

PŘÍLOHA 1

**Namodelování hodnot ukazatelů znečištění, které nejsou
obsaženy ve vodohospodářské bilanci**

1. Úplnost, správnost a spolehlivost vstupních dat

Do vodohospodářských výpočtů na úseku ochrany jakosti vod v tocích vstupují jednak informace o jakosti vody v tocích (v základní síti měření ČHMÚ a v doplňkových sítích podniků Povodí) a jednak údaje o produkci a vypouštění množství odpadních vod a znečištění v nich obsažených.

1.1 Informace o jakosti vody v tocích

Jakost vody v tocích je charakterizována řadou ukazatelů jakosti vody. Hodnoty těchto ukazatelů představují spojitou náhodnou proměnnou, kterou však měříme diskrétním způsobem s četností kolem 12 hodnot za rok. Výsledek takového měření představuje pouze výběrové šetření (získáme výběrový soubor hodnot), které podává přirozeně jen neúplný obraz o jakosti vody.

Vyhodnocením výběrového souboru hodnot získáme výběrové charakteristiky tohoto souboru. Zpravidla se počítá aritmetický průměr $C_{prům}$, případně medián C_{med} , a průměrný látkový odnos $LO_{prům}$ vyjádřený buď v g/s nebo v t/rok. Průměrný látkový odnos se má počítat podle rovnice (1)

$$LO_{prům} = (\sum(Q_i \cdot C_i))/n$$

kde Q_i je i -tá hodnota měření průtoku (při odběru vzorku pro stanovení jakosti vody)

C_i i -tá hodnota ukazatele jakosti vody

n počet měření ukazatele jakosti vody a průtoku vody

se provádí pro $i=1, \dots, n$.

Jestliže počítáme $LO_{prům}$ jako součin $Q_{prům} \cdot C_{prům}$, pak se dopouštíme chyby, která je rovna kovarianci Q a C [1,2].

Všechny výběrové charakteristiky souboru hodnot mají svoji "chybu", vyplývající z toho, že spojitě měření je nahrazeno málo četným diskrétním měřením. Správně bychom měli říct, že ke každé hodnotě charakteristiky bychom měli připojit interval spolehlivosti, ve kterém leží "správná" hodnota (hodnota charakteristiky v základním souboru - souboru všech možných hodnot spojitě náhodné proměnné). Tento interval spolehlivosti IS lze stanovit a připojit jej jako \pm hodnotu k vypočtené hodnotě charakteristiky.

Jestliže pracujeme s látkovými odnosy, pak interval spolehlivosti IS průměrného látkového odnosu $LO_{prům}$ na zvolené hladině spolehlivosti $1-\alpha$ vypočteme z rovnice (2)

$$(2) \quad IS = \pm t(\alpha; v) \cdot s / \sqrt{n}$$

kde IS je interval spolehlivosti (zde průměrného látkového odnosu $LO_{prům}$)

$t(\alpha; v)$ hodnota Studentova rozdělení pro hladinu spolehlivosti $1-\alpha$ (hladinu významnosti α) a počet stupňů volnosti $v=n-1$

s směrodatná odchylka výběrového souboru (zde souboru hodnot $LO_i=Q_i \cdot C_i$)

n četnost měření.

Z rovnice (2) je patrné, že hodnota IS je nepřímo úměrná druhé odmocnině četnosti n . Hodnota α se zpravidla volí 0,05 (interval spolehlivosti 0,95 - 95% interval spolehlivosti), pro výpočty na úseku jakosti vody stačí volit $\alpha=0,10$ - volit 90% interval spolehlivosti. V takovém případě je pro $n=12$ hodnota $t(\alpha; v)=1,796$ a pro $n=24$ je $t(\alpha; v)=1,714$.

Např. v profilu Ploučnice-Benešov nad Ploučnicí při měření ve dvouletí 2004-2005 byla hodnota $LO_{prům}=31,85$ g/s, četnost $n=24$ a směrodatná odchylka látkových odnosů byla $s=28,76$ g/s. Pak hodnota IS byla $\pm t(\alpha; \nu) * s / \sqrt{n} = 1,714 * 28,76 / 4,899 = 10,06$ g/s. Hodnotu průměrného látkového odnosu bychom měli psát $LO_{prům}=31,85 \pm 10,06$ g/s¹.

1.2 Úplnost databáze bodových zdrojů znečištění

Existují 2 databáze bodových zdrojů znečištění: databáze komunálních a průmyslových bodových zdrojů znečištění Souhrnné vodní bilance SVB, kterou vede pro celou ČR Výzkumný ústav vodohospodářský, a databáze komunálních bodových zdrojů znečištění PE ČOV a PE kanalizací MZe.

Databáze SVB je vedena pro zdroje vypouštějící více než 6.000 m³/rok (0,19 l/s) odpadních vod - jde tedy pouze o výběrové šetření. Databáze není kompletně vyplněna, u komunálních zdrojů znečištění chybějí hodnoty především ucelkového fosforu a celkového dusíku (případně o celkovém anorganickém dusíku), u menších průmyslových zdrojů znečištění bývá vyplněno pouze množství odpadních vod. Počet údajů (větších než nula) v SVB pro celou ČR (počet zdrojů v roce 2005 je 3.912) udává tabulka 1 a pro povodí Ploučnice (počet zdrojů 51) tabulka 2.

Tabulka 1 - Procento vyplněných údajů v SVB pro celou ČR

ukazatel	přítok	odtok
BSK ₅	82,8 %	88,4 %
CHSK	84,5 %	90,4 %
NL	88,0 %	94,4 %
N-NH ₄	59,8 %	67,6 %
N _{anorg}	43,6 %	51,2 %
P _{celk}	48,2 %	54,9 %

Tabulka 2 - Procento vyplněných údajů v SVB pro Ploučnici

ukazatel	přítok	odtok
BSK ₅	76,5 %	76,5 %
CHSK	88,2 %	88,2 %
NL	92,2 %	92,2 %
N-NH ₄	51,0 %	51,0 %
N _{anorg}	0 %	0 %
P _{celk}	0 %	0 %

Aby bylo možno s databází SVB pro Ploučnici pracovat, bylo nutno údaje o amoniakálním dusíku, o celkovém anorganickém dusíku a celkovém dusíku a celkovém fosforu doplnit - namodelovat podle obecných aproximativních rovnic, které byly sestaveny na základě PE ČOV za rok 2004. Odvozené a použité aproximativní rovnice jsou uvedeny v příloze I.

Úplnost databáze bodových zdrojů znečištění je nejen předpokladem pro správné výpočty, ale i předpokladem pro odhady plošných a difúzních zdrojů znečištění a odhady příčinek těchto zdrojů do zájmových profilů.

¹ V profilu Ploučnice-Česká Lípa byl $LO_{prům}=15,99$ g/s a směrodatná odchylka látkových odnosů $s=12,56$ g/s a v profilu Ploučnice-Noviny byl $LO_{prům}=4,59$ g/s a směrodatná odchylka látkových odnosů $s=5,91$ g/s.

1.3 Spolehlivost informací o produkovaném a vypouštěném znečištění z bodových zdrojů

O spolehlivosti některých údajů o produkovaném a vypouštěném znečištění v databázi SVB zejména z menších bodových zdrojů znečištění lze pochybovat a navíc nejsme tuto nejistotu nijak schopni vyjádřit podobně jako jsme schopni vypočítat interval spolehlivosti látkového odnosu zájmovým profilem na toku. O produkovaném a vypouštěném znečištění máme u bodových zdrojů znečištění v databázích pouze jeden údaj - roční bilanční hodnotu.

Touto nejistotou jsou zatíženy i aproximativní rovnice sloužící k doplnění chybějících údajů o produkovaném a vypouštěném znečištění, protože byly sestaveny na základě informací obsažených v databázi PE ČOV MZe, jejíž údaje jsou zatíženy stejnými problémy jako databáze SVB.

1.4 Počet informací a pravdivost informace o existenci ČOV a biologického stupně

Součástí úvah a výpočtů na úseku ochrany jakosti vody v tocích je také informace o existenci či neexistenci čistírny odpadních vod, existenci biologického stupně a o cílené eliminaci celkového dusíku a celkového fosforu. V tabulce 3 uvádíme jaké informace podává SVB pro Ploučnici o ČOV a biologickém stupni.

Tabulka 3 - Počet informací a pravdivost o existenci ČOV a biologického stupně u ČOV

počet zdrojů s ČOV podle SVB	37
počet zdrojů s biologií podle SVB	0
počet zdrojů s ČOV podle skutečnosti	25
počet zdrojů s biologií podle skutečnosti	24

Cílená eliminace dusíku ani fosforu nebyla u žádné ČOV v povodí Ploučnice nalezena.

Metody odhadu plošných a difúzních zdrojů znečištění a jejich příčinku

K existenci plošných a difúzních zdrojů znečištění lze dojít jak prostou úvahou tak provedenými numerickými odhady. Plošné a difúzní znečištění a jeho příčinek v poměru k bodovým zdrojům znečištění je různý pro různé ukazatele. Na grafech 1a, 1b (v příloze II) je jako příklad uveden vztah mezi bodovým znečištěním a látkovým odnosem pro 81 vybraných povodí pro BSK₅, na grafech 2a a 2b pro N_{celk}, na grafech 3a a 3b pro P_{celk} a na grafech 4a a 4b pro amoniakální dusík. Rozdíl mezi hodnotou látkového odnosu a hodnotou vypouštěného znečištění je nějakou funkcí velikosti plošných a difúzních zdrojů znečištění respektive jejich příčinku do závěrového profilu vybraného povodí.

Na grafech "a" jsou znázorněny dvojice zatížení toků v povodí (modrými trojúhelníky, v g/s) a látkových odnosů závěrným profilem povodí (červenými čtverci, v g/s); povodí jsou seřazena podle velikosti sestupně od nejvíce zatíženého k nejméně zatíženému. Z grafů 1 až 3 je patrné, že hodnoty látkových odnosů jsou větší než zatížení povodí z bodových zdrojů znečištění; u amoniakálního dusíku je situace složitější: samočištění je v některém povodí tak vysoké, že hodnota látkového odnosu je menší než hodnota zatížení povodí z bodových zdrojů znečištění (včetně zatížení z plošných a difúzních zdrojů znečištění).

Na grafech "b" je vyjádřeno totéž, ale hodnoty jsou vyjádřeny v mg/l. Jde jednak o teoretickou koncentraci v závěrném profilu za předpokladu nulového samočištění (modrými trojúhelníky, v mg/l) a jednak o naměřenou koncentraci v závěrném profilu (červenými čtverci, v mg/l); povodí jsou seřazena podle velikosti sestupně od nejvíce zatíženého k nejméně zatíženému. Do grafu je zelenou barvou vynesena imisní standard (vyjádřený jako roční průměr) podle návrhu novely nařízení vlády č. 61/2003 Sb.

Pro odhad velikosti plošného a difúzního znečištění, respektive jeho příčinku do zájmového profilu, byly vytvořeny 3 postupy [3]. Je třeba si uvědomit, že jsme schopni sestavit pouze jednu bilanční rovnici o 2 neznámých (velikost plošných a difúzních zdrojů znečištění a velikost samočištění). První dva postupy vedou pouze k odhadu příčinku plošných a difúzních zdrojů znečištění do zájmového profilu, třetí postup vede nejen k odhadu velikosti plošných a difúzních zdrojů znečištění, ale i k odhadu samočištění a k odhadu příčinku plošných a difúzních zdrojů znečištění.

První postup je založen na grafické konfrontaci časové řady bilance vypouštěného znečištění a látkového odnosu zájmovým profilem (koncentrace v zájmovém profilu) a extrapolaci časové řady látkového odnosu (koncentrace) do nulové hodnoty vypouštěného znečištění [4]. Předpokladem tohoto postupu je existence dlouhodobých časových řad.

Druhý postup vede k odhadu minima příčinku plošných a difúzních zdrojů znečištění na základě konfrontace hodnoty látkového odnosu zájmovým profilem a bilancí vypouštěného znečištění [3]. Vychází se z rovnic (3)-(5).

$$\begin{aligned} LO &= \Sigma(BZ) + PDZ - s(\Sigma(BZ)) - s(PDZ) = \Sigma(BZ) - s(\Sigma(BZ)) + p(PDZ) \\ p(PDZ) &= LO - \Sigma(BZ) + s(\Sigma(BZ)) \\ \text{minimum } p(PDZ) &= LO - \Sigma(BZ) \end{aligned}$$

kde LO je látkový odnos (v g/s nebo t/rok)
 $\Sigma(BZ)$ bilance vypouštěného znečištění z bodových zdrojů (v g/s nebo t/rok)
 PDZ velikost plošných a difúzních zdrojů znečištění (v g/s nebo t/rok)
 $s(\Sigma(BZ))$ množství látek vypouštěných z bodových zdrojů odstraněných samočištěním (v g/s nebo t/rok)
 $s(PDZ)$ množství látek z plošných a difúzních zdrojů znečištění odstraněných samočištěním (v g/s nebo t/rok)
 $p(PDZ)$ přírůstek plošných a difúzních zdrojů znečištění (v g/s nebo t/rok);
 $p(PDZ) = PDZ - s(PDZ)$

Postup je zde aplikován na 3 kontrolní profily ČHMÚ, situované v povodí Ploučnice a výsledek je patrný z přílohy III.

Třetí postup je založen na aplikaci regresní rovnice (5) respektive (6) na soubor měření ukazatele jakosti vody a průtoku vody v kontrolním profilu [3,5].

$$\begin{aligned} LO &= A + B * Q - D / Q \\ LO - \alpha &= B * Q - D / Q \end{aligned}$$

kde LO je látkový odnos kontrolním profilem (v g/s)
 Q průtok vody (v m³/s)
 A,B,D regresní součinitele
 vstupní hodnota (v g/s)

Součinitel A v rovnici (5) by se měl teoreticky rovnat $\Sigma(BZ)$. Pro neúplné nebo málo věrohodné údaje o bilanci vypouštěného znečištění je třeba volit hodnotu α a postupovat podle rovnice (6); za první odhad hodnoty α však slouží hodnota $\Sigma(BZ)$.

V tabulce 4 jsou uvedeny výsledky pro 3 profily ČHMÚ v povodí Ploučnice po aplikaci rovnice (5), respektive (6) pro N_{celk} .

Tabulka 4 - Výsledek aplikace rovnice (5) respektive (6) na N_{celk} a 3 profily v povodí Ploučnice

	rozměr	Noviny	Česká Lípa	Benešov n.P.
LO	g/s	4,592	15,988	31,852
$\Sigma(\text{BZ})$	g/s	0,075	2,335	4,290
α	g/s	0,130	2,335	4,290
B	$\text{g.m}^3/\text{s}^2$	5,03	4,18	4,49
D	g/m^3	0,596	12,83	37,66
ztráta	%	14	18	16
PDZ	mg/l	5,03	4,18	4,49
P(PDZ)	mg/l	4,33	3,43	3,77

Srovnáním řádku p(PDZ) v tabulce 4 s řádkem minimální p(PDZ) v příloze III zjistíme dobrou shodu - hodnoty minimálního p(PDZ) jsou o něco nižší než hodnoty p(PDZ) uvedené v tabulce 4.

Doporučení hodnot min p(PDZ) a p(PDZ) pro 6 ukazatelů jakosti vody

Na základě provedených analýz uvádíme v tabulce 5 doporučené hodnoty příčinků plošných a difúzních zdrojů znečištění a jejich závislost na specifickém odtoku pro 6 ukazatelů jakosti vody [6]. Hodnoty byly získány druhým a třetím postupem uvedeným v kapitole 2 pro 81 dílčích povodí; hodnoty pro N-NH_4 (pro nedostatek času) byly získány vyhodnocením pouze 45 profilů v povodí Labe.

Tabulka 5 - Doporučení hodnot min p(PDZ) a p(PDZ) pro 6 ukazatelů jakosti vody a závislost hodnot na specifickém odtoku vody q

q (l/s.km^2)	BSK_5	CHSK	N_{anorg}	N_{celk}	P_{celk}	N-NH_4
1	4,0	20	4,8	5,5	0,114	0,128
4	3,6	19	4,2	4,8	0,084	0,086
8	3,1	18	3,5	4,0	0,056	0,050
12	2,5	17	2,7	3,2	0,038	0,029
16	2,0	16	1,9	2,3	0,025	0,017
medián min p(PDZ) nebo p(PDZ)	2,86	17,6	3,53	4,04	0,086	0,058

Podklady

- [1] Nesměrák, I.: *Errors of Determining Material Load from Watershed*, Limnologica (Berlin) 1986,2,251-254
- [2] Nesměrák, I.: *Metodické poznámky k aplikaci Nařízení vlády č. 61/2003 Sb.*, Vodní hospodářství 2005,12,286-290
- [3] Nesměrák, I.: *Tři metody globálního odhadu velikosti plošných a difúzních zdrojů znečištění a jejího příčinku do zájmového profilu*, připraveno k publikaci
- [4] Nesměrák, I.: *Odhad příčinku plošných a difúzních zdrojů znečištění*, Vodní hospodářství 53(2003),10, příloha VTEI 45(2003),3,8-10
- [5] Nesměrák, I.: *Ověření imisně-emisního přístupu. DÚ 01 Posouzení možnosti dosažení imisního standardu pro celkový fosfor v tocích ČR*, VÚV T.G.M., Praha 2006
- [6] Nesměrák, I.: *Návrh hodnot p(PDZ) pro 6 ukazatelů jakosti vody*. Podklad pro jednání u náměstka MŽP pana Pojara dne 3.12.2006

Aproximační rovnice pro koncentrace forem dusíku na přítoku a odtoku z komunální zdrojů/ČOV

1a. Závislost přN-NH₄ na přBSK5 - přítok

$$\begin{aligned} y &= 0,0868 * x & R^2 &= -1,047 \\ y &= 5,8596 * x^{0,2872} & R^2 &= 0,0746 \\ y &= 8,3527 * \ln(x) - 13,836 & R^2 &= 0,1222 \end{aligned}$$

zaokrouhleno na 0,1

1b. Závislost odN-NH₄ na odBSK5 - odtok

$$\begin{aligned} y &= 0,7416 * x & R^2 &= 0,4267 \\ y &= 0,5597 + 0,6949 * x & R^2 &= 0,4299 \\ y &= 0,7505 * x^{0,8373} & R^2 &= 0,2413 \\ y &= 5,884 * \ln(x) - 4,7655 & R^2 &= 0,3459 \end{aligned}$$

2a. Závislost přNanorg na přN-NH₄, přNL a přBSK5 - přítok

$$\begin{aligned} y &= 0,9585 * \text{přN-NH}_4 + 0,00863 * \text{přNL} & R^2 &= 0,7787 \\ y &= 0,9646 * \text{přN-NH}_4 + 0,00801 * \text{přBSK5} & R^2 &= 0,7774 \\ y &= 1,0254 * \text{přN-NH}_4 & R^2 &= 0,7660 \end{aligned}$$

2b. Závislost odNanorg na odN-NH₄ a odBSK5 - odtok

$$\begin{aligned} y &= 9,0673 + 0,8670 * \text{odN-NH}_4 & R^2 &= 0,6903 \\ y &= 7,9467 + 0,8471 * \text{odBSK5} & R^2 &= 0,3473 \\ y &= 0,7312 * \text{odN-NH}_4 + 0,8193 * \text{odBSK5} & R^2 &= 0,2560 \end{aligned}$$

3a. Závislost přNtot na přNanorg a přBSK5 - přítok

$$\begin{aligned} y &= 1,3184 * \text{přNanorg} + 0,01645 * \text{přBSK5} & R^2 &= 0,5425 \\ y &= 1,4339 * \text{přNanorg} & R^2 &= 0,5302 \end{aligned}$$

3b. Závislost odNtot na odN-NH₄, odNanorg, odNL a odBSK5 - odtok

$$\begin{aligned} y &= 1,0396 * \text{odNanorg} + 0,1827 * \text{odN-NH}_4 + 0,1417 * \text{odNL} & R^2 &= 0,8243 \\ y &= 1,7043 + 0,9461 * \text{odNanorg} + 0,2357 * \text{odN-NH}_4 + 0,1004 * \text{odNL} & R^2 &= 0,8314 \\ y &= 1,0808 * \text{odNanorg} + 0,1863 * \text{odNL} & R^2 &= 0,8161 \\ y &= 1,0206 + 1,0319 * \text{odNanorg} + 0,1693 * \text{odNL} & R^2 &= 0,8188 \\ y &= 1,2077 * \text{odNanorg} & R^2 &= 0,7904 \end{aligned}$$

Aproximační rovnice pro koncentrace forem dusíku na přítoku a odtoku z ostatních zdrojů/ČOV

Byly použity aproximativní rovnice pro komunální zdroje.
Použité rovnice jsou uvedeny tučně.

Aproximační rovnice pro koncentrace celkového fosforu na přítoku a odtoku z komunálních zdrojů/ČOV

přítok

1. $\text{přPcelk} = 0,4184 * \text{přBSK5}^{0,5255}$
 2. $\text{přPcelk} = 365 * (8,0793 / \text{EO}^{0,1559}) * \text{EO} / (1000 * \text{množství odp.vod v tis.m}^3/\text{rok})$
- bere se v úvahu menší z obou hodnot

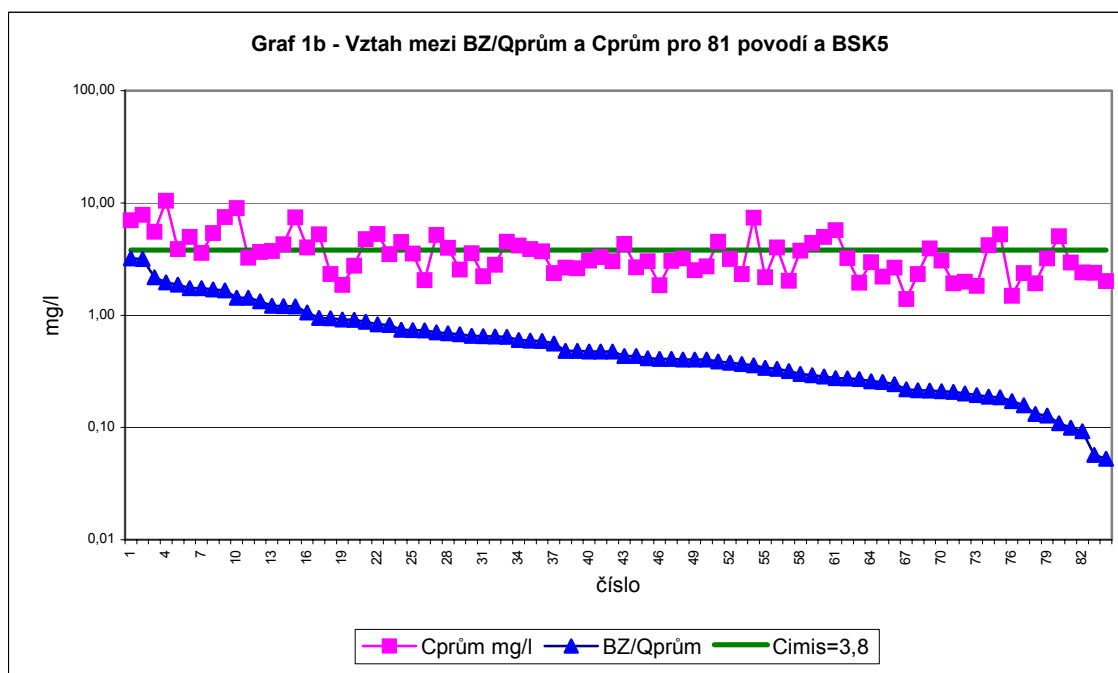
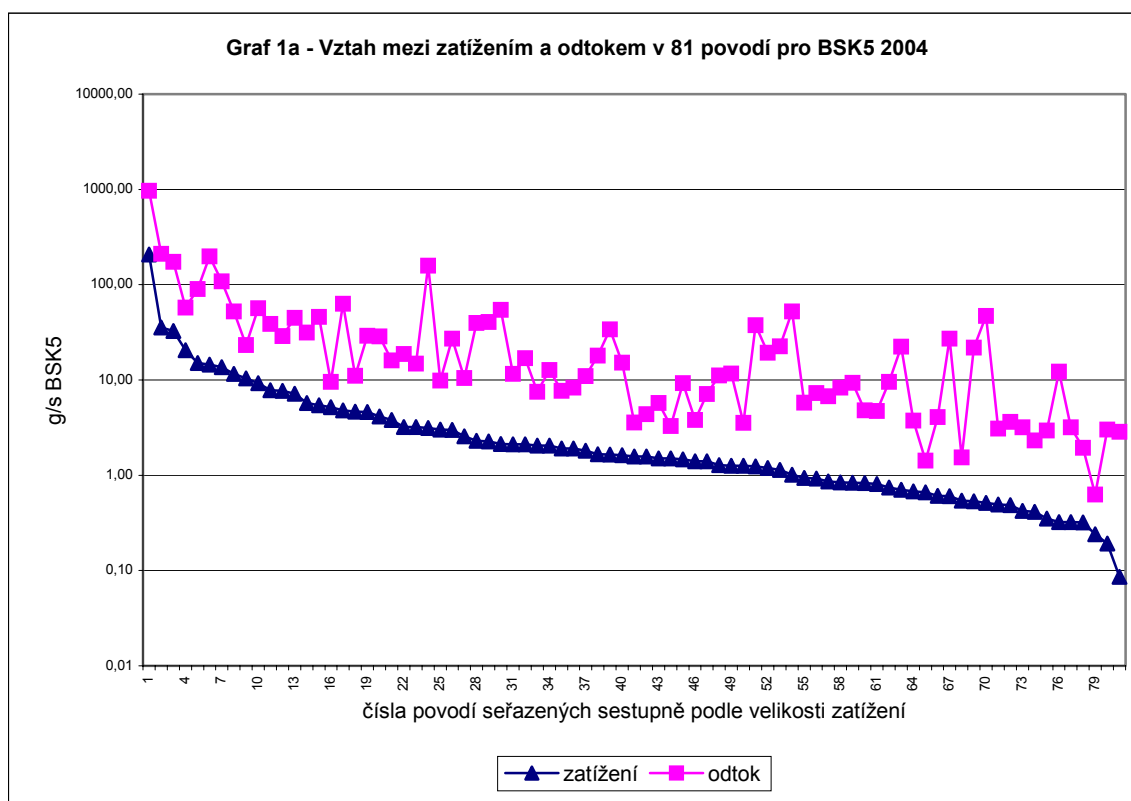
odtok

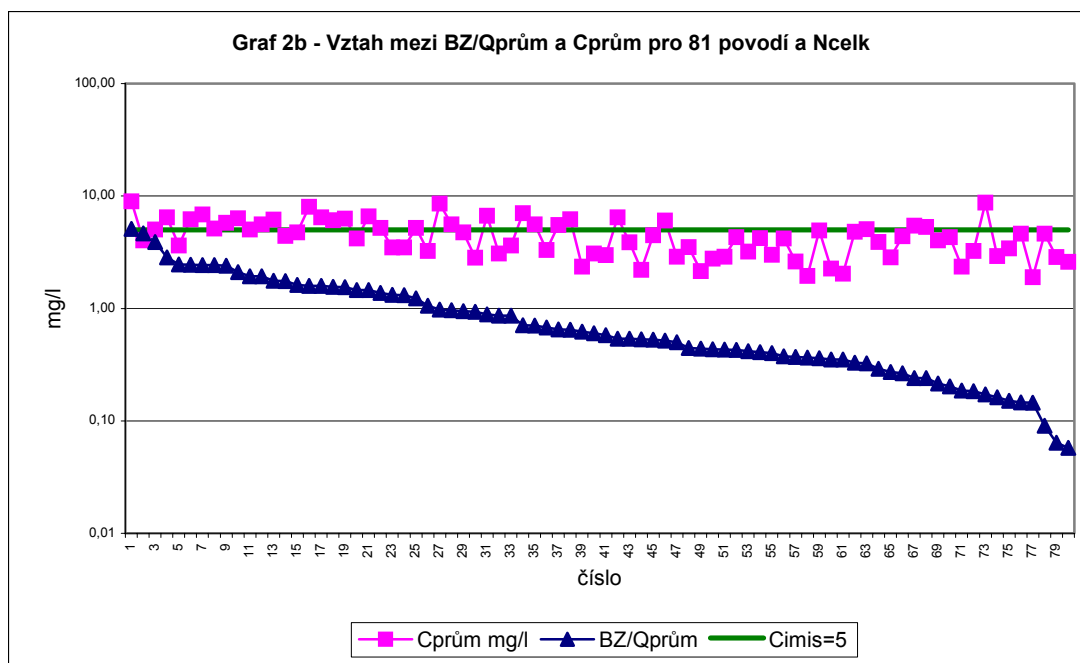
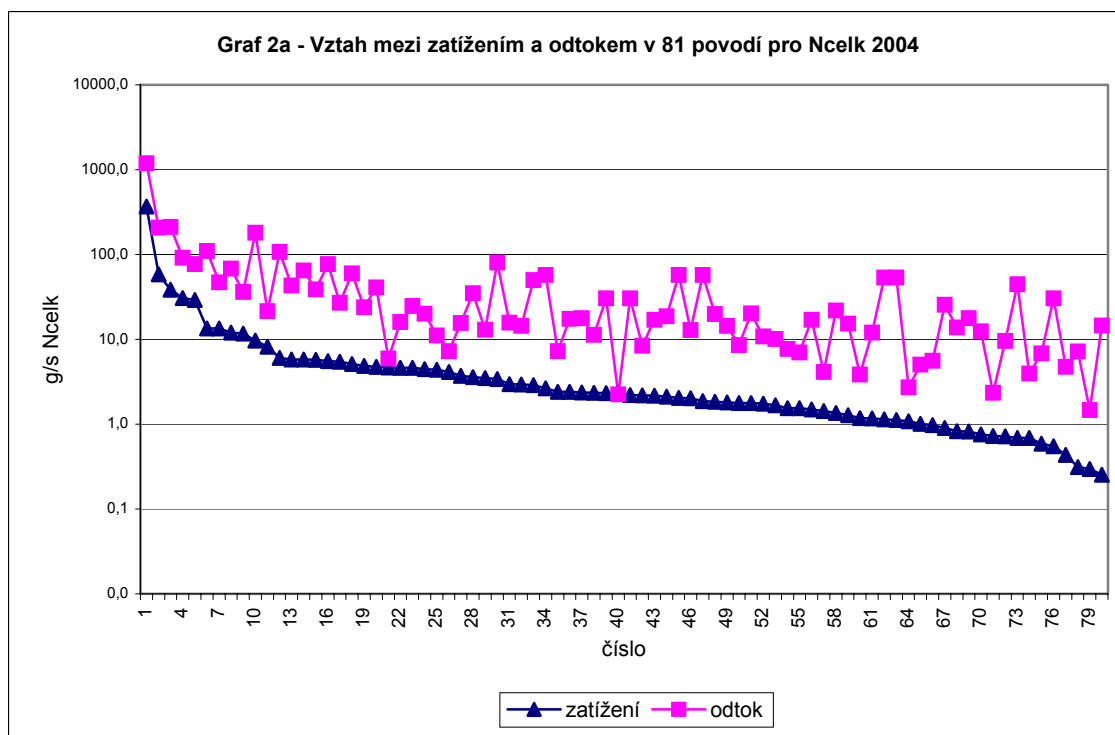
$$\text{KDYŽ}(\text{ČOV} = \text{"PRAVDA"}; \text{přPcelk} * 0,65; \text{přPcelk})$$

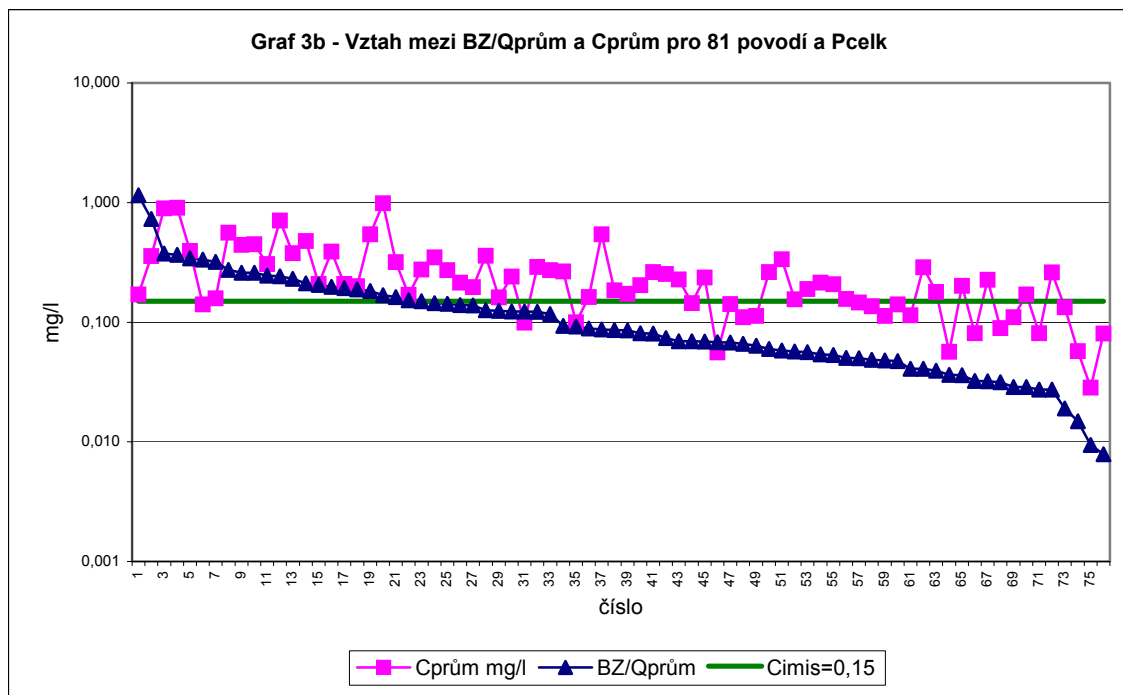
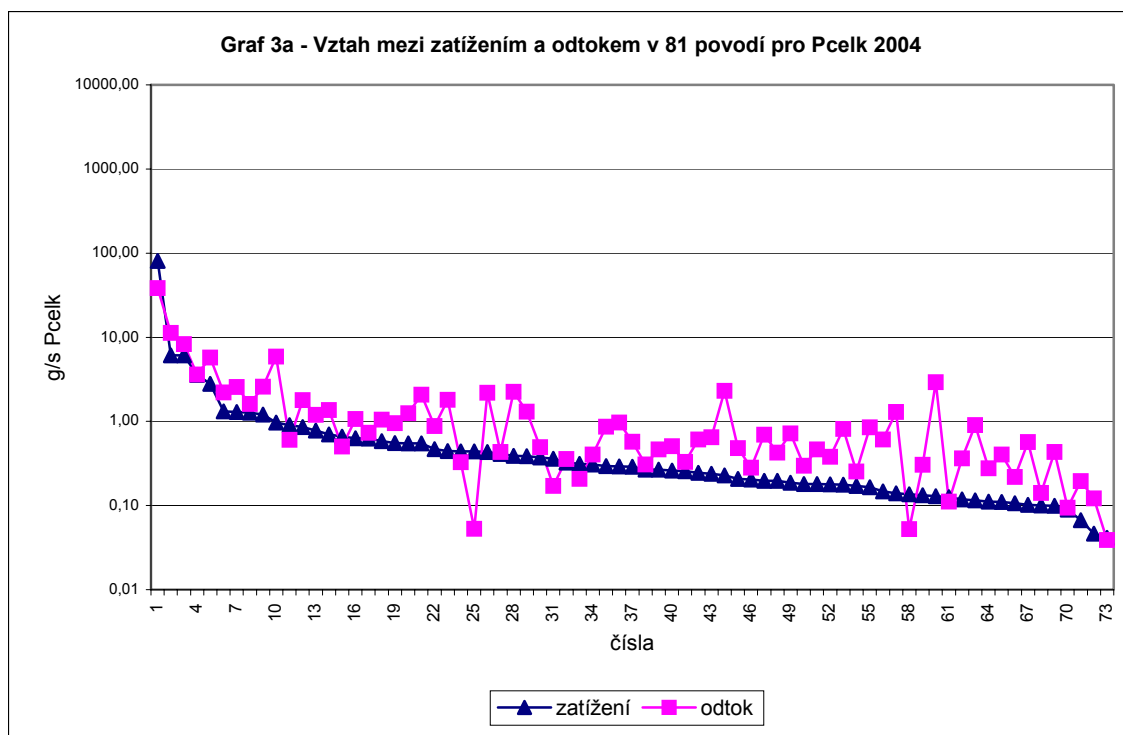
Žádná z ČOV v povodí Ploučnice podle ME ČOV MZe nemá cílenou eliminaci dusíku a fosforu.

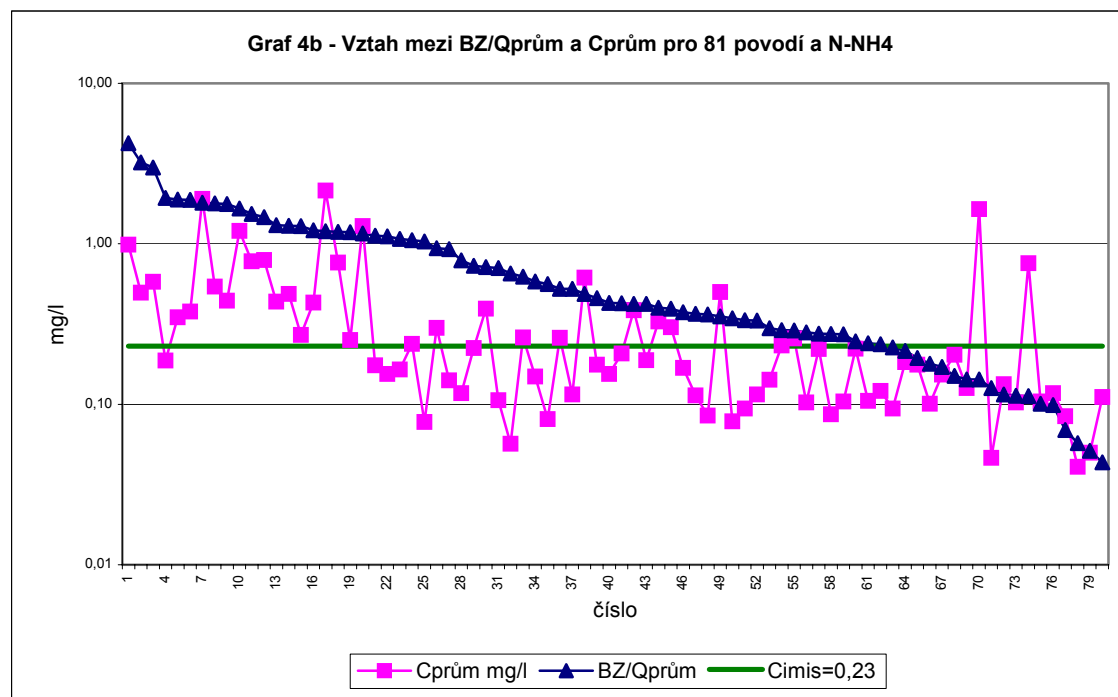
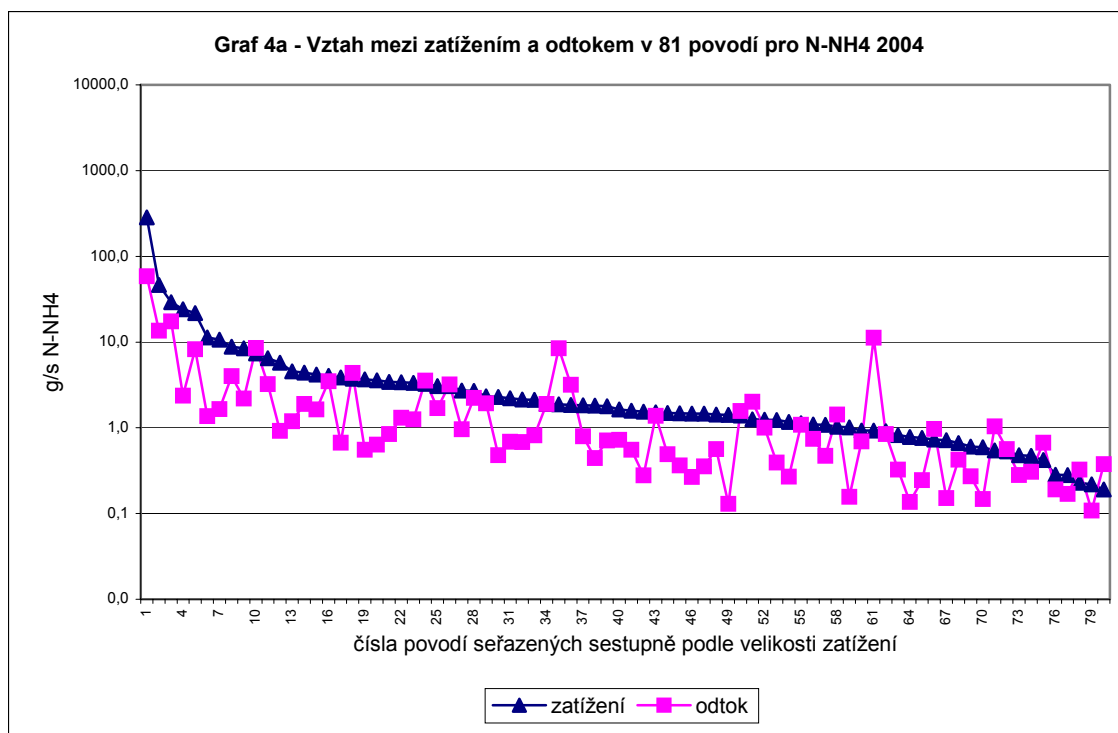
Aproximační rovnice pro koncentrace celkového fosforu na přítoku a odtoku z ostatních zdrojů/ČOV

Pro nedostatek podkladů u ostatních zdrojů znečištění se použily aproximativní rovnice pro komunální zdroje znečištění.









Excelová tabulka

Příloha III