



Variabilita základního odtoku v různých hydrogeologických strukturách v ČR za suchých a vlhkých období

Jiří Bruthans, Renáta Kadlecová, Ondřej Nol, Jiří Grundloch

Česká geologická služba, Klárov 3, Praha 1, 118 21
bruthans@natur.cuni.cz



Úvod

- Základní odtok (ZO) je klíčovým údajem pro určení přírodních zdrojů podzemní vody a též množství vody, které lze z oblasti odebírat pro zásobování vodou
- Dlouhodobé průměrné hodnoty ZO v ČR uvádí Krásný et al. (1982) a Vlnas (2010)
- Existence poměrně těsného vztahu mezi dlouhodobým průměrným úhrnem srážek a celkovým odtokem, umožňuje při znalosti base flow indexu určit základní odtok i z dlouhodobého průměru srážek

Naproti tomu málo informací existuje o:

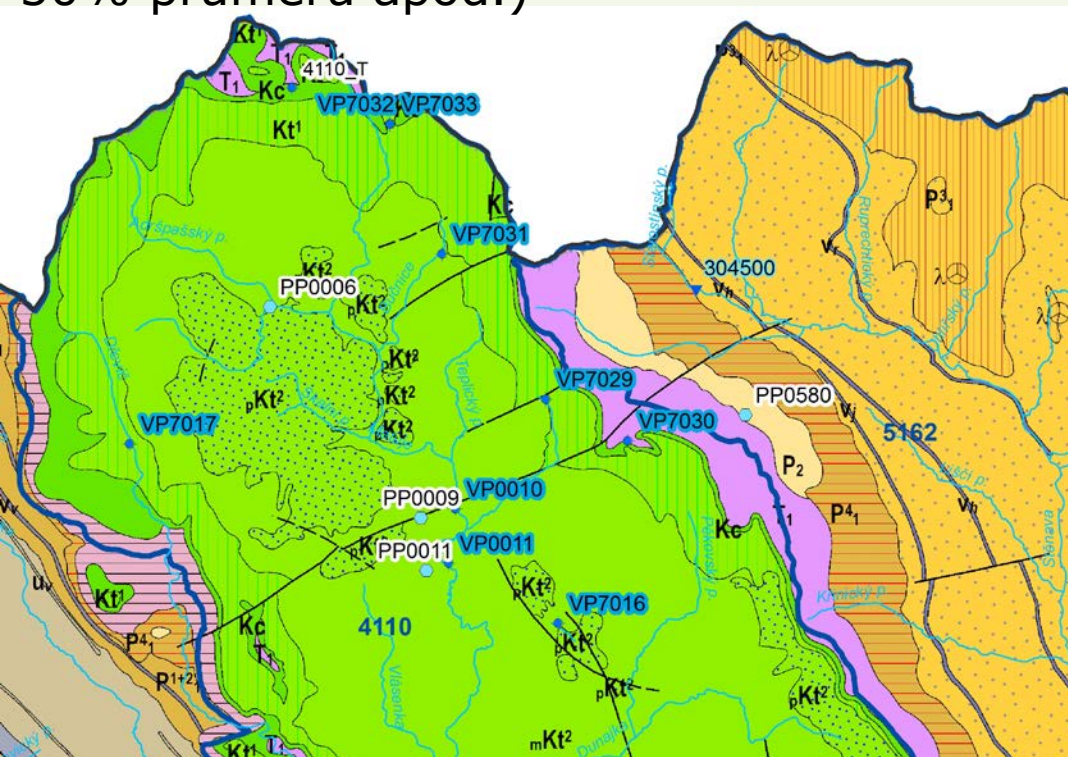
- kolísání hodnot ZO v čase v různých hydrogeologických prostředích
- jak se liší kolísání ZO v nížinách a výše položených oblastech
- jak klesl ZO v posledním suchém období

Cílem přednášky je na příkladech ukázat variabilitu ZO v čase pro různá prostředí v České republice (ČR), jak v posledních několika desítkách let, tak především v posledním suchém období 2015-2020.



Metodika

- Využita data ČHMU, průtok toků, vydatnost pramenů, hladiny vrtů
- ZO separován metodou Kašpárka et al. (2011), na řadu denních průtoků aplikována 30denní klouzavá minima a poté 30denní klouzavé průměry
- V případě pramenů je za ZO je považován celková vydatnost pramene.
- Průtok pramenů a ZO na tocích byl vydělen průměrným průtokem dané řady za celé sledované období (hodnota 1 znamená průměrný ZO, 0,5 znamená 50% průměru apod.)



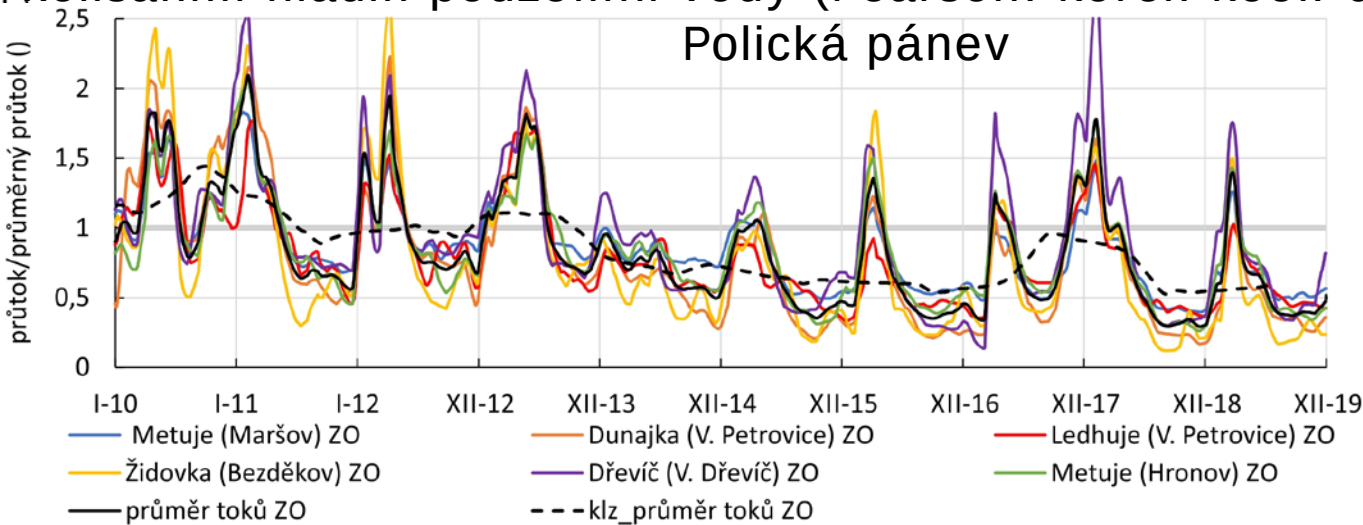
-U hladin podzemní vody se od všech naměřených hodnot hladiny nejprve odečetla průměrná hodnota hladiny a poté byly hodnoty vyděleny směrodatnou odchylkou, což umožnilo vzájemné porovnání časových řad hladin podzemní vody.

-byly vypočteny též roční klouzavé průměry označené v následujících obrázcích předponou „klz_“.

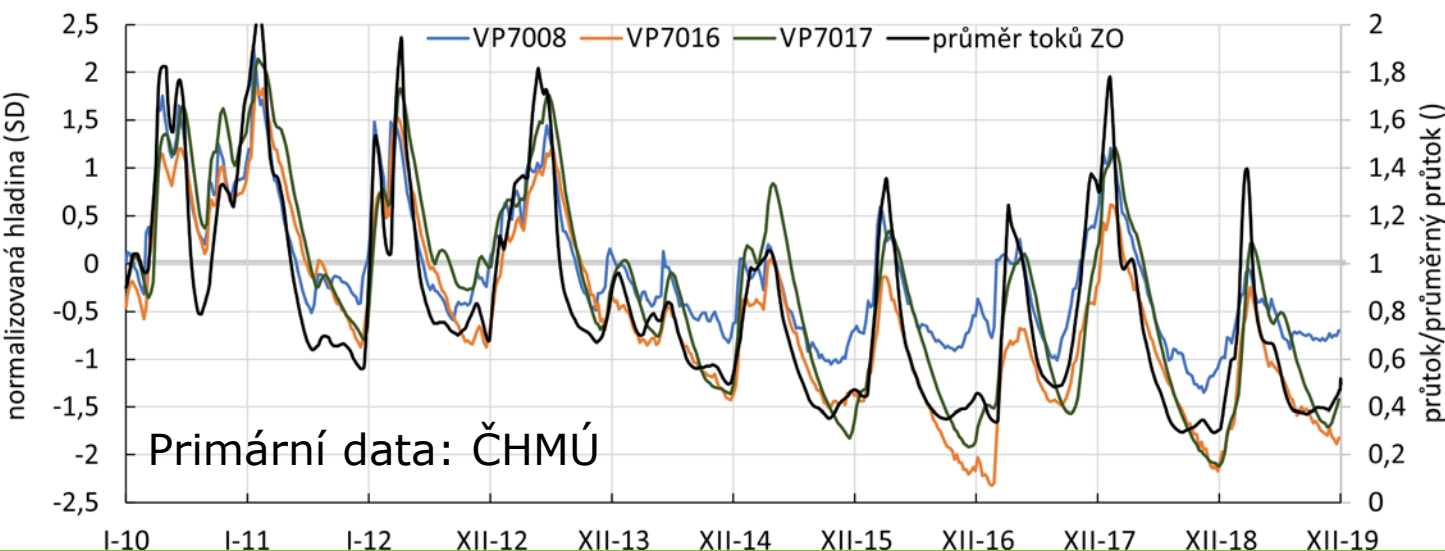


Výsledky

-poměrně dobrá shoda mezi průběhem ZO na povrchových tocích a kolísáním hladin podzemní vody (Pearson. korel. koef. 0,73-0,78)



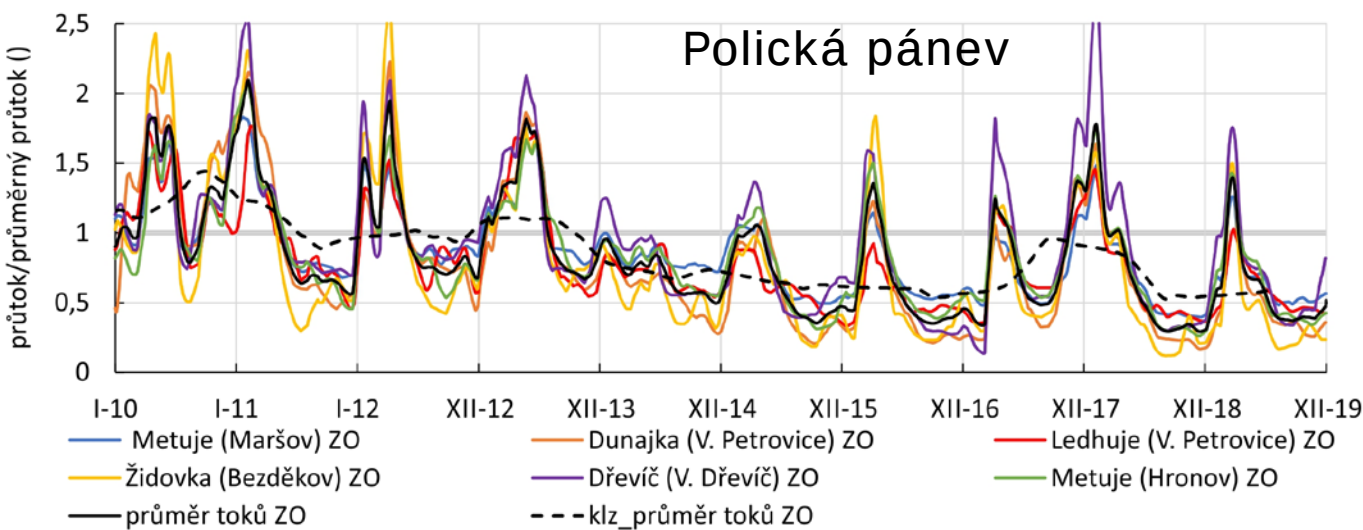
Nízká
vzájemná
variabilita
(Pearson.
korel. koef.
0,80-0,96)



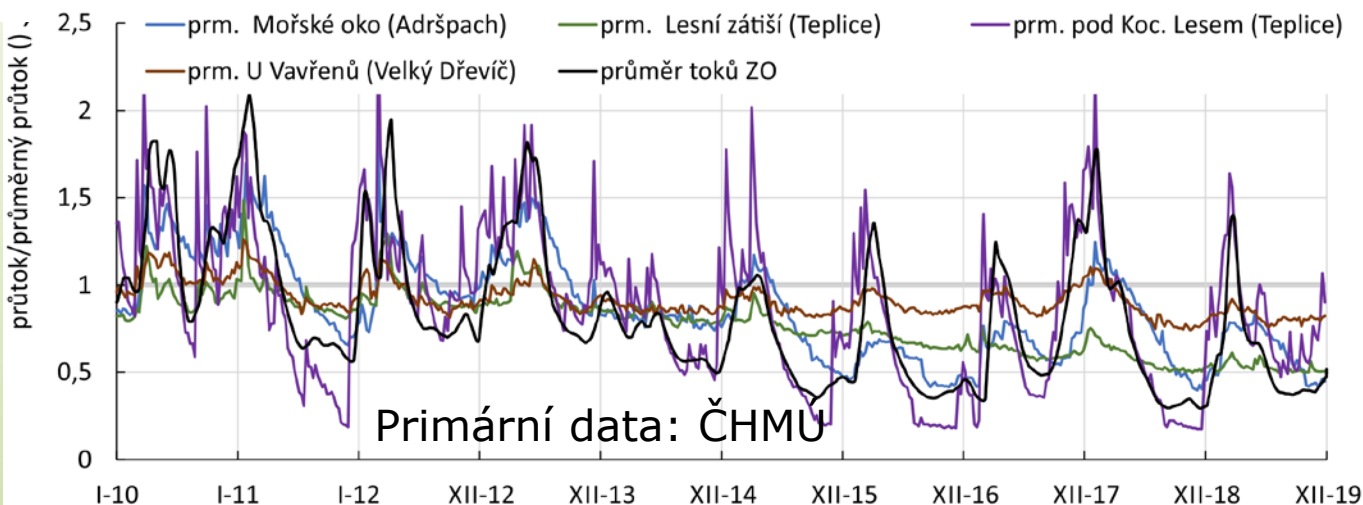
Nízká
vzájemná
variabilita
(Pearson.
korel. koef.
0,94-0,97)



-poměrně dobrá shoda mezi průběhem ZO na povrchových tocích a kolísáním vydatnosti pramenů (Pearson. Korel. koef. 0,67-0,81)



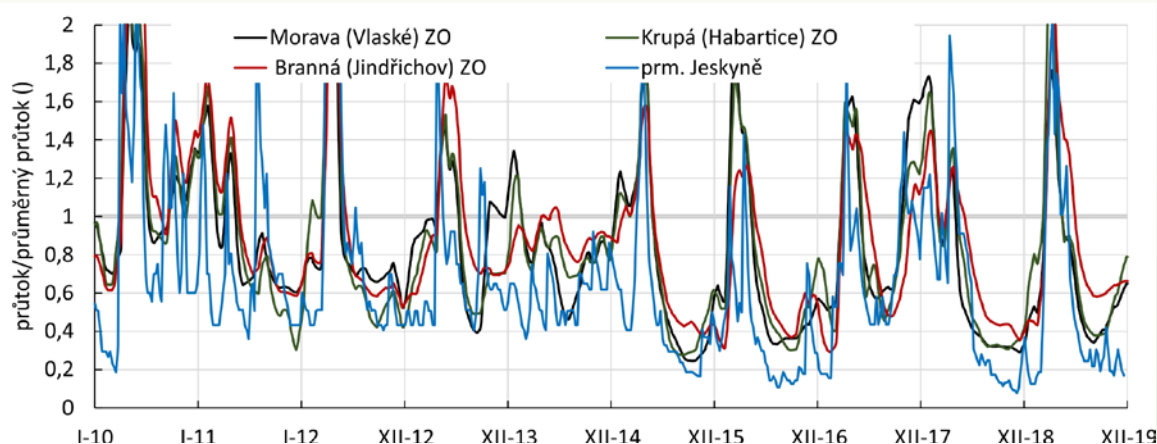
Jednotlivé toky mají povodí 20-249 km²



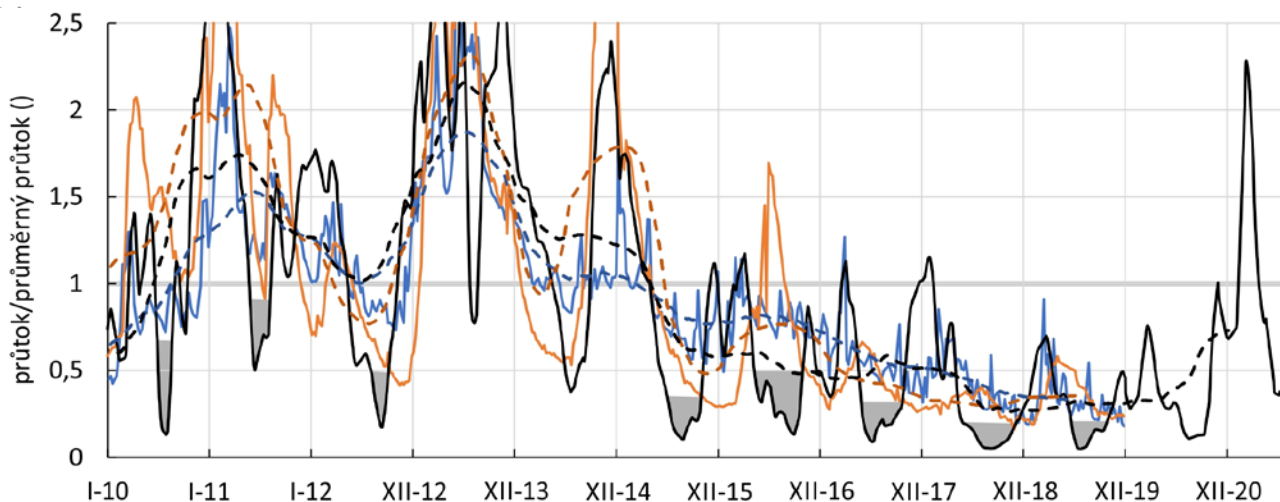
Vyšší vzájemná variabilita (Pearson. korel. koef. 0,80-0,88) (charakterizuje lokální struktury)



- v horských oblastech převažuje roční oscilace základního odtoku a víceleté oscilace jsou špatně patrné
- naopak v nižších polohách ČR ve většině prostředí je dobře patrná víceletá oscilace mezi suchými a vlhkými obdobími



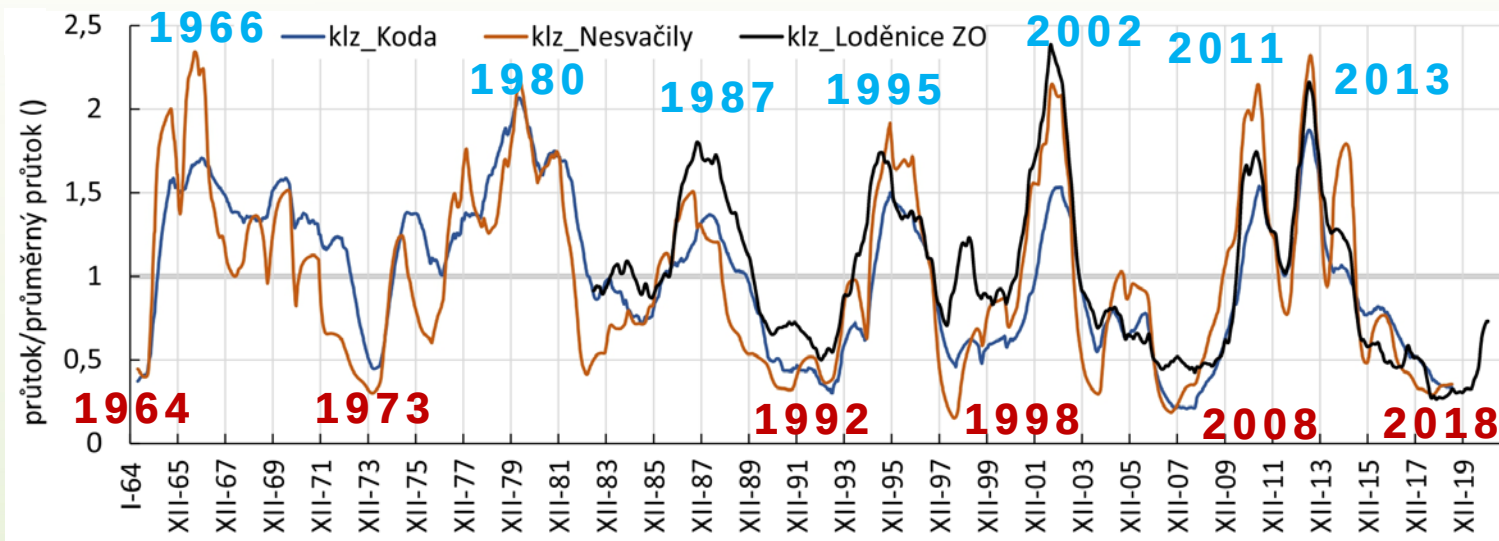
- Krystalinikum
Králického Sněžníku
- převažují každoroční oscilace
 - ZO klesá na 30% průměru



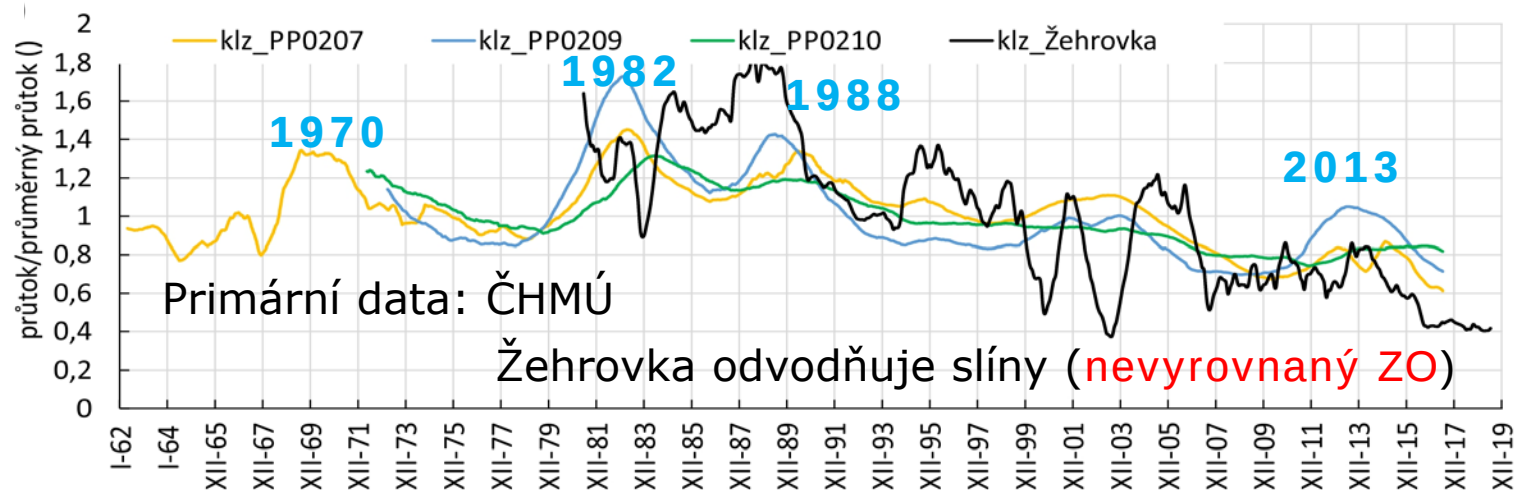
- Český kras
- u pramenů výrazná mnohaletá oscilace
 - poklesové trendy trvají i řadu let (pramen Koda)



- roční klouzavý průměr vydatnosti pramenů v nižších polohách Čech
- mnohaleté variace na základě vydatnosti pramenů: **vlhké** ($\geq 150\%$) a **suché** ($\leq 50\%$) roky (Český kras)



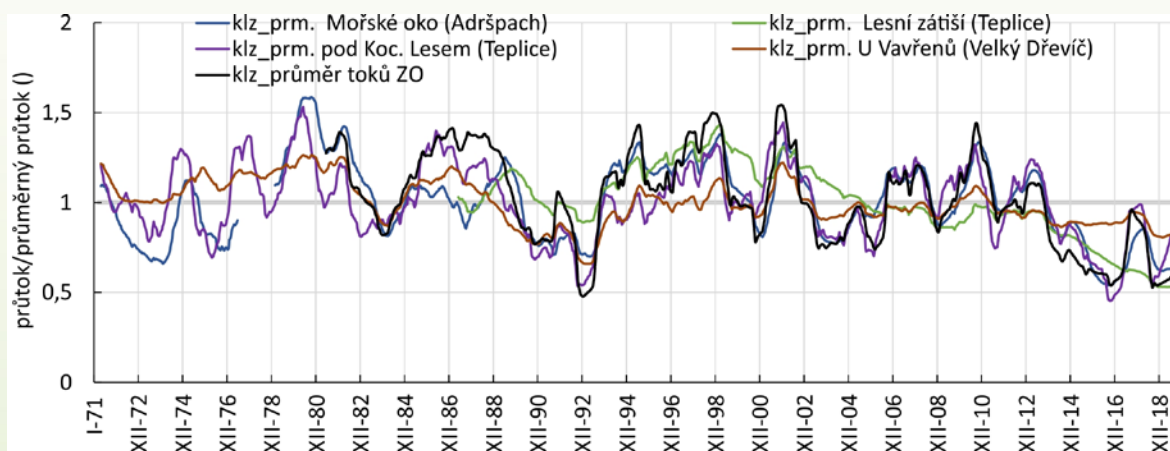
Velké krasové prameny v Českém krasu, pokles i na **25 % průměru ZO (malá zásobnost)**



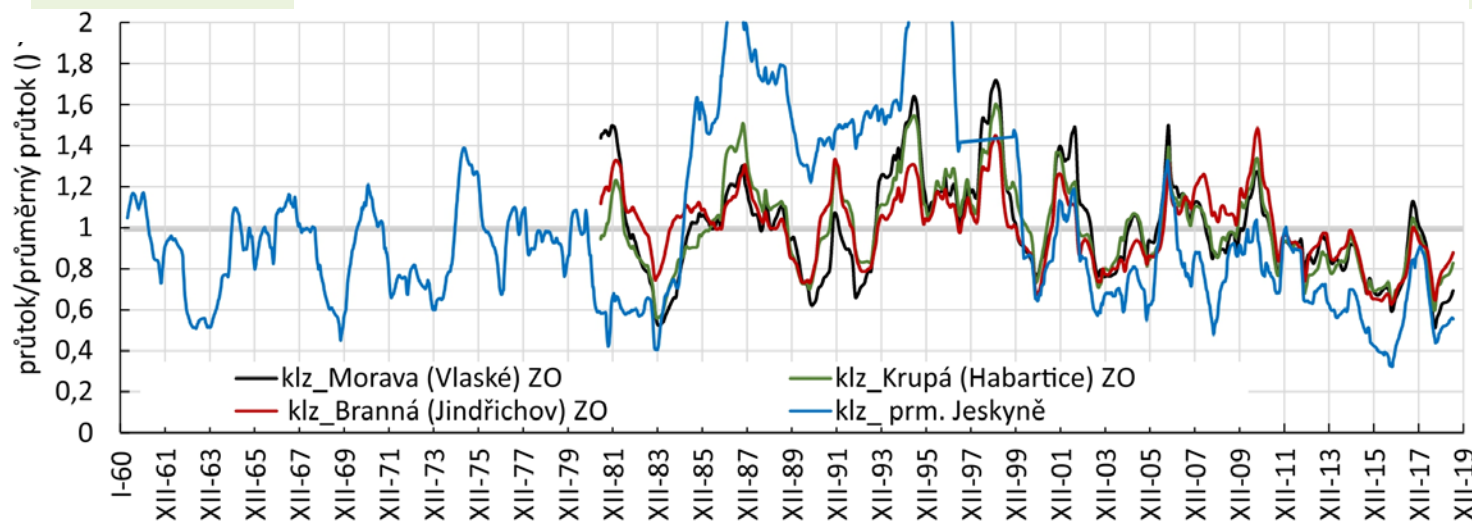
Velké prameny z kvádrových pískovců Českého ráje, **nekleslo pod 60 % průměru ZO (velká zásobnost, vyrovnání ZO)**



- roční klouzavý průměr vydatnosti pramenů ve vyšších polohách ČR
- mnohaleté variace, kolísání utlumení díky každoroční dotaci podzemní vody
- základní odtok neklesá pod 50% dlouhodobého průměru



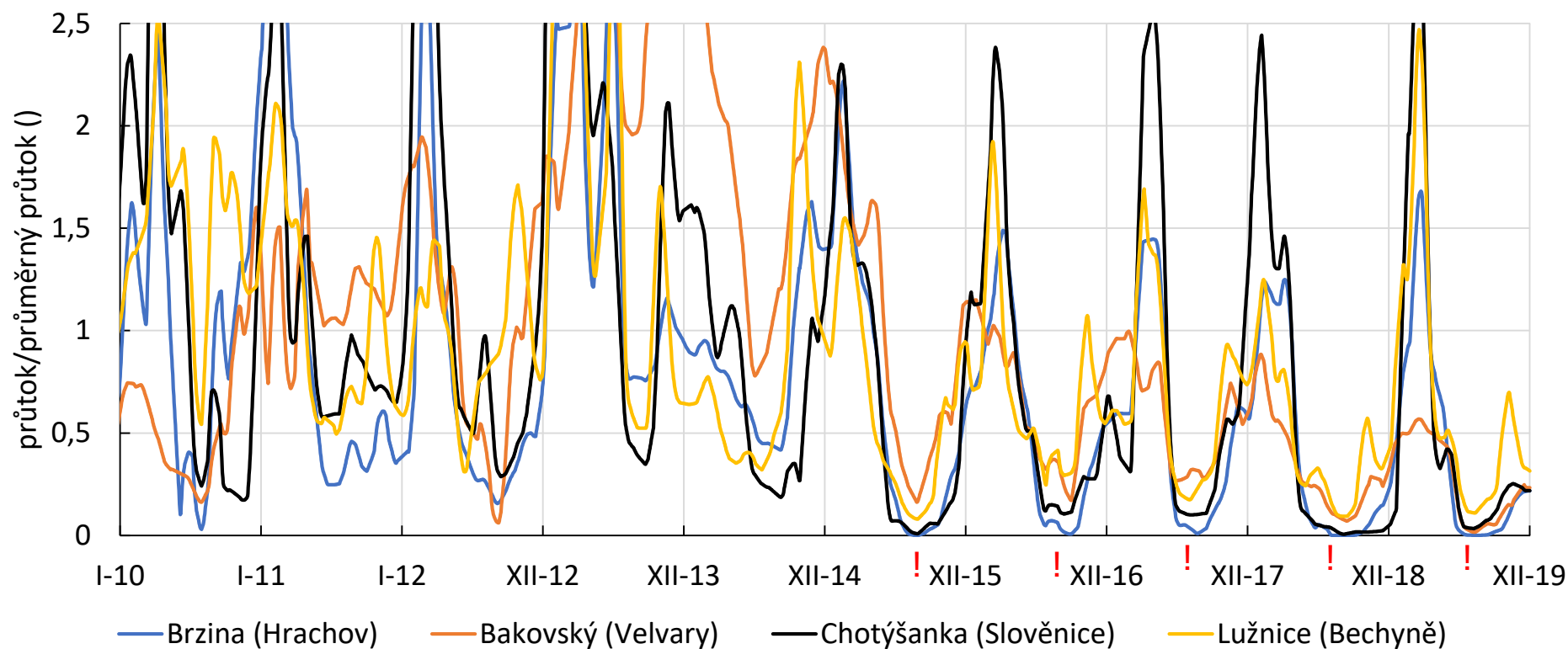
Prameny z
prachovců z
Polické páne
**nekleslo pod
50 %
průměru ZO
(každoroční
dotace ZO)**



Toky z
horského
krystalinika
**nekleslo pod
50 %
průměru ZO
(každoroční
dotace ZO)**

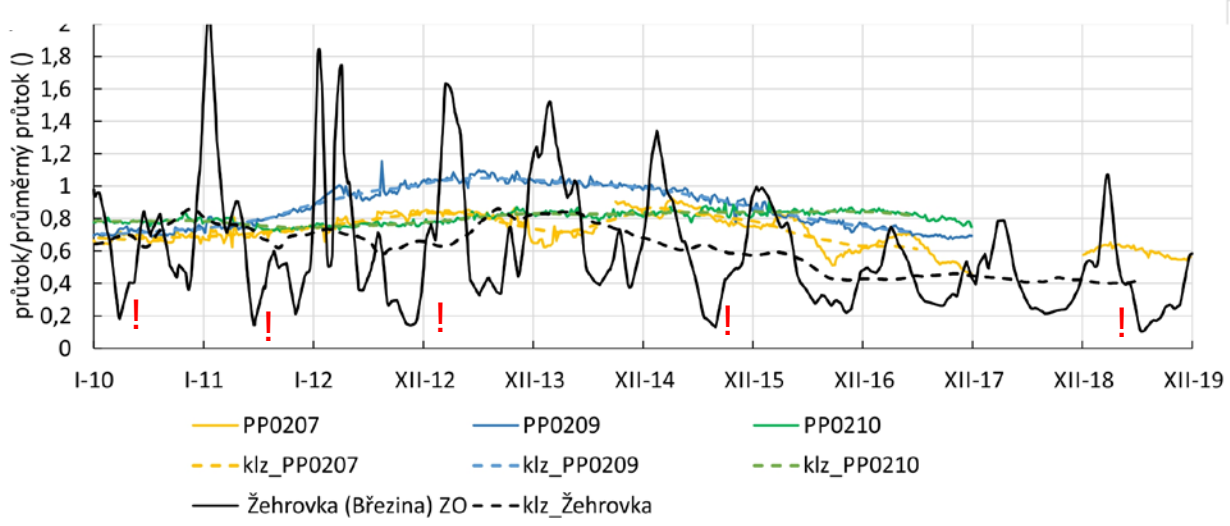


- na řadě vodních toků v nižších polohách ČR ZO klesal v letních obdobích po roce 2014 k nulovým hodnotám (snížení odtoku na setiny l/s/km² nebo úplné vyschnutí toků)
- prameny přitom ve stejném období měly mnohem vyrovnanější odtok
- díky evapotranspiraci z mělké hladiny podzemní vody která v povodích může přesáhnout i 200 l/s („sekundární výpar“) tak může vzniknout falešný dojem, že kriticky klesl skutečný ZO z horninového prostředí

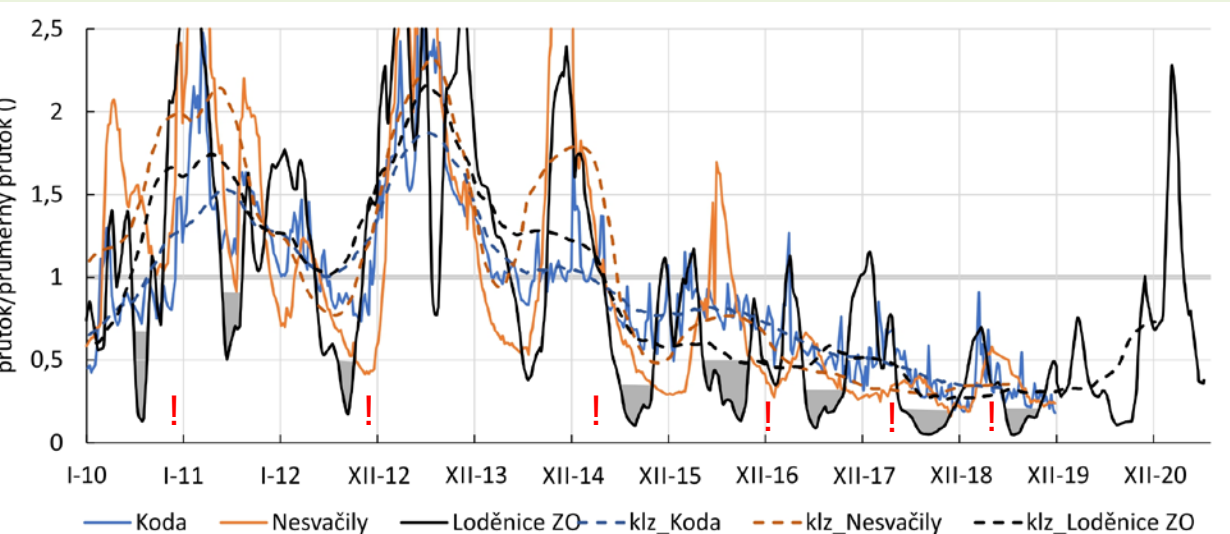




- ZO separovaný z povrchových toků v letních obdobích 2015-2019 se propadá na mnohem nižší hodnoty než ZO pramenů
- velká část ZO tedy byla sekundárně odpařena než dosáhla povrchových toků



Velké prameny z kvádrových pískovců reprezentující ZO mají **téměř konstantní vydatnost**, ZO Žehrovky naopak klesá až na **10 % průměru ZO**



Velké krasové prameny v Českém krasu, pokles i na **25 % průměru ZO** ale Loděnice pokles až na **5% průměru ZO**



-je třeba rozeznávat **skutečný ZO z horninového prostředí** a **sekundárně odpařený zbytek ZO**, který napájí v horkých létech řeku
-jinými slovy ZO který můžeme v horkých létech měřit na tocích je jen nepatrný zbytek ZO který ve stejný okamžik teče horninovým prostředím



Běžně se implicitně předpokládá že **řeky odvodňují veškerý základní odtok a separací hydrogramu můžeme tedy tento ZO kvantifikovat.**

V aridních oblastech a teplých létech v ČR je tento předpoklad zcela neplatný.

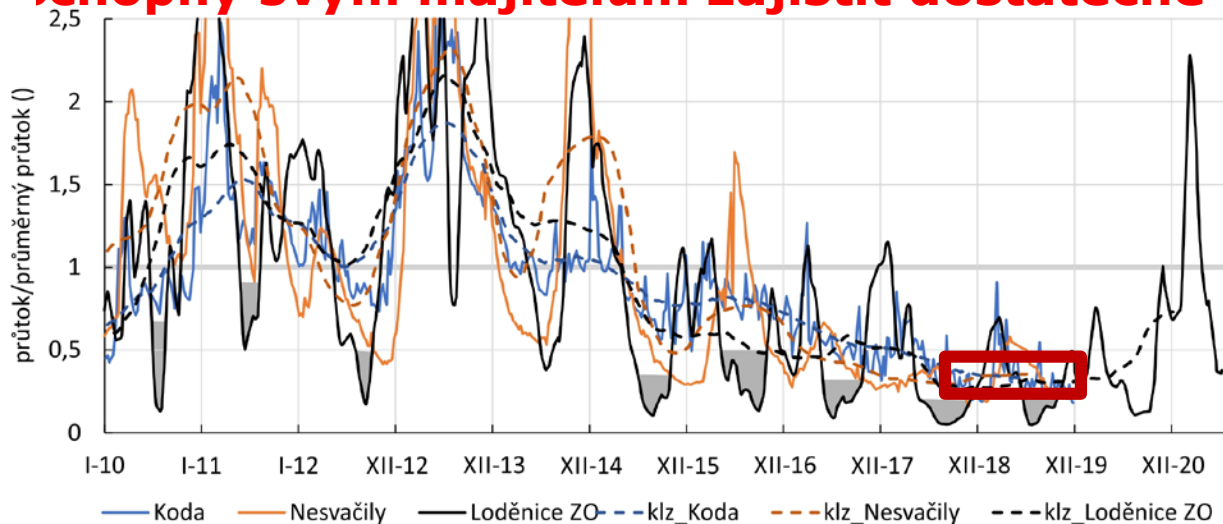
Velikost modrých šipek na spodním obrázku ukazuje drastické snížení ZO jakmile se dostane do dosahu kořenů vegetace vmélko nad hladinou podzemní vody.



Jak můžeme znalost kolísání ZO v čase využít v praxi?

- ZO v Českém krasu podle pramenů klesla až po 2 roky na 25% dlouhodobého průměru, který je $1,1 \text{ l/s/km}^2$ (tedy na $0,28 \text{ l/s/km}^2$)
- v obci kde je zásobování obyvatel pouze z vlastních studní se na 1000 m^2 modelového pozemku vytvoří $0,00028 \text{ l/s}$ =pouhých 24 l/den
- průměrná současná spotřeba je 100 l/os/den, tj. jediná osoba za daného ZO spotřebuje ZO z 4000 m^2
- z výše uvedeného vyplývá proč byla v řadě obcí závislých na vlastních studnách situace v posledních letech (2015-2019) značně napjatá
- situace se bude s růstem teplot a tedy evapotranspirace dále zhoršovat

V nižších polohách ČR zejména za suchých období nejsou pozemky schopny svým majitelům zajistit dostatečné množství podzemní vody



Jediným udržitelným řešením je stavba / napojení na vodovody

Prohlubování studní/vrtů nepřivádí vodu z širšího okolí a problém neřeší



Závěr

- Je výhodné kombinovat ZO odvozený z povrchových toků, průběh vydatnosti větších pramenů a průběh hladiny ve vrtech
- ZO toků bývá nejvěrohodnější a reprezentuje rozsáhlé oblasti, prameny a vrty vykazují mnohem vyšší variabilitu (charakterizují jednotlivé struktury)
- V řadě případů ale povrchové toky nerepresentují dané horniny (kvádrové pískovce vs. Žehrovka; tranzientní toky z horských oblastí)
- v nižších polohách převažují víceleté oscilace ZO, ve vyšších polohách roční oscilace
- V nižších polohách ČR v suchých a teplých letních obdobích (např. 2018, 2019) již nelze odvozovat ZO z horninového prostředí ze separace hydrogramu z průtoků povrchových toků
(podzemní voda, drénující do vodního toku je jen nepatrným zbytkem původního proudu podzemní vody z horninového prostředí)
- Věrohodnými časovými řadami pro odvození ZO v horkých létech zůstávají prameny s vydatností alespoň v jednotkách l/s a minimální plochou, kde je hladina podzemní vody mělce pod terénem



Závěr

- Je třeba více monitorovacích objektů umístěných tam, kde se sekundární výpar z podzemní vody v letním období neprojevuje.
- U pozorovacích objektů, kde je výše uvedený sekundární výpar významný, by mělo probíhat očištění dat ZO o sekundární výpar
- ZO nedostačuje k dotaci běžných pozemků podzemní vodou, ideální plocha povodí vodního zdroje by měla být $4000 \text{ m}^2 \cdot \text{počet připojených obyvatel}$
- Jediným dlouhodobým řešením problému s nedostatkem vody z individuálních studní v hustě osídlených oblastech je stavba vodovodů
- Prohlubování studní v puklinovém prostředí s nízkou akumulací podzemní vody v hustě osídlených oblastech nemůže dlouhodobě problém s nedostatkem vody vyřešit

Děkuji za pozornost

Práce na příspěvku byly finančně podpořeny granty Technologické agentury České republiky „Řízená dotace podzemních vod jako nástroj k omezení dopadů sucha v ČR“ (SS01010208) a „Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku“ (SS02030040).