

ZMĚNA VSTUPU FOSFORU DO VN ŠVIHOV A JEJÍHO POVODÍ V OBDOBÍ REKONSTRUKCE ČOV PELHŘIMOV



POVODÍ VLTAVY

J. Dobiáš, J. Duras, K. Forejt



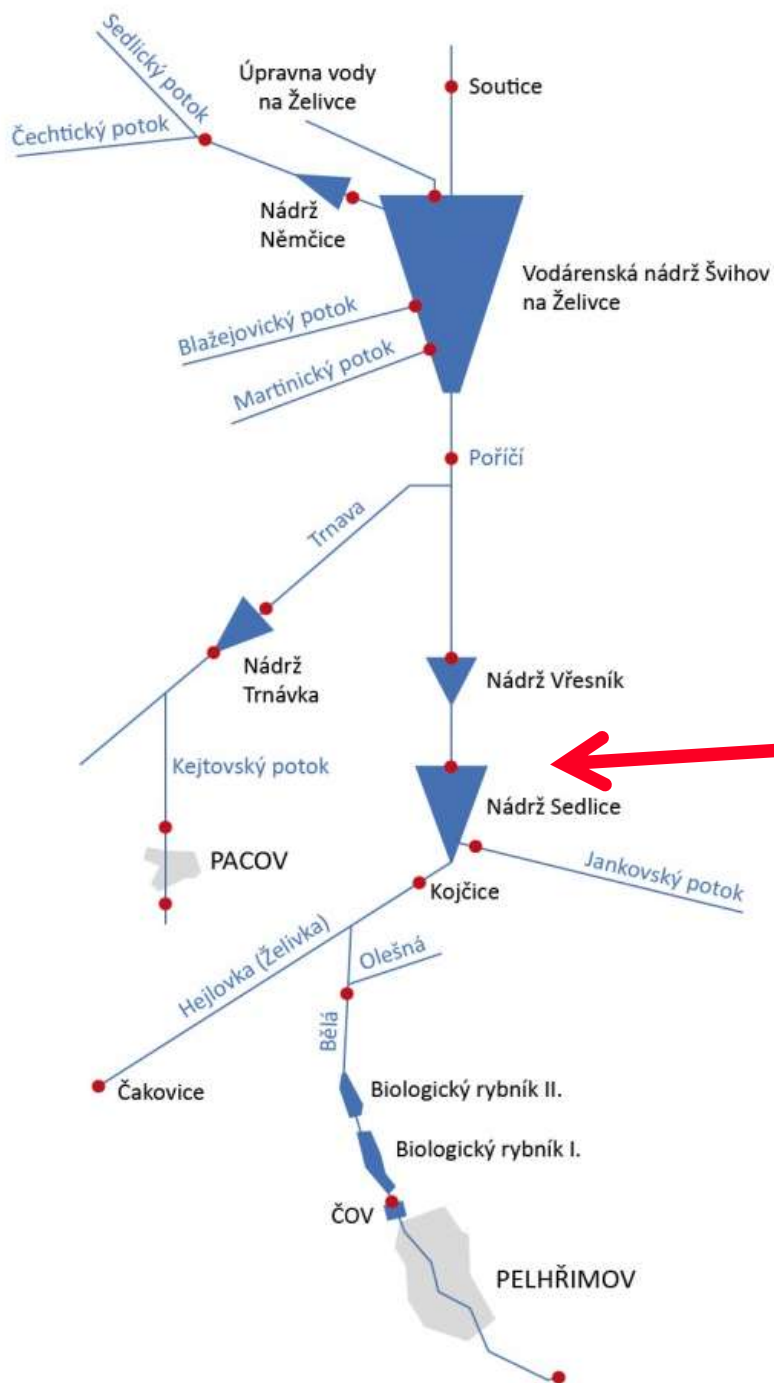
Povodí VN Švihov

POVODÍ VLTAVY

- Návaznost na bilanci ČOV a opatření na biologických rybnících
- Největší vodárenská nádrž → intenzivní monitoring
 - objem nádrže 260 mil. m³, TRT cca 430 dní
 - zásobuje pitnou vodou 1,2 mil. lidí
- Plocha povodí nádrže: 1200 km²
 - laboratoře Povodí Vltavy sledují cca 40 ČOV na odtocích
 - nejvýznamnější → největší objemy odpadních vod (CEREPA Červená Řečice, Čechtice, Pacov a ČOV Pelhřimov)

Rekonstrukce ČOV Pelhřimov

- **Pelhřimov**
 - okresní město kraje Vysočina (16 tis. obyvatel)
 - protéká jím **říčka Bělá**, hl. recipient odpadních vod
- **ČOV Pelhřimov**
 - původní kapacita 115 l.s^{-1} → **každoročně největší znečištění**
 - po letech: 2013/2014 realizována **rekonstrukce** → **½ odpadních vod nečištěna**
 - zhoršení stavu biologických rybníků, nepříznivý vliv znečištění na kvalitu vody v povodí
 - hledání příčin → rychlé řešení následků, snaha zmírnit dopady znečištění
 - **spolupráce** města, ČOV a Povodí Vltavy, s.p.
- **Bodový zdroj živin v povodí**
 - z hlediska **eutrofizace** má význam především **přísun fosforu** (limitující prvek, určuje úživnost ekosystému)
 - bodové zdroje – pro biotu dostupné fosforečnany
 - N - plošný > N - bodový > oxidace > N-NO₃ (redox poměry u dna)



• Popis povodí

- odpadní vody města vedeny na **ČOV** a dále přes hypertrofní **biologické rybníky** do **Bělé**
- **Bělá** ústí do **Hejlovky (Želivky)**, ta je hlavním přítokem **VN Sedlice**
- před vzduťm **VN Švihov** ústí do Želivky řeka **Trnava**

• VN Sedlice

- eutrofní, ochrana VN Švihov
- 2 přítoky
- odtok šachtou přes elektrárnu (5-7m)

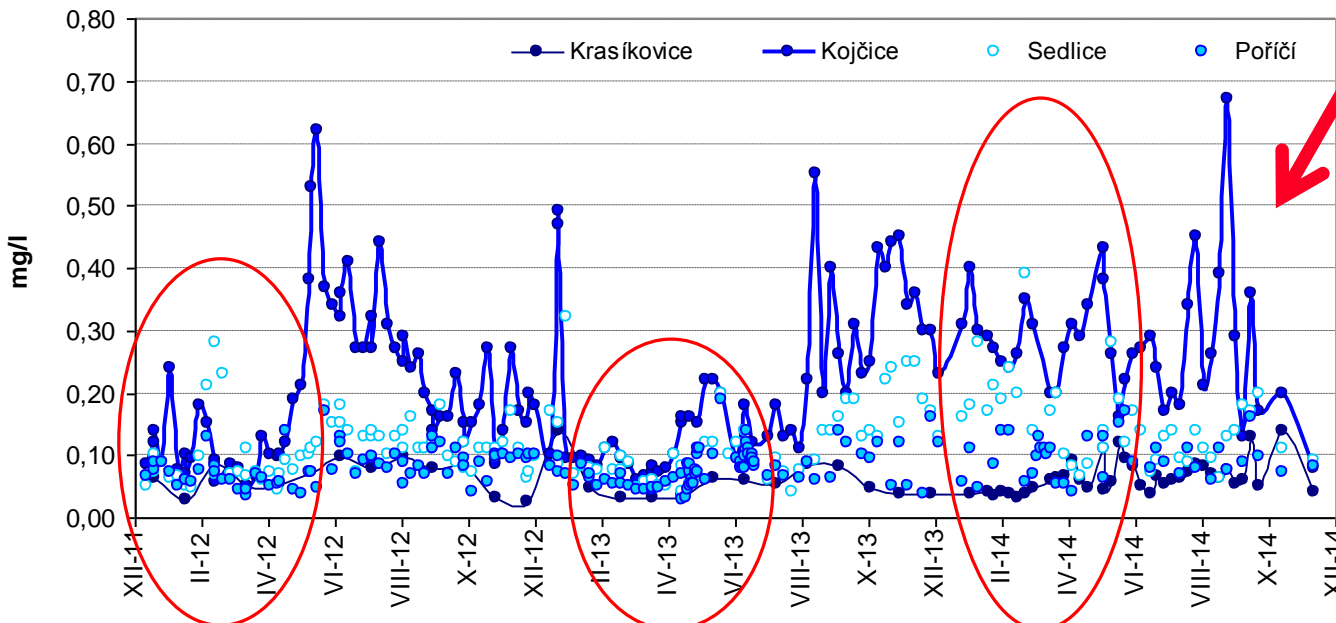
Parametr	Sedlice
Objem [m ³] / zatopená plocha [ha]	2,22.10 ⁶ / 38,3
Průměrná / maximální hloubka [m]	5,1 / 15
Dlouhodobý roční průtok [m ³ .s ⁻¹]	2,58
Teoretická doba zdržení [den]	4 - 15

- **Monitoring VN Švihov - prioritní**
 - spolupráce s PVK
- **Provozní a situační monitoring**
 - přítoky Želivky 2*měsíčně, stěžejní profily: 1*týdně analýza fosforu
 - VN Švihov v podélném profilu a předřadné nádrže 1* měsíčně
 - monitoring + síť limnigrafů → **látkové bilance, odnosy**
- **Během rekonstrukce**
 - intenzivnější monitoring
 - biologické rybníky „za pochodu“, vliv teploty, srážek, stavu rekonstrukce
- **Automatický vzorkovač *Isco^{Inc.}* Avalanche**
 - nejdříve odtok z II. biologického r., poté Poříčí

Výsledky a diskuse

- Rekonstrukce 2013/2014 → navýšení koncentrací $P_{\text{celk.}}$ na všech profilech pod Pelhřimovem oproti minulým rokům
 - pozad'ový profil **Krasíkovice** beze změn, koncentrace okolo limitu ($0,05 \text{ mg.l}^{-1}$)
 - v **Kojčicích** každoroční letní navýšení (2012 suchý rok), 2013 konec vegetační sezóny – významné nárůsty ($P_{\text{celk.}}$ $0,13\text{-}0,67 \text{ mg.l}^{-1}$) po celou zimu a jaro
 - kolísání koncentrací → aktuální stav BR, hydrologická situace (Poříčí: $Q355d(2014) = 2,92 \text{ m.s}^{-1}$; $Q355d(2013) = 6,80 \text{ m.s}^{-1}$) → **suchý rok 2014**

Fosfor celkový 2012-2014



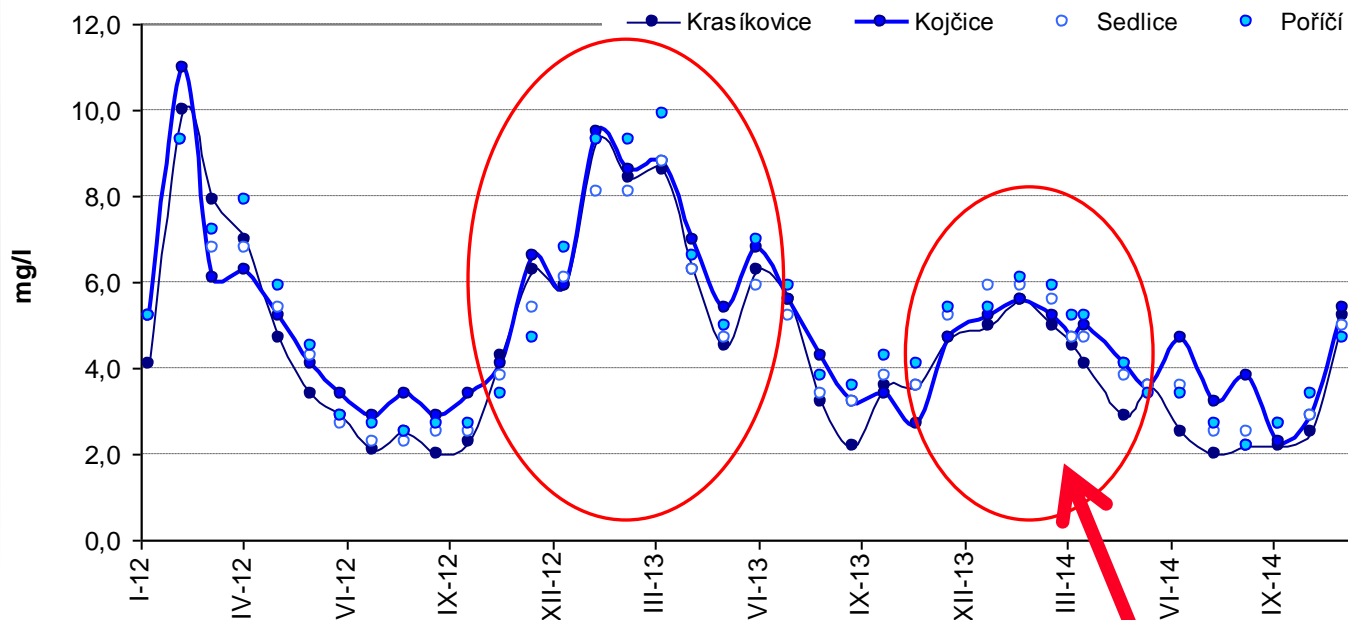
- pozitivní retenční účinek VN Sedlice hl. v létě
- účinek podpořen naředěním vodou z Jankovského potoka
- profil **Poříčí**: v období rekonstrukce vyšší kolísání koncentrací ($0,04\text{-}0,17 \text{ mg.l}^{-1}$)

→ Isco

Dusík

- Původ především z plošných zdrojů
 - vázané na hydrologickou situaci a množství zemědělsky obdělávané půdy

N-NO₃ 2012-2014

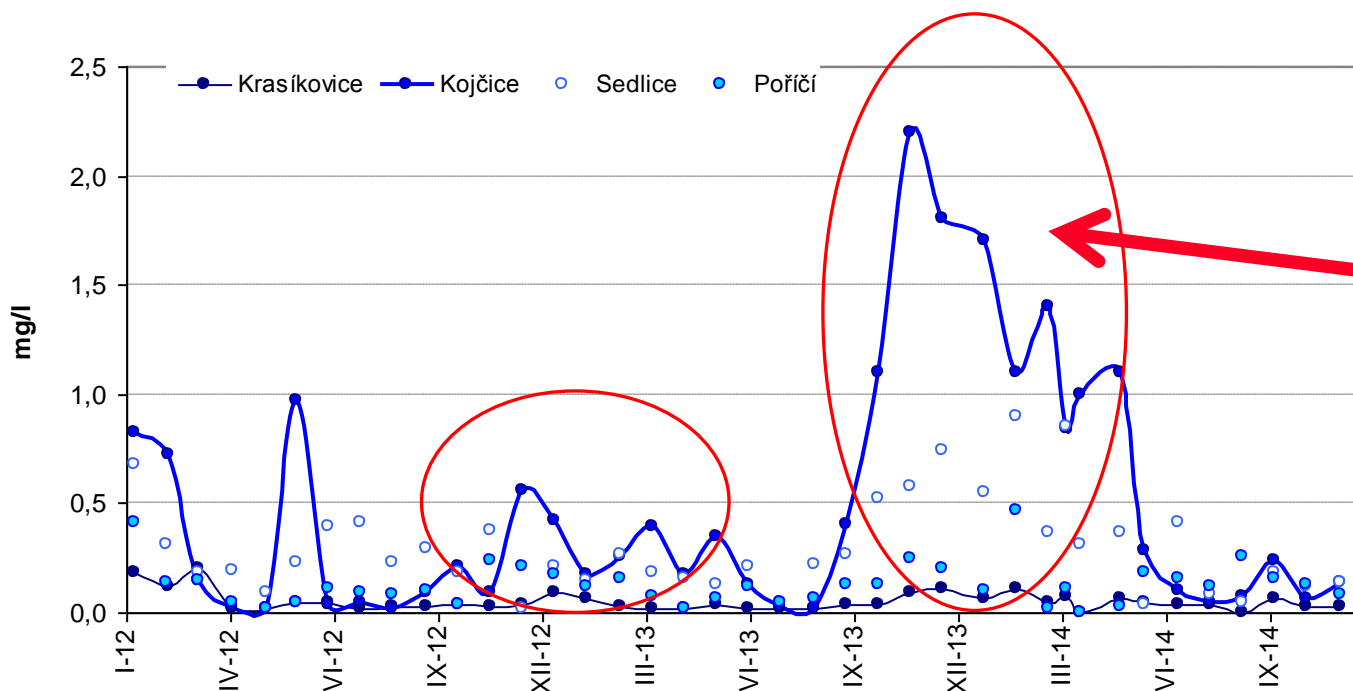


- průběh koncentrační křivky na všech profilech shodný
- nižší koncentrace v průběhu zimy 2014 způsobeny nízkou vodností
- BR nedotovaly v průběhu rekonstrukce ČOV povodí prakticky žádnými dušičnany, spotřeba samotnými rybníky → nedostatek

Dusík

- BR byly extrémně zatěžovány organickým znečištěním
- při rozkladu * **amoniakální dusík**
- v BR panovaly anoxické podmínky → oxidace na dusičnany proběhla až v tocích

NH₄-N 2012-2014



- velké navýšení koncentrací (až 2,2 mg.l⁻¹, 11.11.2013) v **Kojčicích**

- při vyšších teplotách a pH → hrozba vzniku toxického volného amoniaku
- červen 2014 před létem koncentrace opadly, projevy toxicity nepozorovány

- **Celkové bilance a odnosy N a P se v povodí meziročně významně liší:**

Odnos fosforu a dusičnanů v roce 2013													
měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	celkem (2013)
Bělá													
N-NO ₃ [t]	21,69	27,72	23,74	14,08	13,94	44,96	10,12	5,80	4,71	2,68	2,74	4,16	176,3
P _{celk.} [t]	0,94	0,48	0,45	0,38	0,83	1,83	0,48	0,44	0,79	1,01	0,76	0,73	9,1
Želivka (Kojčice)													
N-NO ₃ [t]	x	x	x	16,41	33,83	111,7	22,17	11,25	9,315	9,698	5,739	12,22	
P _{celk.} [t]	x	x	x	0,38	1,04	2,96	0,71	0,58	0,76	0,71	0,96	0,78	
Jankovský potok													
N-NO ₃ [t]	21,94	21,26	21,29	12,33	11,26	23,23	9,90	5,23	6,75	5,42	5,97	5,54	150,1
P _{celk.} [t]	0,43	0,14	0,15	0,09	0,20	0,91	0,12	0,11	0,13	0,11	0,16	0,07	2,6
odtok z předzdrže													
N-NO ₃ [t]	85,4	117	95,85	55,01	38,79	147,7	33,4	12,98	16,12	17,08	12,31	19,19	650,8
P _{celk.} [t]	2,10	1,14	0,90	0,52	0,99	3,50	0,62	0,34	0,81	0,63	0,51	0,63	12,7
Poříčí													
N-NO ₃ [t]	231,4	308,1	221,2	124,5	89,58	383,6	82,15	36,98	41,07	39,45	35,24	42,38	1635,7
P _{celk.} [t]	2,23	1,65	1,21	0,69	1,07	4,59	0,96	0,58	0,84	0,70	0,66	1,26	16,4

Odnos fosforu a dusičnanů v roce 2014													
měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	celkem (1-10/2014)
Bělá													
N-NO ₃ [t]	3,86	4,05	4,91	2,96	4,25	2,85	2,18	2,58	3,87	6,61	x	x	38,1
P _{celk.} [t]	0,84	0,59	0,47	0,37	0,70	0,36	0,30	0,58	1,33	0,52	x	x	6,1
z toho P-PO ₄ [%]	59	53	60	48	39	75	83	100	81	82	x	x	
Želivka (Kojčice)													
N-NO ₃ [t]	14,52	14,24	16,05	10,60	18,19	8,66	4,69	6,31	12,05	13,96	x	x	119,3
P _{celk.} [t]	0,91	0,65	0,86	0,64	1,36	0,53	0,33	0,54	1,70	0,96	x	x	8,5
z toho P-PO ₄ [%]	89	67	52	40	78	41	100	98	65	21	x	x	
Jankovský potok													
N-NO ₃ [t]	5,31	3,89	4,53	3,17	3,97	1,52	1,10	1,53	5,05	9,67	x	x	39,7
P _{celk.} [t]	0,04	0,04	0,05	0,06	0,09	0,05	0,05	0,08	0,29	0,37	x	x	1,1
odtok z předzdrže													
N-NO ₃ [t]	23,94	17,99	16,41	3,32	14,10	8,28	5,36	5,49	21,60	25,85	x	x	142,4
P _{celk.} [t]	0,61	0,50	0,39	0,07	0,53	0,28	0,22	0,23	1,27	0,89	x	x	5,0
z toho P-PO ₄ [%]	64	65	26	10	23	37	35	15	63	39	x	x	
Poříčí													
N-NO ₃ [t]	39,35	37,36	33,59	29,91	43,55	18,17	9,47	8,28	38,03	44,47	x	x	302,2
P _{celk.} [t]	0,52	0,74	0,43	0,43	1,21	0,60	0,31	0,31	1,49	0,95	x	x	7,0
z toho P-PO ₄ [%]	68	73	23	13	25	48	62	62	90	40	x	x	

- **2013**

- hydrologicky nadprůměrný
- odnosy N-NO₃ a partikulovaného P poznamenány ↑Q a povodní

- **2014**

- hydrologicky chudý
- meziroční odnosy fosforu **Bělou** z bodového zdroje porovnatelné
- N-NO₃ nižší ve všech měsících 2014 (38t celk.)

- **Celkové bilance a odnosy P se v povodí meziročně významně liší:**

Odnos fosforu a dusičnanů v roce 2013													
měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	celkem (2013)
Bělá													
N-NO ₃ [t]	21,69	27,72	23,74	14,08	13,94	44,96	10,12	5,80	4,71	2,68	2,74	4,16	176,3
P _{celk.} [t]	0,94	0,48	0,45	0,38	0,83	1,83	0,48	0,44	0,79	1,01	0,76	0,73	9,1
Želivka (Kojčice)													
N-NO ₃ [t]	x	x	x	16,41	33,83	111,7	22,17	11,25	9,315	9,698	5,739	12,22	
P _{celk.} [t]	x	x	x	0,38	1,04	2,96	0,71	0,58	0,76	0,71	0,96	0,78	
Jankovský potok													
N-NO ₃ [t]	21,94	21,26	21,29	12,33	11,26	23,23	9,90	5,23	6,75	5,42	5,97	5,54	150,1
P _{celk.} [t]	0,43	0,14	0,15	0,09	0,20	0,91	0,12	0,11	0,13	0,11	0,16	0,07	2,6
odtok z předzdrže													
N-NO ₃ [t]	85,4	117	95,85	55,01	38,79	147,7	33,4	12,98	16,12	17,08	12,31	19,19	650,8
P _{celk.} [t]	2,10	1,14	0,90	0,52	0,99	3,50	0,62	0,34	0,81	0,63	0,51	0,63	12,7
Poříčí													
N-NO ₃ [t]	231,4	308,1	221,2	124,5	89,58	383,6	82,15	36,98	41,07	39,45	35,24	42,38	1635,7
P _{celk.} [t]	2,23	1,65	1,21	0,69	1,07	4,59	0,96	0,58	0,84	0,70	0,66	1,26	16,4

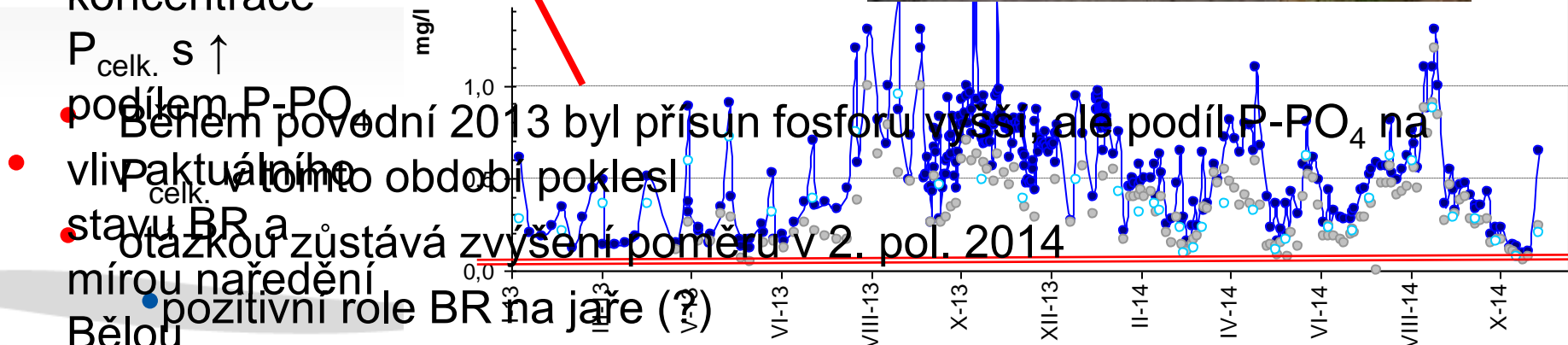
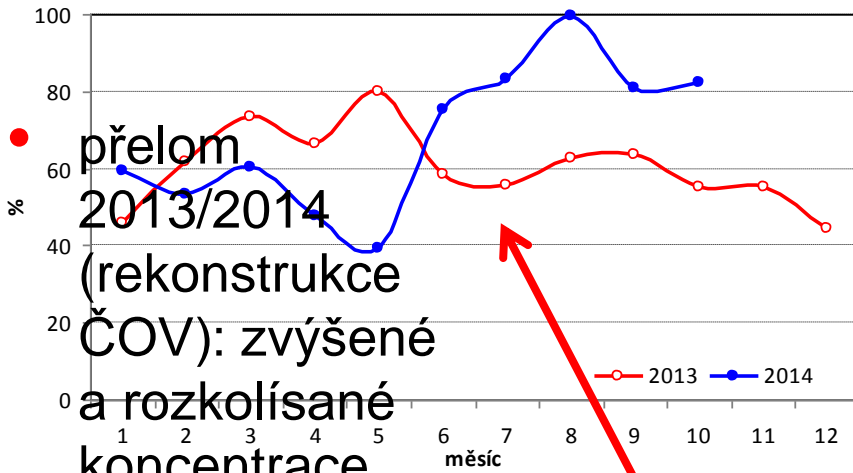
Odnos fosforu a dusičnanů v roce 2014													
měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	celkem (1-10/2014)
Bělá													
N-NO ₃ [t]	3,86	4,05	4,91	2,96	4,25	2,85	2,18	2,58	3,87	6,61	x	x	38,1
P _{celk.} [t]	0,84	0,59	0,47	0,37	0,70	0,36	0,30	0,58	1,33	0,52	x	x	6,1
z toho P-PO ₄ [%]	59	53	60	48	39	75	83	100	81	82	x	x	
Želivka (Kojčice)													
N-NO ₃ [t]	14,52	14,24	16,05	10,60	18,19	8,66	4,69	6,31	12,05	13,96	x	x	119,3
P _{celk.} [t]	0,91	0,65	0,86	0,64	1,36	0,53	0,33	0,54	1,70	0,96	x	x	8,5
z toho P-PO ₄ [%]	89	67	52	40	78	41	100	98	65	21	x	x	
Jankovský potok													
N-NO ₃ [t]	5,31	3,89	4,53	3,17	3,97	1,52	1,10	1,53	5,05	9,67	x	x	39,7
P _{celk.} [t]	0,04	0,04	0,05	0,06	0,09	0,05	0,05	0,08	0,29	0,37	x	x	1,1
odtok z předzdrže													
N-NO ₃ [t]	23,94	17,99	16,41	3,32	14,10	8,28	5,36	5,49	21,60	25,85	x	x	142,4
P _{celk.} [t]	0,61	0,50	0,39	0,07	0,53	0,28	0,22	0,23	1,27	0,89	x	x	5,0
z toho P-PO ₄ [%]	64	65	26	10	23	37	35	15	63	39	x	x	
Poříčí													
N-NO ₃ [t]	39,35	37,36	33,59	29,91	43,55	18,17	9,47	8,28	38,03	44,47	x	x	302,2
P _{celk.} [t]	0,52	0,74	0,43	0,43	1,21	0,60	0,31	0,31	1,49	0,95	x	x	7,0
z toho P-PO ₄ [%]	68	73	23	13	25	48	62	62	90	40	x	x	

- rozdíl látkového toku P_{celk.} v **Poříčí** způsoben přísunem partikulovaného P během povodní (4,6t za červen)
- neovlivňuje eutrofizaci
- při odečtení vlivu
- **DUSÍK: hydrologie a plošné zdroje v povodí**
- **FOSFOR: vnosy jsou kromě extrémních situací konstantní**

Výsledky a diskuse

- to dokládá i P-PO₄
- pochází převážně z odpadních vod, snadno využitelný vodními organismy

Bělá pod BR II - Podíl P-PO₄ na přísunu P



přelom 2013/2014 (rekonstrukce ČOV): zvýšené a rozkolísané koncentrace

P_{celk.} s ↑

podílem P-PO₄

• během povodní 2013 byl přísun fosforu vyšší, ale podíl P-PO₄ na

vliv aktuálního stavu BR a

• otázkou zůstává zvýšení poměru v 2. pol. 2014

• mírou naředění

• pozitivní role BR na jaře (?)

Bělou

• inkorporace větší části P-PO₄ fytoplanktonem, nebo nárosty (?)

VN Sedlice – látková bilance



VN Sedlice - účinnost retence



POVODÍ VLTAVY

- vyjma dubna 2013 byla pozitivní

• 2013

- ve všech sledovaných měsících nižší (23 % prům.), nejnižší na jaře a při povodních
- nejvyšší tradičně v létě

• 2014

- vysoká účinnost během rekonstrukce (28-89 %, 50 % průměrně)
- vliv nízkých průtoků a tedy i vyšší TRT
(Kojčice: $Q_{355d}(2014) = 1,16 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$; $Q_{355d}(2013) = 1,85 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)

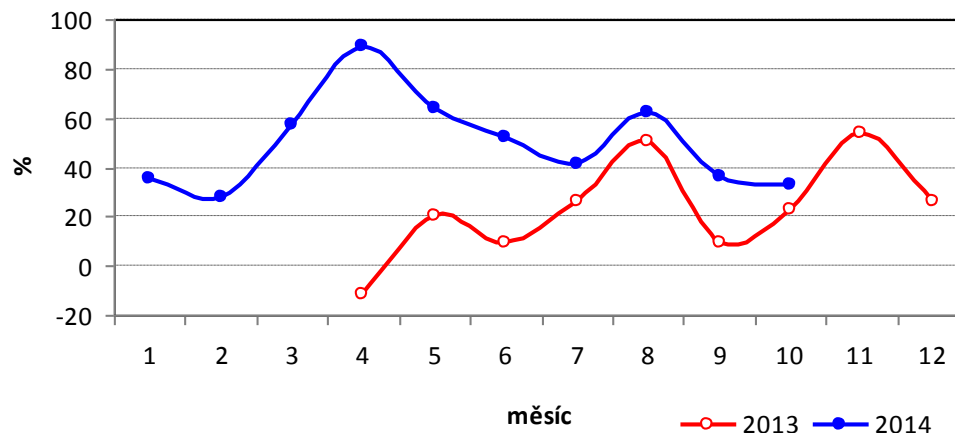
- Meziroční rozdíl je patrný i při srovnání zadržného $P_{\text{celk.}}$

- 4-12/2013: $2,2 \text{ t } P_{\text{celk.}}$
- 1-10/2014: $4,6 \text{ t } P_{\text{celk.}}$



hydrologicky chudý rok byl výhodou

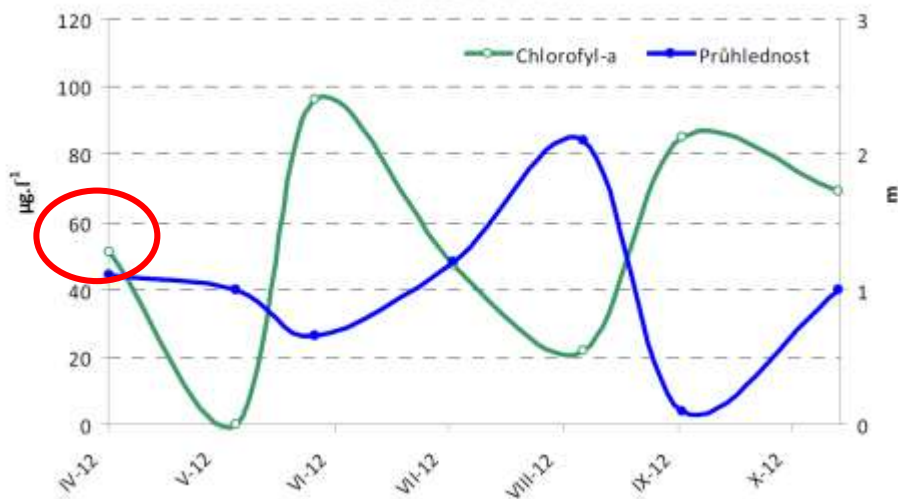
VN Sedlice - retence $P_{\text{celk.}}$



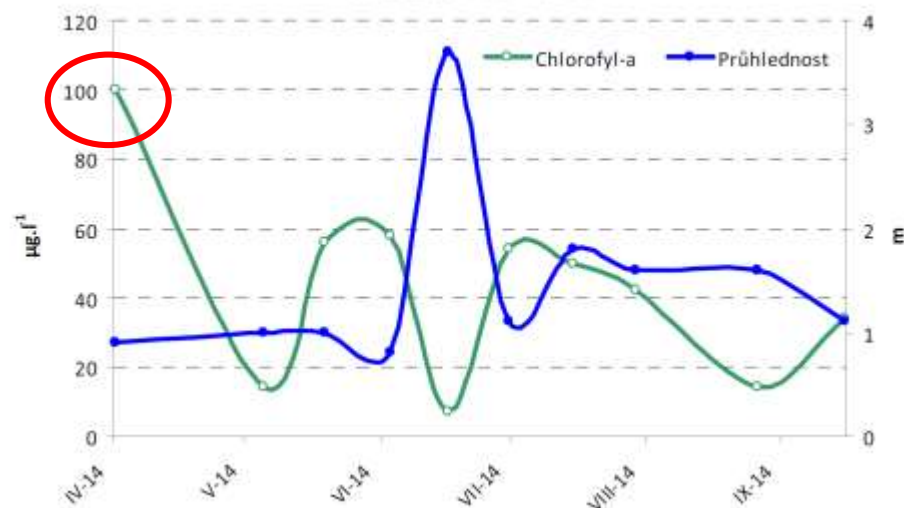
VN Sedlice

- Koncentrace chlorofylu-*a* na hrázi v hydrologicky srovnatelných letech 2012 a 2014 **jsou podobné**
 - během nejvyššího zhoršení kvality vody (duben 2014) byla koncentrace vyšší ($100 \mu\text{g.l}^{-1}$ x $50 \mu\text{g.l}^{-1}$)
 - v roce 2014 probíhaly **biologické procesy rychleji** → užší jarní a letní maxima fytoplanktonu → **rychlejší změny průhlednosti**

VN Sedlice 2012 - hráz



VN Sedlice 2014 - hráz

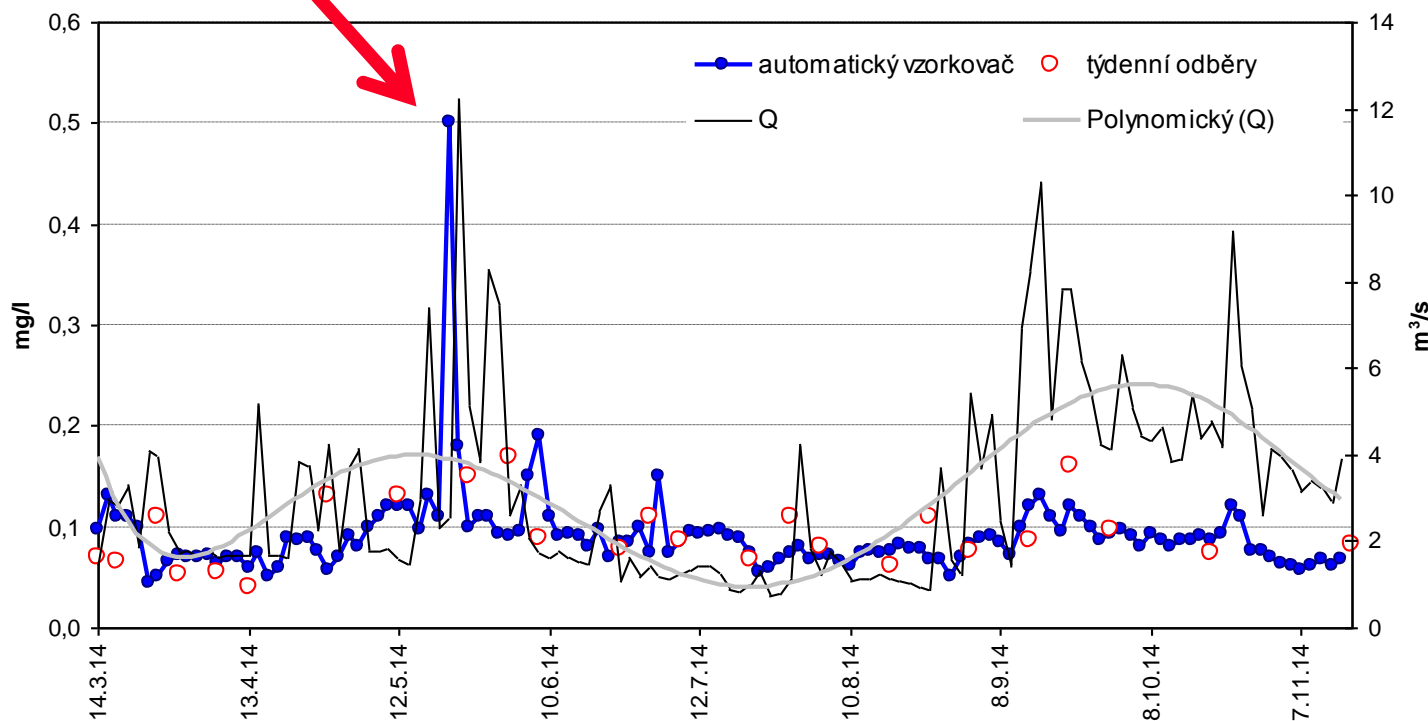


- V roce 2013 dusičnany v Sedlici odstraňovány příliš nebyly (duben – červenec: negativní retence)
- naopak při delší TRT v roce 2014 k denitrifikaci a úbytku N-NO_3 docházelo

• Využití automatického vzorkovače

- časté změny v jakosti povrchové vody pod Pelhřimovem
- odtok z II BR → závěrový profil **Poříčí**
- bodové odběry jsou se směsnými vzorky dlouhodobě srovnatelné
- individuální hodnoty z konkrétních dnů jsou rozdílné (srážkové události apod.)
 - při dostatečně hustém vzorkování je srovnání bilancí v dobré shodě:

Poříčí - celkový fosfor



4-10/2014:

vzorkovač:

5,55 t Pcelk.

bodové odběry:

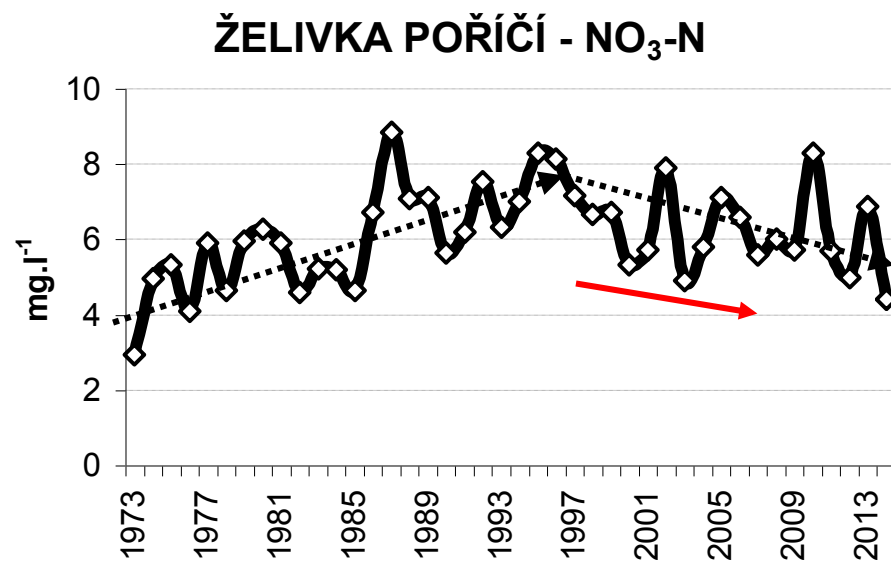
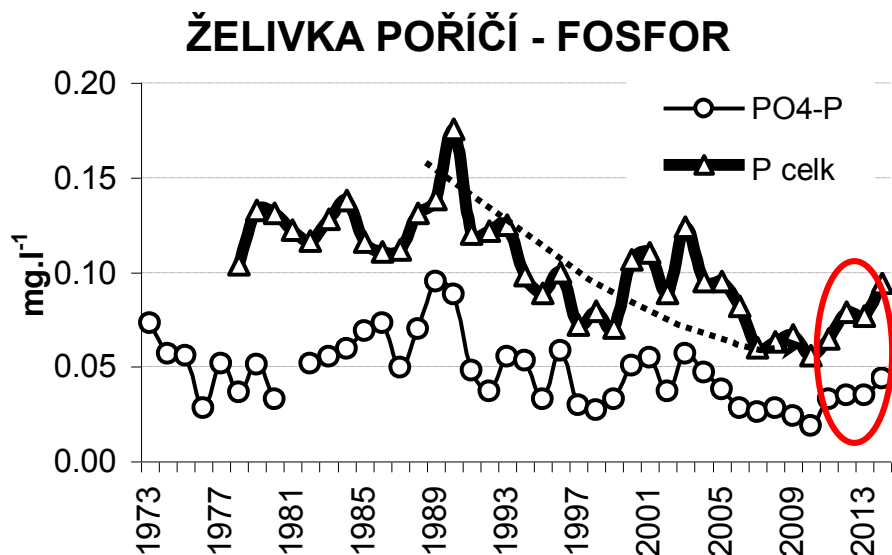
5,3 t Pcelk.



POVODÍ VLTAVY

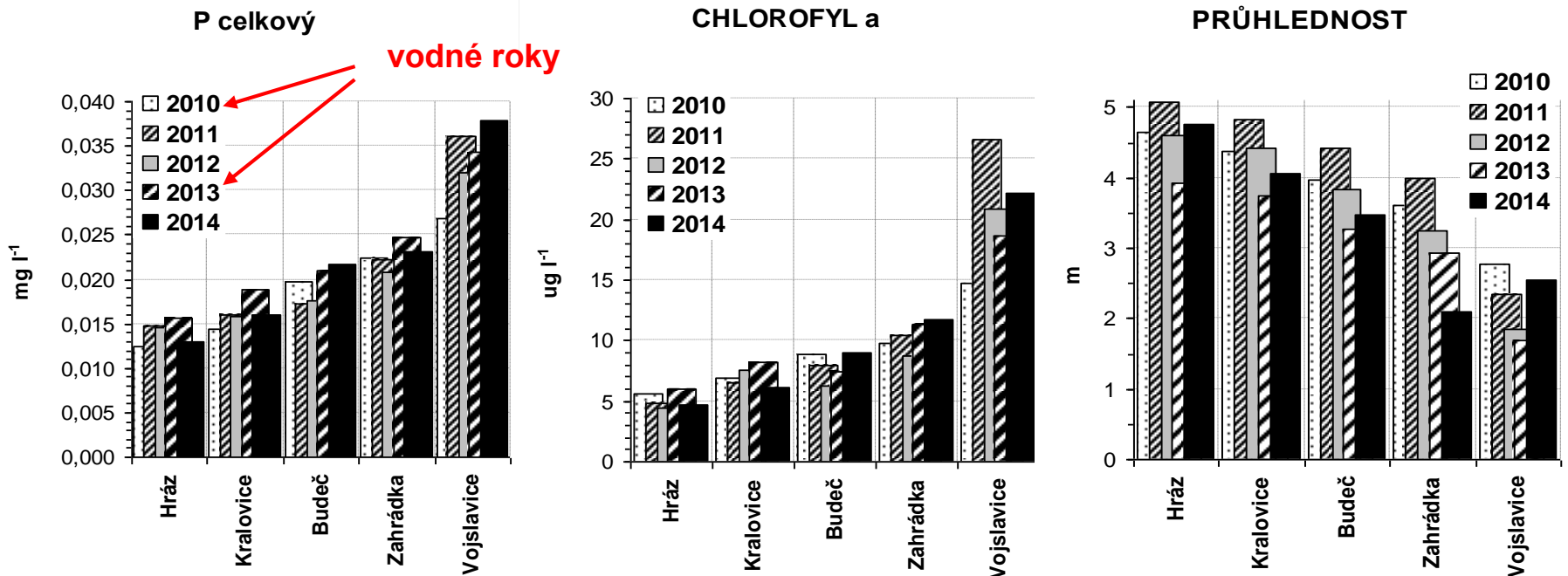
Poříčí: Dlouhodobý vývoj

- Koncentrace **N-NO₃** jsou v posledních 20-ti letech **stabilizované** s tendencí k mírnému snižování
- Koncentrace sloučenin **fosforu** mají po klesání a stagnaci tendenci k **systematickému vzestupu** → závažná skutečnost pro největší vodárenskou nádrž
- Mohutné **emise z Pelhřimova** se projevily na **konc. fosforu, nikoli dusíku**



VN Švihov

- Podrobný monitoring nádrže v roce 2014 neprokázal výrazné změny v meziroční variabilitě jakosti vody (závislost na vodnosti atd.)
- Vegetační sezóna 2014 (měs. IV. – IX.):
 - zvýšené koncentrace $P_{\text{celk.}}$ a chlorofylu-a v horní polovině nádrže (0-4m)
 - snížená průhlednost vody (Zahrádka)
 - odlišnosti pro horní část nádrže → z pohledu jakosti vody v celé nádrži nevýznamné
 - jakost surové vody (vodárenský odběr) v roce 2014 nebyla neg. ovlivněna





Závěry:

V období rekonstrukce ČOV Pelhřimov byla Bělá a povodí VN Švihov významně zatíženo živinami

- **Vysoké konc. fosforu** mezi 9/2013 - 6/2014
- Zvýšení a kolísání konc. závislé na **stavu BR** a hydrologii

Koncentrace N-NO₃ byly v průběhu rekonstrukce v podélném profilu Želivky nízké (odrážely hydrologicky chudý rok 2014)

- **Odnosy dusíku** v povodí **podprůměrné**
- **Dusičnany** spotřebovány procesy v BR (denitrifikace)
- Zvýšené **konc. N-NH₄** pod Pelhřimovem byly rychle snižovány (nitrifikace) a **neměly neg. dopad** na oživení povrchových vod

Bilance a látkový odnos v podélném profilu se mezi lety 2013 a 2014 lišila

- Rozdíl způsoben povodněmi 2013 a téměř 2* větší vodností
- **Odnosy fosforu** (bodové zdroje) jsou vyjma extrémních hydrologických situací **srovnatelné**

Závěry:

Data z kontinuálního vzorkování

- Při hustém vzorkování **srovnatelné výsledky**
- Výhoda **zachycení** průběhu rychlých hydrologických epizod

VN Sedlice při rekonstrukci plnila účel (ochrana VN Švihov)

- **Retence fosforu byla nadprůměrná** ($\downarrow Q$, $\uparrow TRT$):
 - 4-12/2013: **23 %**, 2,2 t $P_{celk.}$
 - 1-10/2014: **50 %**, 4,6 t $P_{celk.}$
- Koncentrace **chlorofylu-a** na začátku 2014 nadprůměrné, ve veg. sezóně pak srovnatelné, maxima fytoplanktonu trvala kratší dobu

VN Švihov

- **Zvýšené emise fosforu** v průběhu rekonstrukce \rightarrow mírné **zvýšení** roční prům. koncentrace $P_{celk.}$ v Pořící
- V samotné nádrži **ZATÍM** k výraznější reakci nedošlo (hydrologie, retence VN Sedlice)
- Působení **samočisticích procesů** v povodí je **časově omezené**
- Po dokončení rekonstrukce **pokračování v monitoringu**

DĚKUJI

ZA

P

POZORN

OST !

15

30.97