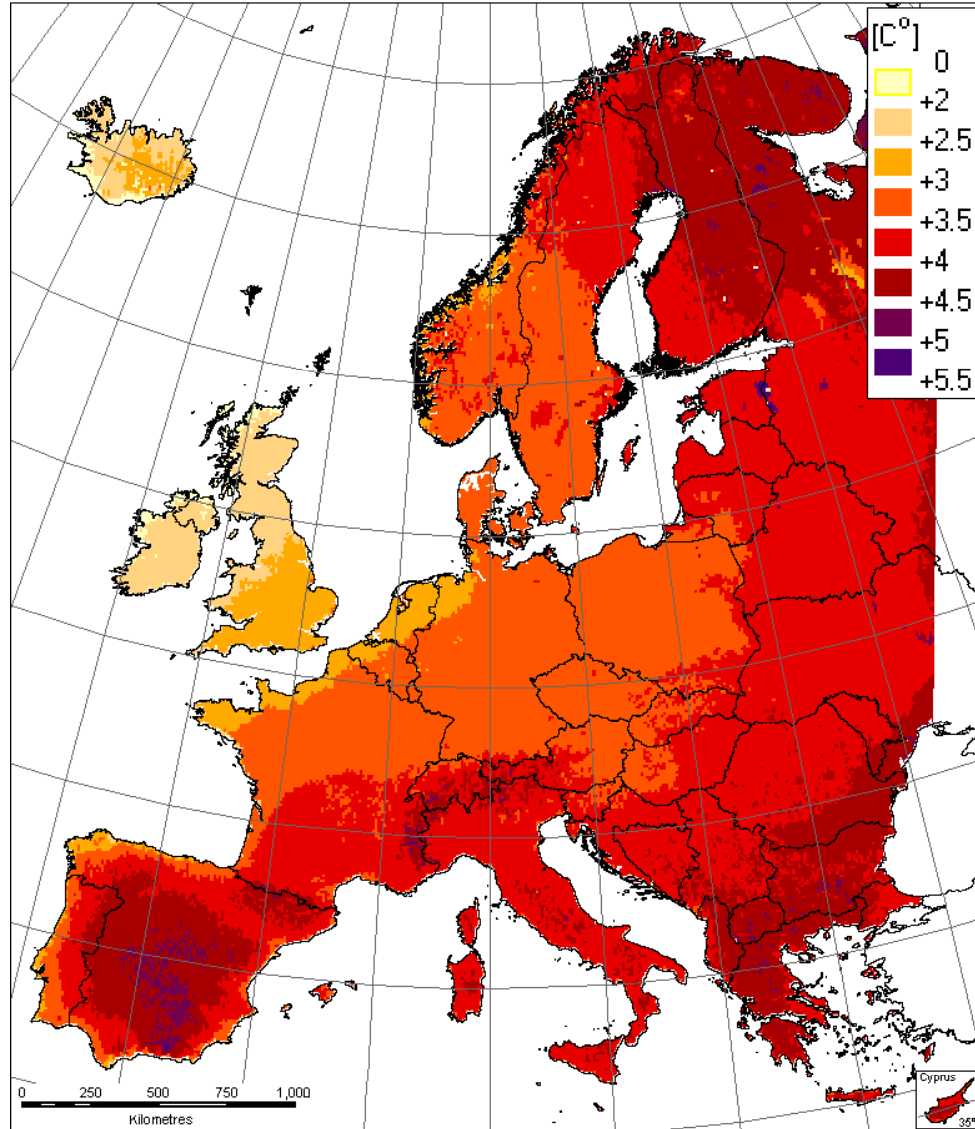


# Půdní sucho v hloubce do 100 cm

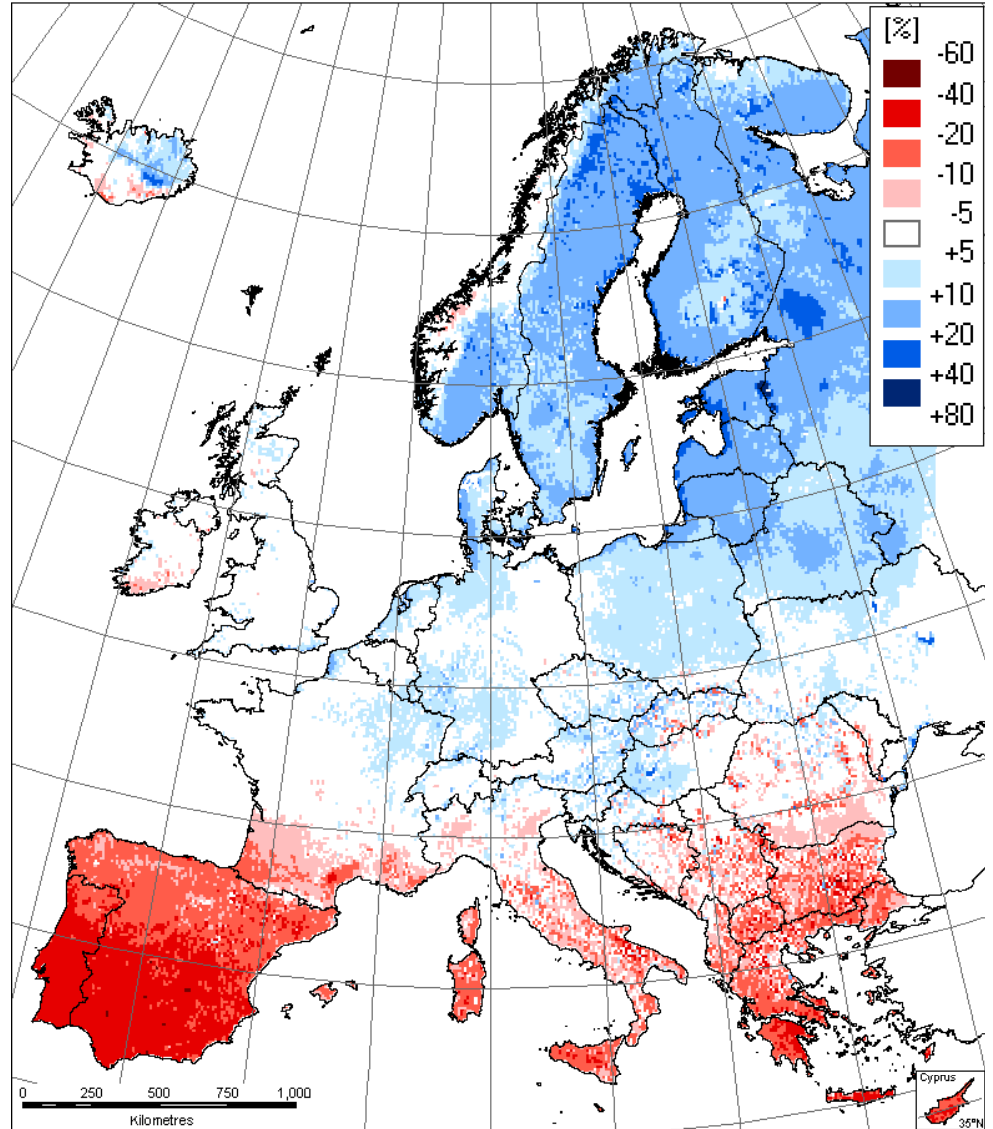
11.4.2016



Temperature: change in mean annual temperature [C°]



Precipitation: change in annual amount [%]



# 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

# Podzemní vody



# Pozorovací síť PZV

Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) provozuje jedinou státní celoplošnou pozorovací síť podzemních vod na území ČR, která zahrnuje asi **2000** objektů.

Pro účely sledování stavu podzemních vod se objekty pozorovací sítě dělí na

- **prameny**
- **vrty v mělkých a hlubinných zvodnících**
- **hydropedologické profily**

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 pořéčnících zónách a přilehlých terasových stupních, většina z nich je umístěna v kvartéru.

Hlubinné vrty jsou situovány tak, aby charakterizovaly různé hydrogeologické struktury.

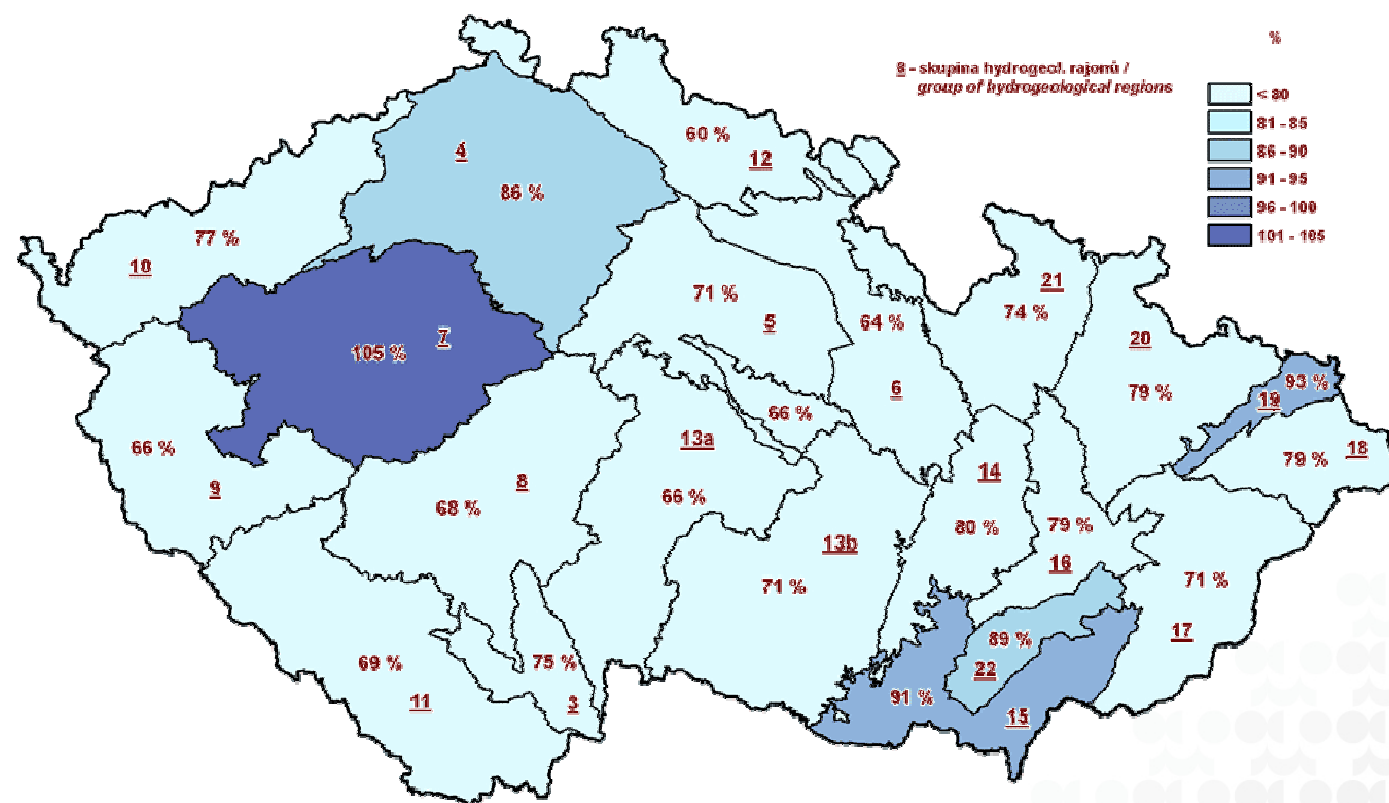


# Základní odtok

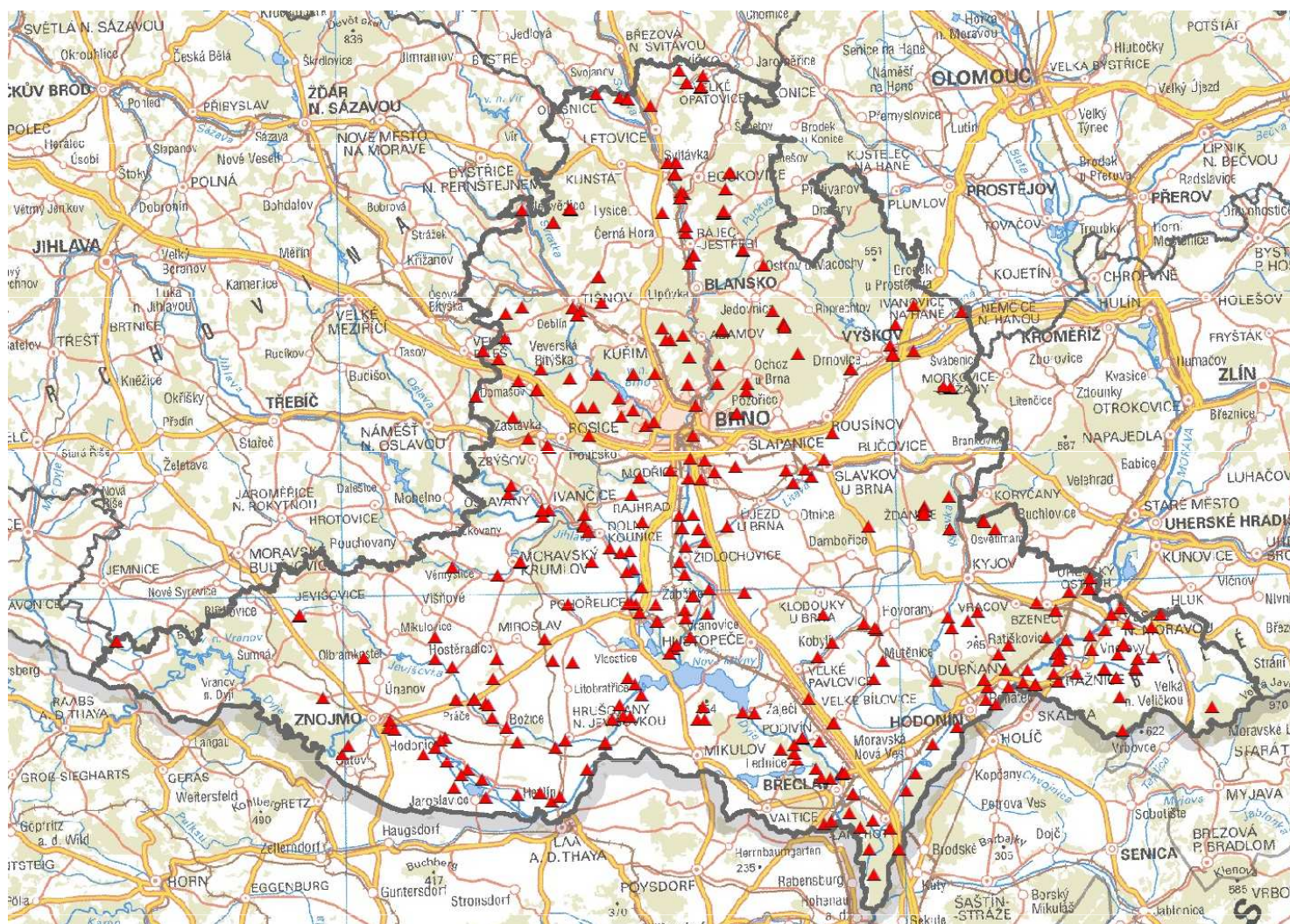
## Základní odtok v roce 2014 v % dlouhodobého průměru (1981 - 2010)

Ze znalosti hladin podzemních vod a vydatností pramenů lze vypočítat množství podzemních vod, které je k dispozici v půdě a tvoří součást průtoku v povrchovém toku.

Tento údaj se nazývá **základní odtok**.



# JMK – pozorovací objekty podzemních vod

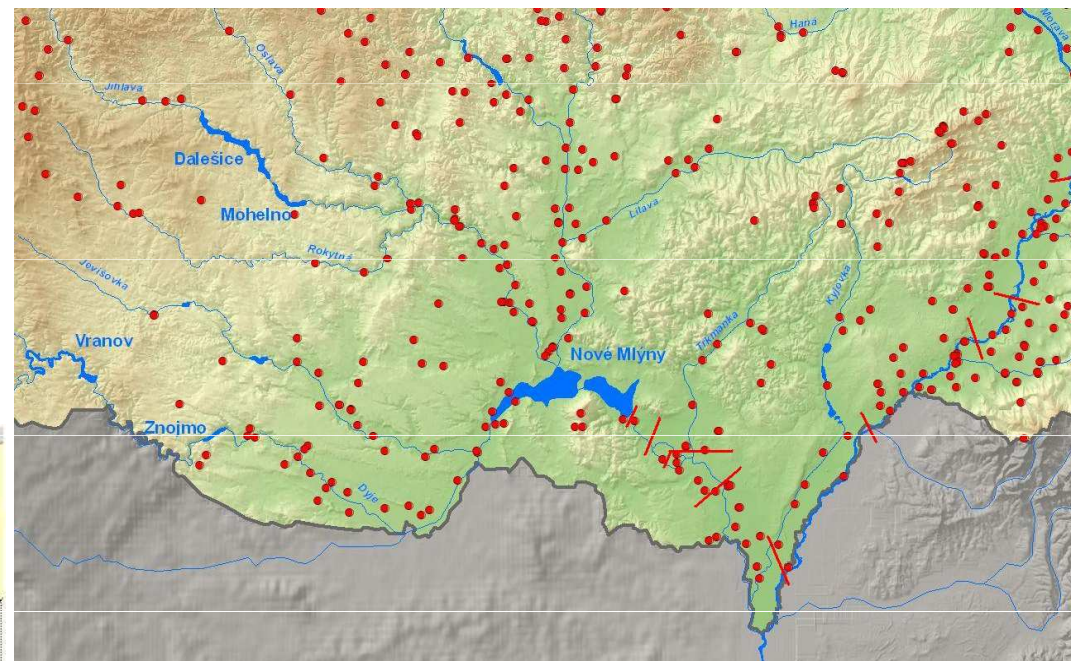
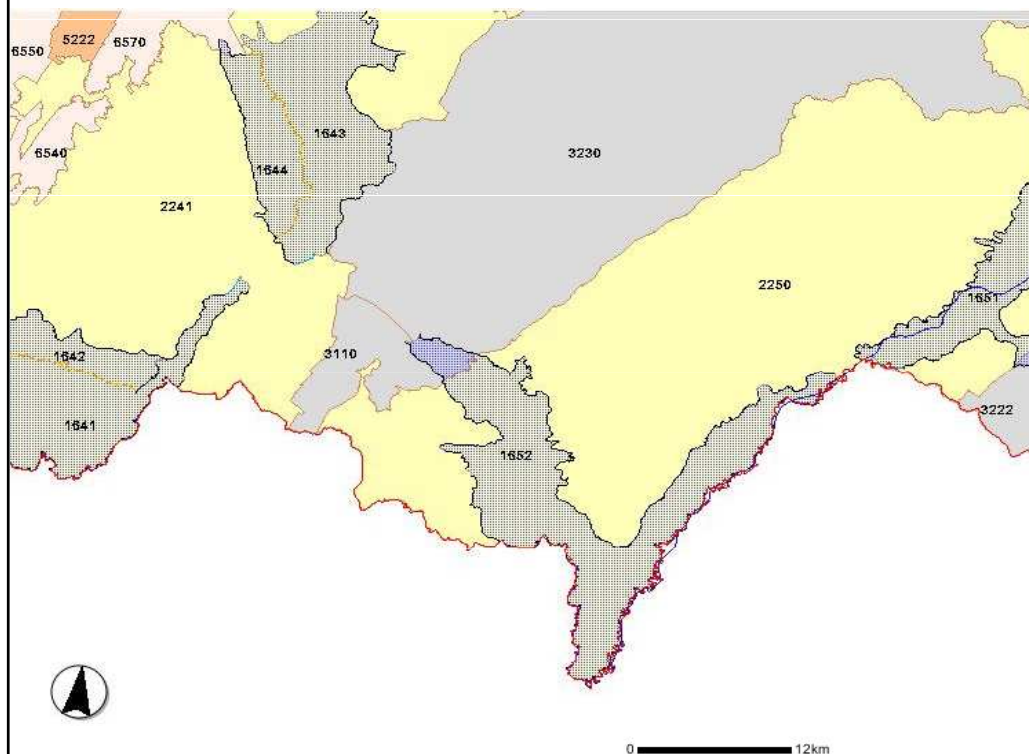




# Státní pozorovací síť mělké a sekundární sítě PZV

## Hydrogeologická rajonizace

3230 Středomoravské Karpaty  
 2250 Dolnomoravský úval  
 1652 Kvarter soutokové oblasti Moravy a Dyje  
 3110 Pavlovské vrchy a okolí



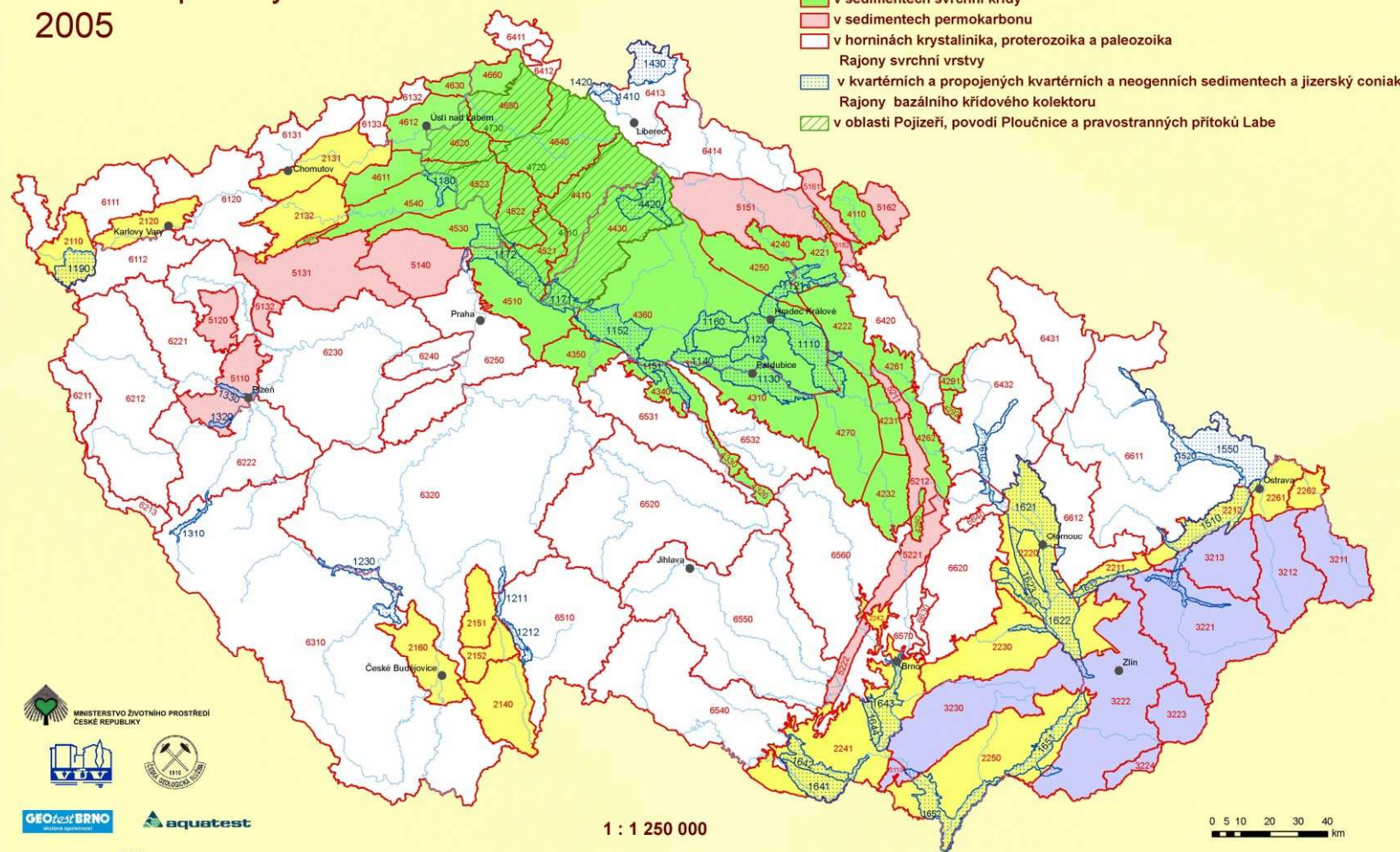
Státní pozorovací síť mělké základní a sekundární sítě podzemních vod

● vrt — hydrogeologický profil



# Hydrogeologická rajonizace

## Hydrogeologická rajonizace České republiky 2005



# Pozorovací síť podzemních vod ČHMÚ

POBOČKA	PRAMENY			HLUBOKÉ VRTY			MĚLKÉ VRTY			HP PROFILY	VRTY CELKEM	OBJEKTY CELKEM
	CEL.	HS	JAK.	CEL.	HS	JAK.	CEL.	HS	JAK.			
PRAHA	63	19	21	24	-	21	138	21	37	-	162	225
Č. BUDĚJOVICE	30	10	20	35	-	32	69	19	8	-	104	134
H. KRÁLOVÉ	68	20	17	45	-	39	190	29	25	-	235	303
PLZEŇ	34	12	14	8	-	-	44	12	9	-	52	86
ÚSTÍ N. LABEM	32	8	22	69	-	49	109	12	22	-	178	210
<b>BRNO</b>	<b>67</b>	<b>26</b>	<b>21</b>	<b>27</b>	<b>-</b>	<b>30</b>	<b>211</b>	<b>35</b>	<b>25</b>	<b>159</b>	<b>252</b>	<b>464</b>
OSTRAVA	70	16	22	13	-	7	221	31	21	156	234	460
CELKEM	381	111	137	225	-	178	992	159	147	423	1 217	1 882



# Pozorovací síť podzemních vod



- Základní pozorovací síť podzemních vod tvoří **211** pozorovacích vrtů. Těmito vrty se sleduje režim mělkých podzemních vod. podzemní vody. Pozorovací síť vznikala od konce padesátých let a dokončena byla v druhé polovině šedesátých let. Hloubky vrtů jsou od 5 do 37 metrů, převážná většina vrtů však má hloubku 10 - 12 metrů. Do hlásné sítě je zařazeno 37 vrtů, do sítě sledování jakosti 25 vrtů. V rámci projektu Monitorování a hodnocení hydrosféry v ČR v souladu se směrnicemi Evropské komise o životním prostředí byla z prostředků EU rekonstruována asi třetina vrtů.

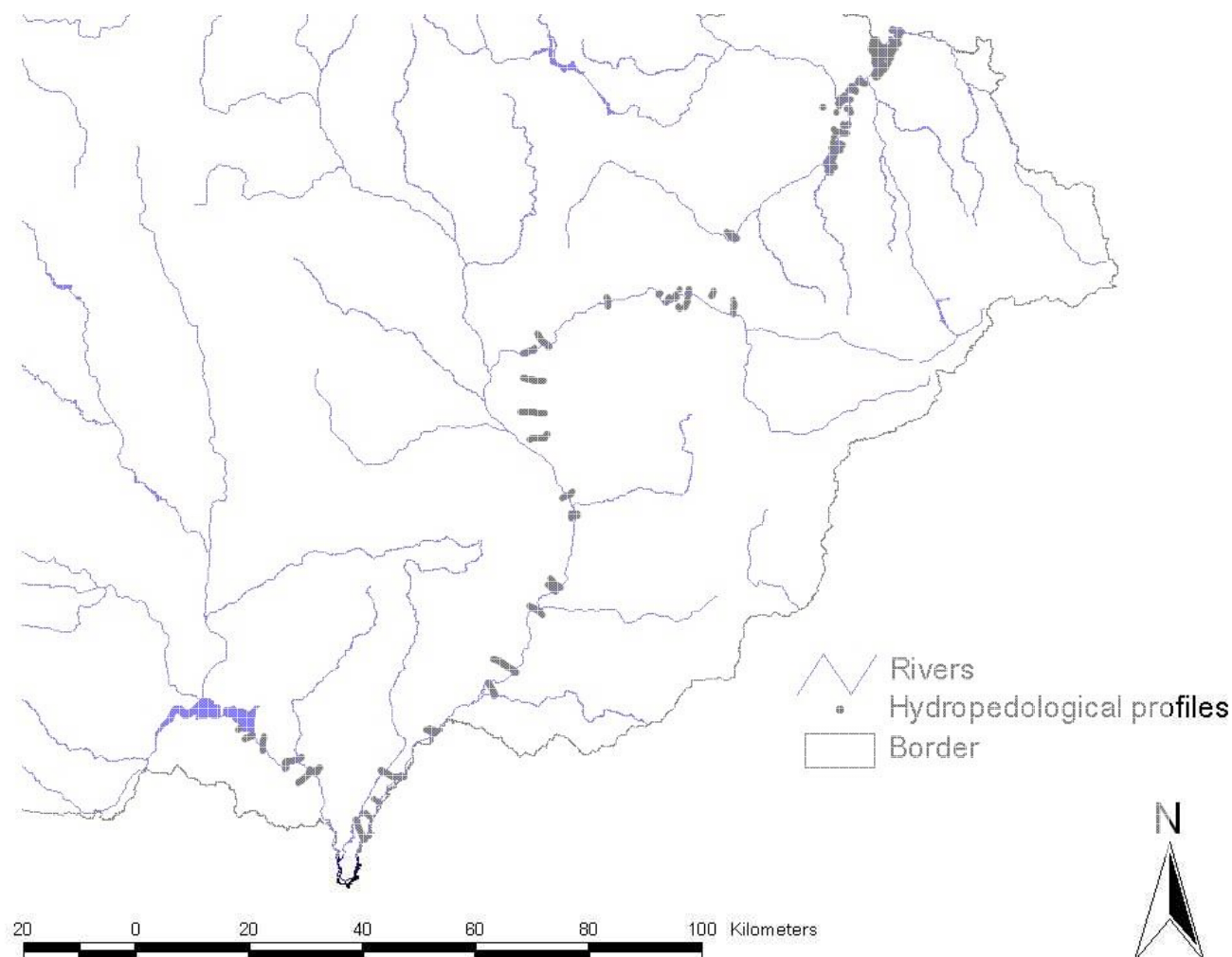
# Monitorování a hodnocení hydrosféry v souladu se směrnici Evropské komise o životním prostředí v České republice“

- Účelem projektu bylo rekonstruovat státní monitorovací síť podzemních vod, část monitorovací síť povrchových vod a dovybavit ústav výpočetní technikou tak, aby monitorování a hodnocení splňovalo požadavky dané směrnici ES zejména Směrnice 2000/600/ES ustanovující rámec pro činnosti v oblasti vodní politiky.
- Projekt obsahoval vybudování **403 nových vrtů, 16 pramenů, 9 nových komplexních stanic** pro sledování jakosti vod a 13 rekonstrukcí stávajících stanic. Dále obsahuje dodávky přístrojové techniky do stanic a mobilní techniky pro měření průtoku v tocích
- Podpora z Fondu soudržnosti EU činí 12 642 450 EUR a pokrývá 75% nákladů
- Projekt probíhal v letech 2005 - 2007



# Hydropedologické profily

- Hydropedological profiles – across river valley lines, Odra-Dunaj river channel (1930), connected with stream water level measurement



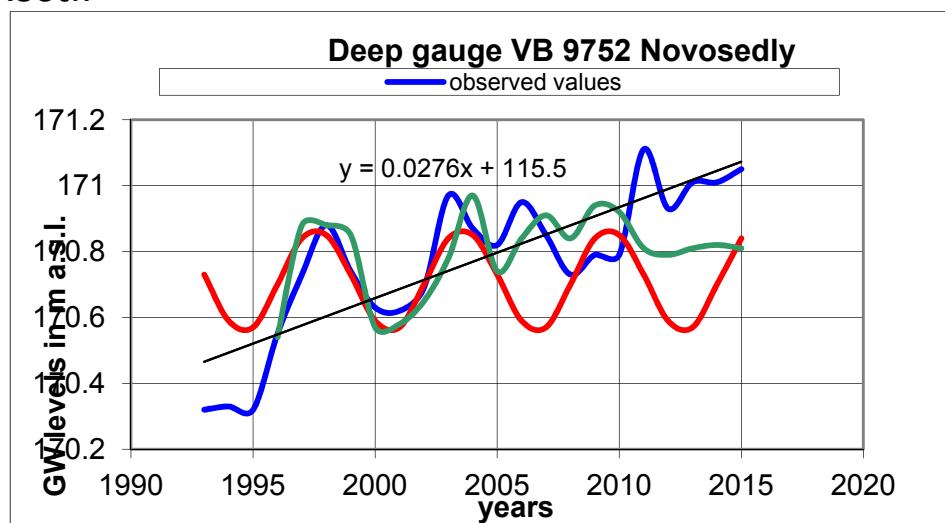
# Hydrologické profily



- Pro plánovanou výstavbu průplavu **Dunaj - Odra - Labe** se začaly v třicátých letech budovat v povodí úzkoprofilové zarážené sondy, situované do profilů a vedoucí napříč přes povrchový tok, který byl osazen vodočtem. Tímto způsobem jsou získávány z hydrologického hlediska velmi cenné informace o vztazích podzemní a povrchové vody. V současné době se pozoruje 15 profilů se **159** objekty. Hloubky těchto neúplných vrtů jsou do 10 metrů, většinou však 5 - 7 metrů.

# Hlubinné vrty

- Pozorovací síť hlubinných vrtů je tvořena 27 vrtů situovanými do hydrogeologických struktur s hlubším oběhem podzemních vod - převážně do neogenních, křídových a devonských sedimentů. Pozorovací síť vznikala koncem osmdesátých a začátkem devadesátých let. Všechny vrty jsou osazeny automatickými měřicími systémy s 24 hodinovým intervalem záznamu. Hloubky vrtů jsou od 45 do 711 metrů. Všechny vrty jsou zařazeny do sítě sledování jakosti.





# Pozorovací síť pramenů – 67 pramenů

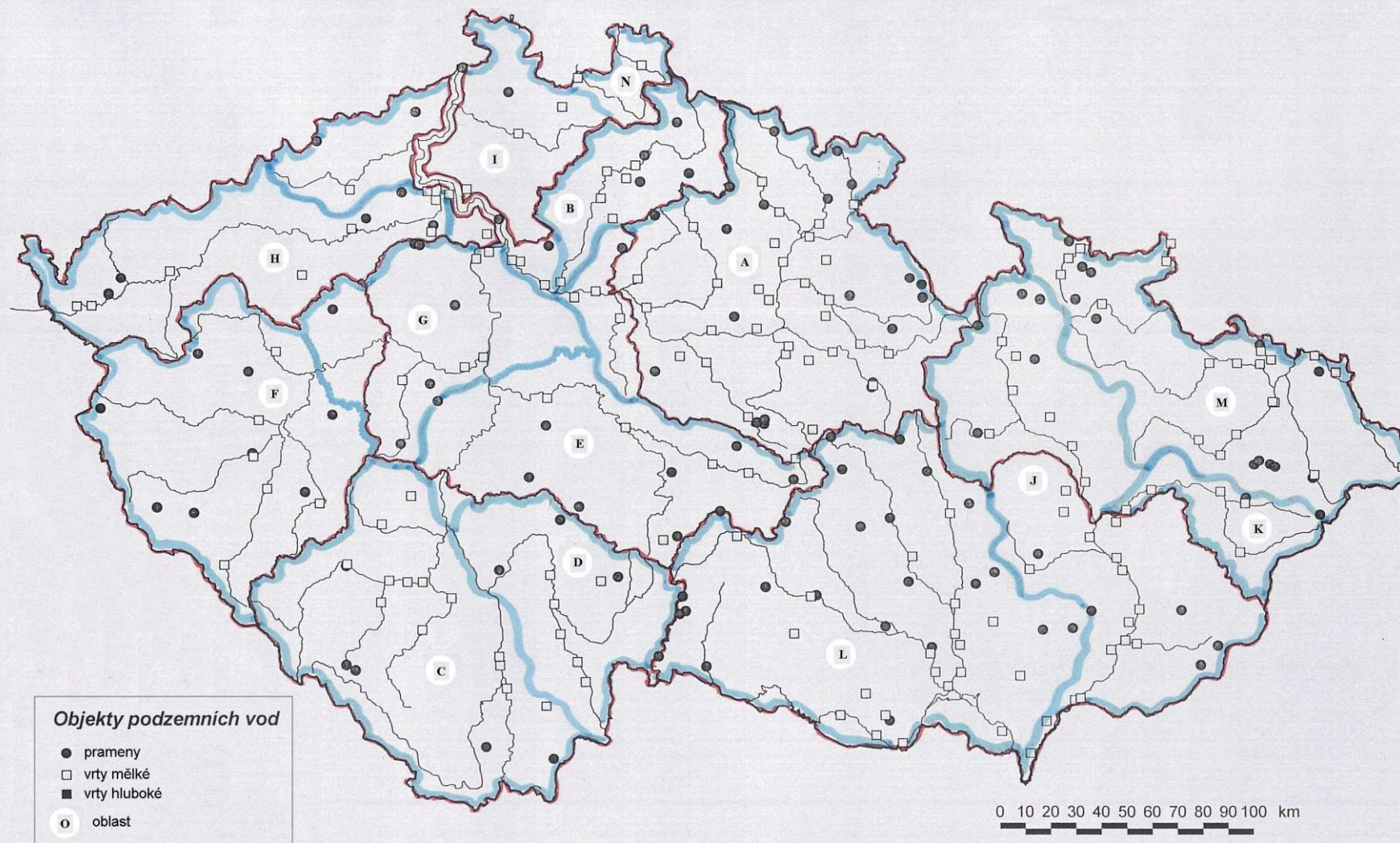
Pramen Koryčany



# Hlásná síť podzemních vod

Objekty hlásné sítě podzemních vod ČHMÚ

Územní působnost poboček a oblasti pro operativní měsíční hodnocení vývoje - návrh

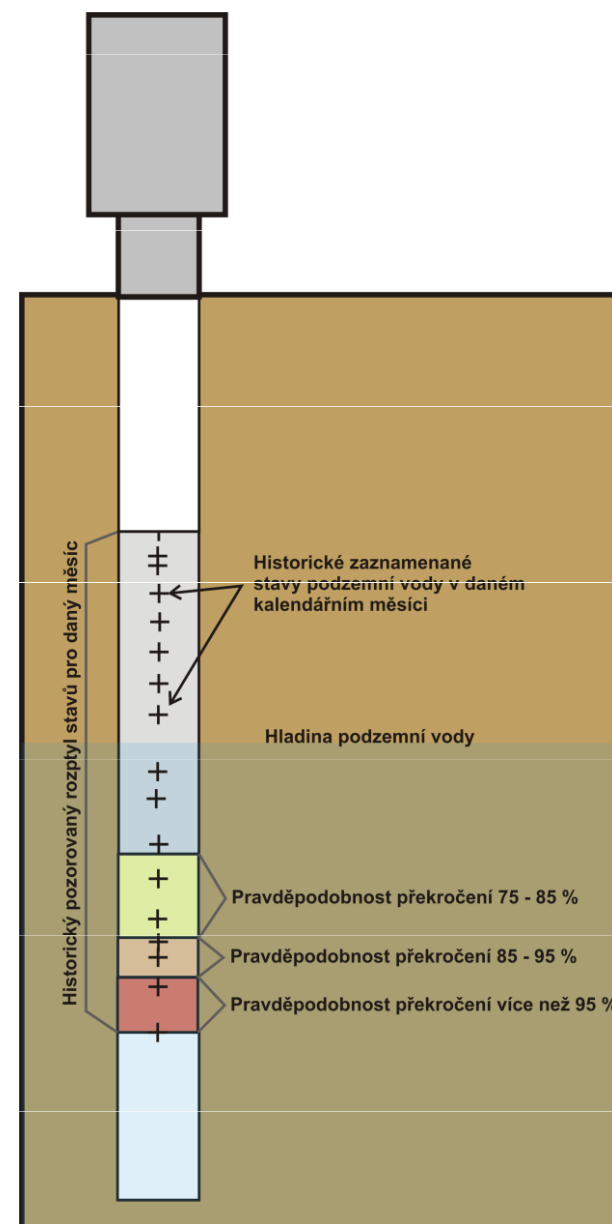


# PZV – stav sucha

- 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

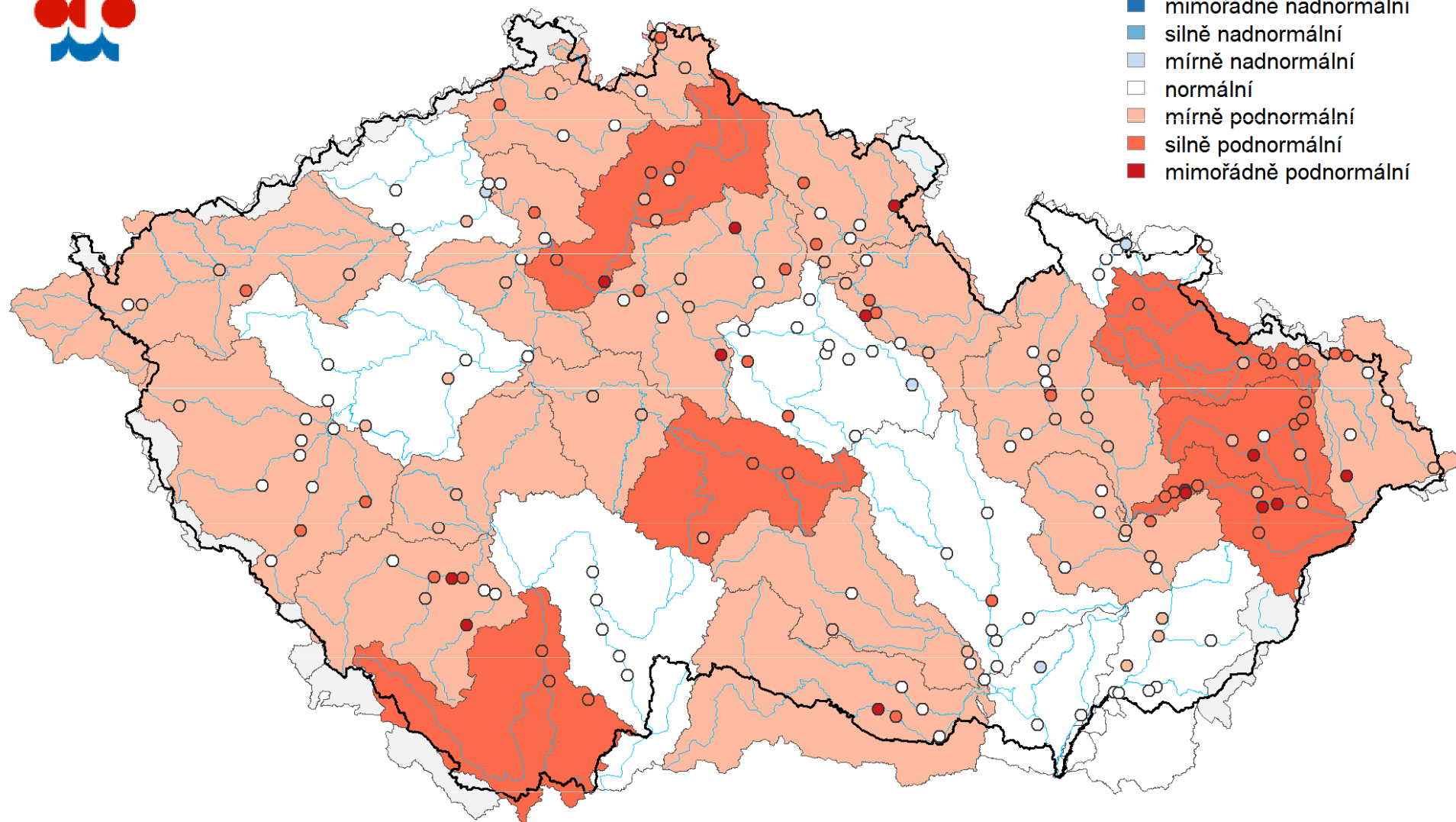
jak pro jednotlivé objekty, tak souhrnně pro definované oblasti povodí.



# Mapa vyhodnocení kategorií sucha

Stav hladiny podzemní vody v mělkých vrtech

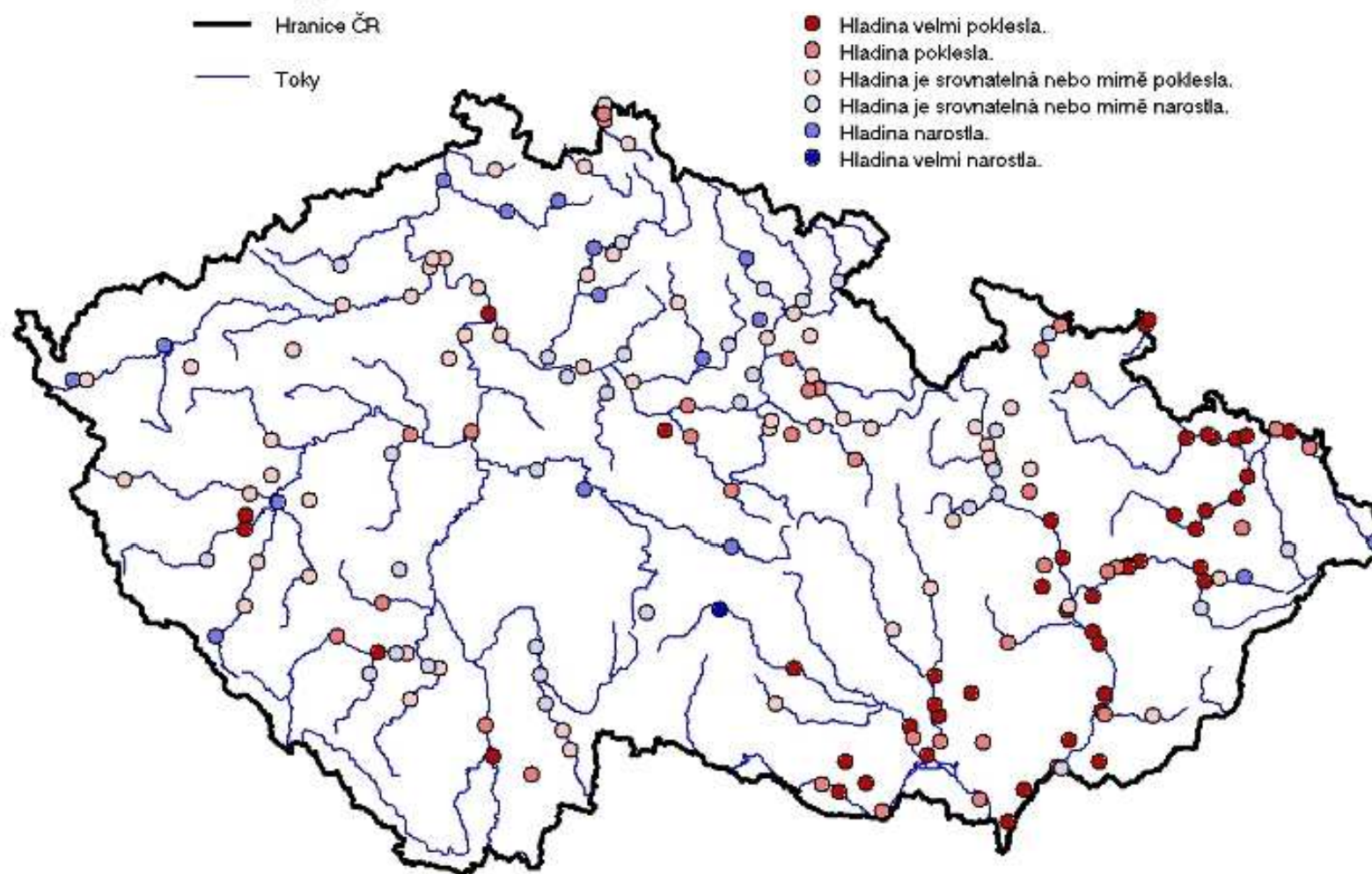
28. 03. – 03. 04. 2016



# Stav PZV – únor 2016

Nárůst nebo pokles hladiny ve vrtech v měsíci: 02/2016

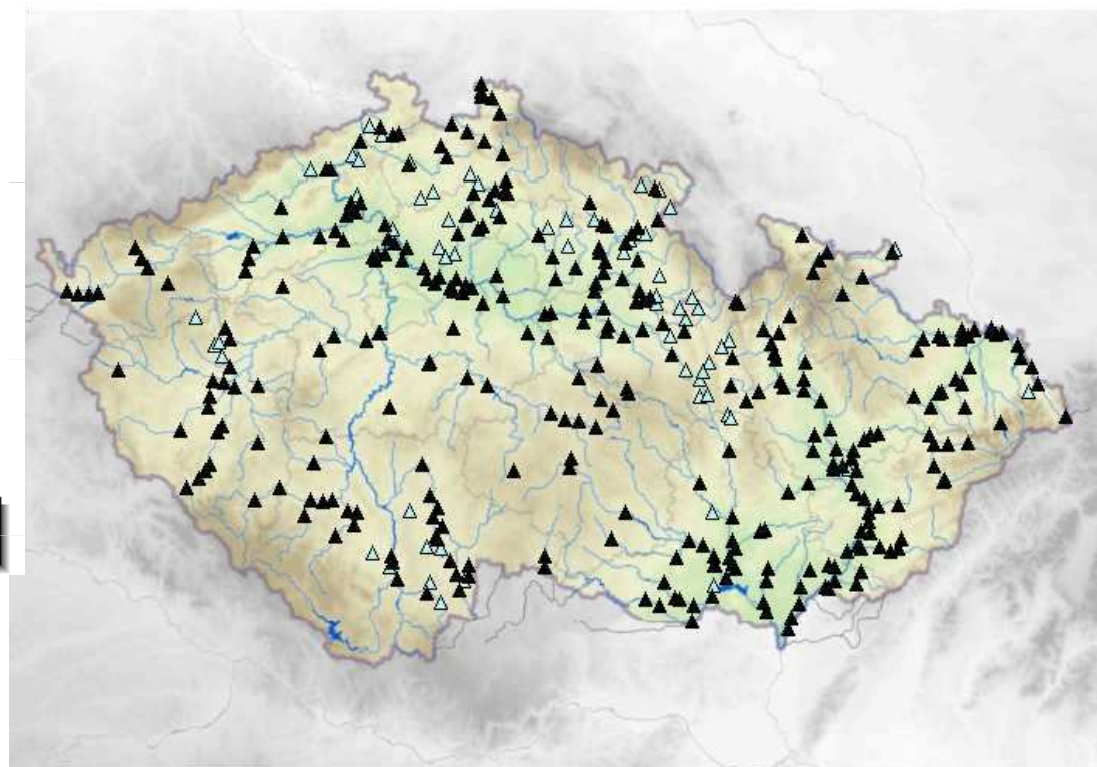
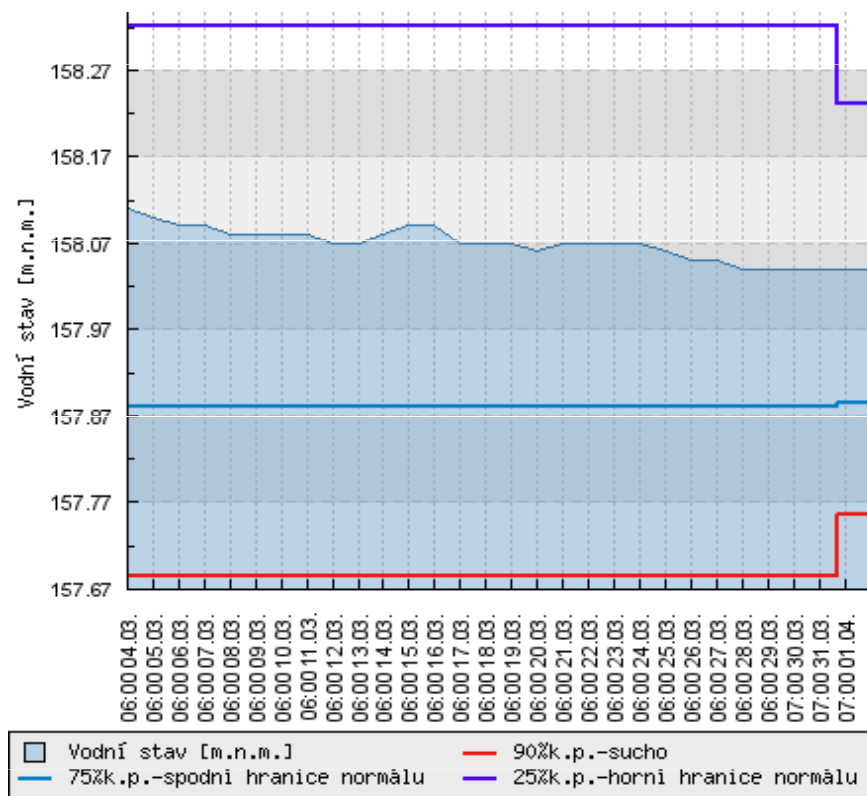
Srovnání se stejným měsícem předchozího roku.



# Aktuální informace PZV

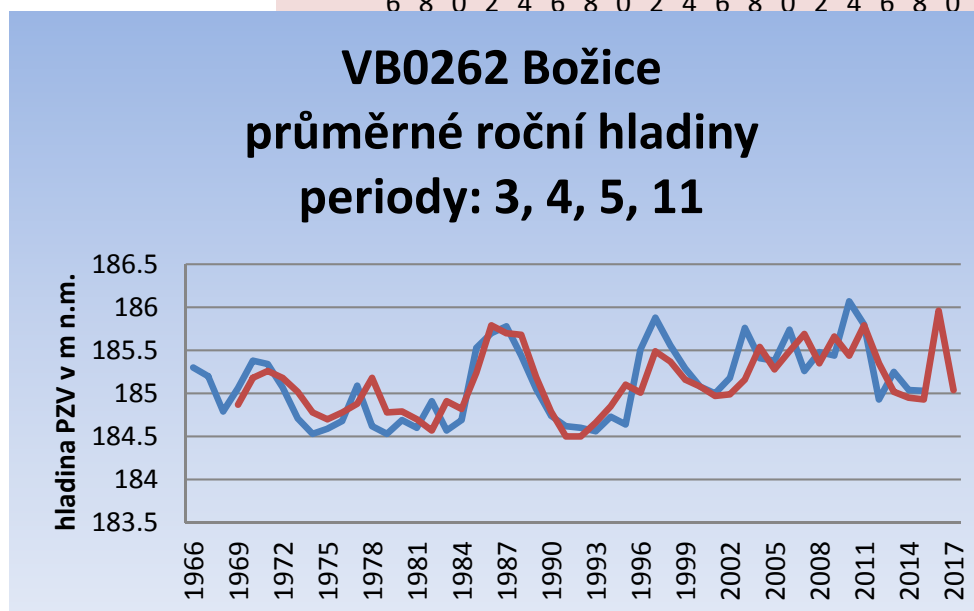
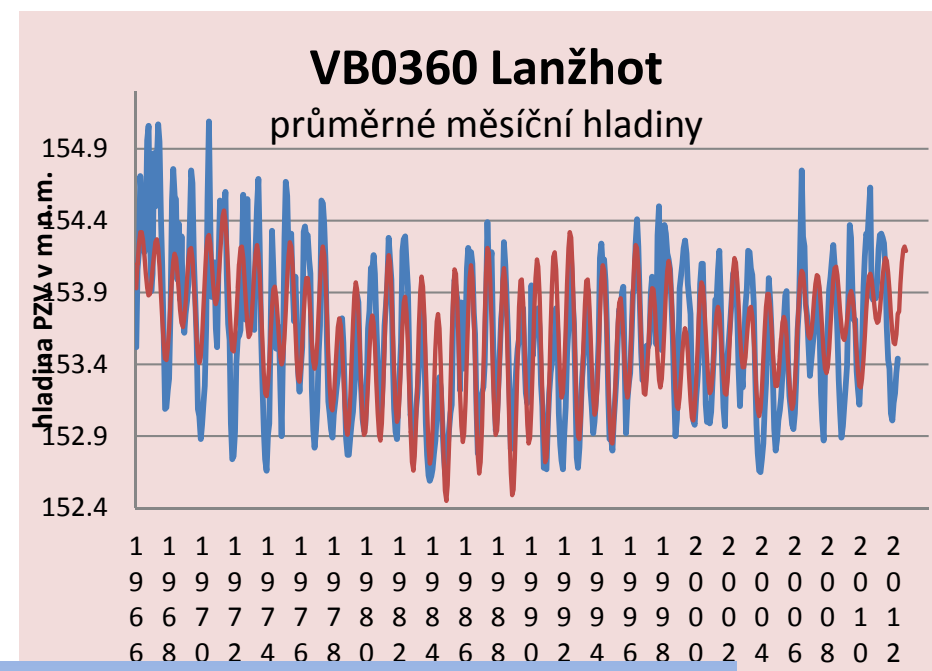
[http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps\\_pzv.php](http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_pzv.php)

- VB0349 Charvatská Nová Ves



# Předpovědi hladin PZV

- ***Doba předpovědi***
- ***Středně dlouhé předpovědi***  
 hladin PZV  
 zpracovávají se řady průměrných  
 měsíčních hladin
- ***Dlouhodobé předpovědi***  
 zpracovávají se časové  
 řady ročních  
 průměrných hladin



# Korelační analýza

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

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

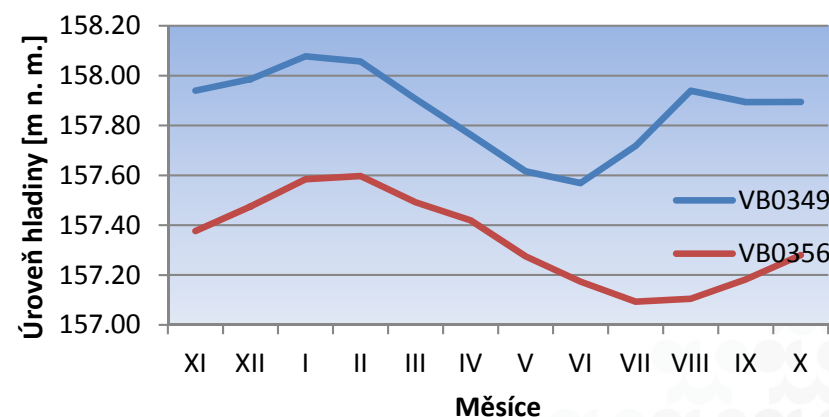
klesají s délkou předpovědi



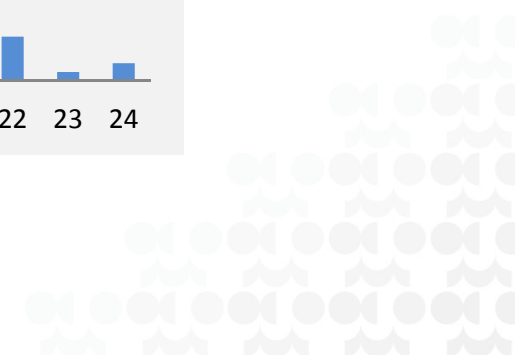
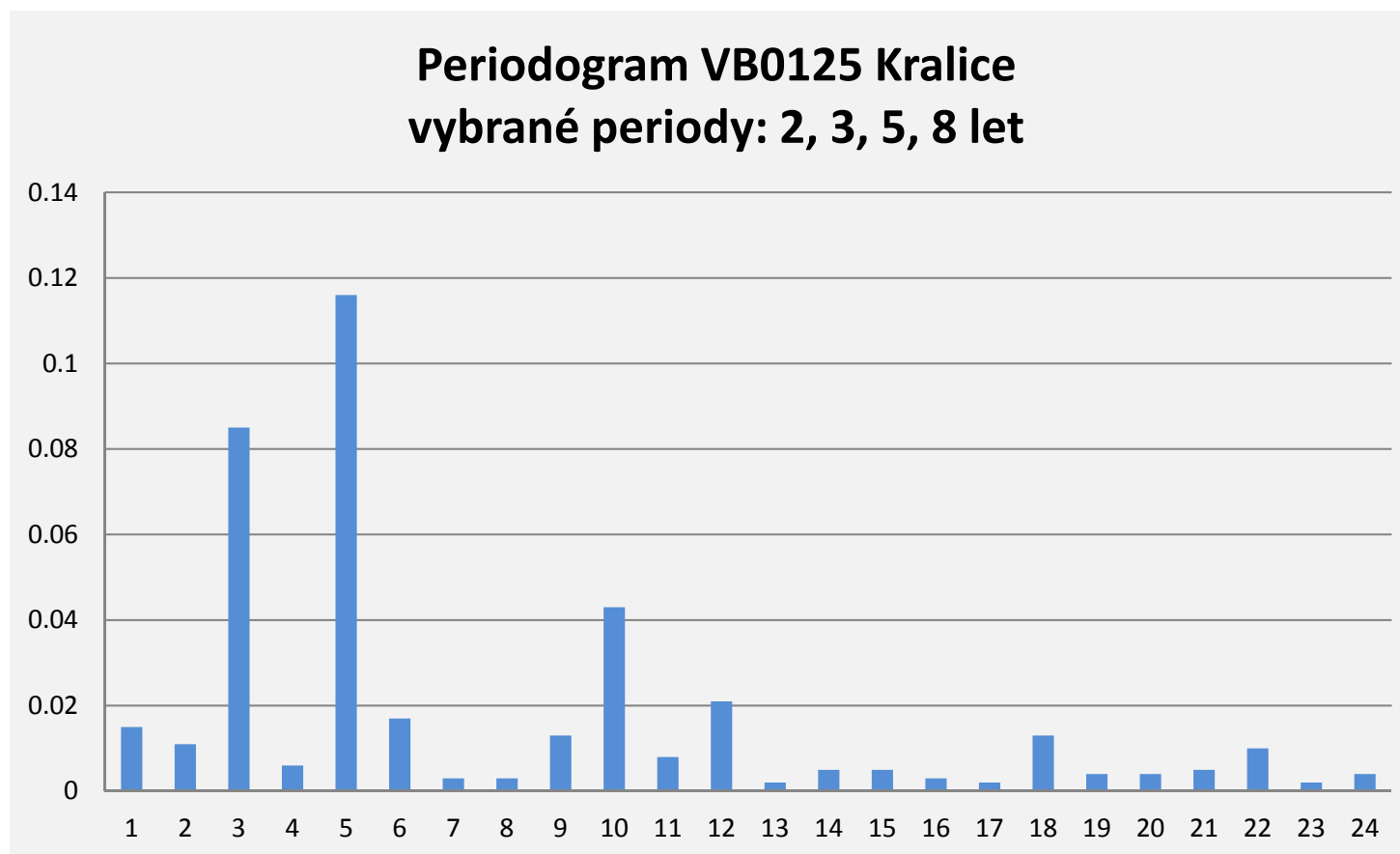


# Harmonická analýza

- 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 prognoza 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.

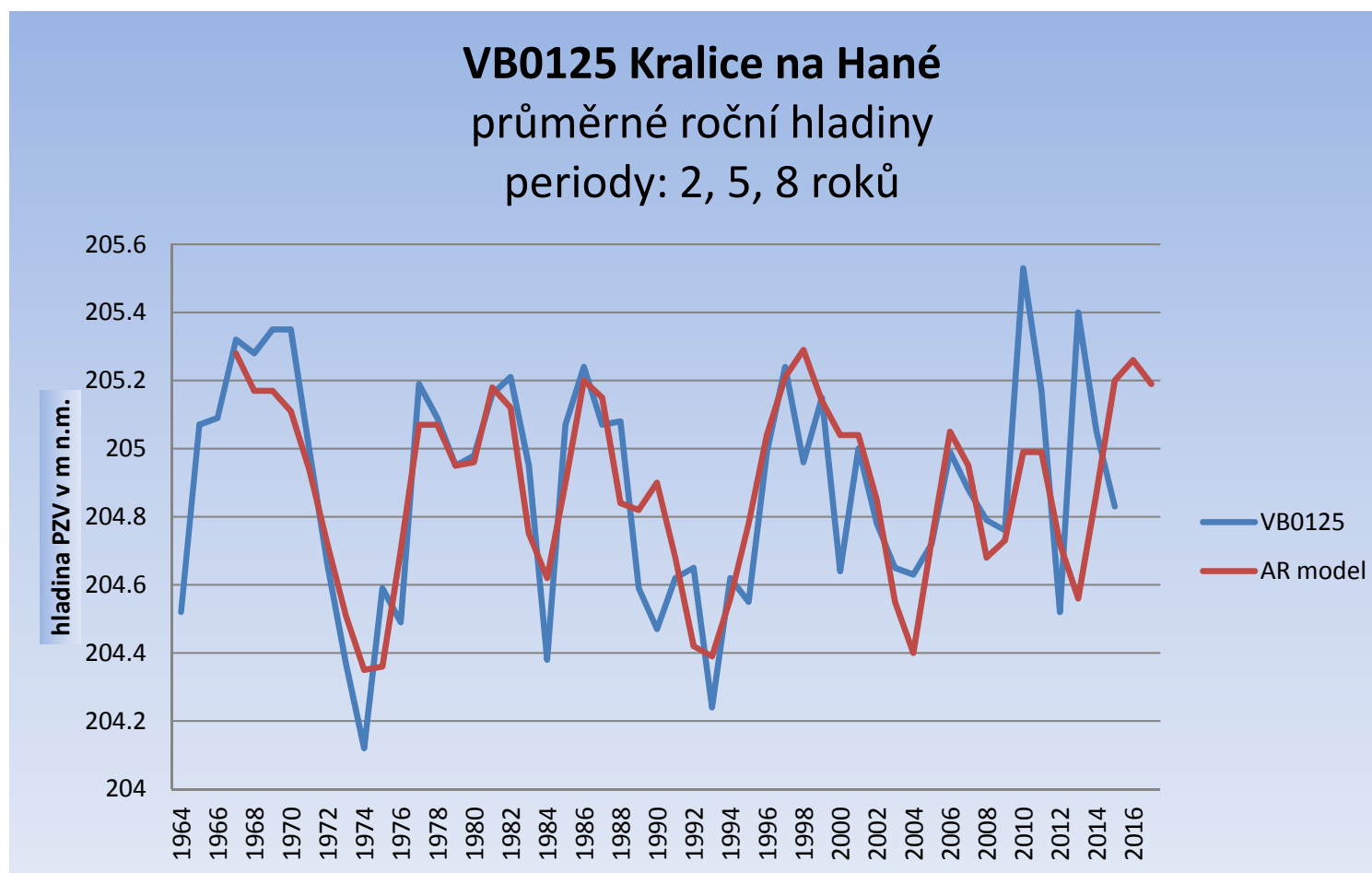


# Periodogram

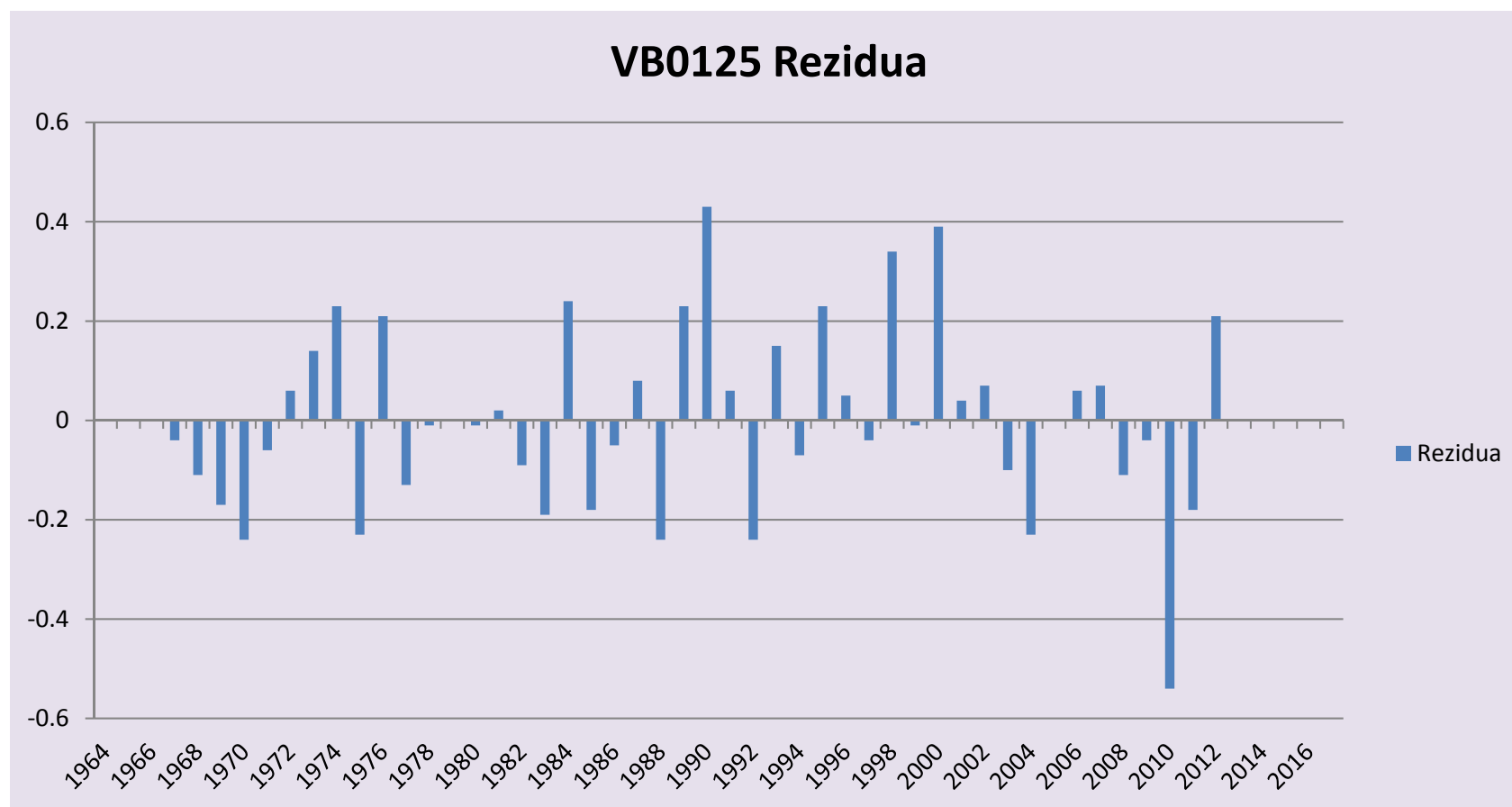


# Roční předpovědi hladiny PZV

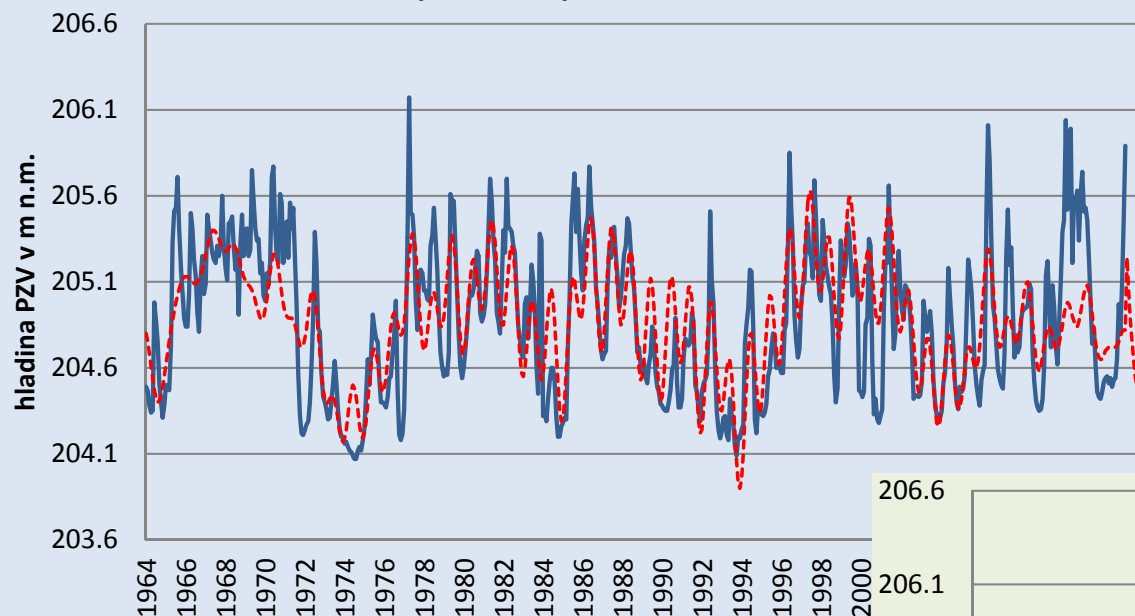
$$\hat{y}_t = \bar{y} + \sum_{j=1}^p (A_j \cos \omega_j t + B_j \sin \omega_j t)$$



# Reziduální složka



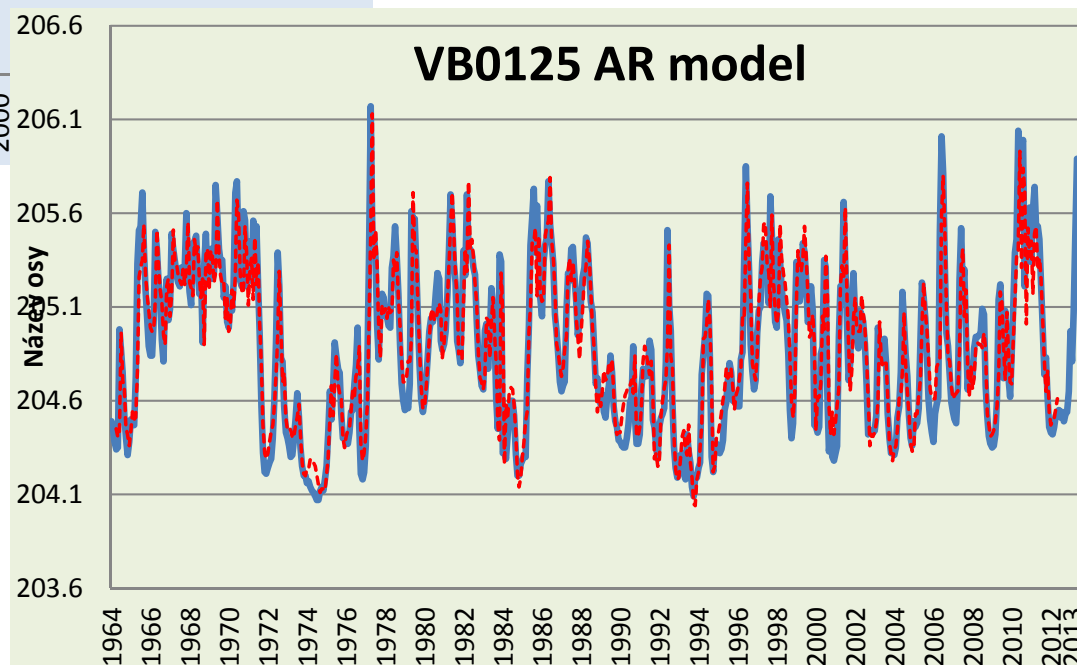
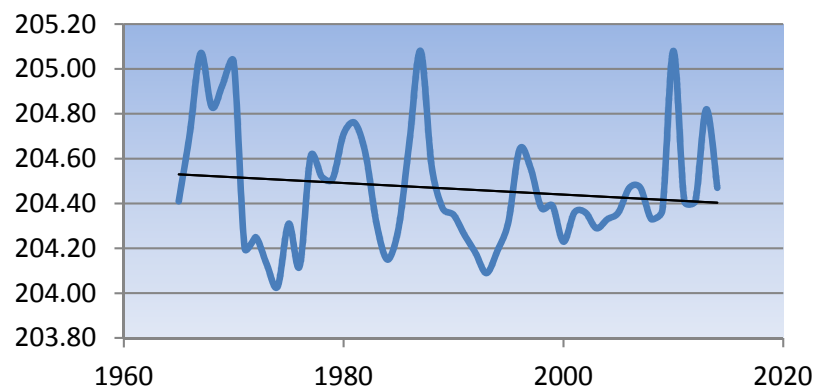
## VB0125 Kralice na Hané průměrné měsíční hladiny periody: 1, 5, 8 let



## 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 efektivity 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

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

$$S_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tilde{y}_i - y_i)^2}{n-1}}$$

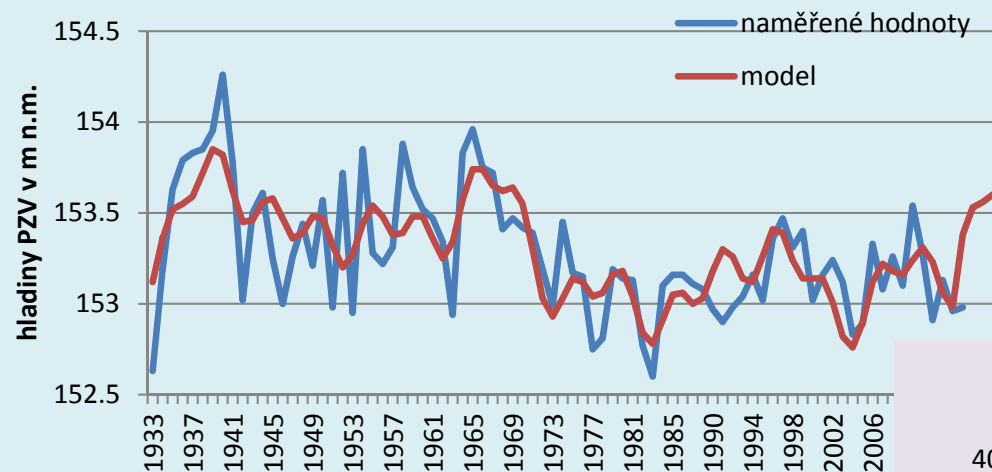
Velikost rozdílu mezi skutečnou a předpovídanou hodnotou posoudíme přípustnou chybou:  $F = 0,674 s$ , kde  $s$  je směrodatná odchylka naměřených hodnot



# KB0527 Lanžhot, vrt V 12 Banín

## KB0527 Lanžhot

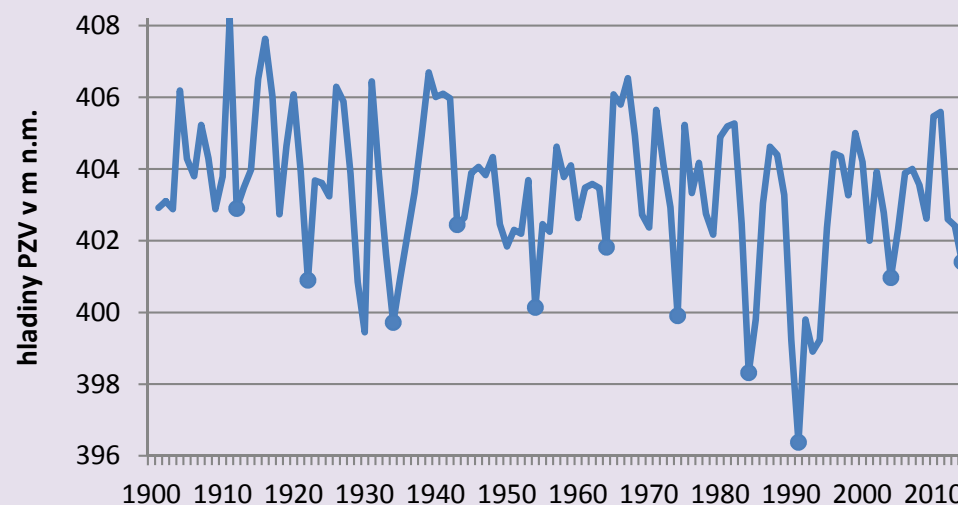
průměrné roční hladiny 1933 - 2015



Výskyt minimálních hladin:

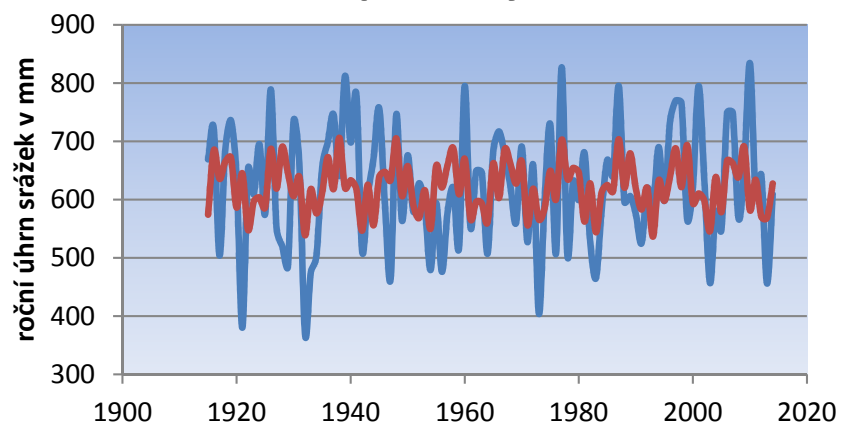
1922, 1930, 1934, 1943, 1952,  
1964, 1974, 1984, 1993, 2003, 2014

## Banín - průměrné roční hladiny 1900 - 2015

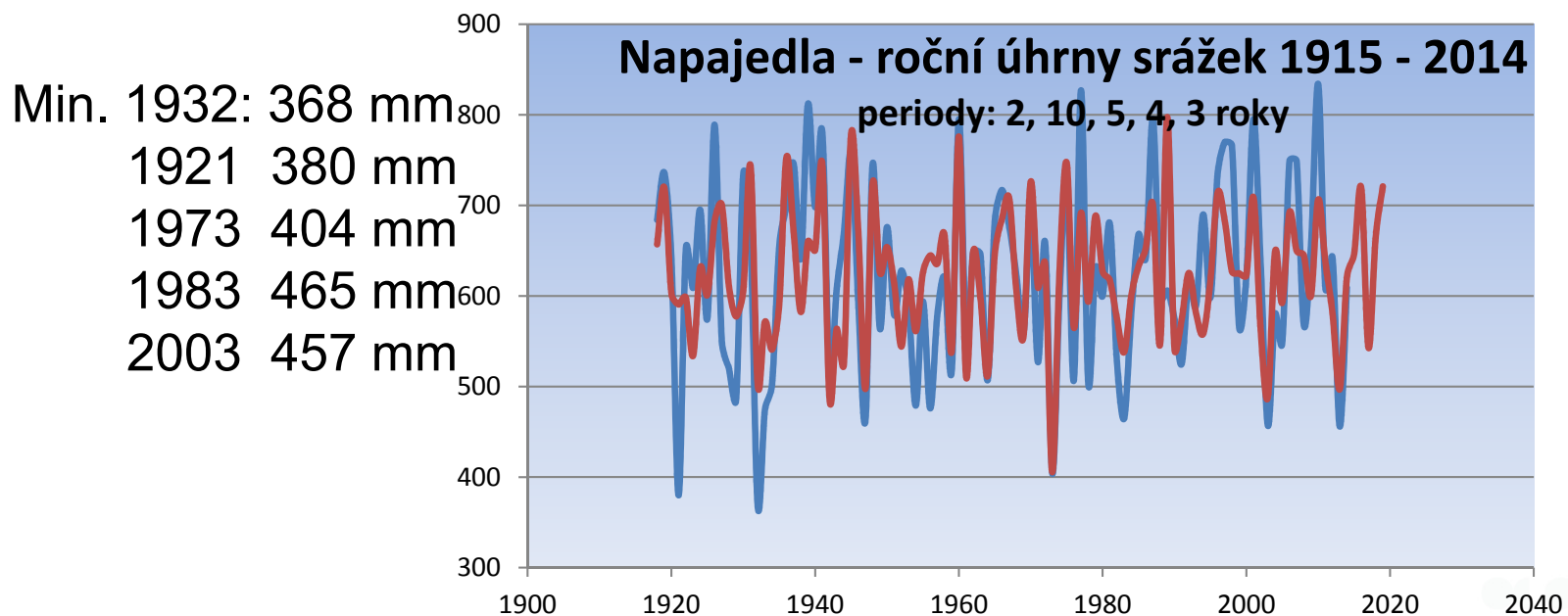
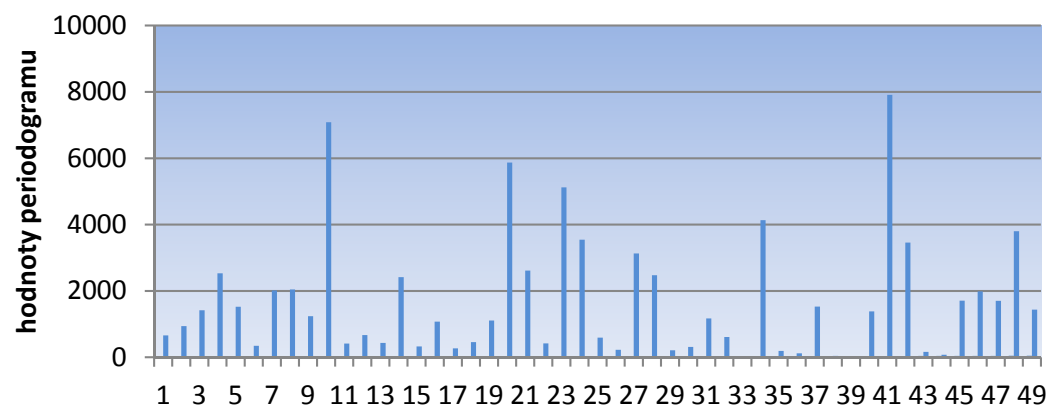


# Periody - srážky

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



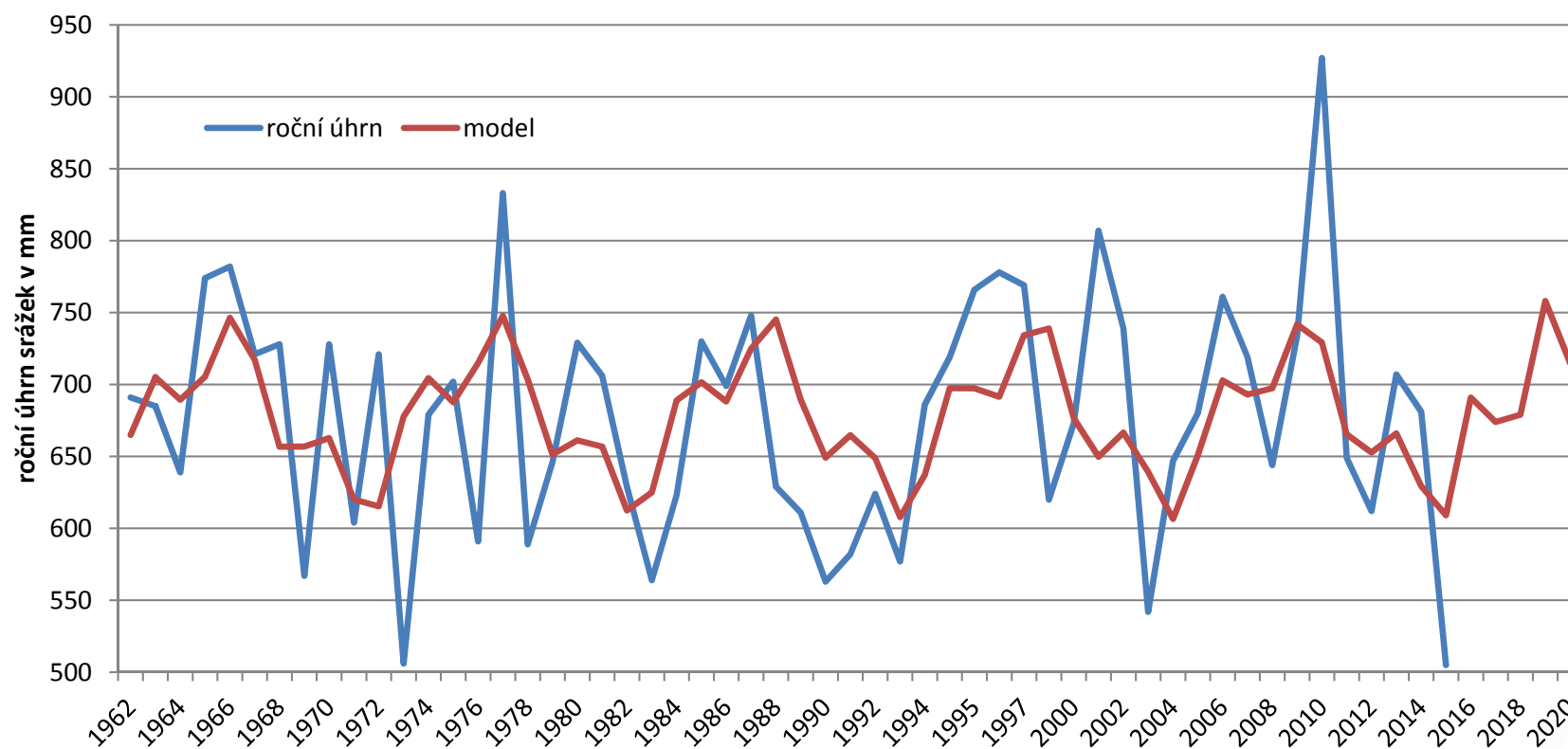
**Peridogram  
roční úhrny srážek Napajedla 1915 -2014  
nejvýznamnější periody: 2, 10, 5 let**





# Roční úhrny srážek

Roční úhrny srážek - Morava  
periody 5, 2 roky



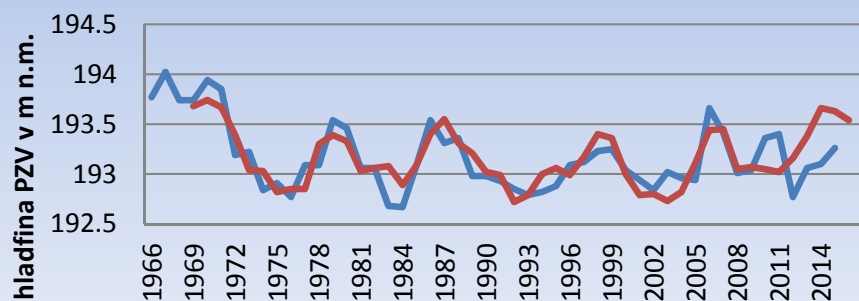
# Výskyt minimálních hladin podzemní vody

- 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 Svratky** 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.

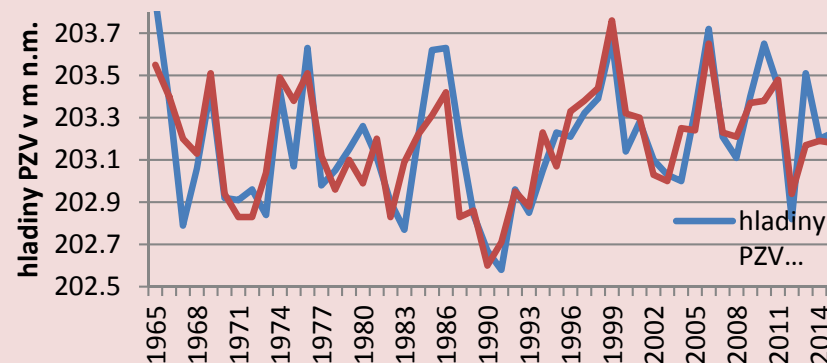
# Významné periody

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

**VB0291 Šaratice**  
průměrné roční hladiny  
periody: 3, 4, 7, 11 let

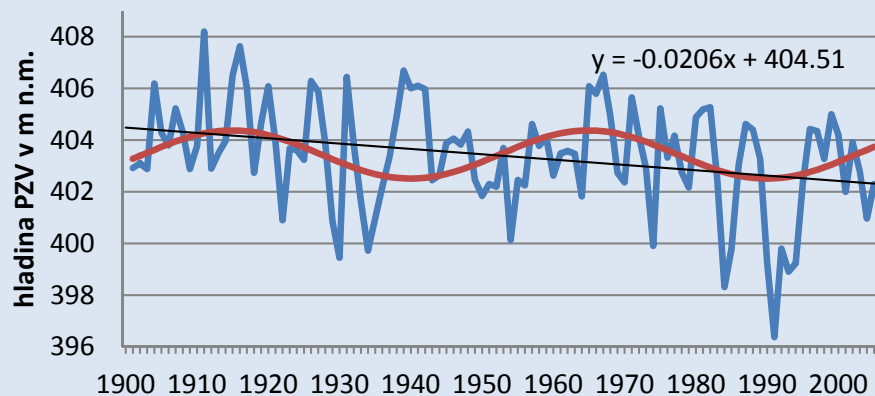


**VB0200 Blatnice**  
průměrné roční hladiny PZV

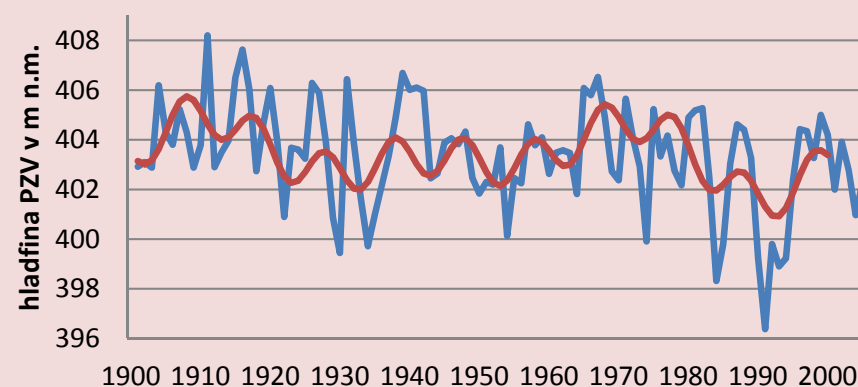


# Vrt Banín 1901 – 2015

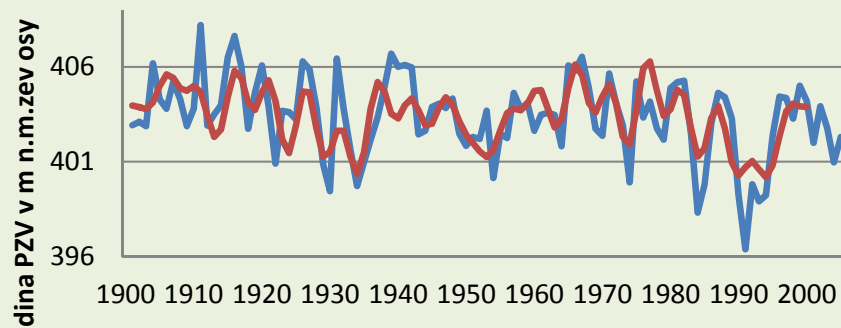
## Banín - 25letá perioda



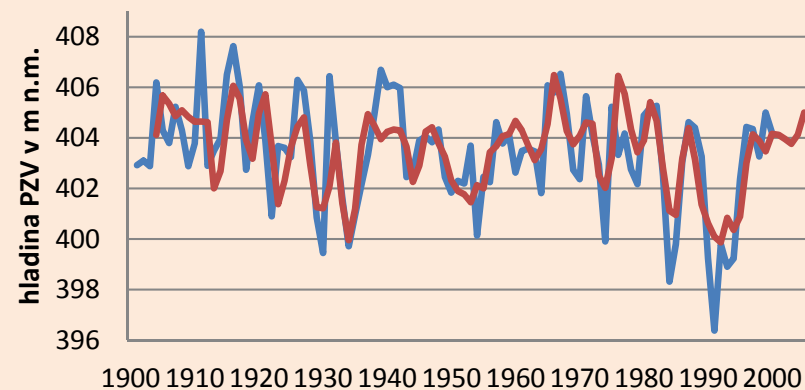
## Banín- periody 5, 16, 25 let



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

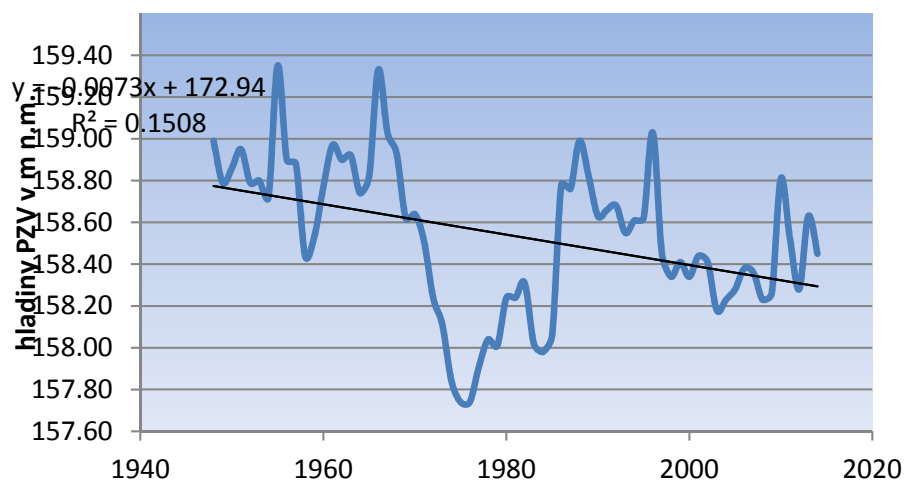


## Banín - AR model

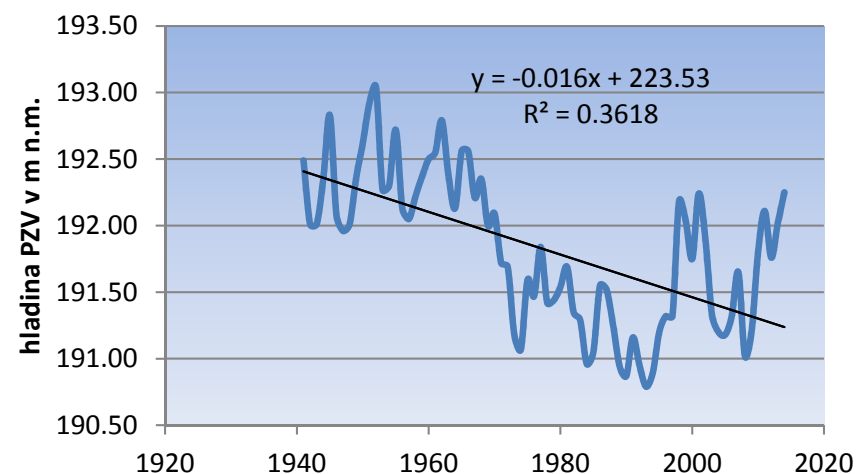


# Trendy – minimální roční hladiny

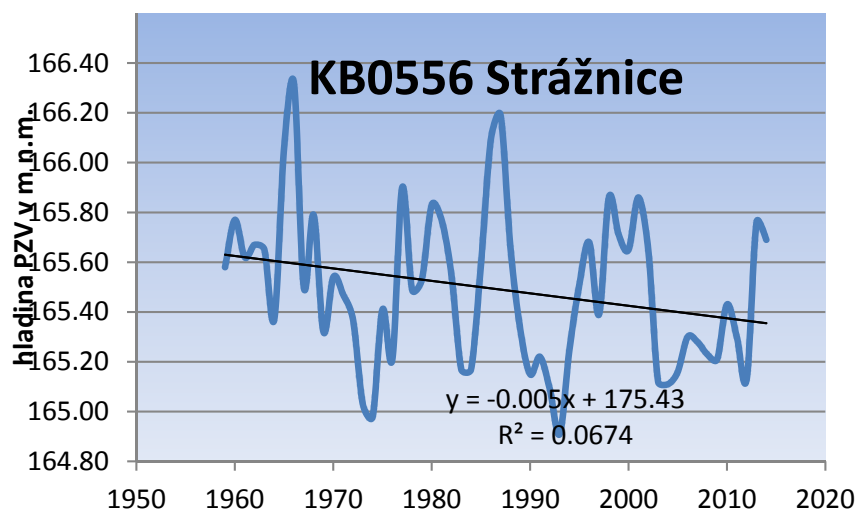
## KB0690 Ldná



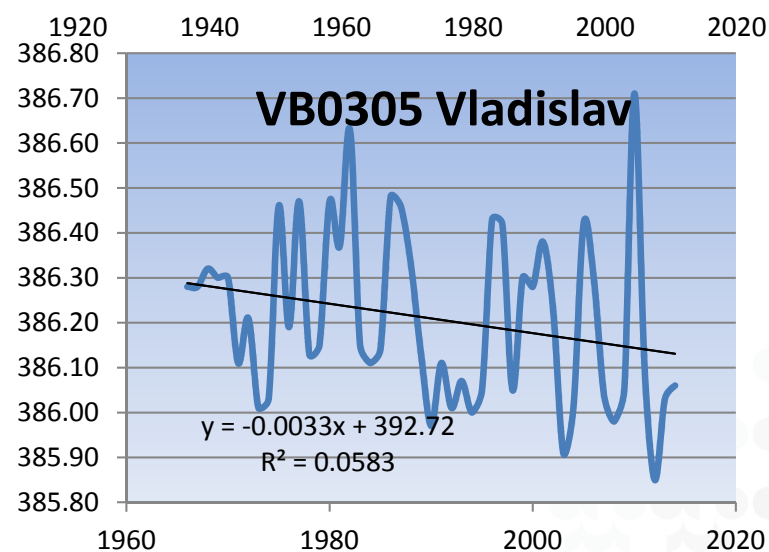
## KB0189 Břest-Kyselovice



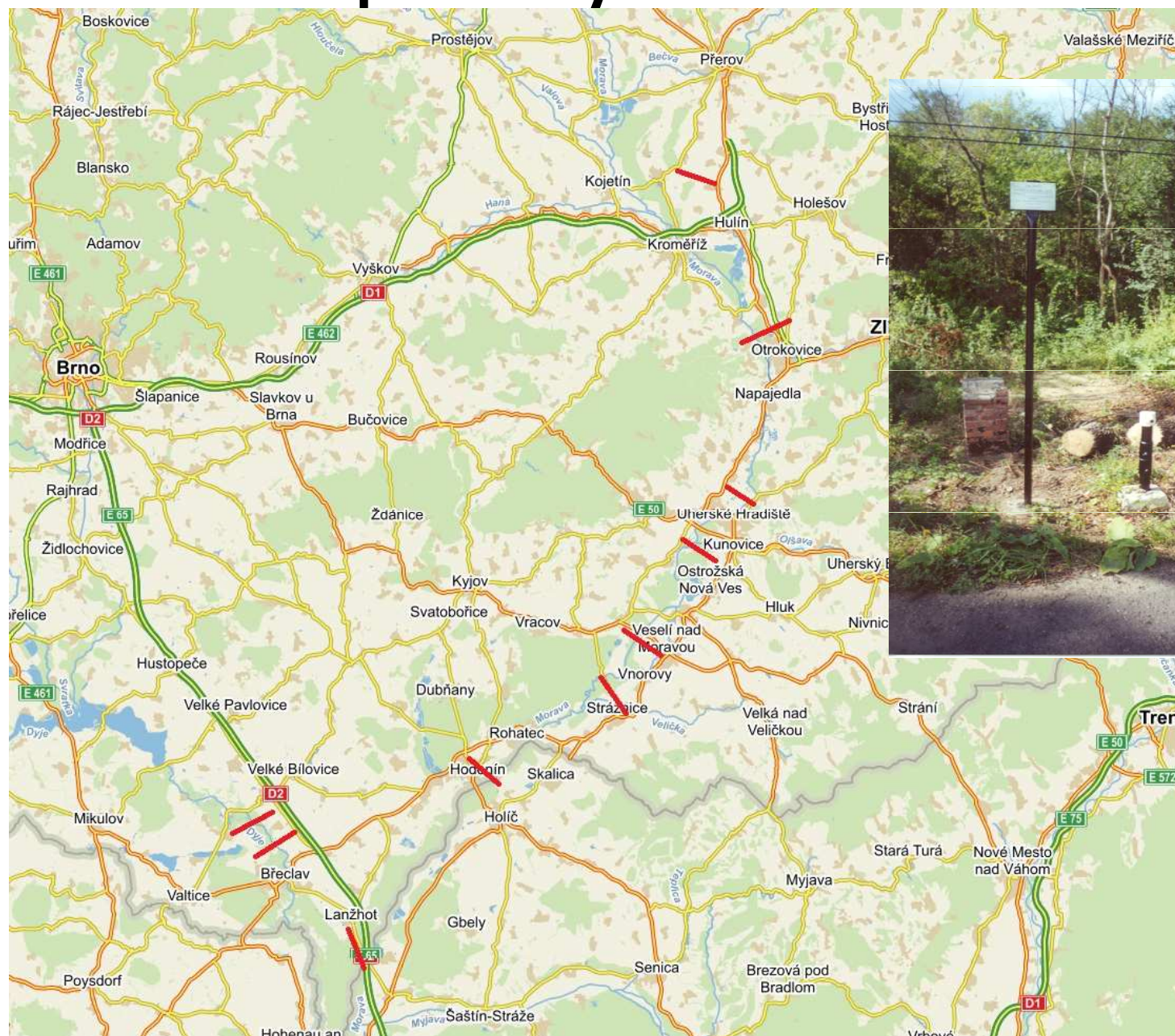
## KB0556 Strážnice



## VB0305 Vladislav

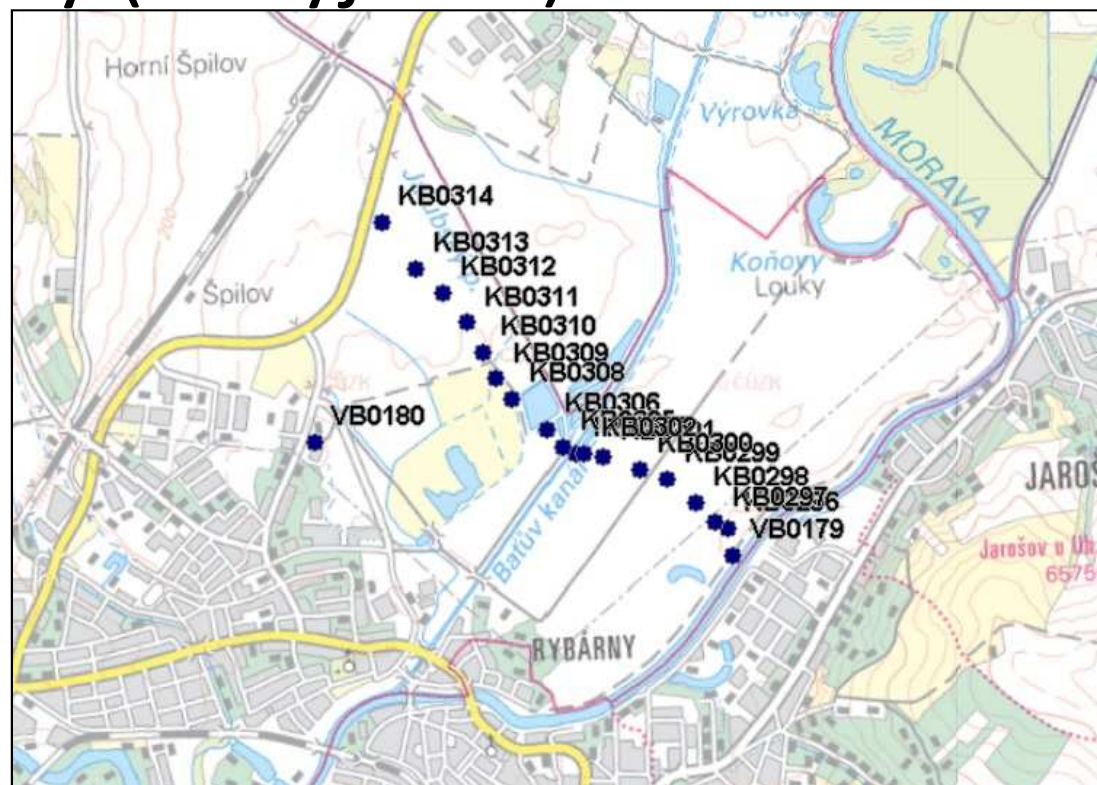


# HP profily - situace

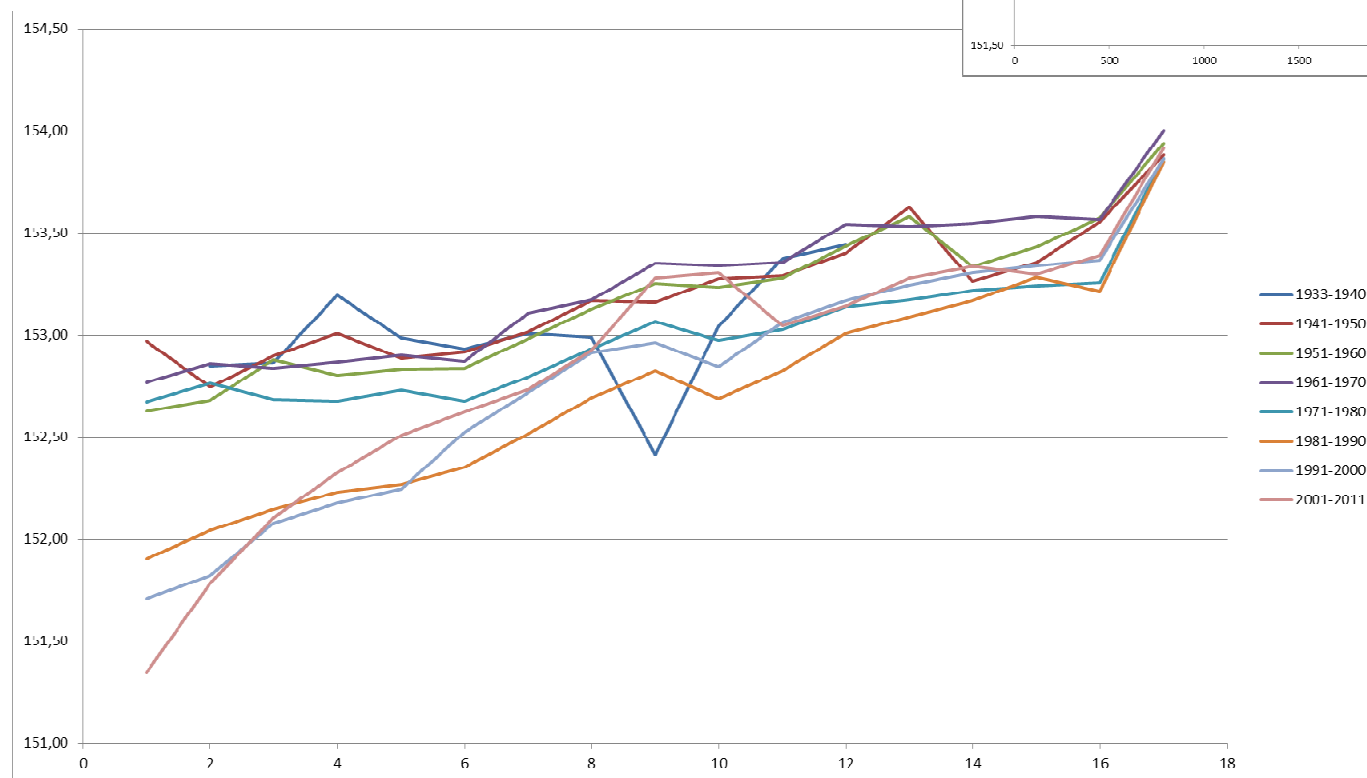
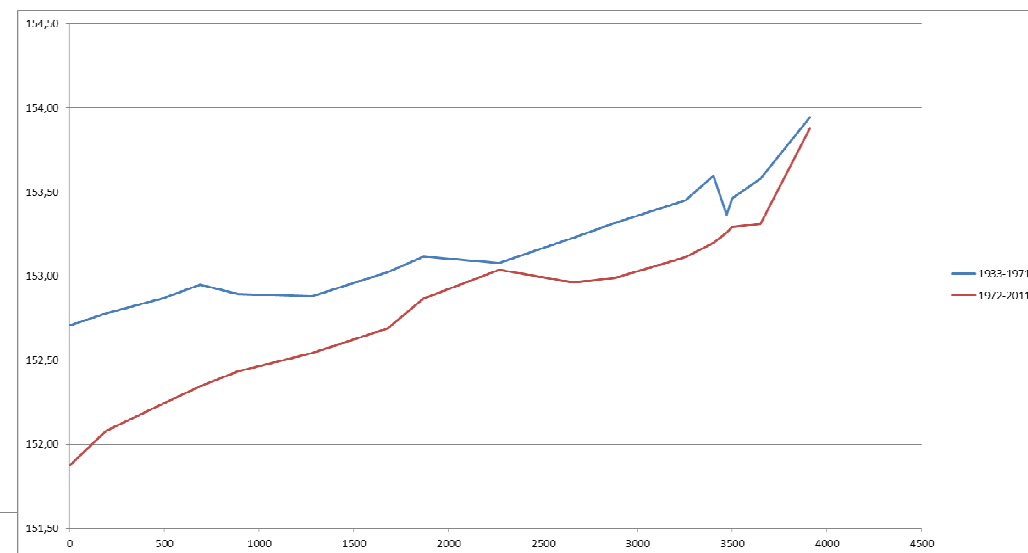


# Lanžhot

- 17 vrtů (KB0505 – KB0537)
- od r. 1933 (některé vrty přidány později)
- tok: pravý břeh Moravy (ke Kyjovce)



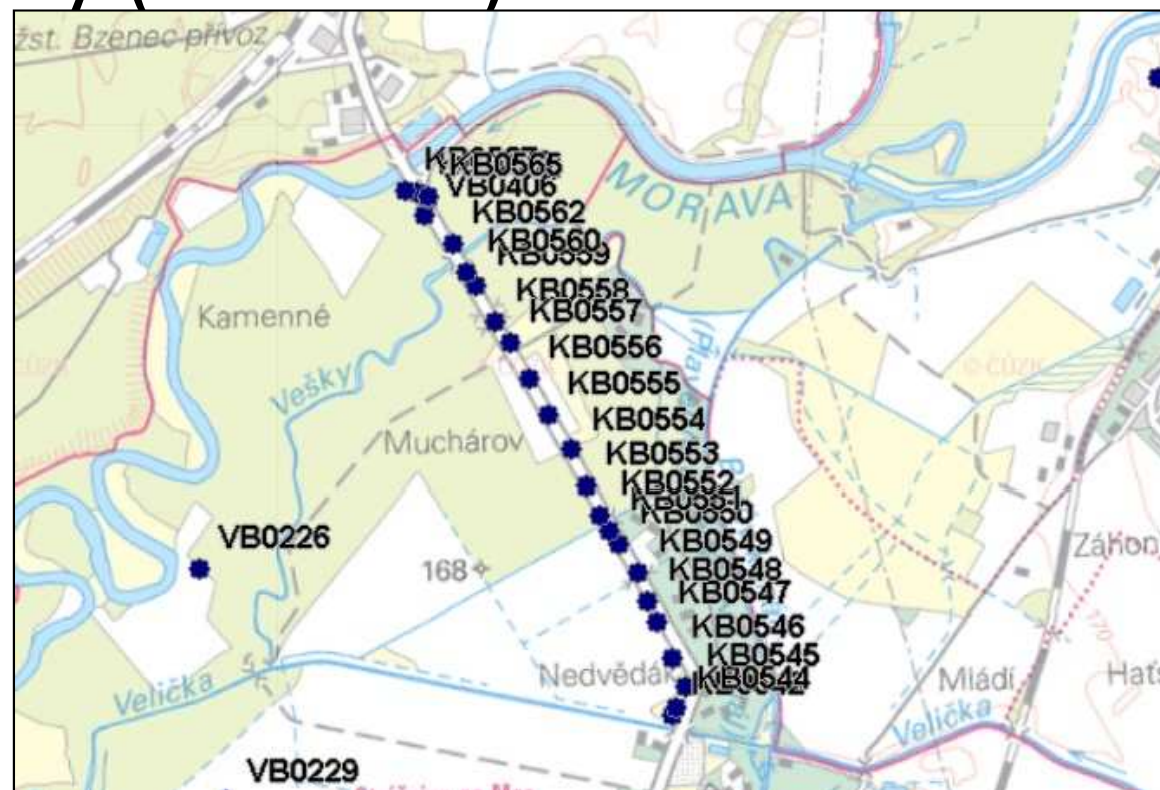
# HP 222 Lanžhot



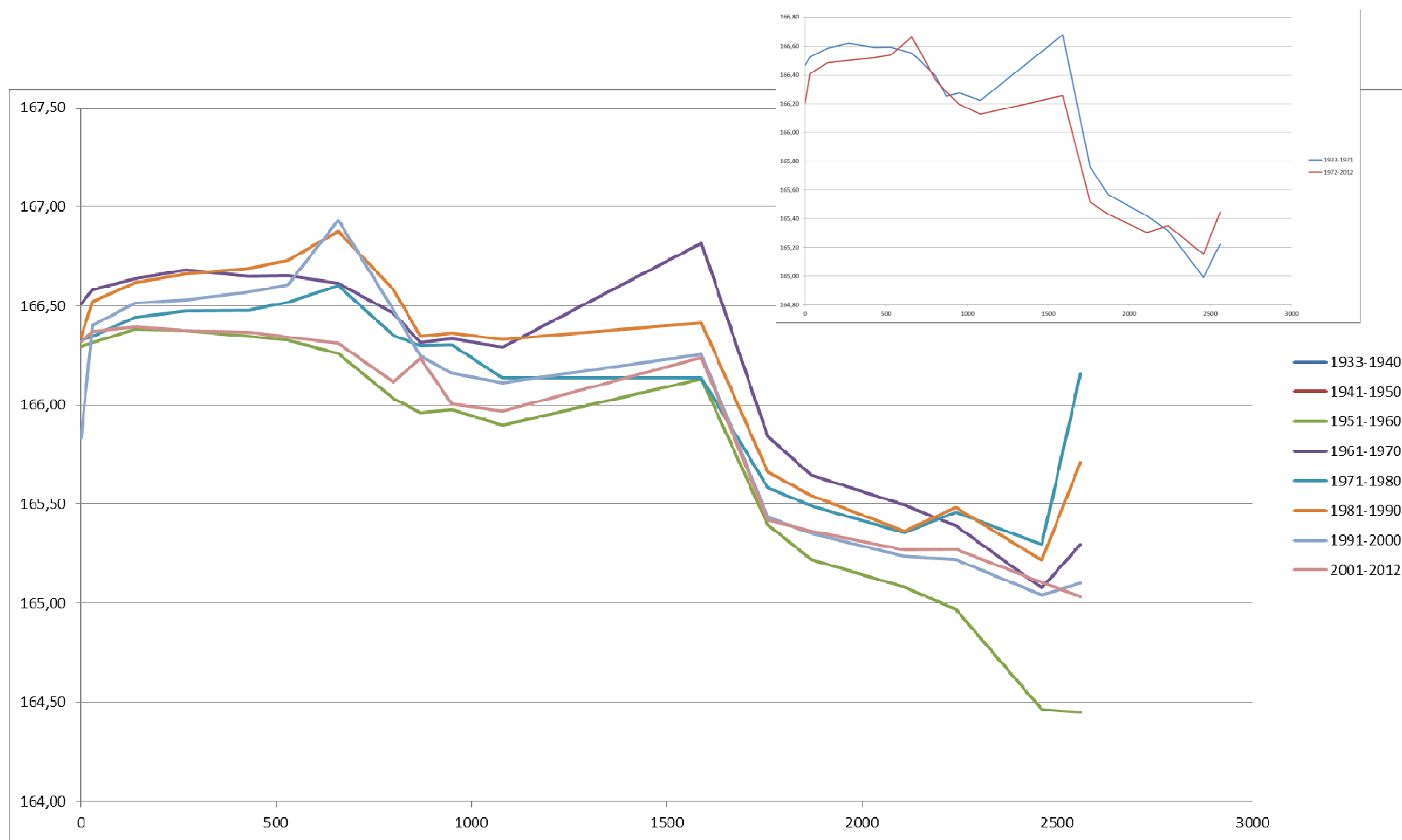


# Strážnice

- 18 vrtů (KB0542 – KB0567)
- od r. 1959
- tok: levý břeh Moravy (k Veličce)

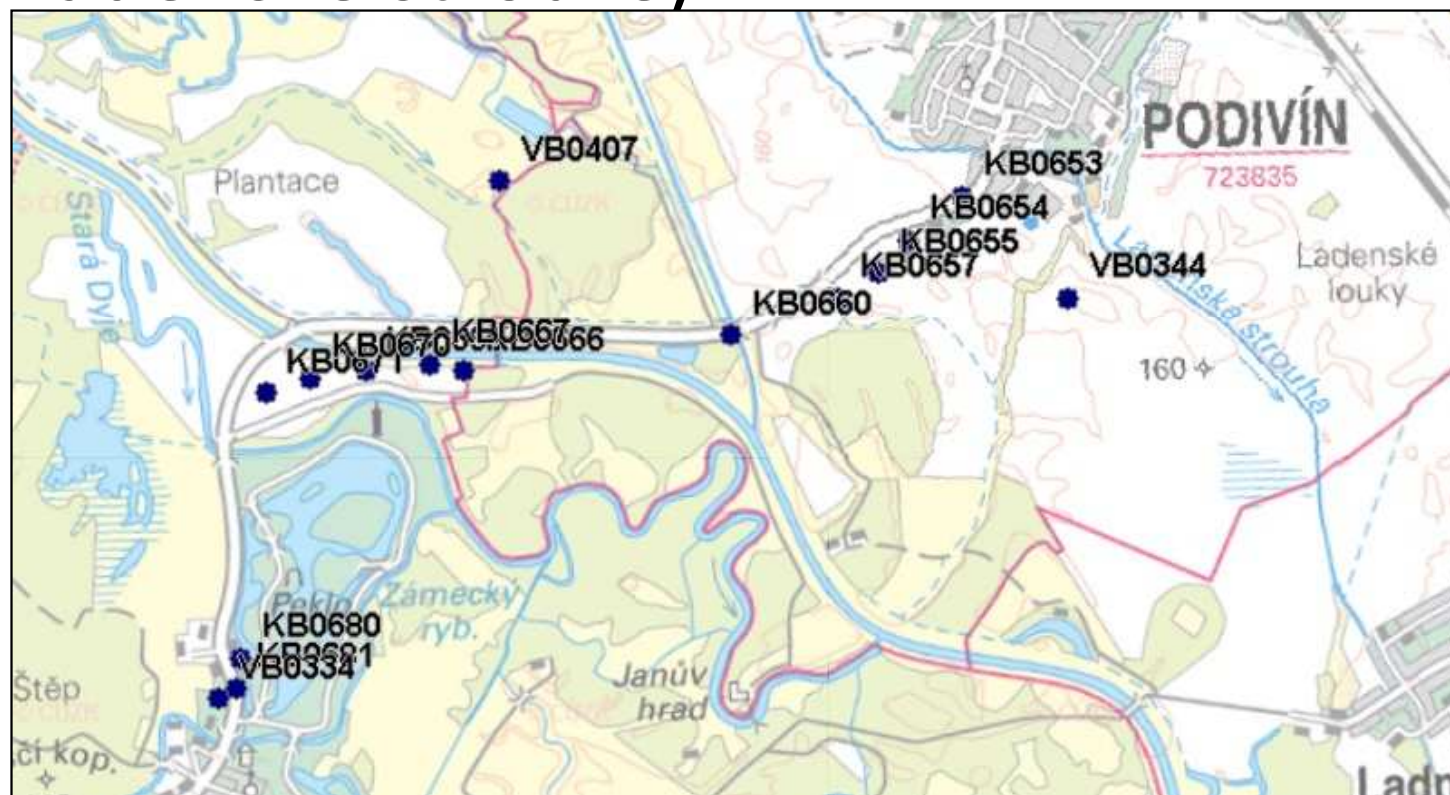


# HP 223 Strážnice



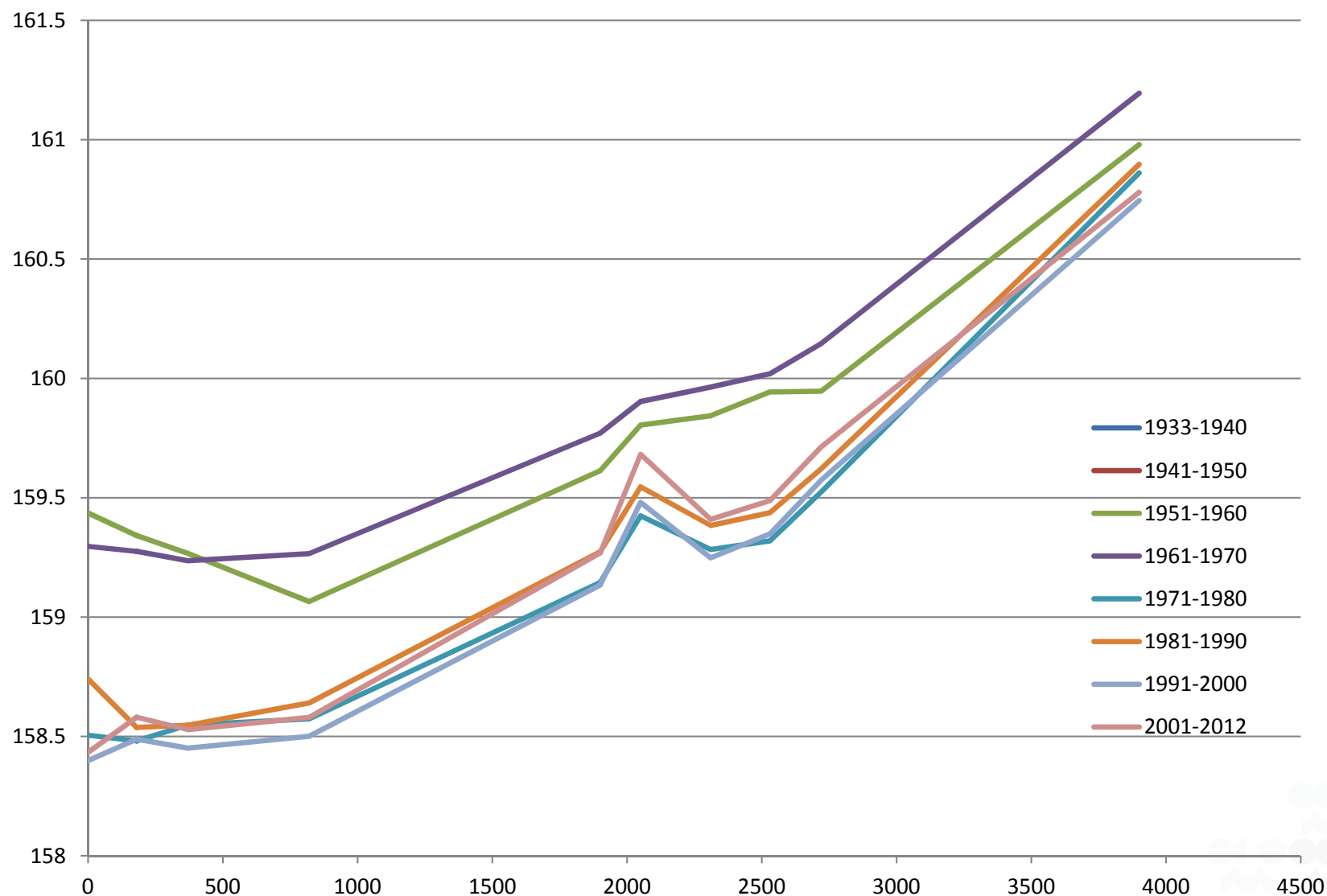
# HP 262 Podivín - Lednice

- 10 vrtů (KB0654 – KB0681)
- od r. 1948
- tok: Dyje (k Ladenské strouze)

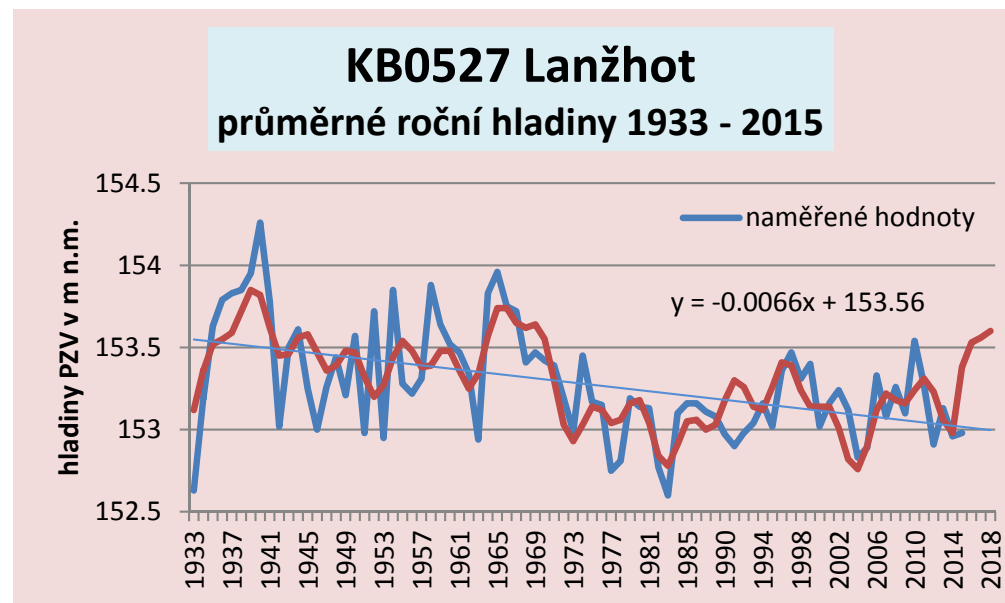


# Podivín - Lednice

- příčný profil po desetiletích



# Charakteristika režimu PZV



- Hladina pozemní vody vykazuje v dlouhodobém období u všech vrtů prakticky stejný chod kolísání hladiny podzemní vody s minimy v říjnu a maximy v dubnu, mezi nimiž dochází k pozvolnému pohybu podzemní vody.
- Hladina podzemní vody je ve vrtech ovlivňována průtoky v řece, minimálně srážkami.
- Hladina podzemní vody neleží hluboko pod úrovní terénu. Nejhlouběji zaklesává až 8 m pod terén, maximální hladiny vystupují ve vrtech v blízkosti řeky nad terén.
- Všeobecně lze říci, že ve většině vrtů dochází k poklesu ročních minimálních hladin podzemní vody
  - V některých vrtech dochází k vzestupu hladiny podzemní vody
- Rozkolísanost hladiny podzemní vody je vzhledem k celkové mocnosti zvodní velká. Rozdíl maximálních a minimálních hladin je v průměru okolo 3 m. Největších hodnot dosahuje ve vrtech v blízkosti řeky, kde to může být až 5 m. Směrodatná odchylka má průměrnou hodnotu 0,5.

# Opatření v PZV

- Ministerstvo životního prostředí doporučuje pro řešení problematiky sucha kromě dlouhodobějších opatření i opatření operativní obdobně jako u povodní: zavedení **tří stupňů aktivit – bdělost, pohotovost a nebezpečí**. Zpracovává se návrh indikátorů pro sucho a typové plány pro „dlouhodobé sucho“. Pro přípravu opatření při stavech bdělosti, pohotovosti a nebezpečí bude nutno zpracovávat prognózy minimálních hladin podzemní vody. Z pohledu dlouhodobých poklesů hladin podzemních vod a jejich dopadu na využívané zdroje podzemních vod zastihuje stav „**pohotovost**“ pravděpodobně **10 % obyvatel**. Mezi opatření při mimořádných situacích mohou vodoprávní úřady omezit nebo zakázat na nezbytně nutnou dobu nakládání s vodami podle platného povolení k odběru vody z vodního zdroje. Opatření pro zmírnění dopadů sucha v podzemní vodě zahrnují rovněž zlepšení retenčních schopností krajiny spojené s revitalizací krajiny a efektivnější hospodaření se srážkovými vodami.

# Opatření pro řešení problematiky sucha

- MŽP doporučilo za vedení tří stupňů aktivit – bdělost pohotovost a nebezpečí. Pohotovost zastihuje v současné době asi 10 % obyvatelstva.

- **Příklad pro jímací území Litá**

- **Normální stav:** 60 % překročení hladiny
- **Bdělost:** 80 %
- **Pohotovost:** 90 %



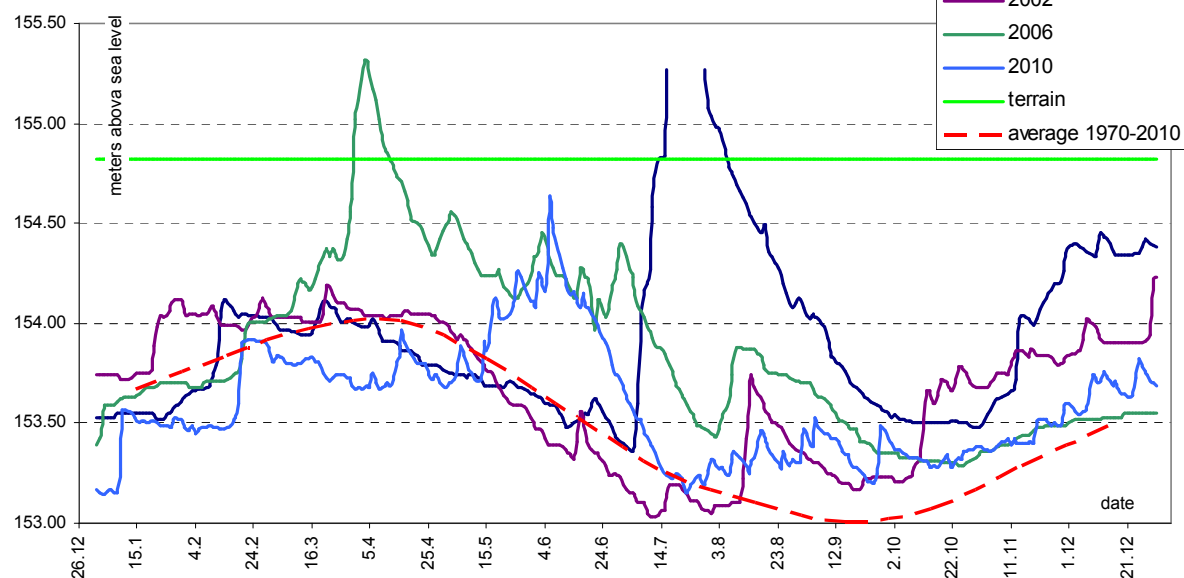
částečné omezení spotřebitelů, aktivace komise pro řešení nedostatku vody a příprava nouzového stavu

- **Nouze** informování krizových složek, omezení spotřebitelů, neplatí omezení čerpání uvedená v rozhodnutí o nakládání s vodami z hlediska ochrany přírody
- **Dne 29. července 2015** schválila vláda České republiky usnesení k přípravě realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody. V rámci tohoto usnesení vláda uložila ministrům životního prostředí, zemědělství, průmyslu a obchodu, 1. místopředsedovi vlády pro ekonomiku a ministru financí, ministryni pro místní rozvoj a vedoucímu Úřadu vlády realizovat opatření k naplnění cílů ochrany před negativními dopady sucha.

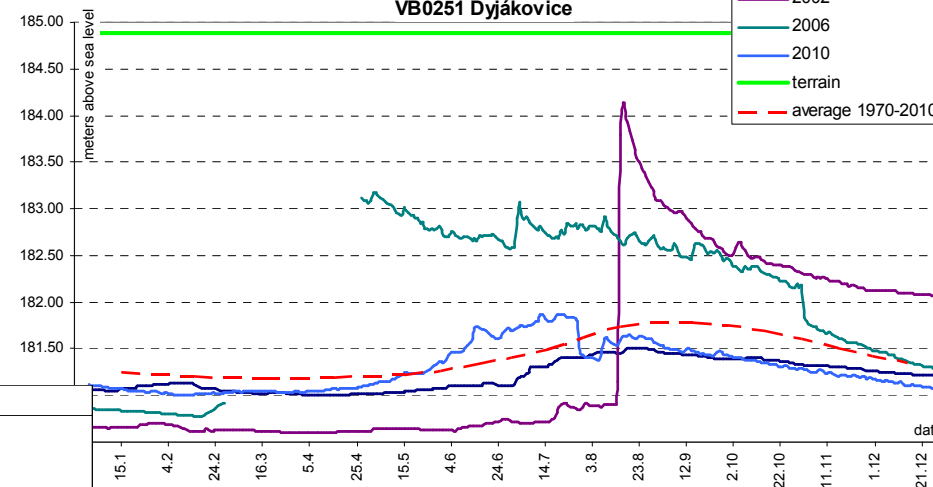
# Pohyb PZV za povodní

Povodeň v červenci 1997 měla vliv na hladiny podzemní vody v okolí řeky Moravy. V oblasti kolem Kroměříže ještě v říjnu 1997 byly hladiny PZV průměrně o 0,74 m nad dlouhodobým říjnovým průměrem, níže po toku v oblasti kolem Uherského Hradiště o 0,46 m. Na jaře v roce 1999 se pohybovaly hladiny podzemní vody v povodí řeky Moravy kolem 0,30 m nad dlouhodobým průměrem, naopak v povodí Dyje, které povodeň nezasáhla se hladiny pohybovaly asi 0,15 m pod dlouhodobým průměrem. Podobná situace byla i v roce 2010 po velkých povodních na Moravě v květnu a červnu.

VB0360 Lanžhot

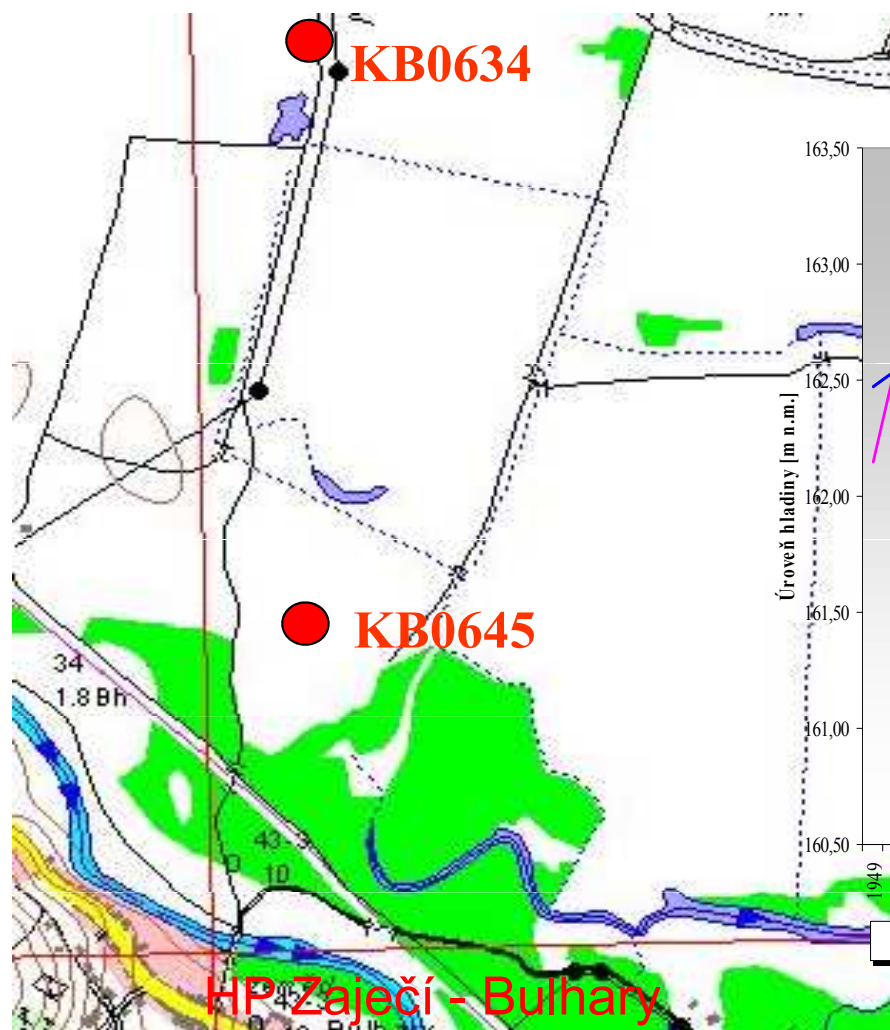


VB0251 Dyjákovice

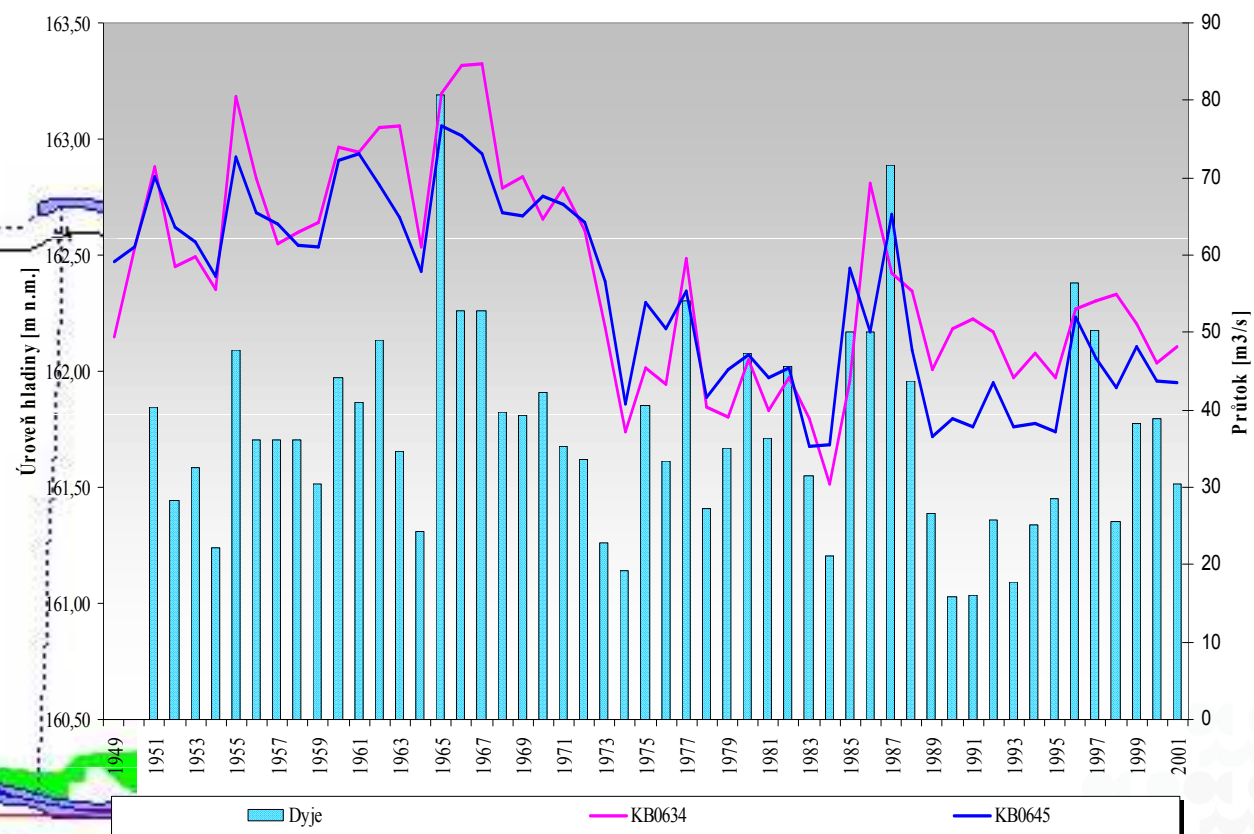




# Vztah mezi PZV a PV

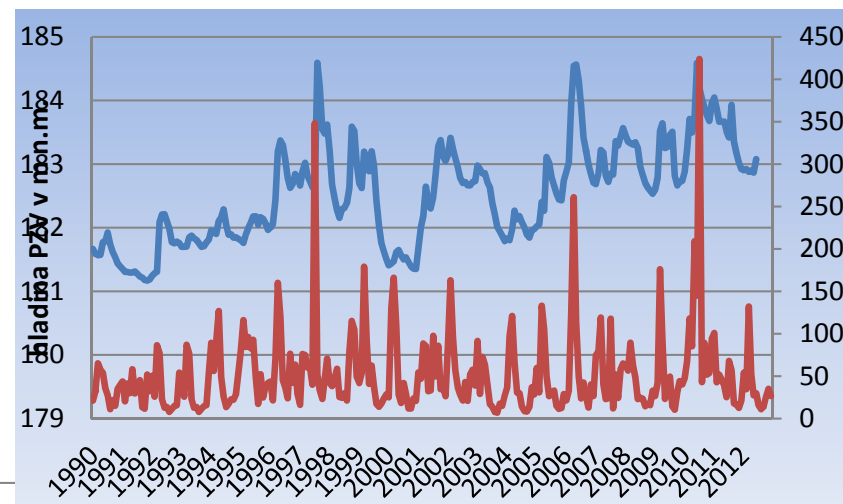
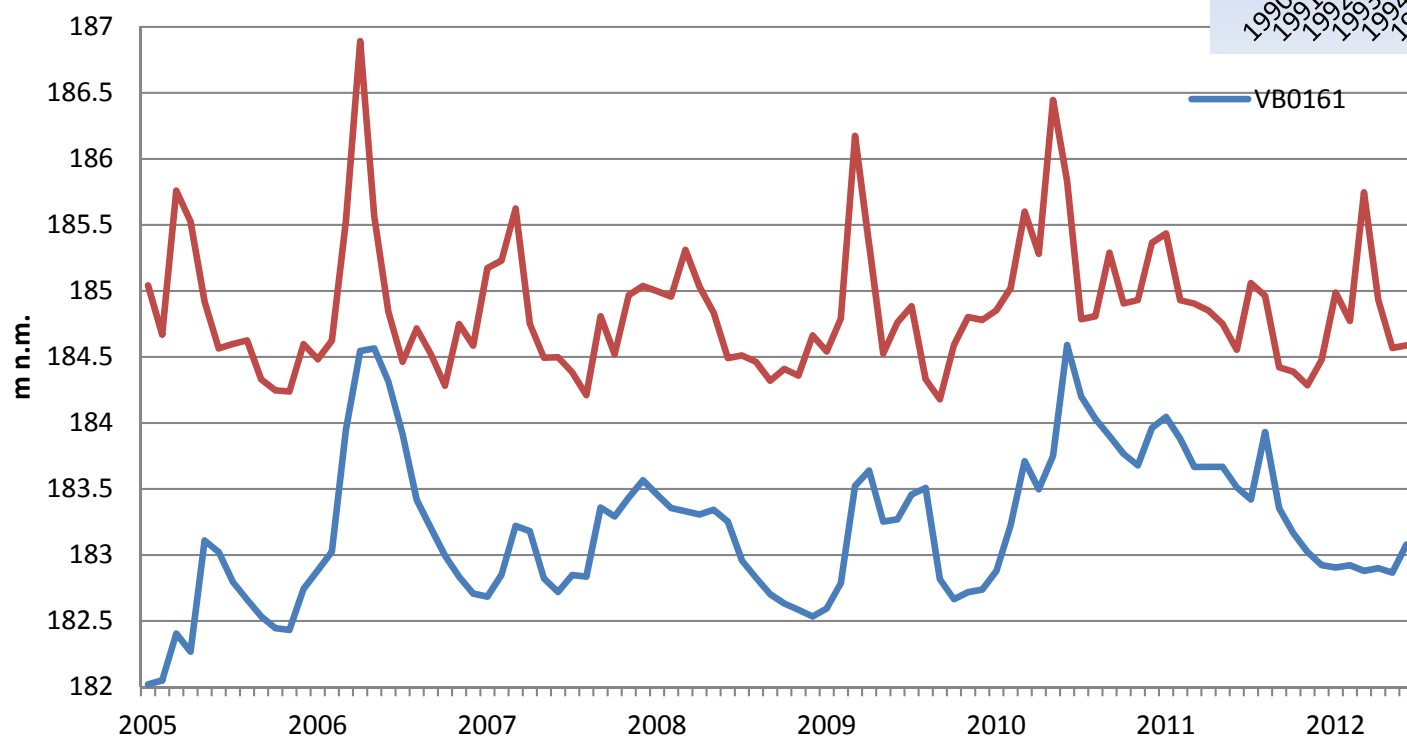


Graf 2: Průměrné roční průtoky v Dyji a průměrné roční úrovně hladiny podzemní vody ve vrtech KB0634 a KB0645



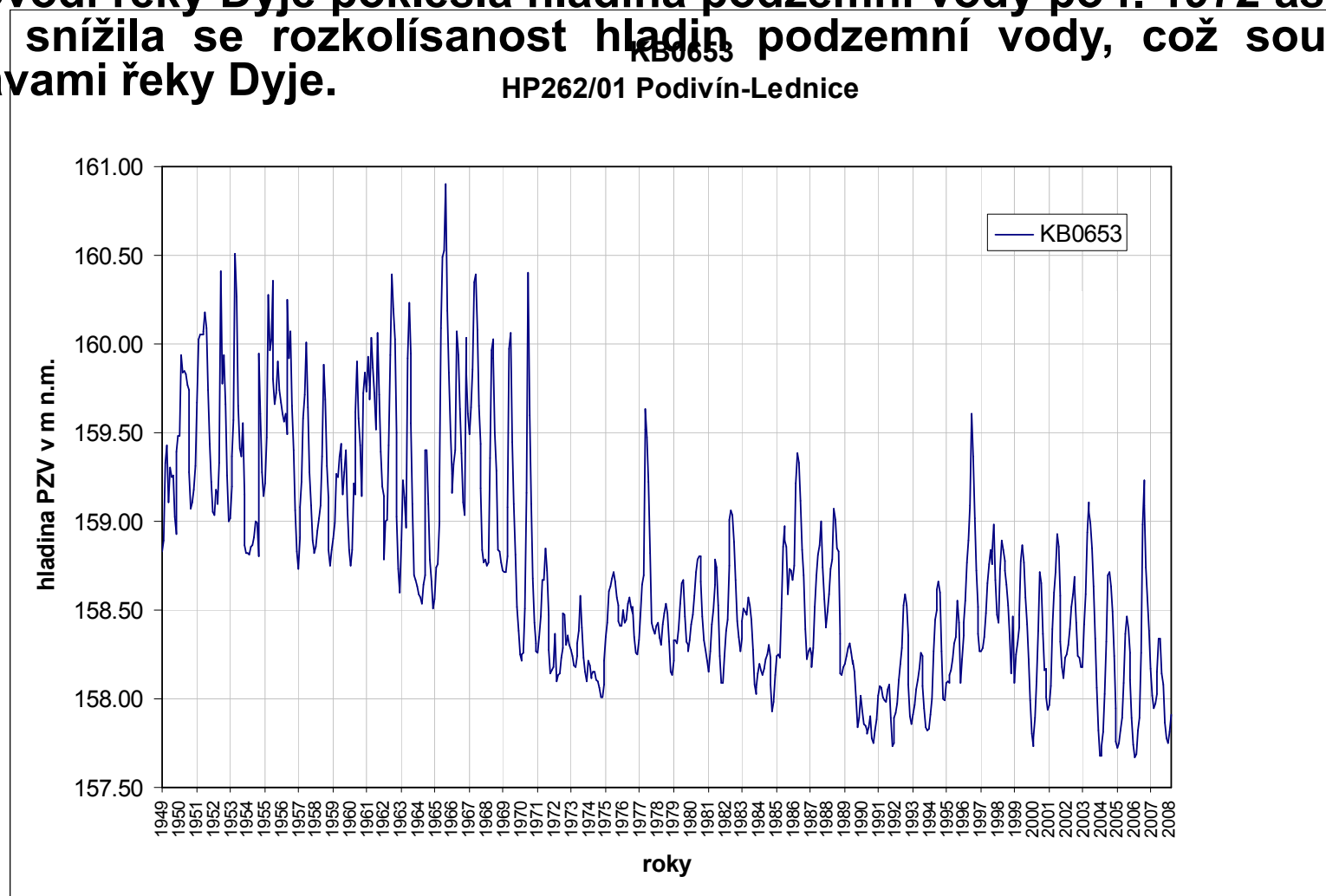
# Vztah mezi podzemní a povrchovou vodou

## Vztah mezi hladinou PZV a vodními stavy



# Vliv prohloubení koryta řeky Dyje

V povodí řeky Dyje poklesla hladina podzemní vody po r. 1972 asi o 0,5 m a snížila se rozkolísanost hladin podzemní vody, což souvisí s úpravami řeky Dyje.

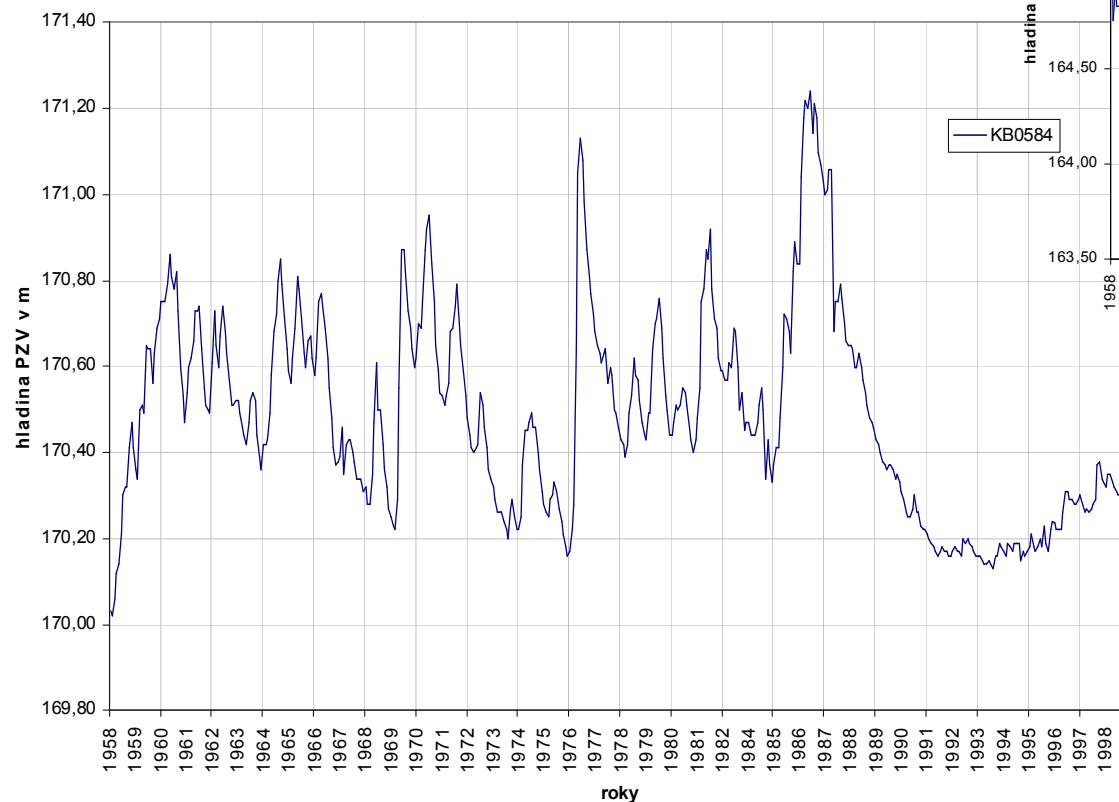
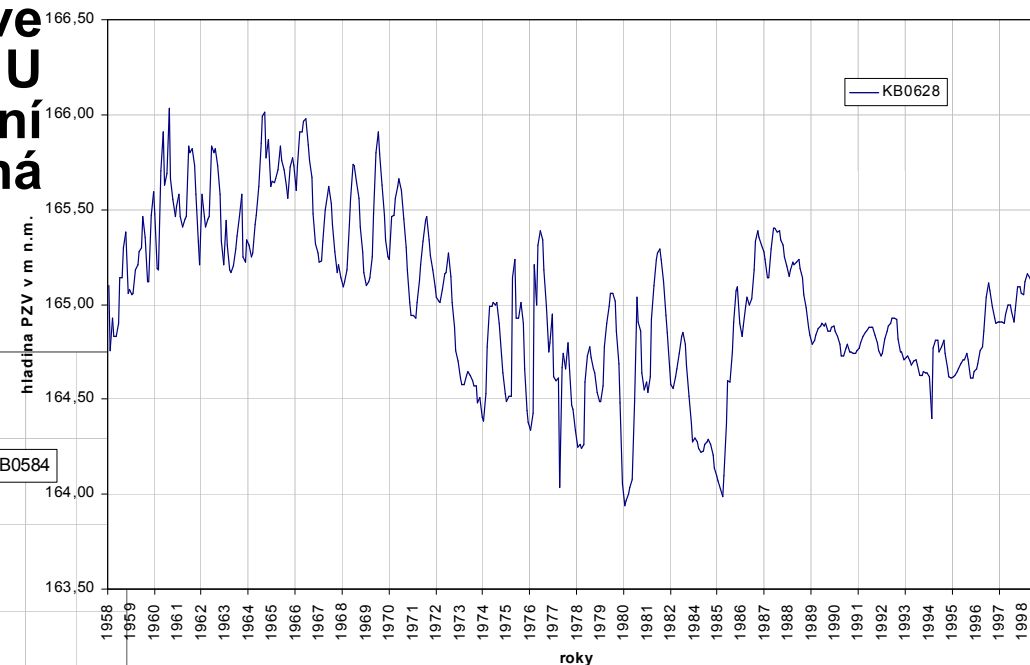


# Vliv VD Nové Mlýny na PZV

Výstavba VD Nové Mlýny měla vliv hlavně na režim podzemní vody ve vrtech v jejím bezprostředním okolí. U těchto objektů dochází ke snížení rozkolísanosti hladin PZV, směrodatná odchylka klesla na polovinu.

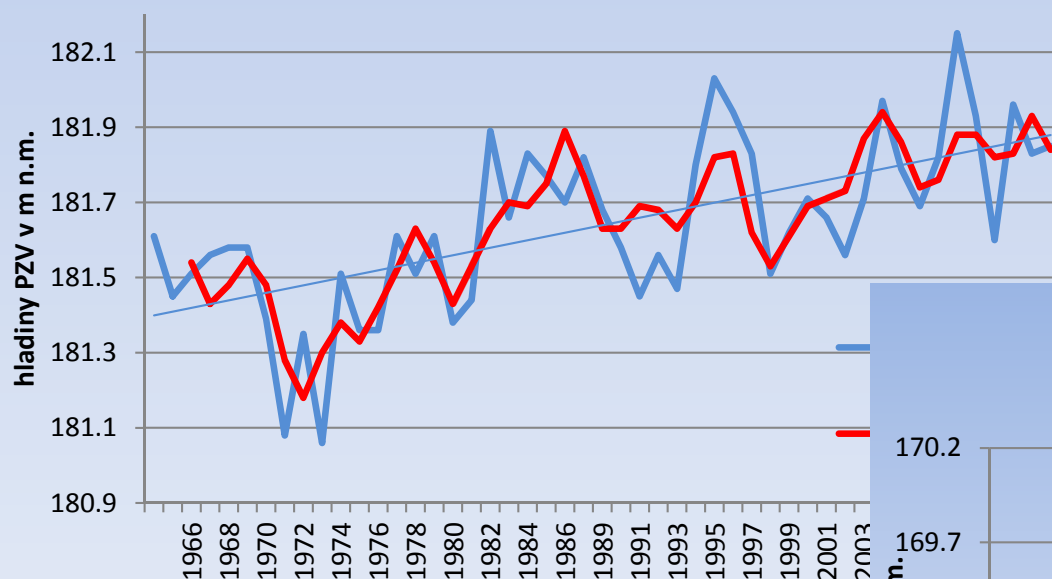
KB0584

HP 267/01 Šakvice-Pavlov

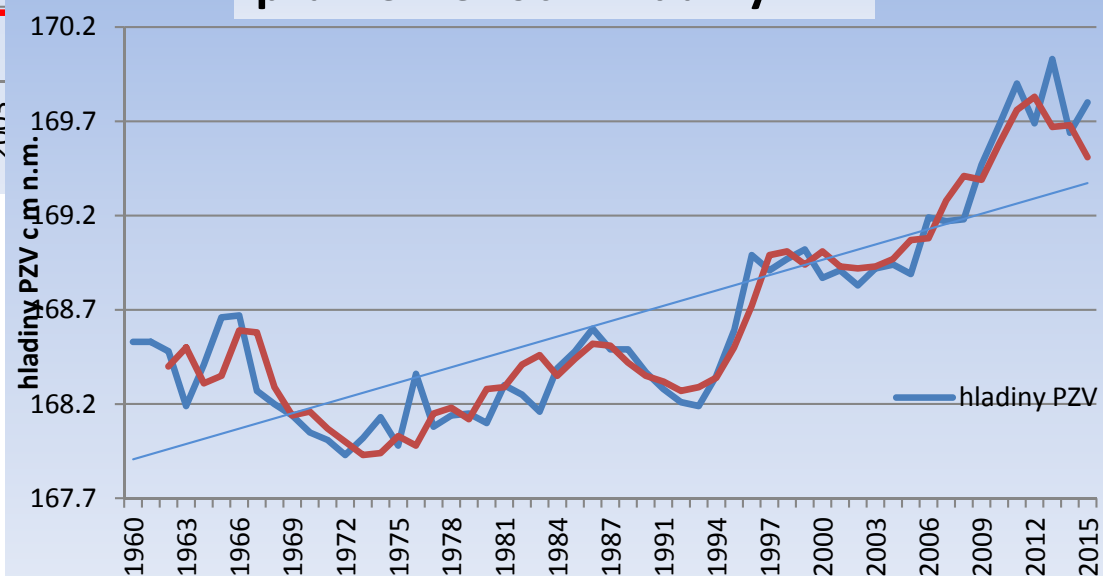
KB0628  
HP 266/20 Nové Mlýny

# PZV – vzestupné lineární trendy

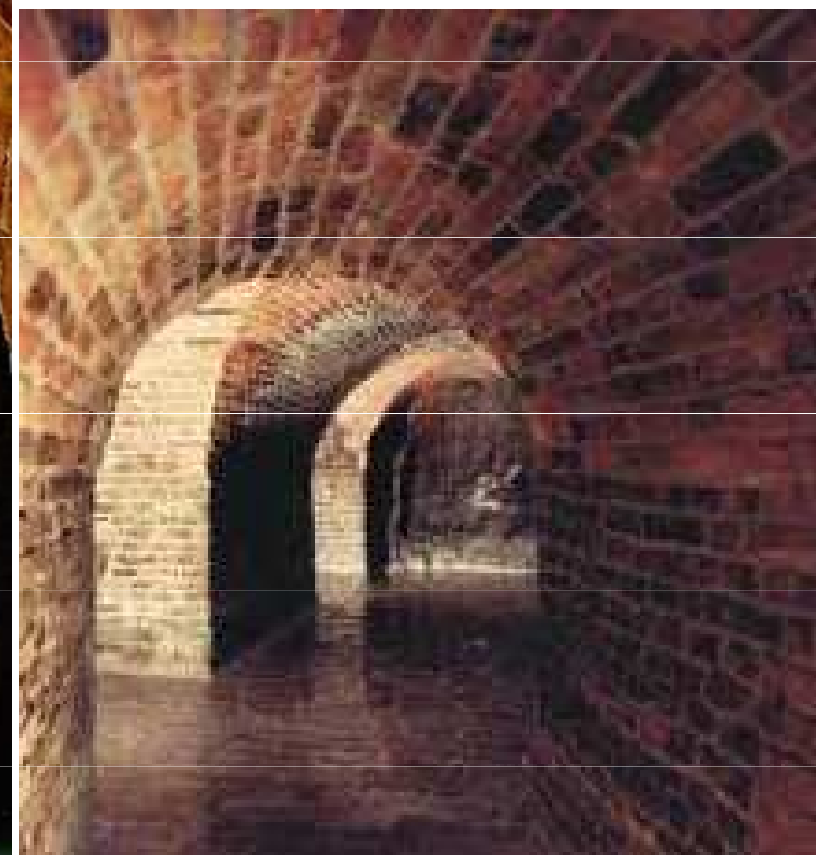
**VB0193 Blučina**  
průměrné roční hladiny PZV



**VB0340 Bořetice**  
průměrné roční hladiny PZV



# Jezero pod Petrovem – nádrž 150 m<sup>2</sup>



# Velký pramen - Mělnická Vrutice

Vydatnost 140 l/s – křídové sedimenty České tabule



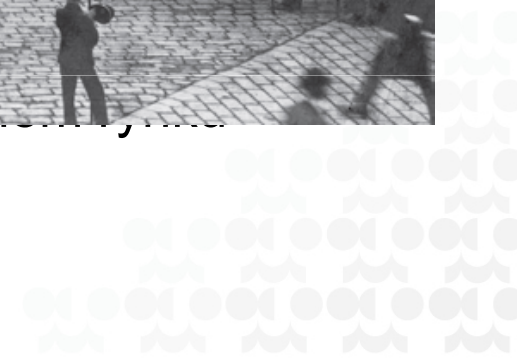
# Březovský vodovod







v Brně dne 10. října 1913



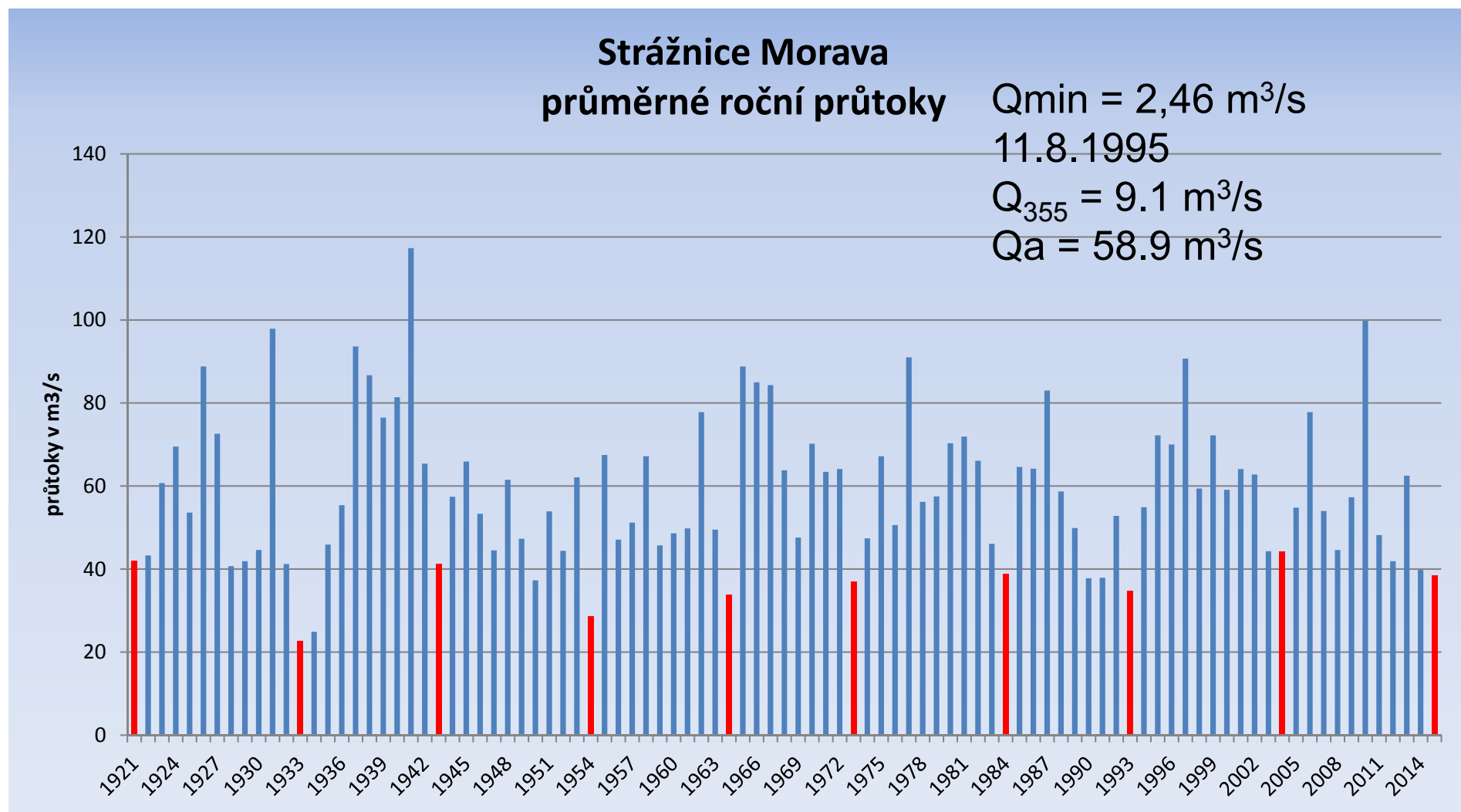
# Povrchové vody

## 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.

# Vodoměrná stanice Strážnice



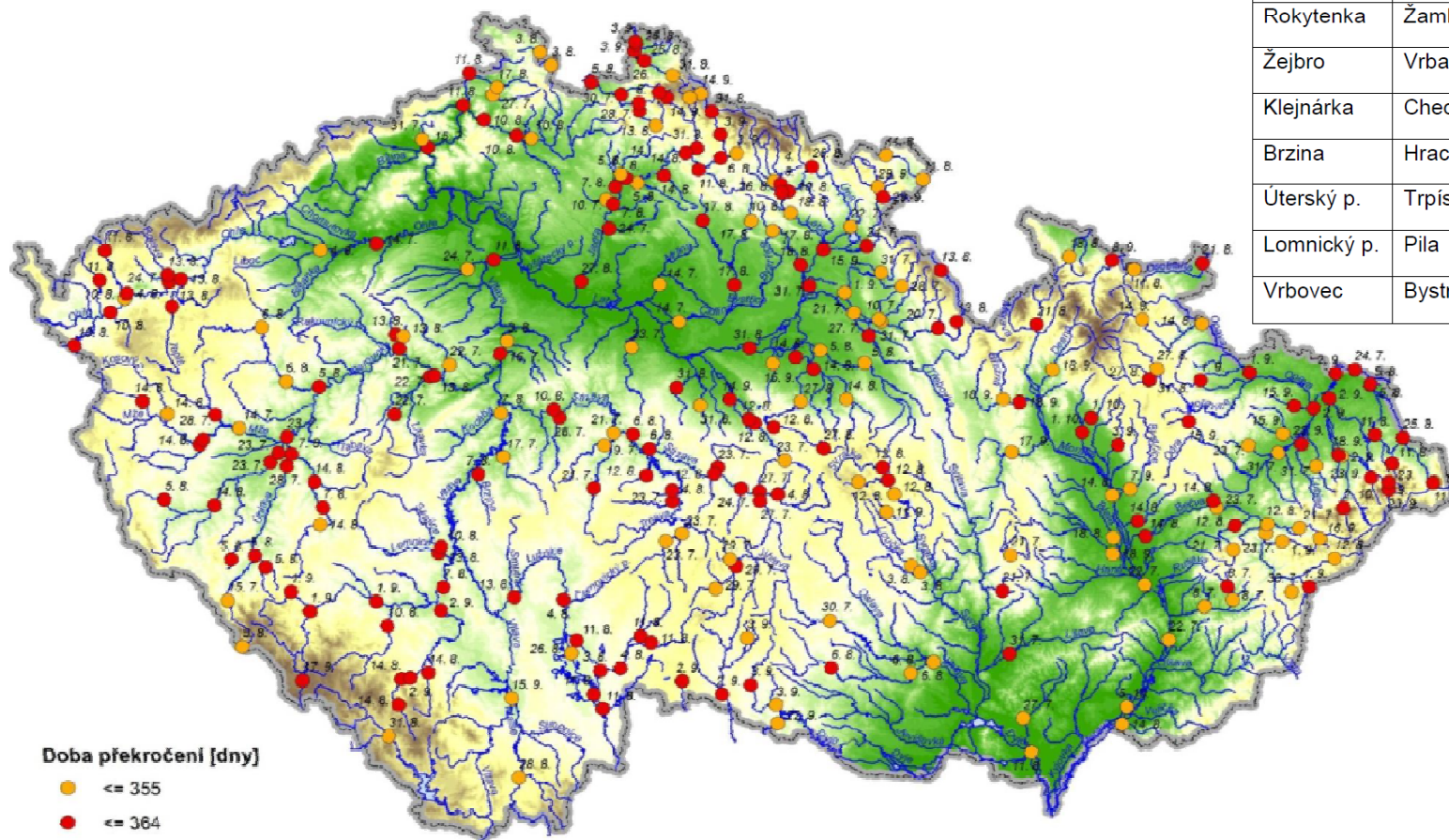
# SUCHO 2015 následky

Sucho v podzemních vodách, na řekách a v nádržích.

Kritériem pro hydrologické sucho na řekách je 355 denní průtok. Pod tuto limitu se dostal průtok prakticky na všech sledovaných tocích.

Tab. 6.2 – Přehled profilů, kde bylo detekováno vyschnutí toku

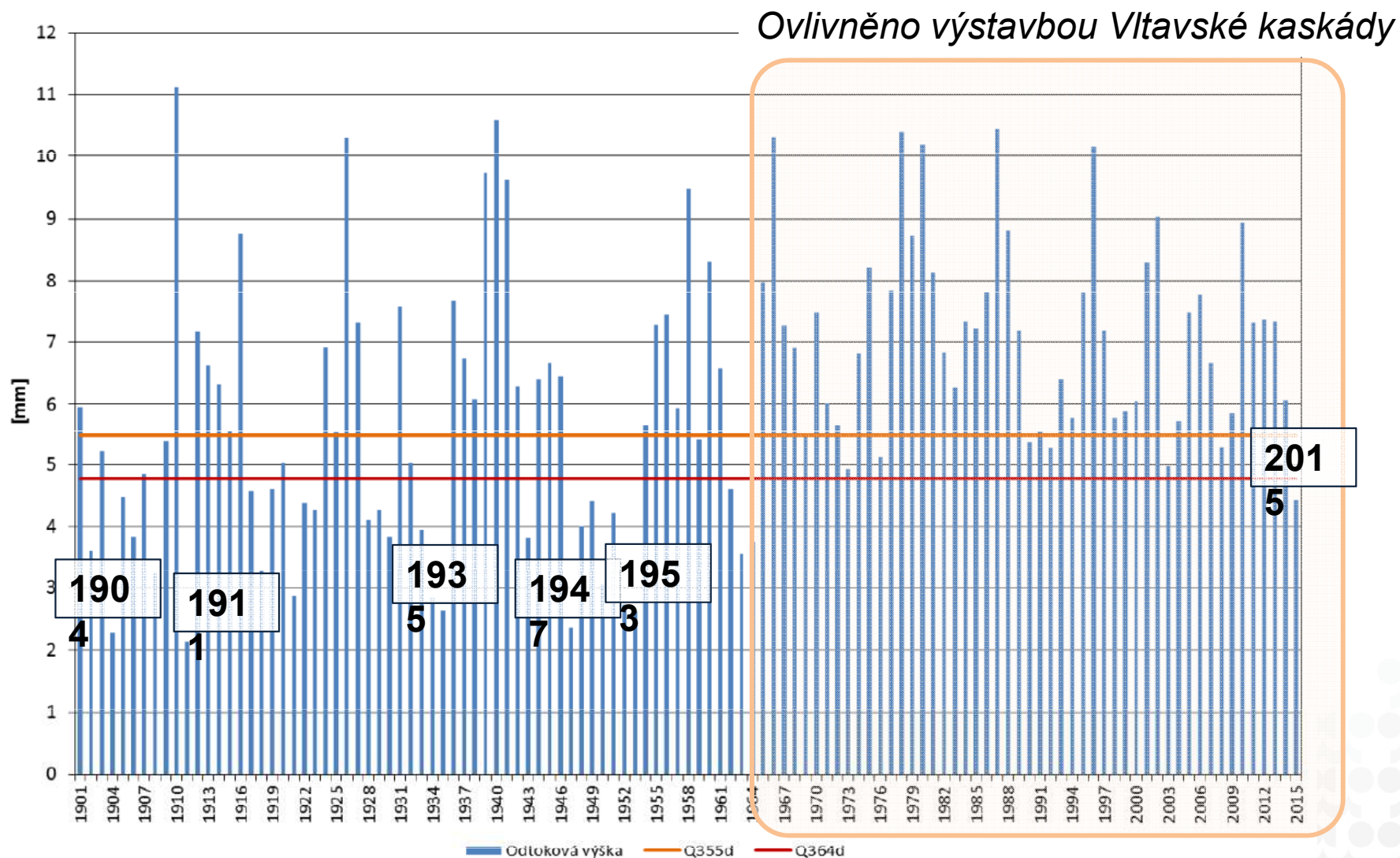
Tok	Profil	Plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	Datum	Průtok Q [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
Rokytenka	Žamberk	59,7	13. 8.	0
Žejbro	Vrbatův Kostelec	49,1	14. 8.	0
Klejnárka	Chedrbí	63,7	11. 8.	0
Brzina	Hrachov	133,3	10. 8.	0
Úterský p.	Trpísty	297,2	14. 8.	0
Lomnický p.	Píla	60,2	13. 8.	0
Vrbovec	Bystrc	15,1	31. 7.	0,0001



Přehled vodoměrných profilů ve kterých byl změřen průtok 355denní a menší

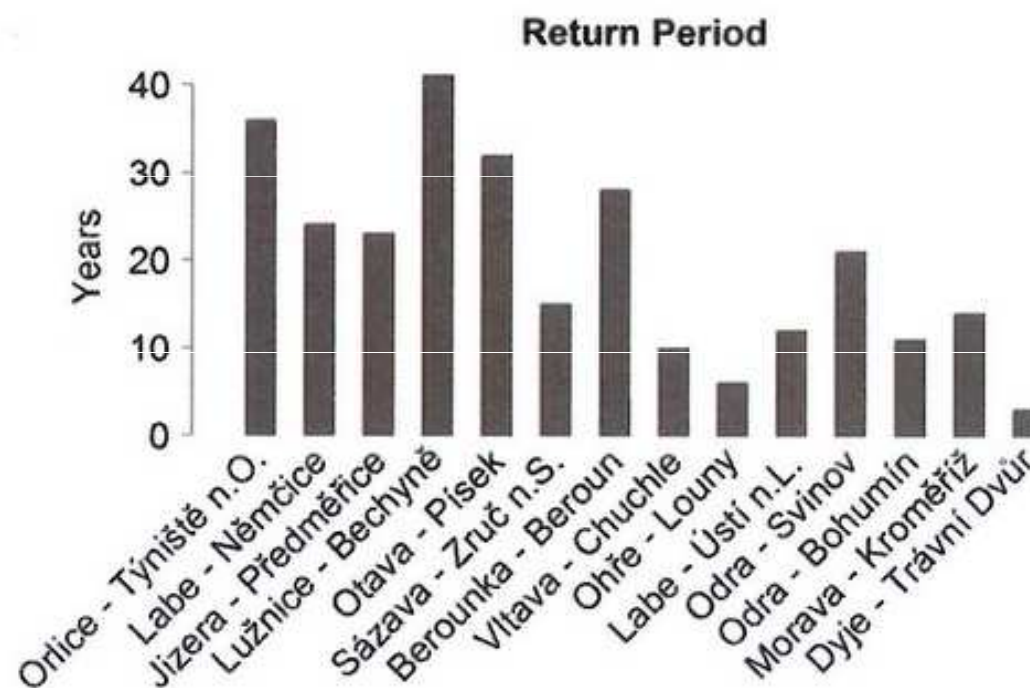
# SUCHO 2015 následky

Sucho v podzemních vodách, na řekách a v nádržích.

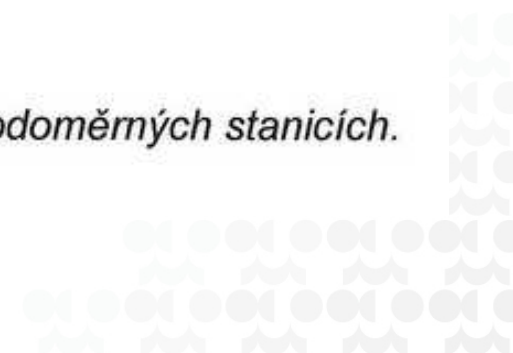


Obr. 6.10 – 30denní minimální roční odtokové výšky na Labi v profilu Děčín

# Sucho 2015



Obr. 10.36 Doba opakování nedostatkových objemů roku 2015 ve vodoměrných stanicích.



# Neivýznamnější sucha

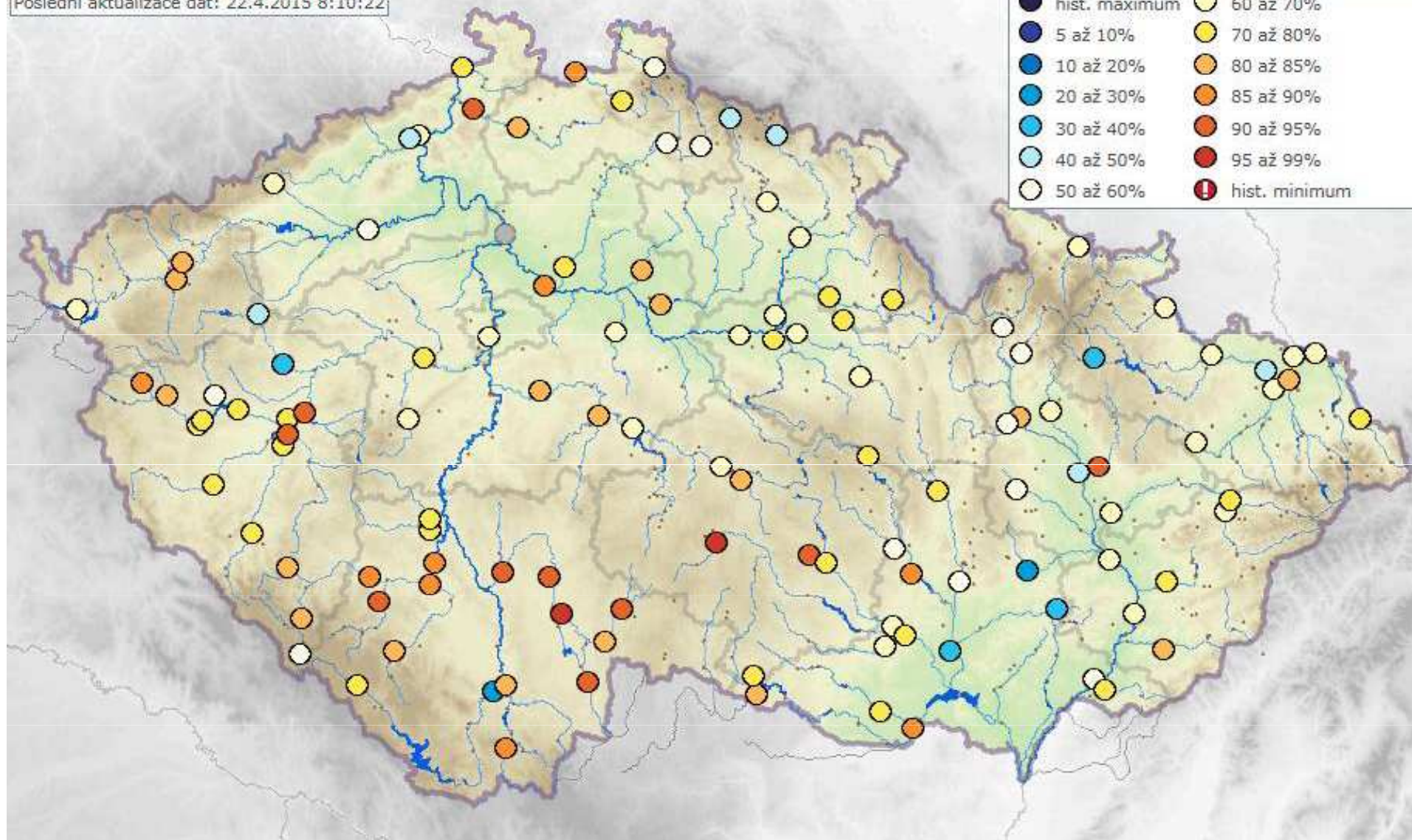
Tab. 10.3 Nejvýznamnější sucha (nejvýše 5 nejhorších roků) podle SRI a DMRI v chronologickém pořadí.

Stanice	SRI	DMRI
037000 – Orlice Týniště n.O. (1911)	1918, <b>1921</b> , 1922, 1930, 1994	1918, <b>1921</b> , 1947
042000 – Labe Němčice (1947)	<u>1947</u> , 1950, 1952, 1953, 1992	<u>1947</u> , 1950, <b>1953</b>
101800 – Jizera, Předměřice (1911)	<b>1911</b> , 1921, 1929, 1930, 1934	<u>1911</u> , 1947, 1929
133000 – Lužnice Bechyně (1911)	1918, <b>1947</b> , 1950, 1990, <b>2003</b>	<b>1950</b> , 1947, 1990, 2003
151000 – Otava Písek (1911)	1918, 1947, 1950, 2003	<b>1934</b> , 1947, <b>1950</b> , 2003
161000 – Sázava Zruč n.S. (1944)	<b>1947</b> , 1950, 1952, 1991, 1994	<b>1947</b> , 1950, 1976, <b>1990</b>
198000 – Berounka Beroun (1951)	1918, <u>1952</u> , 1953, 1960, 1964	<b>1918</b> , 1960, <b>1964</b> , 1998
200100 – Vltava Chuchle (1900)	<u>1904</u> , <u>1918</u> , <u>1934</u> , <u>1935</u> , <u>1947</u>	<u>1904</u> , 1911, <u>1947</u> , <u>1950</u> , <u>1964</u>
219000 – Ohře Louny (1922)	<u>1934</u> , <u>1935</u> , <u>1947</u> , <u>1949</u> , <u>1964</u>	<u>1935</u> , <u>1947</u> , <u>1949</u> , <u>1964</u> , <u>2014</u>
240000 – Labe, Ústí n.L. (1900)	<u>1911</u> , <u>1918</u> , <u>1921</u> , <u>1934</u> , <u>1947</u>	1904, <u>1911</u> , <u>1921</u> , <u>1947</u> , 1950
257000 – Odra Svinov (1923)	1928, 1931, <b>1947</b> , 1950, 1952	1928, <u>1947</u> , 1950, 1951, 1992
294000 – Odra Bohumín (1920)	1925, <u>1928</u> , <u>1930</u> , <b>1947</b> , <u>1950</u>	<u>1921</u> , 1928, 1950, <u>1951</u> , <u>1992</u>
403000 – Morava Kroměříž (1916)	<b>1918</b> , <u>1922</u> , <u>1930</u> , <u>1947</u> , <u>1950</u>	1917, <u>1921</u> , <u>1947</u> , 1950, 1993
437000 – Dyje Trávní Dvůr (1926)	<u>1927</u> , <u>1928</u> , <u>1929</u> , <u>1932</u> , <u>1934</u>	<u>1928</u> , <u>1930</u> , <u>1932</u> , <u>1933</u> , <u>1934</u>

Pozn.: Tučně jsou vyznačena sucha, která byla větší než v roce 2015, podtržena jsou sucha mnohem větší, ostatní jsou přibližně srovnatelná s rokem 2015. Stanice zvýrazněné šedě jsou ovlivněné převážně hospodařením vodních nádrží. V závorce je uveden počátek pozorování. V Berouně probíhalo měření krátce také v letech 1912–1920.

# Aktuální denní průtokové hodnoty

Poslední aktualizace dat: 22.4.2015 8:10:22

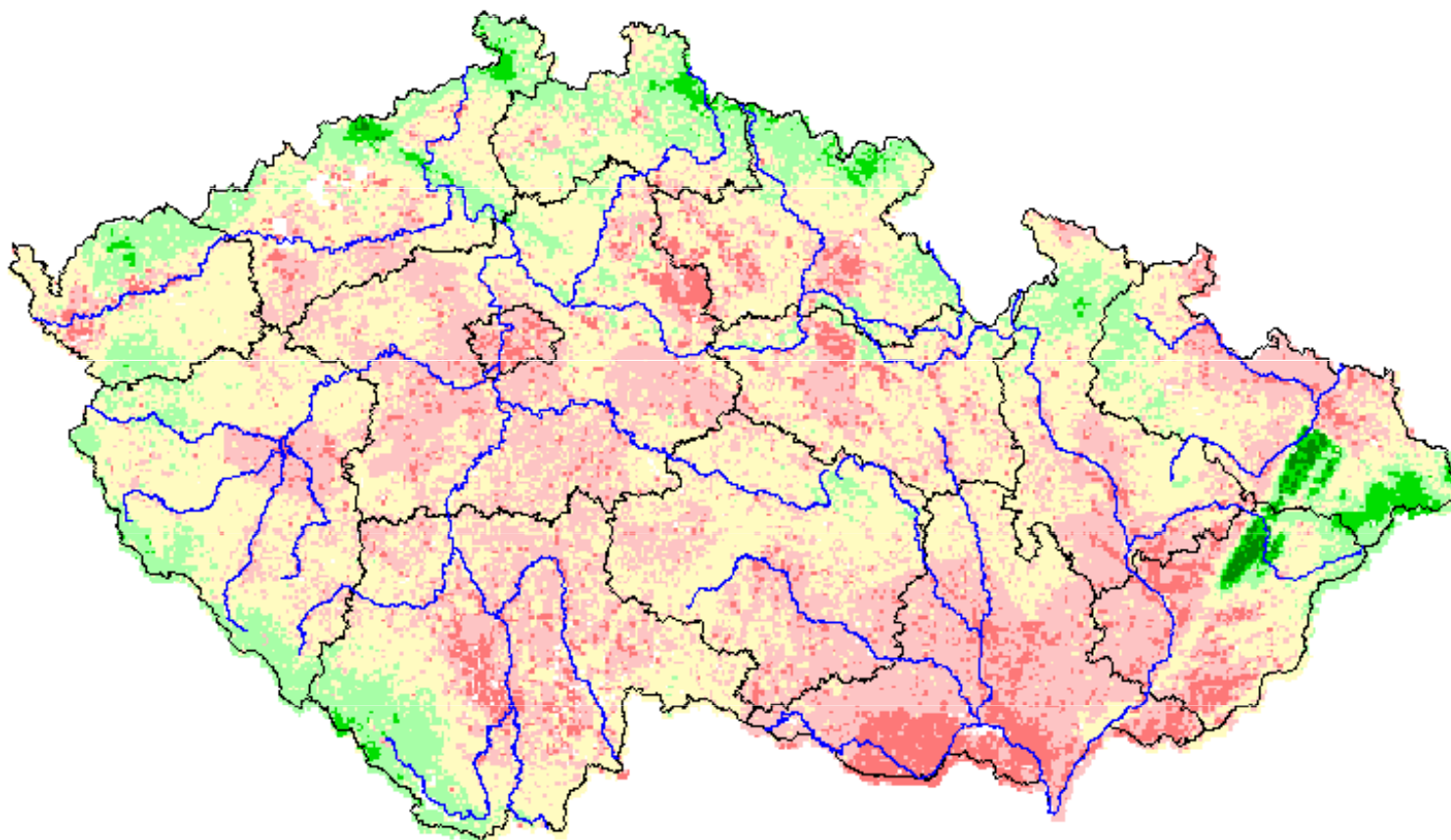


<http://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/vodnosti/vodnosti.html>



# Indikátor přívalových povodní

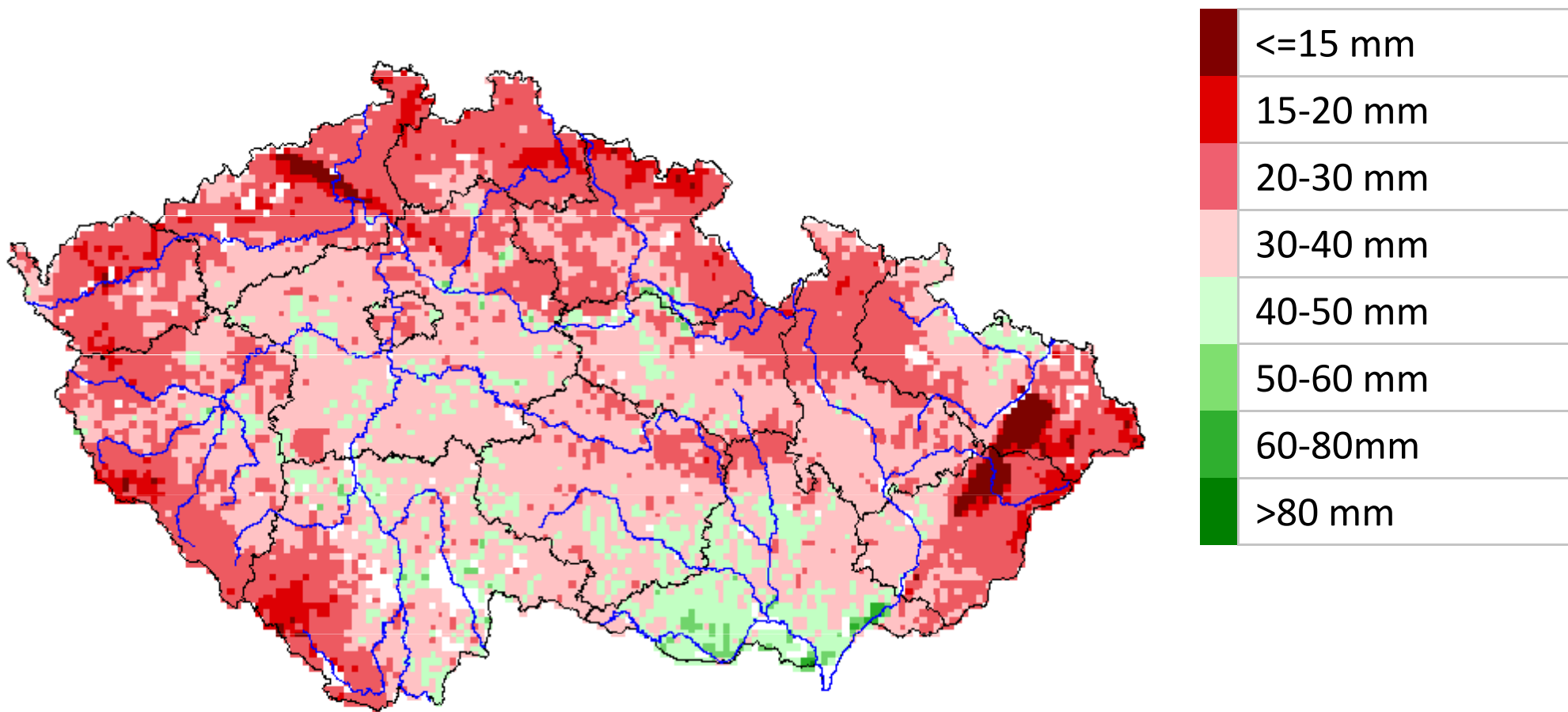
Datum/date : 12.05.2015 08:45



[http://hydro.chmi.cz/hpps/main\\_rain.php?mt=ffg](http://hydro.chmi.cz/hpps/main_rain.php?mt=ffg)

# Potenciálně rizikový úhrn srážek za 1 hodinu

Datum/date : 12.05.2015 08:47



# Odhad vlivu klimatické změny na průtoky

## ☐ Pro horizont **2010–2039**: nevýrazné nárůsty nebo poklesy

- průměr  $Q_a$  = do 5%      **teplota**      **+1 st. C**
- $Q_{355d}$  = do 5%
- průměr  $Q_{min7d}$  = + 0.2%
- $Q_{100min7d}$  = - 2.0%

## ☐ Pro horizont **2040–2069**: výraznější poklesy

- průměr  $Q_a$  = cca - 5%      **teplota: jaro, léto**      **+3,9 st. C**
- $Q_{355d}$  = cca - 13%      **podzim, zima**      **+ 2,1 st. C**
- průměr  $Q_{min7d}$  = - 7,9%
- $Q_{100min7d}$  = - 11,0%

## ☐ Pro horizont **2070–2099**: ještě výraznější poklesy

- průměr  $Q_a$  = cca - 13%      **teplota: léto**      **až + 4,7 st. C**
- $Q_{355d}$  = 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

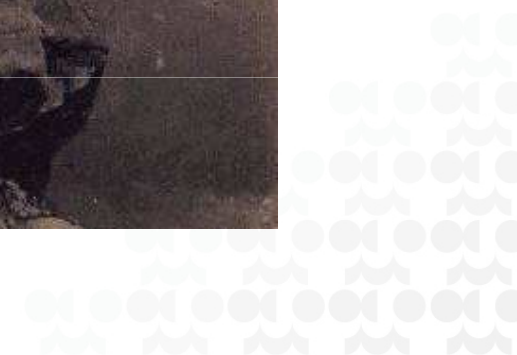


Částečně viditelný kámen  
na konci července 2013

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

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

# Hladový kámen 21. srpna 1904



# Ústí nad Labem 1. srpen 1904



Die Elbe bei Aussig am 1. August 1904.

E. Kennert, A



# Dobkovice – hladový kámen



# Povodeň 1501 - Znoymo



Rok	Vodní stav	Přepoččet	Q [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Zaměření značky
1501 13.8.	732	-	750	217,551
1965 7.6.		214,03	200	!
2002	462	214,85	375	214,851
2006 30.3.	412	214,35	324	214,341
2006 30.6.	366	213,89	256	-

souřadnice GPS: 48.8540839N, 16.0436756E

rozměry tabule 80x20 cm, materiál vápnitý pískovec  
nápís „So hoch die Teya (Taja)“ - tak vysoko Dyje



# Děkuji za pozornost



## Hladové kameny s ametystovým jezerem

Eva Soukalová  
eva.soukalova@chmi.cz

