



**Studie stavu a návrhu řešení pro vodní nádrž Lipno**

**leden 2026**



## ÚDAJE O PROJEKTU

NÁZEV:

**Studie stavu a návrhu řešení pro vodní nádrž Lipno**

STUPEŇ DOKUMENTACE:

Studie – Analytická část

## ÚDAJE O OBJEDNATELI

OBJEDNATEL

**Jihočeský kraj**

U Zimního stadionu 1952/2, 370 01, České Budějovice

ODPOVĚDNÝ ZÁSTUPCE:

MUDr. Martin Kuba, hejtman

## ÚDAJE O ZPRACOVATELI DOKUMENTACE

ZPRACOVATEL DOKUMENTACE:

**Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.**

Nábřežní 90/4,  
150 00 Praha 5 – Smíchov  
Divize 06  
IČO: 47116901  
ID datové schránky: 4qfgxx3

Ve spolupráci s

**Biologické centrum AV ČR, v. v. i.**

Branišovská 1160/31,  
37005 České Budějovice  
IČO: 60077344

VEDOUCÍ PROJEKTOVÉHO TÝMU:

**Ing. Lukáš Vlček**

SPOLUPRÁCE

**doc. Ing. Josef Hejzlar, CSc.**

HLAVNÍ PROJEKTANT:

**Ing. Lukáš Vlček**

SCHVÁLIL

**Ing Martin Tomek**

Adresa pracoviště:  
Nábřežní 90/4,  
150 00, Praha 5 – Smíchov  
tel.: +420 724 759 725  
e-mail: [vlcek@vrv.cz](mailto:vlcek@vrv.cz)



# OBSAH



ÚDAJE O PROJEKTU.....	2
ÚDAJE O OBJEDNATELI.....	2
ÚDAJE O ZPRACOVATELI DOKUMENTACE.....	2
Seznam zkratk .....	13
1  Popis současného stavu nádrže .....	14
1.1  Soustředění a porovnání dat .....	14
1.1.1  Hydrologická a klimatická data .....	14
1.1.2  Jakostní data.....	14
1.1.3  Komunální odpadní vody v povodí vzdutí nádrže Lipno I .....	17
1.1.4  Rybolov .....	18
1.1.5  Modelování retence fosforu v nádrži.....	19
1.2  Posouzení validity .....	20
1.3  Sestavení řad pro posouzení stavu a trendů .....	22
1.3.1  Dlouhodobé změny teploty vody u hladiny .....	22
1.3.2  Stav a vývoj koncentrací živin v nádrži .....	25
1.3.3  Stav a vývoj sezónních změn množství a složení fytoplanktonu .....	34
1.3.4  Vliv stratifikace na sezónní změny jakosti vody v nádrži.....	41
1.3.5  Komunální odpadní vody .....	46
1.3.6  Lov ryb a vnaďení .....	47
1.4  Vyhodnocení stavu a trendů .....	51
1.4.1  Přírodní pozadí odnosu živin z povodí.....	51
1.4.2  Identifikace a kvantifikace zdrojů fosforu v nádrži a jejich vývoj .....	52
1.4.3  Bilanční modelování fosforu v nádrži.....	53
1.4.4  Sezónní dynamika a vnitřní zatížení fosforem .....	57
2  Popis současného stavu přítoků do nádrže .....	60
2.1  Soustředění a porovnání dat .....	60
2.1.1  Jakostní data.....	60
2.1.2  Hydrologická data .....	60
2.2  Posouzení validity .....	62
2.2.1  Validita jakostních dat.....	62
2.2.2  Validita hydrologických dat.....	65
2.3  Sestavení řad pro stanovení stavu a trendů .....	66

2.3.1	Teplá Vltava – Kvilda .....	66
2.3.2	Teplá Vltava – nad Lenorou .....	68
2.3.3	Řasnice – nad Lenorou .....	70
2.3.4	Houženský potok – nad Lenorou .....	72
2.3.5	Teplá Vltava – pod Lenorou .....	74
2.3.6	Volarský potok – pod Volary .....	76
2.3.7	Studená Vltava – Černý Kříž .....	78
2.3.8	Vltava – Pěkná .....	80
2.3.9	Olšina – Hodňov .....	82
2.3.10	Černý potok – ústí .....	84
2.3.11	Jezerní potok – ústí .....	86
2.4	Vyhodnocení stavu a trendů .....	88
2.4.1	Dopočet subpovodí bez monitoringu .....	91
2.4.2	Schéma 1 - Celkový přehled Vltavy a dalších přítoků do Lipna .....	93
2.4.3	Schéma 2 – Přehled povodí Vltavy po Pěknou .....	95
2.4.4	Schéma 3 – přehled ostatních(drobných) přítoků do nádrže .....	97
2.4.5	Schéma 4 – přehled Teplé Vltavy po Lenoru .....	100
2.4.6	Schéma 5 – přehled Studené Vltavy .....	102
2.4.7	Schéma 6 – přehled Olšiny .....	103
3	Stanovení fyzikálních, chemických, biologických a hydrologických příčin zjištěného stavu a trendů .....	108
3.1	Identifikace příčin .....	108
3.2	Výběr příčin, jejichž ovlivněním lze dosáhnout zlepšení stavu a trendů .....	108
3.3	Návrh reálného cílového kvalitativního stavu .....	108
4	Identifikace a zmapování zdrojů vybraných příčin .....	111
4.1	Soustředění dat známých (věrohodně měřených) zdrojů v přímém povodí nádrže .....	111
4.2	Podrobná identifikace a popis ostatních bodových zdrojů .....	114
4.3	Monitoring odlehčování ve Volarech .....	114
4.3.1	Odhad vnosu znečištění z odlehčovacích komor .....	116
4.4	Monitoring studní a drenáží v lokalitě Radslav .....	120
4.5	Podrobná identifikace a popis ostatních zřejmých bodových zdrojů a zdrojů difuzního znečištění v přímém povodí nádrže .....	121
4.5.1	Vymezení zastavěných oblastí .....	122
4.5.2	Stanovení počtu EO a produkce znečištění .....	123
4.5.3	Odhad vnosu fosforu z difuzních zdrojů .....	124

4.5.4	Rozvaha nad vývozem jímek .....	128
4.5.5	Domovní ČOV .....	129
4.6	Identifikace plošných zdrojů, posouzení jejich ovlivnitelnosti.....	129
4.6.1	Produkce fosforu z chovu dobytka .....	129
4.6.2	Vnos fosforu z chovu dobytka .....	133
4.7	Poměr mezi fosforem celkovým a fosforem fosforečnanovým.....	133
5	Analýza cestovního ruchu a ubytovacích kapacit .....	134
5.1	Zhodnocení stávajícího stavu cestovního ruchu a ubytovacích zařízení .....	134
5.2	Rozložení návštěvnosti v čase.....	139
5.3	Atraktivita lokalit .....	140
5.4	Zhodnocení skutečných kapacit ubytovacích zařízení a jejich vytíženost .....	141
6	Bilance zdrojů a stanovení jejich podílu na stavu a trendech .....	141
6.1	Shrnutí výsledků celkové bilance .....	142
6.1.1	Bilance zdrojů celkového fosforu .....	142
6.1.2	Bilance zdrojů fosforečnanového fosforu .....	146
6.2	Diskuse nad výsledky celkové bilance.....	151
6.2.1	Vliv chovu dobytka .....	151
6.2.2	Vltava .....	151
6.2.3	Jezerní potok.....	154
6.2.4	Smrčinský potok .....	154
6.2.5	Hamerský potok.....	154
6.2.6	Pestřice .....	156
6.2.7	Výtoňský potok .....	156
6.2.8	Lipový potok .....	156
6.2.9	Pernecký potok .....	156
6.2.10	Bezejmenný potok (Maňava) .....	158
6.2.11	Bělský potok .....	158
6.2.12	Slatinný .....	158
6.2.13	Bezejmenný, Horní Planá.....	158
6.2.14	Ostřice .....	159
6.2.15	Bezejmenný, Karlovy Dvory.....	159
6.2.16	Olšina.....	159
6.2.17	Černý potok (Černá v Pošumaví) .....	160
6.2.18	Bezejmenný, Bližná .....	160
6.2.19	Lukavický potok .....	160

6.2.20	Náhlovský potok .....	160
6.2.21	Bezejmenný Posudov .....	161
6.2.22	Bezejmenný, Lojzovy Paseky I .....	161
6.2.23	Bezejmenný, Lojzovy Paseky II .....	162
6.2.24	Černý potok (Vřesná).....	162
6.2.25	Slupečný potok .....	162
6.2.26	Bezejmenný, pod biologickým rybníkem dětského tábora (Nová Pec).....	162
6.2.27	Mezipovodí nádrže – levý břeh .....	163
6.2.28	Mezipovodí nádrže – pravý břeh .....	168
7	Bilance výhledových zdrojů.....	170
7.1	Podklady a metodika .....	170
7.1.1	Odhad výhledových kapacit bydlení a ubytování podle regulativů v ÚP .....	170
7.1.2	Limity z hlediska nakládání s OV .....	173
7.1.3	Odhad výhledových kapacit bydlení a ubytování podle vzorových lokalit .....	174
7.1.4	Výsledek odhadu výhledových kapacit bydlení a ubytování .....	183
7.1.5	Odhad vlivu výhledových kapacit bydlení a ubytování na vnos fosforu do povodí VN Lipno	183
8	Závěr analytické části .....	185
9	Literatura .....	189
10	Příloha .....	191

## SEZNAM TABULEK



Tabulka 1.2.1 Profily pravidelného monitoringu PVL v nádrži Lipno a počet odběrů za referenční období 2019–2024 .....	21
Tabulka 1.3.1 Průměry $\pm$ směrodatná odchylka ročních průměrných koncentrací živin, rozpuštěného kyslíku a celkového železa v nádrži Lipno od hráze až po hlavní přítok (Vltava – Pěkná) u hladiny a ve spodních vrstvách. Vzorkováno v období duben až říjen během referenčního období 2019–2024 (data PVL) .....	25
Tabulka 1.3.2 Přehled vypočtených lineárních trendů vybraných ukazatelů kvality vody (průhlednost, chlorofyl-a, objemová biomasa fytoplanktonu a sinic) pro čtyři sledované profily lipenské nádrže v období 2008–2023 .....	36
Tabulka 1.4.1 Průměr $\pm$ směrodatná odchylka a v závorkách rozmezí percentilů $c_{10}$ – $c_{90}$ koncentrací živin a rozpuštěného organického uhlíku (DOC) v tocích bez antropogenního znečištění v povodí nádrže Lipno .....	51
Tabulka 1.4.2 Zdroje a retence $P_{\text{celk}}$ v nádrži Lipno v období 1991–2024. Hodnoty představují průměr $\pm$ směrodatnou odchylku ročních hodnot pro dané období, procentní hodnoty v závorkách uvádějí podíl na celkovém přísunu fosforu do nádrže .....	52
Tabulka 2.2.1 Profily pravidelného monitoringu správce povodí a počet odběrů za referenční období .....	62
Tabulka 2.2.2 profily průzkumného monitoringu a počet vzorků za měrnou kampaň .....	63
Tabulka 2.2.3 profily průzkumného monitoringu 2012 a 2013 .....	64
Tabulka 2.2.4 Profily pravidelného monitoringu a referenční LG stanice pro dopočet průtoků .....	65
Tabulka 2.4.1 Přehled pracovních jednotek subpovodí .....	90
Tabulka 2.4.2 Referenční povodí pro dopočet LO v povodích bez monitoringu .....	92
Tabulka 3.3.1 Ukazatele všeobecných fyzikálně-chemických složek ekologického potenciálu pro nádrž Lipno I ....	109
Tabulka 3.3.2 Hodnoty metrik pro zařazení do ekologických tříd pro složky ekologického potenciálu .....	109
Tabulka 4.1.1 Přehled centrálních ČOV v povodí Lipna .....	111
Tabulka 4.3.1 Výsledky monitoringu hlavní odlehčovací komory za červen–srpen 2024. ....	115
Tabulka 4.3.2 Bilance vnosu (kg/hod) celkového fosforu ( $P_{\text{celk}}$ ), celkového ( $N_{\text{celk}}$ ) a amoniakální dusíku ( $N\text{-NH}_4$ ) a celkového organického uhlíku (TOC) v průběhu srážkoodtokových epizod zachycených 9. 9., 12. 9. a 19. 11. 2024. ....	115
Tabulka 4.3.3 Porovnání půlroční bilance (červen–listopad 2024) vybraných ukazatelů v produkovaných a vypouštěných OV a odhad bilance stejných ukazatelů vstupujících do Volarského potoka odlehčením OV .....	116
Tabulka 4.3.4 ČOV základní parametry pro odhad vlivu odlehčování a odhad odlehčovaného $P_{\text{celk}}/\text{rok}$ .....	118
Tabulka 4.5.1 Pracovní jednotky subpovodí a vnos $P_{\text{celk}}$ z difuzních zdrojů znečištění .....	125
Tabulka 4.5.2 Množství zvláštních odpadních vody pro spádové čistírny .....	128
Tabulka 4.6.1 Roční produkce fosforu hospodářskými zvířaty s přepočtem na pracovní jednotky subpovodí .....	130
Tabulka 4.6.2 základní koeficienty přenosu fosforu z pastvin do vodních toků .....	133
Tabulka 5.1.1 Počet lůžek v hromadných ubytovacích zařízení (HUZ) a míst pro stany a karavany a počet obyvatel na území vybraných obcí mikroregionu Lipenska .....	134
Tabulka 5.1.2 Hodnota Defertovy funkce v obcích mikroregionu Lipenska .....	135
Tabulka 5.1.3 Registrované podniky podle převažující činnosti (I, R) .....	137
Tabulka 5.1.4 Počty bytů ve vybraných obcích na území mikroregionu Lipenska .....	137
Tabulka 5.1.5 Počet přenocování ve vybraných obcích za rok v letech 2021–2023 .....	138
Tabulka 5.1.6 Výběr místního poplatku z pobytu ve vybraných obcích v letech 2020–2023 .....	139
Tabulka 5.2.1 Počet osob dle SIM karet na území obce Lipno nad Vltavou v jednotlivých ročních obdobích .....	139
Tabulka 5.3.1 Hlavní turistické oblasti v mikroregionu Lipenska .....	140
Tabulka 6.1.1 Souhrn celkové bilance vnosu $P_{\text{celk}}$ v povodí VN Lipno .....	143
Tabulka 6.1.2 Souhrn celkové bilance vnosu $P\text{-PO}_4$ v povodí VN Lipno .....	148
Tabulka 6.2.1 Rozbor zdrojů $P_{\text{celk}}$ v subpovodích Vltavy nad VN Lipno .....	151
Tabulka 6.2.2 Rozbor zdrojů $P\text{-PO}_4$ v subpovodích Vltavy nad VN Lipno .....	153
Tabulka 6.2.3 Přehled BZZ a odlehčování v mezipovodí LB .....	163
Tabulka 7.1.1 Rešerše regulativů z ÚP .....	171
Tabulka 7.1.2 Základní parametry pro odhad kapacit bydlení a ubytování .....	172
Tabulka 7.1.3 Navýšení kapacit ubytování a bydlení, navýšení LO $P_{\text{celk}}$ a $P\text{-PO}_4$ za předpokladu horší účinnosti odstraňování fosforu v rozvojových lokalitách .....	184

Tabulka 7.1.4 Navýšení kapacit ubytování a bydlení, navýšení LO  $P_{\text{celk}}$  a  $P\text{-PO}_4$  za předpokladu lepší účinnosti odstraňování fosforu v rozvojových lokalitách..... 185

## SEZNAM OBRÁZKŮ



Obrázek 1.1.1 Závislosti celkového ročního počtu docházek (D) za účelem rybolovu v nádrži Lipno v období 2005–2024 na: (a) ročním počtu úspěšných rybářů (ÚR), kteří ulovili alespoň jednu rybu; (b) ročním množstvím ulovených ryb ( $m_R$ , kg/rok).....	19
Obrázek 1.2.1 Krabicový graf porovnávající koncentrace $P_{\text{celk}}$ a chlorofylu-a naměřené ve vzorcích PVL „VN Lipno Frymburk-směsný“ (z vrstvy 0–3 m) a ve vzorcích HBÚ odebíraných na stejném místě z hloubek 0, 1, 2, 3 a 4 m prostřednictvím ZŠ Frymburk v měsících duben až říjen v letech 2019–2024.....	21
Obrázek 1.3.1 Dlouhodobé změny průměrných ročních hodnot teploty vody v hladinové vrstvě lipenské nádrže u hráze a teploty vzduchu (klimatická stanice Vyšší Brod, ČHMÚ). ....	22
Obrázek 1.3.2 Dlouhodobé změny teploty vody v jednotlivých měsících pro období 1978–2024.....	23
Obrázek 1.3.3 Fenologické změny teploty povrchové vody na hrázi vodní nádrže Lipno.....	24
Obrázek 1.3.4 Dlouhodobé trendy vybraných parametrů charakterizujících teplotní anomálie vody (analogické vlnám veder v meteorologii) .....	24
Obrázek 1.3.5 Dlouhodobé trendy ročních průměrů, minim a maxim koncentrací $P_{\text{celk}}$ , $\text{NH}_4\text{-N}$ a $\text{NO}_3\text{-N}$ v nádrži Lipno v profilu hráze u hladiny naměřených během celého roku (I–XII).....	26
Obrázek 1.3.6 Koncentrace $P_{\text{celk}}$ v nádrži Lipno v profilu Frymburk v hladinové vrstvě 0–4 m v letech 1994–2024. Zpracováno z dat HBÚ.....	27
Obrázek 1.3.7 Vývoj ročních minim, průměrů a maxim vybraných ukazatelů jakosti vody v profilu VN Lipno Hráz hladina v letech 2006–2024 .....	28
Obrázek 1.3.8 Vývoj ročních minim, průměrů a maxim vybraných ukazatelů jakosti vody v profilu VN Lipno Hráz – dno a 15 m v letech 2006–2024.....	28
Obrázek 1.3.9 Vývoj ročních minim, průměrů a maxim vybraných ukazatelů jakosti vody v profilu VN Lipno Frymburk – hladina v letech 2006–2024 .....	29
Obrázek 1.3.10 Vývoj ročních minim, průměrů a maxim vybraných ukazatelů jakosti vody v profilu VN Lipno Frymburk – dno a 8 m v letech 2006–2024.....	29
Obrázek 1.3.11 Vývoj ročních minim, průměrů a maxim vybraných ukazatelů jakosti vody v profilu VN Lipno Dolní Vltavice – hladina v letech 2006–2024 .....	30
Obrázek 1.3.12 Vývoj ročních minim, průměrů a maxim vybraných ukazatelů jakosti vody v profilu VN Lipno Dolní Vltavice – dno a 8 m v letech 2006–2024 .....	30
Obrázek 1.3.13 Vývoj ročních minim, průměrů a maxim vybraných ukazatelů jakosti vody v profilu VN Lipno Horní Planá – hladina v letech 2006–2024 .....	31
Obrázek 1.3.14 Vývoj ročních minim, průměrů a maxim vybraných ukazatelů jakosti vody v profilu VN Lipno Horní Planá – dno v letech 2006–2024 .....	31
Obrázek 1.3.15 Vývoj ročních minim, průměrů a maxim vybraných ukazatelů jakosti vody v profilu Vltava – Pěkná v letech 2006–2024.....	32
Obrázek 1.3.16 Vývoj naměřených hodnot (vlevo) a ročních průměrů (vpravo) vybraných ukazatelů jakosti vody v surové vodě ÚV Loučovice a v profilu VN Lipno hráz 10 m v období 2004–2024:.....	33
Obrázek 1.3.17 Průměrný sezónní vývoj fytoplanktonu v profilu Frymburk za období 1994–2024. Data HBÚ. ....	34
Obrázek 1.3.18 Dlouhodobé trendy ročních průměrných hodnot abundance sinic, koncentrace chlorofylu-a a průhlednosti v monitoringu tří koupacích míst sledovaných jihočeskou KHS v letech 2005–2024. ....	35
Obrázek 1.3.19 Dlouhodobé trendy hlavních parametrů charakterizujících kvalitu vody (průměry ze všech odběrových míst, data Povodí Vltavy, 2006–2023). ....	37
Obrázek 1.3.20 Dlouhodobé trendy průměrných ročních hodnot objemové biomasy fytoplanktonu a koncentrací chlorofylu-a. ....	39
Obrázek 1.3.21 Roční průměrná množství a složení fytoplanktonu v profilu Frymburk v jednotlivých letech. ....	39
Obrázek 1.3.22 Průměrné hodnoty celoroční biomasy jednotlivých skupin fytoplanktonu v jednotlivých dekádách. ....	39
Obrázek 1.3.23 Dlouhodobé změny biomasy potenciálně toxických sinic v období červen–listopad. ....	40
Obrázek 1.3.24 Průměrné složení biomasy fytoplanktonu v období červen–listopad po jednotlivých dekádách.....	40

Obrázek 1.3.25 Stratifikace teploty vody v nádrži Lipno od dubna do října 2000 .....	42
Obrázek 1.3.26 Stratifikace rozpuštěného kyslíku v nádrži Lipno od dubna do října 2020 .....	42
Obrázek 1.3.27 Vývoj koncentrace $P_{\text{celk}}$ v různých hloubkách vodního sloupce nádrže Lipno v profilech VN Lipno Hráz, Frymburk, Dolní Vltavice a Horní Planá v období 2020–2024. ....	43
Obrázek 1.3.28 Vývoj koncentrace $PO_4\text{-P}$ v různých hloubkách vodního sloupce nádrže Lipno v profilu Hráz v roce 2000 a v odtoku z nádrže (tj. z hloubky cca 10 m) v období 2020–2024 .....	43
Obrázek 1.3.29 Vývoj koncentrace $NH_4\text{-N}$ v různých hloubkách vodního sloupce nádrže Lipno v profilech VN Lipno Hráz, Frymburk, Dolní Vltavice a Horní Planá v období 2020–2024.....	44
Obrázek 1.3.30 Vývoj koncentrace $NO_3\text{-N}$ v různých hloubkách vodního sloupce nádrže Lipno v profilech VN Lipno Hráz, Frymburk, Dolní Vltavice a Horní Planá v období 2020–2024.....	44
Obrázek 1.3.31 Vývoj koncentrace chlorofylu-a v různých hloubkách vodního sloupce nádrže Lipno v profilech VN Lipno Hráz, Frymburk, Dolní Vltavice a Horní Planá v období 2000–2024.....	45
Obrázek 1.3.32 Vývoj hodnot průhlednosti měřené Secchiho deskou v nádrži Lipno v profilech VN Lipno Hráz, Frymburk, Dolní Vltavice a Horní Planá v období 2000–2024. ....	45
Obrázek 1.3.33 Vývoj množství fosforu v komunálních odpadních vodách vypouštěných z čistíren odpadních vod a z nevidovaných zdrojů v povodí nádrže Lipno I v období 1991–2024. Neevidované zdroje zahrnují malé ČOV bez evidence vypouštění P, domovní ČOV, difúzní komunální zdroje, odlehčení jednotných kanalizací a odhad komunálních zdrojů v bavorské části povodí Studené Vltavy. ....	46
Obrázek 1.3.34 A – Roční počty docházek k nádrži Lipno za účelem rybolovu, počet rybářů celkem, .....	48
Obrázek 1.3.35 Nádrž Lipno v období 1958–2024: A – celkové roční úlovky a násady ryb včetně podílu kapra, B – množství fosforu, která se do nádrže dostávala v násadách a vnaďení, fosfor, který byl z nádrže odstraněn v úlovcích, a celkové bilance fosforu .....	49
Obrázek 1.3.36 Vývoj úlovků nejméně lovených druhů ryb v nádrži Lipno za celé období její historie 1958–2024:...	50
Obrázek 1.4.1 (a) Průběhy průměrných ročních koncentrací $P_{\text{celk}}$ v celkovém přítoku do nádrže ( $P_i$ ), v nádrži ( $P$ ; objemově vážená koncentrace) .....	53
Obrázek 1.4.2 Srovnání naměřených průměrných ročních objemově vážených koncentrací $P_{\text{celk}}$ v nádrži Lipno .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 1.4.3 Srovnání naměřených a simulovaných průměrných ročních koncentrací $P_{\text{celk}}$ v nádrži Lipno.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 1.4.4 Scénářové výpočty koncentrace $P_{\text{celk}}$ v nádrži Lipno při různém zatížení: <b>Chyba! Záložka není definována.</b>	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 1.4.5 Měsíční přísun, odtok a množství $P_{\text{celk}}$ v nádrži Lipno v období 2015–2024. ....	58
Obrázek 1.4.6 Průměrný přísun, odtok, retence a množství $P_{\text{celk}}$ v nádrži Lipno v jednotlivých měsících roku v období 2015–2024.....	59
Obrázek 2.1.1 Přehledná mapa profilů jakostního a hydrologického monitoringu .....	61
Obrázek 2.3.1 Základní řady a trendy v profilu Teplá Vltava – Kvilda.....	68
Obrázek 2.3.2 Základní řady a trendy v profilu Teplá Vltava – nad Lenorou .....	70
Obrázek 2.3.3 Základní řady a trendy v profilu Řasnice – nad Lenorou .....	72
Obrázek 2.3.4 Základní řady a trendy v profilu Houženský potok – nad Lenorou.....	74
Obrázek 2.3.5 Základní řady a trendy v profilu Teplá Vltava pod Lenorou .....	76
Obrázek 2.3.6 Základní řady a trendy v profilu Volarský potok – pod Volary.....	78
Obrázek 2.3.7 Základní řady a trendy v profilu Studená Vltava – Černý Kříž .....	80
Obrázek 2.3.8 základní řady a trendy v profilu Vltava – Pěkná .....	82
obrázek 2.3.9 Základní řady a trendy v profilu Olšina – Hodňov.....	84
obrázek 2.3.10 Základní řady a trendy v profilu Černý potok – ústí.....	86
Obrázek 2.3.11 Základní řady a trendy v profilu Jezerní potok – ústí .....	88
Obrázek 2.4.1 dělení povodí VN Lipno do pracovních subpovodí a typ monitoringu.....	89
Obrázek 2.4.2 Koncentrace $P_{\text{celk}}$ v nádrži Olšina za roky 2019 až 2024 .....	104
Obrázek 2.4.3 Koncentrace P-PO4 v nádrži Olšina za rok 2019 až 2024 .....	104
Obrázek 2.4.4 Koncentrace $P_{\text{celk}}$ v profilech monitoringu povodí Olšiny .....	104
Obrázek 2.4.5 Koncentrace P-PO4 v profilech monitoringu povodí Olšiny.....	104
Obrázek 2.4.6 Subpovodí Olšiny a profily pravidelného monitoringu.....	107
obrázek 4.1.1 Roční vnos celkového fosforu z ČOV v povodí Lipna .....	113
Obrázek 4.3.1 Regresní model závislost času odlehčování na kanalizované ploše na 1 EO.....	117

Obrázek 4.5.1 Příklad vymezení zastavěných oblastí a dělení podle typu nakládání s OV a pracovních jednotek subpovodí .....	122
Obrázek 4.5.2 Měsíční nerovnoměrnost v RVS v okolí VN Lipno.....	124
Obrázek 4.5.3 Absolutní a relativní vnos $P_{\text{celk}}$ za rok z difúzních zdrojů znečištění .....	127
Obrázek 4.6.1 Roční produkce fosforu z chovaných zvířat v katastrech povodí VN Lipno.....	130
Obrázek 5.2.1 Struktura osob přítomných na území obce Lipno nad Vltavou během dnů v týdnu v jednotlivých ročních obdobích .....	140
Obrázek 6.1.1 Podíl jednotlivých zdrojů na celkovém množství pro ukazatel celkový fosfor .....	144
Obrázek 6.1.2 Význam jednotlivých složek LO celkového fosforu pro jednotlivá subpovodí .....	145
Obrázek 6.1.3 Podíl jednotlivých zdrojů na celkovém množství pro ukazatel fosforečnanový fosfor.....	149
Obrázek 6.1.4 Význam jednotlivých složek LO fosforečnanového fosforu pro jednotlivá subpovodí.....	150
Obrázek 6.2.1 Pastviny v povodí Hamerského potoka .....	155
Obrázek 6.2.2 Další pastviny v povodí Hamerského potoka .....	155
Obrázek 6.2.3 Odkanalizování obce Přední Výtoň .....	156
Obrázek 6.2.4 Pastviny v povodí Perneckého potoka .....	157
Obrázek 6.2.5 Další pastviny v povodí Perneckého potoka.....	157
Obrázek 6.2.6 Pastviny v povodí Slatinného potoka.....	158
Obrázek 6.2.7 Pastviny v povodí Ostřice .....	159
Obrázek 6.2.8 Difúzní zdroj znečištění nepřipojené zástavby s možnou redukcí v návesním rybníků (Posudov)....	161
Obrázek 6.2.9 Pastviny v povodí Černého potoka (Vřesná) .....	162
Obrázek 6.2.10 Pastviny a pastviny s projevy rizikového hospodaření v mezipovodí LB .....	167
Obrázek 6.2.11 Pastviny a pastviny s projevy rizikového hospodaření v mezipovodí PB.....	170



## Seznam zkratek

AV ČR	Akademie věd České republiky
BPT	bentický a pelagický tenatní (průměr z obou)
BSK5	biologická spotřeba kyslíku pětidenní
BT	bentický tenatní
BZZ	bodový zdroj znečištění
CARC	Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČOV	čistírna odpadních vod
DČOV	domovní čistírna odpadních vod
DJ	dobytčí jednotka
EO	ekvivalentní obyvatel
EQR	ecological quality ratio
HBÚ	Hydrobiologický ústav
ID	identifikátor
LB	levý břeh
LG stanice	limnigrafická stanice
LO	látkový odnos
NA	z angl. Not Available, nedostupná data
MS	mez stanovitelnosti analytické metody
N <sub>celk</sub>	celkový dusík
N-NO <sub>3</sub>	dusičnanový dusík
N-NH <sub>4</sub>	amoniakální dusík
OK	odlehčovací komora
OV	odpadní voda
P	fosfor
PB	pravý břeh
P <sub>celk</sub>	celkový fosfor
P-PO <sub>4</sub>	fosforečnanový fosfor
PT	pelagické tenatní
PVL	Povodí Vltavy, státní podnik
Q	průtok
RSO	registr sčítacích obvodů
RSV	Rámcová směrnice o vodách, Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a rady
TOC	celkový organický uhlík
VD	vodní dílo
VN	vodní nádrž
VUMPE	vybrané údaje majetkové a provozní evidence

# 1 Popis současného stavu nádrže

## 1.1 Soustředění a porovnání dat

### 1.1.1 Hydrologická a klimatická data

Provozní data o nádrži Lipno zahrnovala údaje Povodí Vltavy, státní podnik (PVL), z hráze Lipno I v 7:00 pro kótu hladiny, bilanční průměrný denní přítok do nádrže, odtok do řeky, teplotu vody u hladiny a denní úhrn srážek. Průměrný denní přítok do nádrže hlavním přítokem, tj. řekou Vltavou v profilu Pěkná, byl odvozen hydrologickou analogií z dat Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) o průtoku ve výše položených profilech Studená Vltava – Černý Kříž a Teplá Vltava – Chlum. Z hodnot celkového přítoku do nádrže a průtoku v profilu Vltava-Pěkná byl jako rozdíl vypočten přítok do nádrže z mezipovodí od profilu Pěkná k profilu hráz Lipno I. Výpočet byl proveden v měsíčním kroku a výsledné měsíční průtoky v profilu Pěkná a v přítoku z mezipovodí byly korigovány, pokud nesouhlasily o více než  $\pm 25\%$  s teoretickým poměrem 0,53:0,47, který by měl platit pro poměr odtoků z horní a dolní části povodí nádrže (na základě jejich ploch a průměrných nadmořských výšek).

Klimatická data (teplota vzduchu, srážky) pocházejí ze stanice ČHMÚ Černá v Pošumaví (nadmořská výška 740 m).

### 1.1.2 Jakostní data

K charakterizaci kvality vody v nádrži a v povodí byla použita následující data:

- a) Data z pravidelného sledování v měsíčních intervalech prováděného PVL v nádrži během vegetační sezóny (obvykle duben až říjen) v profilech: VN Lipno I hráz hladina (2514; 48.6332156N, 14.2360861E), VN Lipno Horní Planá (8320; 48.7590489N, 14.0180453E); VN Lipno Dolní Vltavice (8300; 48.6917058N, 14.0726225E); VN Lipno Frymburk (8200; 48.6582753N, 14.1630236E) a z odtoku celoročně: VN Lipno odtok (8130; 48.6328408N, 14.2415589E). Při ilustraci současného stavu nádrže a objasnění procesů v nádrži primárně vycházíme z referenčního období 2019–2024, pro vyhodnocení dlouhodobého vývoje jsou používána data od roku 1991. Pro bilanční hodnocení zatížení nádrže fosforem a jeho retence v nádrži bylo použito období od roku 1991–2024. Analýzy živin byly prováděny metodami odpovídajícími standardům ISO, s mezemi stanovitelnosti (<MS)  $P_{\text{celk}}$  0,016 mg/l (rozšířená nejistota 20 % pro koncentrace pod 0,2 mg/l);  $P_{\text{celk}}$  po filtraci 0,003 mg/l;  $N\text{-NO}_3$  0,023 mg/l (2004–2010), popř. 0,012 mg/l (2011–2020);  $N\text{-NH}_4$  0,039 mg/l (2004–2010, 2019–2020), popř. 0,008 mg/l (2011–2018). Při vyhodnocení a ve výpočtech byly hodnoty pod mezí stanovitelnosti udávané jako „<MS“, nahrazeny 71% hodnotou dané MS (Palarea-Albaladejoa a Martín-Fernández 2013).
- b) Historická data o koncentracích živin ( $N\text{-NO}_3$ ,  $N\text{-NH}_4$ ,  $P_{\text{celk}}$ ) a průhlednosti pocházejí ze sledování nádrže Lipno v pěti letech 1964–1966 a 1968–1969, které prováděla Hydrobiologická laboratoř ČSAV, Praha. Data byla částečně publikována ve sborníku Hydrobiological Studies 3 (Brandl 1973a,b) a převzata z tohoto zdroje, ostatní data byla získána digitalizací z původních protokolů Zdeňka Brandla. Stanovení  $N\text{-NO}_3$  se provádělo po redukci dusičnanu na dusitan hydrazinem

nebo na amalgamu Cd (Procházková 1959, Grasshoff 1964) spektrofotometrickou metodou stanovení dusitanu (Rider a Mellon 1946), s odhadem meze stanovitelnosti metody 0,01 mg/l. Stanovení N-NH<sub>4</sub> se provádělo bis-pyrazolonovou metodou (Procházková 1964) do 12 hodin po odběru; odhad meze stanovitelnosti je 0,005 mg/l. Celkový fosfor (P<sub>celk</sub>) se stanovoval po oxidaci vzorků kyselinou chloristou podle Proctor a Hood (1854); odhad meze stanovitelnosti je 0,003 mg/l.

- c) Data z odběrů pro sledování vybraných ukazatelů trofické úrovně nádrže (průhlednost, koncentrace P<sub>celk</sub>, PO<sub>4</sub>-P, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, Si, chlorofylu-a (chl-a), biomasa a druhové složení fytoplanktonu), které od rok 1993 prováděla ZŠ Frymburk (Mgr. Zuzana Frantálová, Mgr. František Frantál) ve spolupráci s Hydrobiologickým ústavem Biologického centra AV ČR (HBÚ) v profilu Frymburk-přívaz (48.6582753N, 14.1630236E). Vzorky byly odebírány v 2týdenních intervalech během období roku bez ledové pokrývky, tj. většinou od března do konce listopadu, z horní 4m vrstvy nádrže (slévaný vzorek z vrstev 0, 1, 2, 3 a 4 m vzorkovaných Mayerovou lahví). Vzorky pro chemické analýzy byly při odběru přecezeny přes nylonové sítko s oky 0,2 mm a pro analýzy P<sub>celk</sub>, NH<sub>4</sub>-N a NO<sub>3</sub>-N byly uchovávány zmražené bez filtrace, a pro analýzu PO<sub>4</sub>-P byly uchovávány zmražené po filtraci přes filtry skelných vláken s póry 0,4 μm (typ GF-5, Macherey Nagel, Německo). Vzorky pro stanovení chl-a byly nafiltrány ve dvou opakováních na filtry ze skelných vláken s póry 0,4 μm a do analýzy byly uchovávány zmražené nad silikagelem. Meze stanovitelnosti jednotlivých analytů byly: P<sub>celk</sub> 0,003 mg/l; P-PO<sub>4</sub> 0,001 mg/l; N-NO<sub>3</sub> 0,005 mg/l; N-NH<sub>4</sub> 0,001 mg/l; Si 0,05 mg/l; chlorofyl-a 0,5 μg/l. Vzorky pro stanovení biomasy fytoplanktonu byly konzervovány kyselým Lugolovým činidlem; biomasa fytoplanktonu byla počítána metodou podle Utermöhla na inverzním mikroskopu (Olympus IMT-2; Lund et al., 1958); velikosti buněk byly hodnoceny podle literatury (Hillebrand et al. 1999).
- d) Dlouhodobé trendy teploty vody u hladiny a fenologické posuny byl hodnoceny v období 1978–2024. Data o hladinové teplotě vody (Tw) měřené Povodím Vltavy, s.p. v oblasti hráze byla nejprve vyčištěna s cílem detekce a opravy zjevných chyb, doplnění neúplností, a provedení úprav, které si vyžádala potřeba práce s homogenní datovou sadou. Za prvé, izolované hodnoty Tw, které vybočovaly z jinak málo se měnící časové sekvence hodnot o více než 3 °C, byly nahrazeny buďto průměrnou hodnotou (např. ...5,4–5,6–10,1–5,8–5,9... změněno na ...5,4–5,6–5,7–5,8–5,9...), nebo, v případech pravděpodobných překlepů a chyb při digitalizaci, předpokládanou správnou hodnotou (např. ...18,6–18,4–13,5–18,4–18,2... změněno na ...18,6–18,4–18,5–18,4–18,2...). Za druhé, chybějící hodnoty časové řady byly doplněny lineární interpolací, následovanou zaokrouhlením na jedno desetinné místo (např. ...3,3–Ø–Ø–Ø–Ø–3,5... změněno na ...3,3–3,3–3,4–3,4–3,5–3,5...). Za třetí, pro období listopad–březen byly hodnoty Tw v rozmezí 0–1 °C (jakož i záporné hodnoty) nahrazeny hodnotou 0,5 °C. Pro srovnání časového průběhu průměrných ročních hodnot teploty vody byla použita časová řada průměrných ročních hodnot měření teploty vzduchu na stanici ČHMÚ Vyšší Brod, která je nejbližší stanicí se stejným časových pokrytím.
- e) Fenologické posuny teplotního režimu nádrže byly vyhodnoceny na základě stanovení pořadového data (PD = pořadí dne v roce), kdy byla v nádrži určitá teplota zaznamenána poprvé a naposledy, tyto dny značíme pro teplotu Tw jako PD1Tw a PDΩTw. (např. první den kdy se vyskytla teplota 20 °C = PD120°C). Vyhodnocovali jsme jak se pořadová data prvního a posledního výskytu Tw liší pro různé teploty a jak se mění v průběhu analyzované časové řady.

Hodnotili jsme dlouhodobé průměry a trendy pro  $PD1Tw$  a  $PD\Omega Tw$  a také pro jejich rozdíl,  $PDdiffTw$ , (definovaný jako  $PD\Omega Tw - PD1Tw + 1$ ), vyjadřující délku období mezi prvním a posledním výskytem dané teploty. Z lineárních trendů jsme rovněž vypočetli teoretická pořadová data prvního a posledního výskytu dané teploty na začátku a na konci časové řady, tedy pro roky 1978 a 2024. Tyto hodnoty nezávisí na konkrétních hodnotách  $PD1Tw$  a  $PD\Omega Tw$  v těchto letech a lépe vyjadřuje změnu ke které došlo za sledované období, graficky se jedná o koncové body přímků zobrazujících trend vypočtený lineární regresí.

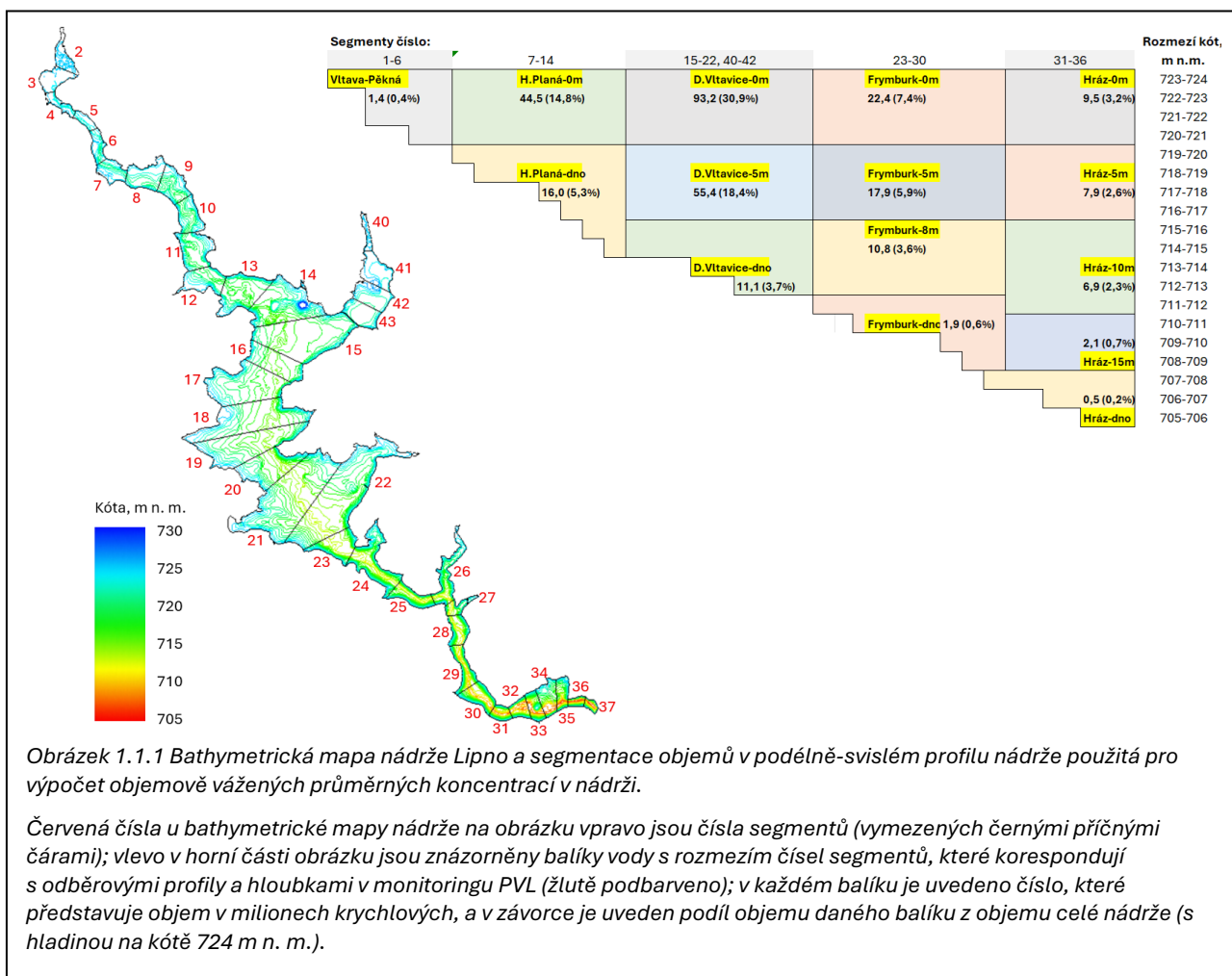
- f) Posledním z teploty odvozeným parametrem je výskyt teplotních anomálií, což je v tomto případě termín ekvivalentní k termínu vlny veder používaném v meteorologii pro označení období nadměrně horkého počasí. Teplotní anomálie byly detekovány standardní metodou používanou v oceánografii, kterou navrhli Hobday et al. (2016), jako období alespoň pěti po sobě následujících dnů, kdy teplota vody,  $T_w$ , překročila sezónně se měnící prahovou hodnotu  $T_{wprah}$ , vypočtenou pro každý kalendářní den v roce na základě dlouhodobé časové řady jako 90. percentil hodnot  $T_w$ . Devadesátý percentil byl vypočítán pro každý kalendářní den ze všech roků časové řady v rámci klouzavého jedenáctidenního časového okna se středem v daném datu a následně vyhlazen použitím 31denního klouzavého průměru se středem v daném datu. Dvě události (anomálie) s přestávkou kratší než 3 dny byly považovány za jednu událost. Sezónně se měnící prahová hodnota umožňuje identifikovat anomálně teplá období kdykoli během roku včetně zimních měsíců (Hobday et al. 2016). Vyhodnocovali jsme počet dnů v jednotlivých letech, které byly na základě výše uvedených kritérií klasifikovány jako teplotní anomálie a jak se tato hodnota mění během analyzovaného období.
- g) Statistické vyhodnocení teplotních dat: Pro každou lokalitu jsme jako základní parametry vypočetli u každé veličiny zejména její průměrnou hodnotu za sledované období a lineární trend pomocí lineární regrese. Trend jsme vyjadřovali jako velikost změny dané veličiny za dekádu. Při vyhodnocení jsme dali přednost lineární regresí před populárními neparametrickými metodami jako je Mann-Kendallův test a Senův odhad směrnice trendu, protože z parametrů lineární regrese lze počítat další veličiny.
- h) Data z pravidelného sledování vybraných hygienických ukazatelů stavu koupacích vod (průhlednost, koncentrace  $P_{celk}$  a chlorofylu  $a$ , počet buněk sinic) prováděného pracovníky Krajské hygienické stanice Jihočeského kraje se sídlem v Českých Budějovicích. Vzorky byly odebírány ze třech provozovaných přírodních koupališť (VN Lipno – pláž Lipno nad Vltavou; 48.6381439N, 14.2219739E, VN Lipno – pláž Černá v Pošumaví, 48.7377883N, 14.0992672E, a VN Lipno – pláž Horní Planá, 48.7594914N, 14.0223175E). Vzorky byly odebírány dle metodiky uvedené ve vyhlášce č. 238/2011 Sb během koupací sezóny, pro analýzu časového vývoje kvality vody bylo použito období 2006–2024, tj. veškeré dostupné údaje k datu zpracování studie.
- i) Datový soubor výsledků analýz surové vody ve vodárně Loučovice, ČEVAK, která se odebírá z nádrže Lipno I potrubím DN 1200 mm s kótou osy vtoku 714,62 m n.m., tj. v hloubce cca 10 m, když je v nádrži naplněný zásobní prostor (ke kótě 724,9 m n.m.). K hodnocení byly použity z tohoto datového souboru koncentrace  $P-PO_4$ ,  $P_{celk}$ ,  $N-NO_3$ ,  $N-NH_4$  v období 2004–2020. Meze stanovitelnosti udané v datovém souboru pro jednotlivé analyty byly:  $P-PO_4$  0,016 mg/l (2004–2010), popř. 0,007 mg/l (2011–2020);  $P_{celk}$  0,016 mg/l;  $N-NO_3$  0,023 mg/l (2004–2010), popř. 0,012 mg/l (2011–2020);  $N-NH_4$  0,039 mg/l (2004–2010, 2019–2020), popř. 0,008 mg/l (2011–2018). Při vyhodnocení a ve výpočtech byly hodnoty pod mezí stanovitelnosti udávané jako „<MS“, nahrazeny 71% hodnotou udané MS (Palarea-Albaladejoa a Martín-Fernández 2013).

- j) Pro vyhodnocení přírodního pozadí koncentrací živin a rozpuštěných organických látek, tj.  $P_{\text{celk}}$ ,  $P\text{-}PO_4$ ,  $N\text{-}NO_3$ ,  $N\text{-}NH_4$  a rozpuštěný organický uhlík (DOC), byly použito 12 odběrových profilů na tocích, které nemají v povodí žádné komunální zdroje znečištění ani rozsáhlejší podíl zemědělsky využívaných ploch, tj. jsou převážně zalesněny. Jedná se o 4 profily sledované PVL: potok Světlá (2571; 48.8342986N, 13.8051822E) u obce Nové Údolí, v období 2019–2024; Teplá Vltava v obci Kvilda (2501; 49.0152303N, 13.5794261E) v období 2019–2024; Pestřice nad ústím do nádrže Lipno (2571; 48.6977175N, 14.0285667E) v letech 1998, 2020, 2023 a 2024; Smrčinský potok nad ústím do nádrže Lipno (10; 48.7747133N, 13.9724811E) v roce 2024; 3 přítoky do Plešného jezera sledované HBÚ v letech 1998–2018 (Kopáček a kol. 2018): povrchový přítok PL-II (48.7750258N, 13.8624703E), povrchový přítok PL-III (48.7742464N, 13.8635406E); podzemní přítok PL-IV (48.7742464N, 13.8635406E); 5 potoků, které monitorovala Správa Národního parku Šumava (NPŠ), přičemž vzorky byly analyzovány v laboratoři HBÚ: Vltavský potok (48.9828108N, 13.6603142E) v období 1999–2007; Volarský potok nad městem Volary (48.9283444N, 13.8755856E) v období 1999–2007; Hučina (48.8597075N, 13.8741989E) v období 2013–2024; Žlebský potok (48.8996169N, 13.8299183E) v období 2015–2024; Jedlový potok (48.8964672N, 13.8433522E) v období 2015–2024.
- k) Látkové odnosy fosforu z povodí jednotlivých přítoků a z jiných zdrojů (výpusti odpadních vod atd.) byly počítány v měsíčním kroku, metodou násobení průměrného měsíčního průtoku a koncentrace fosforu v bodovém vzorku odebraném v daném měsíci. V případě, že bylo vzorků v jednom měsíci odebráno více, použil se aritmetický průměr naměřených koncentrací bez ohledu na průtok během odběru. V případě, že měření v některém měsíci nebo v delším období chyběla, byla chybějící měsíční data doplněna lineární interpolací mezi nejbližšími naměřenými daty. Roční odnosy byly vypočteny jako součet měsíčních odnosů v dané roce. Podělením ročního látkového odnosu a ročního průtoku vody (po převodu na objemové jednotky) byla získána průtokově vážená koncentrace.
- l) Pro účely modelování fosforu v nádrži byly počítány objemově vážené průměrné koncentrace v nádrži. Výpočet se prováděl na základě koncentrací naměřených PVL v profilech a hloubkách Lipno-hráz: 0 m, popř. směsný vzorek, 5 m, 10 m, 15 m, dno; Frymburk: 0 m, popř. směsný vzorek, 5 m, 8 m, dno; Dolní Vltavice: 0 m, popř. směsný vzorek, 5 m, dno; Horní Planá: 0 m, popř. směsný vzorek, dno; Vltava-Pěkná. Z hodnot v těchto profilech byl vypočten objemově vážený průměr za celou nádrž jako součet součinů naměřených koncentrací a relativního podílu objemu balíků vody kolem těchto míst odběru, jak uvádí Obrázek 1.1.1. Výpočty byly provedeny s měsíčním krokem pro období 2006–2024, v případě chybějících dat (jak časových, tedy zejména pro období listopad–březen, tak někdy i prostorových data v některých hloubkách či profilech) byla chybějící data doplněna lineární interpolací mezi nejbližšími naměřenými daty. Roční průměr z těchto objemově vážených měsíčních průměrů byly vypočteny jako prostý průměr z 12 měsíců.

### 1.1.3 Komunální odpadní vody v povodí vzdutí nádrže Lipno I

Údaje o vypouštění odpadních vod z ČOV byly získány z evidence PVL a z provozních dat ČEVAK a.s., která provozuje kanalizace a ČOV u většiny sídel v povodí vzdutí nádrže Lipno, a AQUAŠUMAVA s.r.o., která působí převážně výše v povodí, např. provozuje kanalizace a ČOV v obcích Nová Pec, Želnavá, Horní Vltavice a Kvilda. Výpočty látkových toků z ČOV byly provedena na základě co nejpodrobnějších dat, které byly k dispozici (tj. v některých případech i vícekrát za měsíc, jako např. pro ČOV Lipno nad Vltavou, Frymburk, Horní Planou, Volary; u menších ČOV ovšem pouze roční

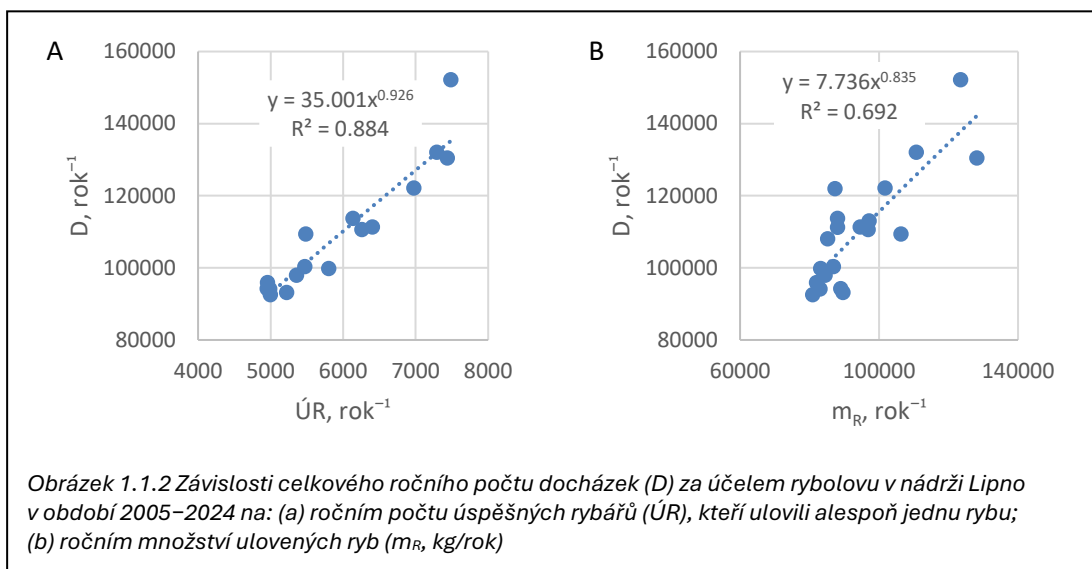
data). Výpočet byl v měsíčním kroku podle zásad uvedených výše v bodu k). Postup získání hodnot pro nevidované výpusti (domovní čistírny, odnos z chatových kolonií atd.) je v kapitole 4.



#### 1.1.4 Rybolov

Údaje o rybolovu na nádrži Lipno byly zpracovány z ročenek Jihočeského územního svazu ČRS "Komplexní rozbor hospodaření a rybolovu" za roky 1958–2024 a dále byly použity údaje z evidenčního listu rybářského revíru Údolní nádrž Lipno, výkaz úlovků sítěmi. Hodnoceny byly úlovky a vysazování druhů ryb v počtech a biomasách. Pro vyhodnocení přísunu a odběru živin (P, N) v souvislosti s rybolovem ČRS byl proveden přepočtení živé hmotnosti ryb na množství fosforu podle specifického obsahu P v druzích ryb publikovaného Rotscheinem et al. (1993); u druhů bez dostupného údaje o koncentraci P byl použit prostý průměr všech ostatních druhů, tj. 7,4 g/kg. Pro výpočet obsahu uhlíku a dusíku v rybách byly použity průměrné hodnoty ve sladkovodních rybích druzích: C – 117 g/kg a N – 29 g/kg (Sterner, George 2000; Tanner et al. 2000, Hendrixson et al. 2006). Sušina v biomase ryb byla uvažována jako 25,8 % (Rotschein et al. 1983). U ročníků 0 a 1 byly v údajích ČRS většinou k dispozici pouze počty ryb, proto byla jejich biomasa odhadnuta podle obvyklé průměrné kusové hmotnosti (bolen násada – 50 až 70 g/ks; candát roček – 10 g/ks; candát rychlený – 5 g/ks; maréna, peled' plůdek – 1 g/ks; maréna, peled' násada – 10 až 80 g/ks; mník plůdek – 1 g/ks; štika rychlená – 8 g/ks; úhoř monté – 0,7 g/ks; Jan Kubečka, osobní sdělení).

Živinné zatížení, které se dostávalo do nádrže v důsledku vnaďení zejména při lovu kapra, bylo odhadnuto na základě analýzy živiny ve vnaďicích krmivech a odhadu jejich použitých množství. Složení vnaďicích krmiv bylo prověřeno analýzou výběru komerčních typů na trhu ČR v r. 2005 a hlavních potravin, které se běžně pro vnaďicí směsi používají, např. brambory, obilný šrot, lněné semeno, hrách, a je popsáno ve studii Problematika jakosti vody a ekologického potenciálu nádrže Lipno v období 1991–2012 (Hejzlar a kol. 2013). Na základě údajů z této analýzy a odhadu četnosti použití (podle převrácené hodnoty ceny jejich jednotkové hmotnosti – při předpokladu, že čím je vnaďení dražší, tím méně se používá) byl vážený průměr koncentrace P ve vnaďení 4,4 mg/g. Množství vnaďení použitého ročně v nádrži Lipno bylo vypočteno z počtu docházek s účelem lovení kapra (stanoven z celkového počtu docházek vynásobením součinitelem 0,8 založeném na informaci z



ročenek ČRS o tom, že  $80 \pm 7$  % rybářů v letech 1994–2024 úspěšně lovilo kapra), a s předpokladem, že při jedné docházce se použilo průměrně 1 kg vlhkého vnaďicího krmiva. Celkové počty docházek, jakožto nejpřesnější míry intenzity rybolovu, byly evidované až v letech 2005–2024, nicméně s relativně dobrou spolehlivostí je bylo možné zrekonstruovat pro celé hodnocené období z regresních vztahů k jiným evidovaným veličinám, tj. k počtu úspěšných rybářů anebo k množství ulovených ryb na udici (Obrázek 1.1.1). Pro období 1994–2004 byla použita mocnná závislost počtu docházek ( $D$ ) na počtu úspěšných rybářů ( $ÚR$ ):  $D = 35,0 \times ÚR^{0,926}$  ( $R^2 = 0,884$ ;  $n = 16$ ;  $p < 0,01$ ) a pro období 1990–2003 závislost počtu docházek na hmotnosti ulovených ryb ( $m_R$ ; kg/rok):  $D = 7,74 \times m_R^{0,835}$  ( $R^2 = 0,692$ ;  $n = 20$ ;  $p < 0,01$ ).

### 1.1.5 Modelování retence fosforu v nádrži

Pro zjišťování intenzity procesů, které v nádrži Lipno vedou ke snižování koncentrace fosforu a přirozenému zlepšení kvality vody, a pro predikce koncentrace fosforu při změně zatížení přítokem z povodí, byl použit empirický model založený na matematickém popisu závislosti retence fosforu na hydraulice nádrže podle Chapra (Chapra 1975; Reckhow, Chapra 1983). Model používá základní rovnici s retencí  $R$ :

$$P = P_i(1 - R)$$

kde:  $P$  – průměrná objemově vážená koncentrace fosforu ( $P_{\text{celk}}$ ) v nádrži;  $P_i$  – průtokově vážená koncentrace fosforu v celkovém přítoku do nádrže, tj. podíl množství fosforu ve všech zdrojích (přítoky, vypusti odpadních vod, atmosférická depozice, rybářství atd.) a celkového vstupu vody do nádrže;  $R$  – retence [-] nabývající obvykle hodnot v rozsahu 0–1 (větší než 1 být nemůže a je záporná, jestliže se v nádrži koncentrace  $P$  oproti přítoku zvětšuje, což je možné např. při vysokém vnitřním zatížení uvolňováním fosforu ze sedimentů). V modelu je retence závislá na hydraulickém zatížení podle vzorce:

$$R = \frac{v_p}{v_p + q_w}$$

kde:  $v_p$  – součinitel retence fosforu (jinými slovy lze popsat jako průměrná sedimentační rychlost fosforu v nádrži) [m/rok];  $q_w$  – hydraulické zatížení nádrže vztahené na plochu hladiny [m/rok].

Součinitel retence fosforu  $v_p$  lze vypočítat z naměřených dat  $X$ ,  $X_i$ ,  $q_w$  a  $\beta$  pomocí vztahu vzniklého spojením a úpravou dvou výše uvedených rovnic a s korekcí na nehomogenost vodního sloupce v reálných nádržích:

$$v_p = q_w \frac{P_i - \beta P}{P}$$

kde:  $\beta$  – odtokový neboli stratifikační faktor ( $= P_o/P$ ;  $P_o$  – průtokově vážená koncentrace v odtoku z nádrže; tento faktor je nutné použít pro korekci výpočtu vždy, když se koncentrace  $P$  v odtoku liší od průměrné koncentrace  $P$  v nádrži) (Sas et al. 1989).

Model je možné používat pouze pro roční, popř. víceletá období, protože je odvozen za předpokladem ustáleného stavu a ideálně míchaného reaktoru, což lze v reálných podmínkách klimatu mírného pásma aproximovat minimálně jedním ročním cyklem. Velikost součinitele retence fosforu  $v_p$  odráží průměrnou intenzitu procesů vedoucích k retenci a ke snižování koncentrace fosforu v nádrži oproti jeho vstupní koncentraci během celoročního cyklu. Hodnoty  $v_p$  jsou pro každou nádrž charakteristické, ale zároveň také do určité míry mohou reagovat na meziroční odlišnosti v klimatických a hydrologických podmínkách či na změny ve vnitřním zatížení nádrže aj., takže z jeho hodnot lze také zpětně usuzovat na procesy v nádrži.

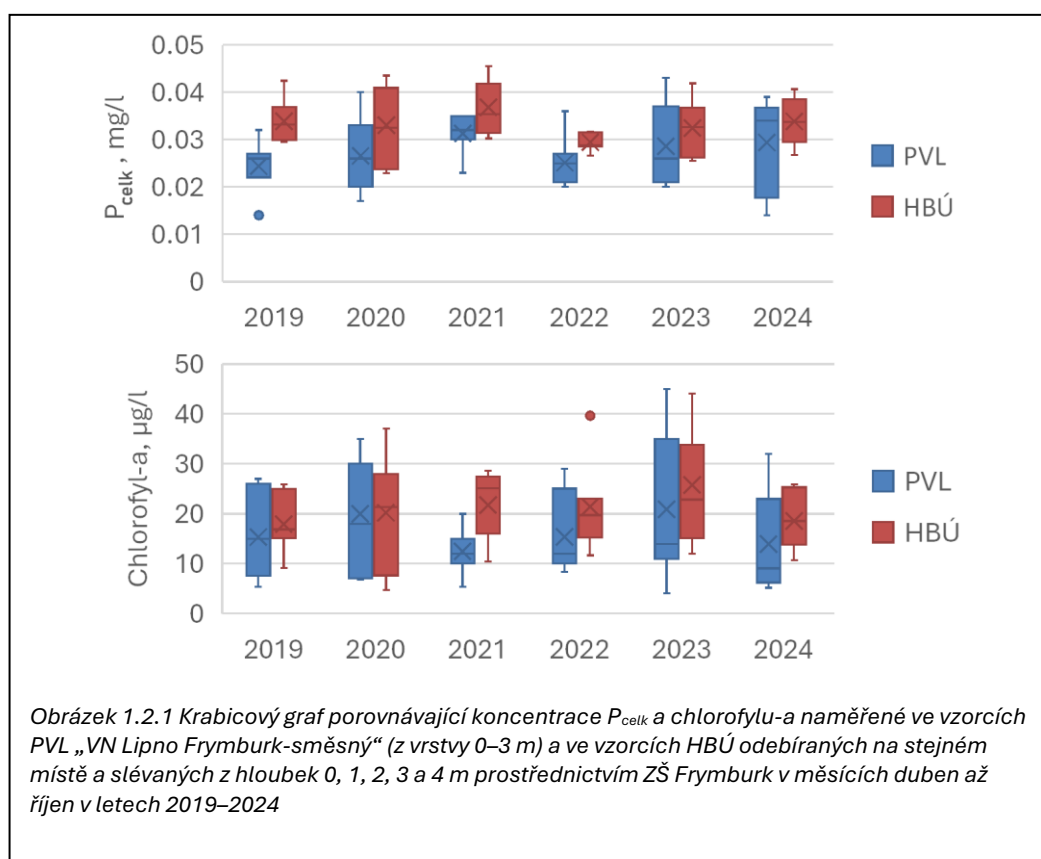
## 1.2 Posouzení validity

Zpracování odebíraných vzorků probíhalo v laboratořích Povodí Vltavy, státní podnik. Validita pro zpracování v předkládané studii je posuzována podle kompletnosti vzorků v referenčním období. S délkou časové řady se zvyšuje spolehlivost výsledků, protože se snižuje vliv případných krátkodobých anomálií. V referenčním období 2019 až 2024 mělo být pro každý profil v nádrži odebráno celkem 42 vzorků (42 měsíců), v odtoku z nádrže 72 vzorků (72 měsíců). Tabulka níže (Tabulka 1.2.1) ukazuje, jak jsou naplněné řady odběrů pro jednotlivé profily pravidelného monitoringu. V profilech v nádrži nad hrází nebyly provedeny v roce 2020 dva odběry, tj. v dubnu a v říjnu. Výpovědní hodnota dlouhodobé řady tím poklesla jen minimálně, protože sledování hlavní části teplé sezóny bylo zachováno. Pro analýzy časových řad jsou chybějící data doplněna průměrem v daném profilu zjištěným například z jiných let na stejném profilu a v odpovídajícím měsíci. Analyzované veličiny jsou v datech kompletní kromě fosforečnanového fosforu ( $P\text{-PO}_4$ ), který byl v nádržových vzorcích analyzován pouze v roce 2020. Fosforečnanový fosfor je v nádrži používán jako indikátor stavu limitace fytoplanktonu (v hladinové vrstvě) a doplňkový indikátor rozkladných

procesů přispívajících k vnitřnímu zatížení nádrže fosforem (ve spodních vrstvách vodního sloupce v nádrži).

Tabulka 1.2.1 Profily pravidelného monitoringu PVL v nádrži Lipno a počet odběrů za referenční období 2019–2024

Název profilu	VN Lipno Horní Planá	VN Lipno Dolní Vltavice	VN Lipno Frymburk	VN Lipno Hráz	VN Lipno odtok
ID profilu	8320	8300	8200	2514	8200
období sledování	IV-X	IV-X	IV-X	IV-X	I-XII
počet hloubek	5	11	13	20	1
chlorofyl-a	40	40	40	42	–
dusík amoniakální	40	40	40	42	72
dusík dusičnanový	40	40	40	42	72
fosfor celkový	40	40	40	42	72
fosfor fosforečnanový	12	12	12	12	72
kyslík rozpuštěný	40	40	40	42	72
Průhlednost	40	40	40	42	–
teplota vody	40	40	40	42	72



Validita a srovnatelnost vzorků HBÚ odebíraných v profilu Frymburk prostřednictvím ZŠ Frymburk se vzorky odebíranými PVL jsou pro  $P_{\text{celk}}$  a chlorofyl-a ukázány na obrázku výše (Obrázek 1.2.1). Z grafů je vidět, že navzdory tomu, že vzorky HBÚ a PVL byly odebírány v odlišných termínech, s různou frekvencí a částečně i z odlišných hloubek, výsledky jsou u obou těchto ukazatelů, které jsou klíčové

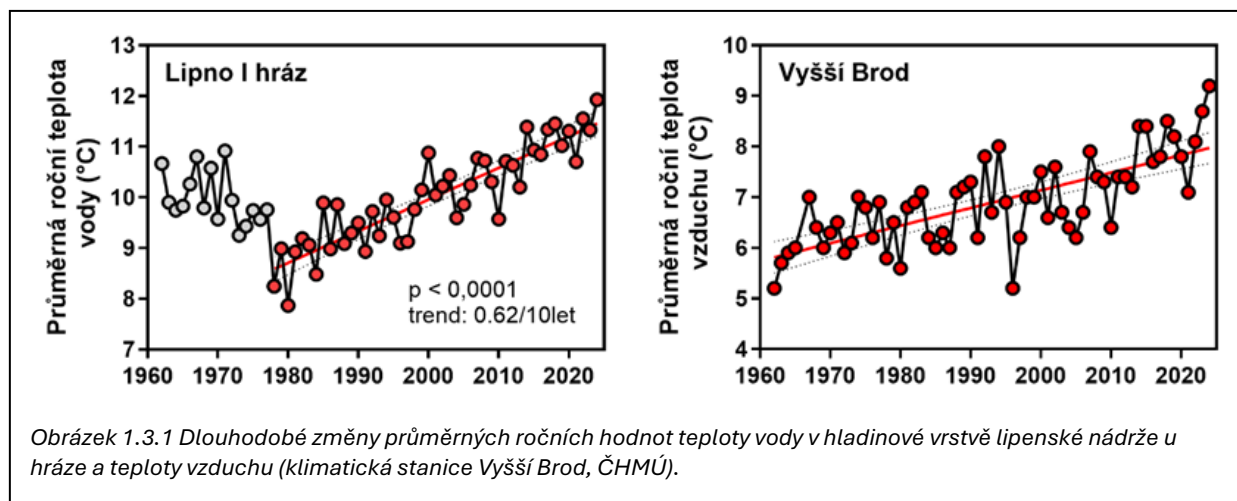
pro hodnocení trofie nádrže, velmi dobře porovnatelné. Párový t-test prokázal statisticky významný rozdíl ročních průměrů pouze u  $P_{\text{celk}}$  v roce 2019 ( $p = 0,005$ ) a u chlorofylu-a v roce 2021 ( $p = 0,007$ ), kdežto pro všechny ostatní roky rozdíl průměrů statisticky významný nebyl. Poměr všech zprůměrovaných dat HBÚ/PVL byl pro  $P_{\text{celk}}$  1,20 a pro chlorofyl-a 1,28.

### 1.3 Sestavení řad pro posouzení stavu a trendů

Pro charakterizaci trendů dlouhodobého vývoje podmínek a jakosti vody v nádrži byly použity datové řady denních průměrných teplot vzduchu (data ČHMÚ), denních srážkových úhrnů (data ČHMÚ), denních teplot vod v hladinové vrstvě nádrže u hráze (data PVL), 2týdenních hodnot koncentrací  $P_{\text{celk}}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$ , chlorofylu-a,  $\text{N-NO}_3$ , Si a průhlednosti v nádrži v profilu Frymburk (data HBÚ) za období 2000–2024 a data ČEVAK z analýz surové vody ve vodárně Loučovice pro  $\text{P-PO}_4$ ,  $P_{\text{celk}}$ ,  $\text{N-NO}_3$  a  $\text{N-NH}_4$  v období 2004–2020. Pro indikaci sezónních změn jakosti vody v nádrži a pro popis vnitřního zatížení nádrže sezónními koloběhy látek v různě hlubokých vrstvách vodního sloupce byla vyhodnocena data z vertikálních profilů podél celé nádrže na základě sezónních odběrů PVL.

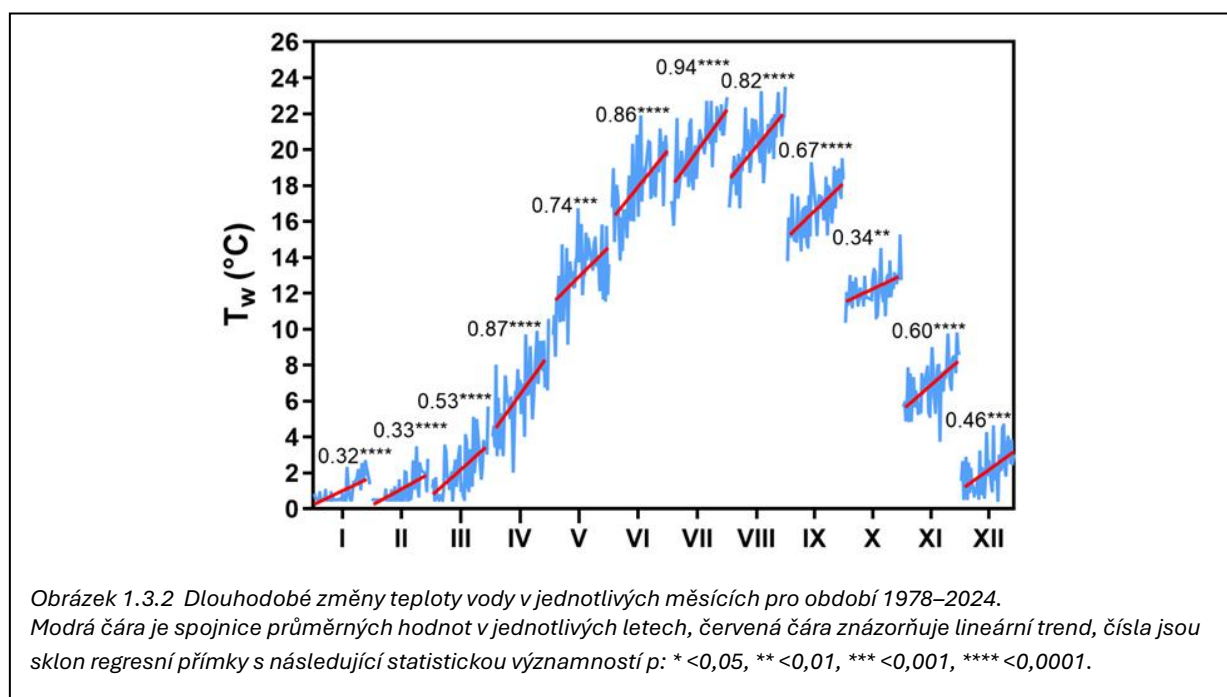
#### 1.3.1 Dlouhodobé změny teploty vody u hladiny

Časová řada ročních průměrných teplot povrchové vody v profilu Lipno I – hráz za období 1966–2024 vykazuje zřetelnou diskontinuitu ve druhé polovině 70. let 20. století (obr. 1.3.1). Naproti tomu odpovídající řada průměrných ročních teplot vzduchu z klimatologické stanice Vyšší Brod žádnou podobnou nespojitost nevykazuje (Obrázek 1.3.1). Protože teplota vzduchu představuje hlavní klimatický faktor ovlivňující teplotní režim stojatých vod, je pravděpodobné, že pozorovaná změna souvisí se změnou metodiky měření teploty vody či přístrojovým vybavením, nikoli s reálným klimatickým skokem. Z tohoto důvodu byly pro hodnocení dlouhodobých trendů použity pouze údaje z období 1978–2024. Průměrné roční teploty vody vykazují statisticky vysoce významný rostoucí trend ( $p < 0,0001$ ), s nárůstem o  $0,62\text{ }^\circ\text{C}$  za dekádu, což odpovídá celkovému oteplení povrchové vrstvy o téměř  $3\text{ }^\circ\text{C}$  během sledovaného období.



Oteplení nebylo rovnoměrné během celého roku, ale nejvyšší nárůst teploty byl zaznamenán v dubnu a během letních měsíců (červen–srpen), kdy teplota povrchové vody stoupala nejrychleji (Obrázek 1.3.2). Regresní analýza měsíčních časových řad ukazuje, že lineární trendy jsou statisticky

významné ve všech měsících roku, s nejvyššími hodnotami koeficientu sklonu od 0,82 do 0,94 °C/10 let.

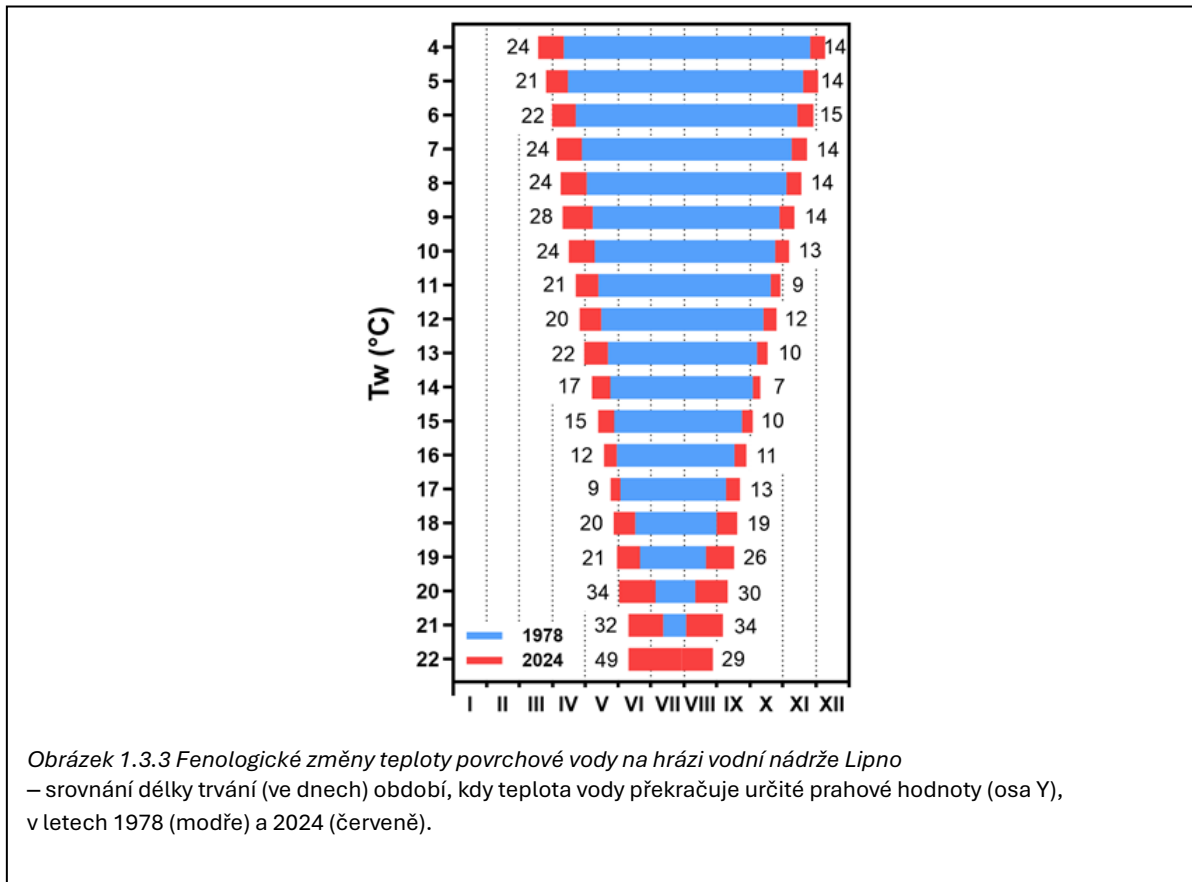


Dlouhodobý nárůst teploty vody je doprovázen výraznými fenologickými posuny, tedy změnami délky trvání období, kdy voda dosahuje určitých teplotních prahů (Obrázek 1.3.3). Fenologické posuny mají zcela zásadní důsledky pro samotné fungování nádrže včetně koloběhu živin, sezónní dynamiky fytoplanktonu či pravděpodobnost výskytu sinicových vodních květů, což lze ilustrovat na následujících příkladech. Většina našich hlubokých nádrží je tzv. dimiktická, což znamená, že dvakrát ročně (jaro a podzim) dochází k promíchání celého vodní sloupce, kdy dochází k vyrovnání teploty vody mezi hladinou a dnem zpravidla při hodnotě 4 °C, v případě lipenské nádrže v hrázové části dochází k izotermii i při vyšších teplotách. Pokud zde budeme pro izotermii vodního sloupce považovat rozmezí teplot 4–10 °C, během sledovaného období jarní míchání nastává o 24 dnů dříve a podzimního míchání se opoždí o 14 dnů. Období stabilní teplotní stratifikace ( $T > 20$  °C) se prodloužilo o 64 dnů. Na začátku sledovaného období se teplota nad 20 °C vyskytovala pouze od začátku července do počátku srpna, zatímco v posledních letech trvá již od června do poloviny září. Zatímco v roce 1978 teplota vody nikdy nepřesáhla 22 °C, v posledních letech se tato hranice překračuje během více než 70 dnů ročně (začátek června až polovina srpna). Tyto změny významně ovlivňují ekologické podmínky v nádrži, posilují stabilitu letní stratifikace a zvyšují pravděpodobnost rozvoje sinicových vodních květů, které preferují teploty nad 20 °C a nízkou míru vertikálního míchání.

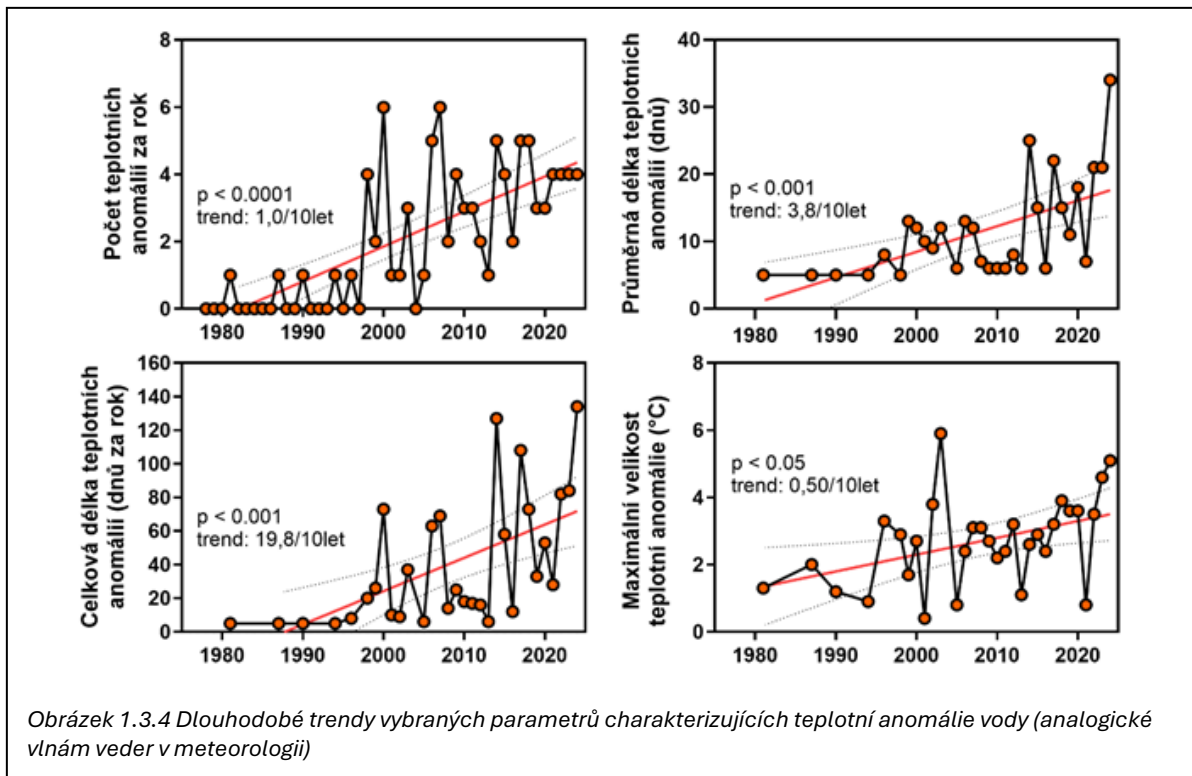
Statistické vyhodnocení teplotních anomálií (analogických meteorologickým „vlnám veder“) potvrzuje významný růst jejich četnosti, délky i intenzity (Obrázek 1.3.4):

- počet anomálií roste o  $\approx 1$  událost / dekádu,
- průměrná délka anomálie se prodlužuje o  $\approx 3,8$  dne / dekádu,
- celková délka všech anomálií za rok narůstá o  $\approx 20$  dnů / dekádu,
- maximální velikost (amplituda) anomálie se zvyšuje o  $\approx 0,5$  °C / dekádu.

Tyto výsledky dokládají postupné zesilování extrémů teplotního režimu nádrže, které dále přispívají k její ekologické nestabilitě a k vyššímu riziku eutrofizace.



Obrázek 1.3.3 Fenologické změny teploty povrchové vody na hrázi vodní nádrže Lipno – srovnání délky trvání (ve dnech) období, kdy teplota vody překračuje určité prahové hodnoty (osa Y), v letech 1978 (modře) a 2024 (červeně).



Obrázek 1.3.4 Dlouhodobé trendy vybraných parametrů charakterizujících teplotní anomálie vody (analogické vlnám veder v meteorologii)

Shrnutí hlavních zjištění:

- V období 1978–2024 došlo k nárůstu průměrné roční teploty povrchové vody o téměř 3 °C (trend 0,62 °C/10 let).
- Nejvýraznější oteplení se projevilo v dubnu a v letních měsících.
- Byly zjištěny velké fenologické posuny, období stabilní stratifikace vodního sloupce ( $T_w > 20$  °C) se prodloužilo o zhruba 2 měsíce.
- Četnost a intenzita teplotních anomálií významně vzrostla.

Tyto změny mají přímý dopad na sezónní cykly koloběhu živin, složení fytoplanktonu a pravděpodobnost výskytu sinicových vodních květů.

### 1.3.2 Stav a vývoj koncentrací živin v nádrži

#### Průměrné koncentrace v období 2019–2024

Průměry ročních koncentrací hlavních forem fosforu, dusíku, rozpuštěného kyslíku a železa, které lze využít mj. jako indikátor uvolňování fosforu ze sedimentů za redukčních podmínek, uvádí pro podélný a vertikální profilu nádrže Lipno v referenčním období 2019–2024 Tabulka 1.3.1. U hladinové vrstvy je vidět, že koncentrace  $P_{\text{celk}}$  i dalších živin a železa klesají od přítoku směrem k hrázi, přičemž od Horní Vltavice k hrázi se hodnoty již příliš nemění. Nejnižší hodnoty byly u fosforu a železa zjištěny v profilu Frymburk. Koncentrace fosforu,  $N-NH_4$  a Fe nade dnem jsou ve všech nádržových profilech oproti hladinové vrstvě zvýšené, nejvíce pak u hráze, kde anoxie hypolimnia přetrvává nejdéle, a proto se zde ve vodě hromadí nejvíc látek uvolňovaných ze sedimentů. Průměrné koncentrace rozpuštěného kyslíku za období duben až říjen jsou ve spodních nádržových vrstvách snižené až na méně než poloviční hodnoty oproti hladině ve všech profilech kromě Vltavy, což ukazuje, že se po celé délce nádrže od hráze až k Horní Plané vytváří ve vegetačním období stratifikace, která brání, aby se kyslík ze vzduchu mohl do spodních vrstev doplňovat.

Tabulka 1.3.1 Průměry ± směrodatná odchylka ročních průměrných koncentrací živin, rozpuštěného kyslíku a celkového železa v nádrži Lipno od hráze až po hlavní přítok (Vltava – Pěkná) u hladiny a ve spodních vrstvách. Vzorkováno v období duben až říjen během referenčního období 2019–2024 (data PVL).

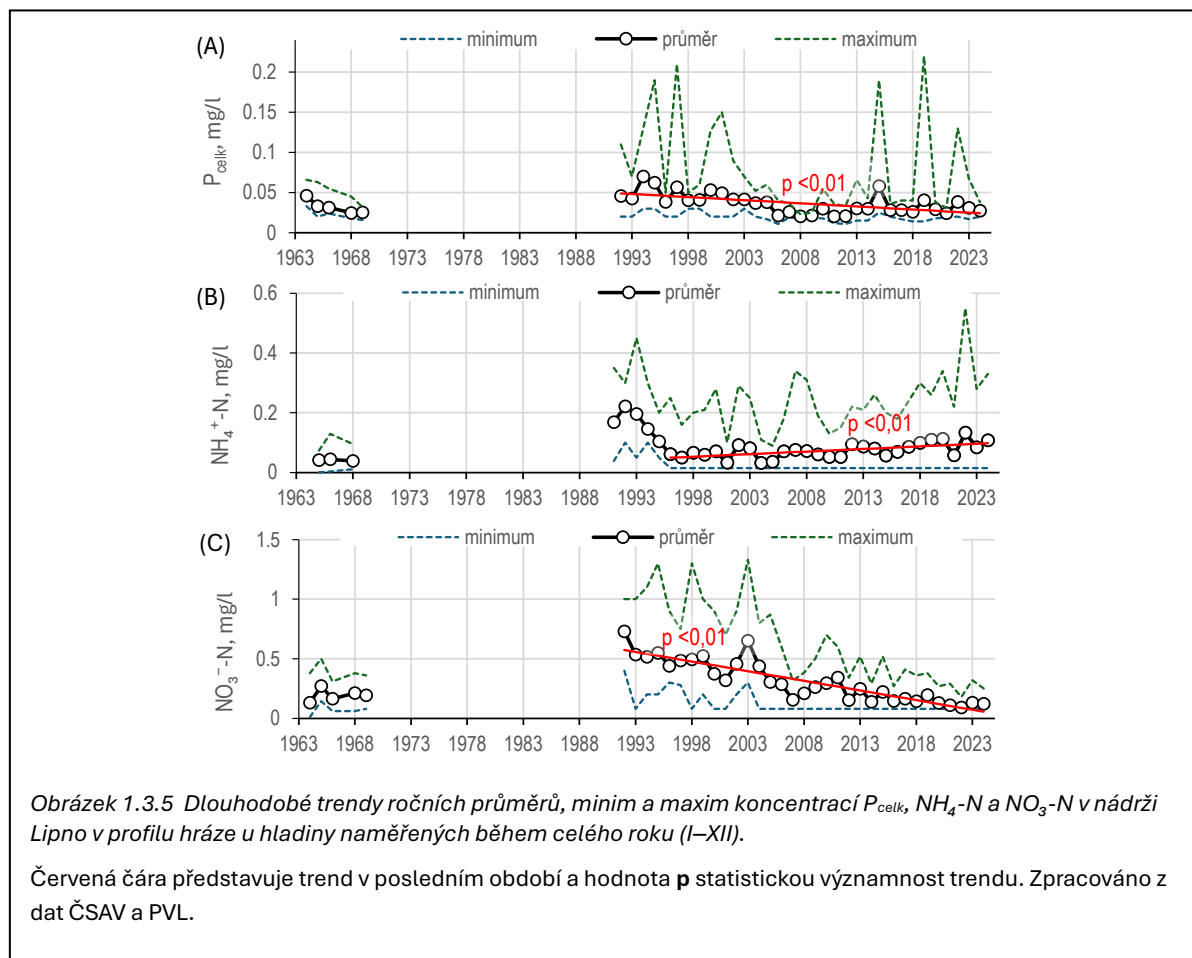
Odběrové místo	$P_{\text{celk}}$ , mg/l	Rozp. $P_{\text{celk}}$ , mg/l	$N-NH_4$ , mg/l	$N-NO_3$ , mg/l	Rozp. $O_2$ , mg/l	Fe, mg/l
Lipno hráz hladina	0,029±0,007	0,011±0,003	0,083±0,032	0,152±0,029	9,2±0,6	0,34±0,06
Lipno-hráz dno + 15 m	0,087±0,019	0,069±0,019	0,421±0,065	0,148±0,022	4,1±0,4	1,58±0,25
Lipno-Frymburk hladina	0,026±0,005	0,010±0,001	0,055±0,024	0,142±0,025	9,0±0,3	0,30±0,06
Lipno-Frymburk dno + 8 m	0,046±0,004	0,031±0,004	0,227±0,032	0,151±0,026	4,7±0,8	0,83±0,11
Lipno-D.Vltavice hladina	0,029±0,001	0,011±0,001	0,053±0,025	0,136±0,02	8,9±0,2	0,37±0,05
Lipno-D.Vltavice dno + 8 m	0,043±0,004	0,022±0,004	0,179±0,034	0,142±0,018	4,8±0,9	0,78±0,09
Lipno-H.Planá hladina	0,039±0,004	0,018±0,003	0,057±0,038	0,161±0,023	9,1±0,4	0,59±0,06
Lipno-H.Planá dno	0,048±0,003	0,021±0,003	0,104±0,027	0,176±0,026	5,2±0,6	0,84±0,06
Vltava-Pěkná	0,047±0,007	0,018±0,002*	0,029±0,007	0,400±0,017	10,1±0,2	0,65±0,11

\* hodnoty  $P-PO_4$ , protože se rozpuštěný  $P_{\text{celk}}$  v profilu Vltava-Pěkná se nestanovoval

#### Dlouhodobý vývoj koncentrace živin u hráze a v profilu Frymburk

Dlouhodobý vývoj za historii nádrže koncentrací hlavních forem živin, tj. celkového fosforu, amoniakálního dusíku a dusičnanového dusíku a celkového a rozpuštěného fosforu, v hladinové vrstvě nádrže u hráze zobrazuje Obrázek 1.3.5. Koncentrace  $P_{\text{celk}}$  v letech 1964–1966 a 1968–1969,

které byly naměřeny Hydrobiologickou laboratoří ČSAV, klesající trend a v letech 1968–1969 byly v rozmezí 0,021–0,026 mg/l. V podobných rozmezích se minima, průměry i maxima  $P_{\text{celk}}$  pohybovaly v letech 2006–2012 podle měření PVL. V řadě průměrných hodnot  $P_{\text{celk}}$  1992–2024 existuje statistický významný pokles zjištěný lineární regresí ( $p < 0,01$ ), který je řízen vysokými koncentracemi (nad 0,05 mg/l) v 90. letech, které do roku 2006 rychle klesaly do výše uvedeného rozmezí 0,021–0,026 mg/l. V pozdějším období nastal mírný nárůst k hodnotám 0,025–0,040 mg/l v letech 2019–2024, který však není statisticky významný, a to zejména díky ojedinělé vybočující hodnotě 0,058 mg/l v roce 2015.

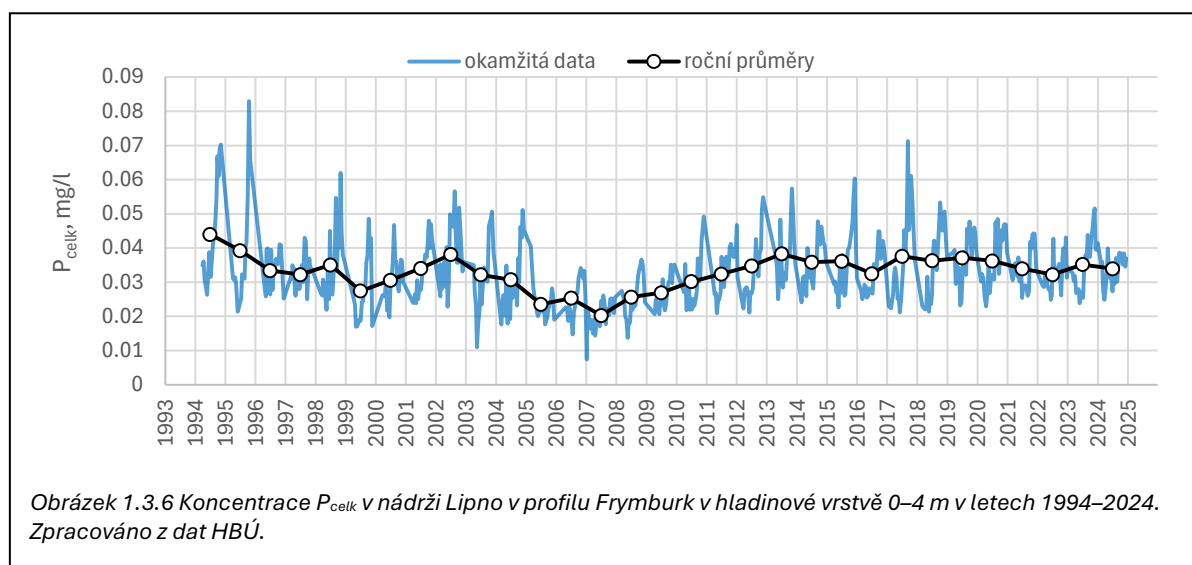


Průměrné roční koncentrace  $\text{N-NH}_4$  (viz Obrázek 1.3.5B) byly u hráze v 60. letech minulého století nízké, v rozmezí 0,038–0,044 mg/l. V 90. letech nejprve rychle klesly z hodnot  $> 0,2$  mg/l na hodnoty kolem 0,06 mg/l v letech 1996–1999 a potom postupně narůstaly k hodnotám kolem 0,1 mg/l v letech 2019–2024. Lineární trend pro celé období 1992–2024 není statisticky významný ( $p > 0,05$ ), ale významný rostoucí trend ( $p < 0,01$ ) existuje pro období 1996–2024.

Průměrné roční koncentrace  $\text{N-NO}_3$  (viz Obrázek 1.3.5C) byly u hráze v 60. letech nízké, v rozmezí 0,13–0,27 mg/l, podobně jako v letech 2006–2010. Od 90. let průměry  $\text{NO}_3\text{-N}$  soustavně klesaly z hodnot 0,5–0,7 mg/l na hodnoty kolem 0,1 mg/l v období 2019–2024. Lineární trend poklesu je statisticky významný ( $p < 0,01$ ). Průběh a snižování koncentrací dusičnanového dusíku souvisí s řadou jevů v povodí, např. (a) soustavný pokles atmosférické depozice dusíku, který začal na konci 80. let minulého století, (b) po roce 1990 se snížilo zornění a hnojení zemědělské půdy v povodí na

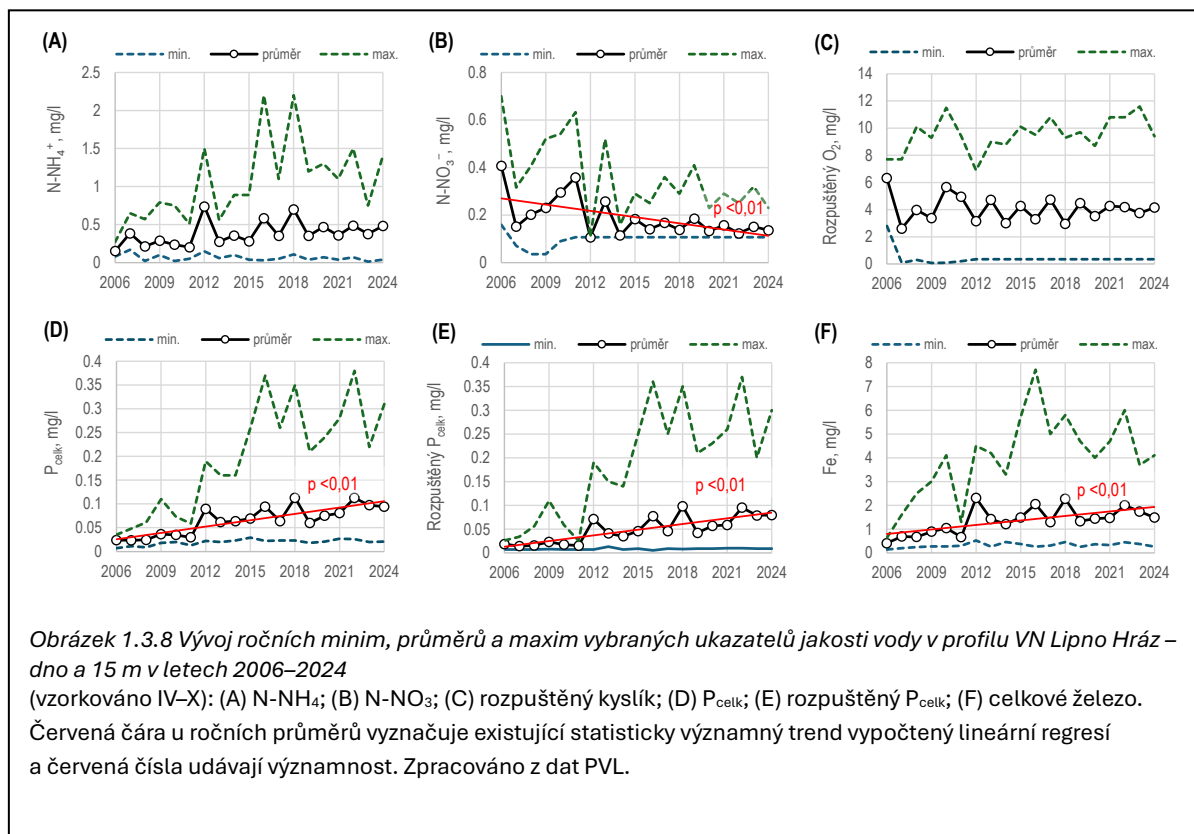
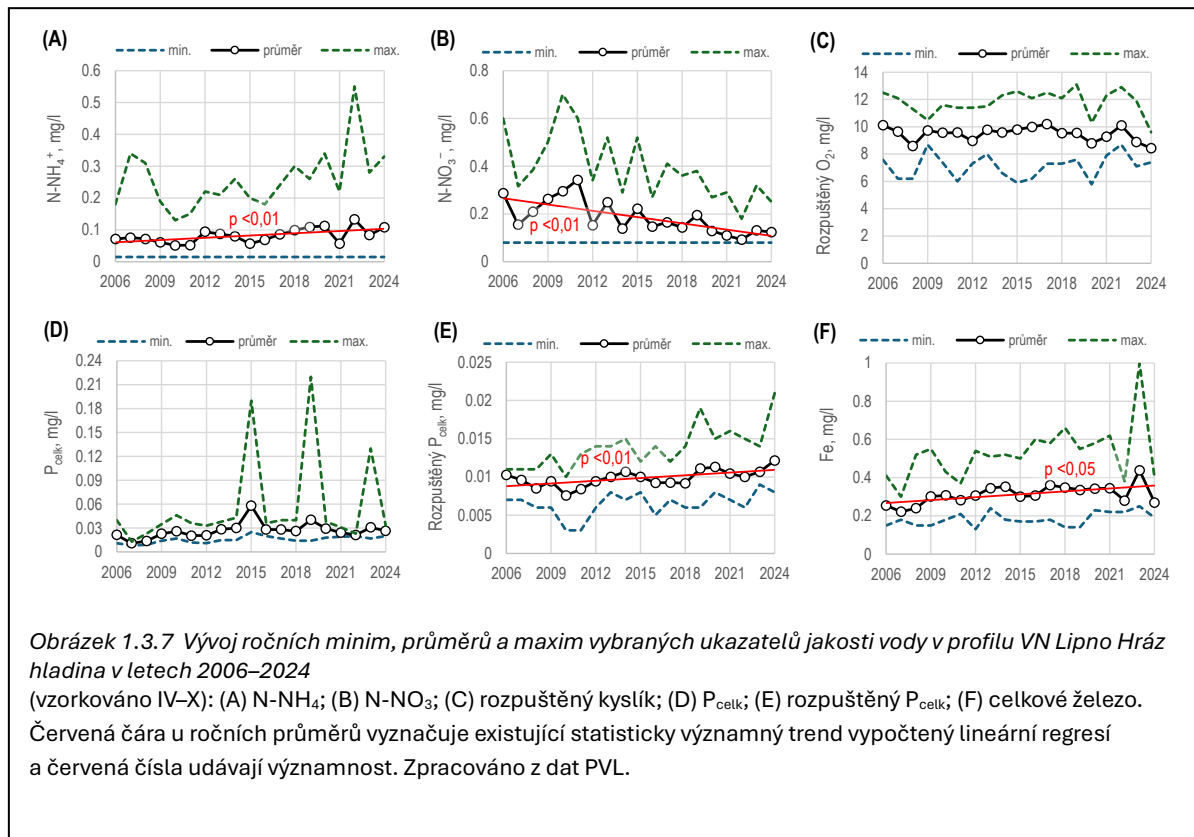
minimum dílčí a (c) nárůsty a poklesy v prvním a druhém desetiletí po roce 2000 zřejmě souvisely s odumíráním smrku a opětovnou obnovou lesních porostů na Šumavě, které se projevovaly změnami exportu dusičnanu z dotčených dílčích povodí.

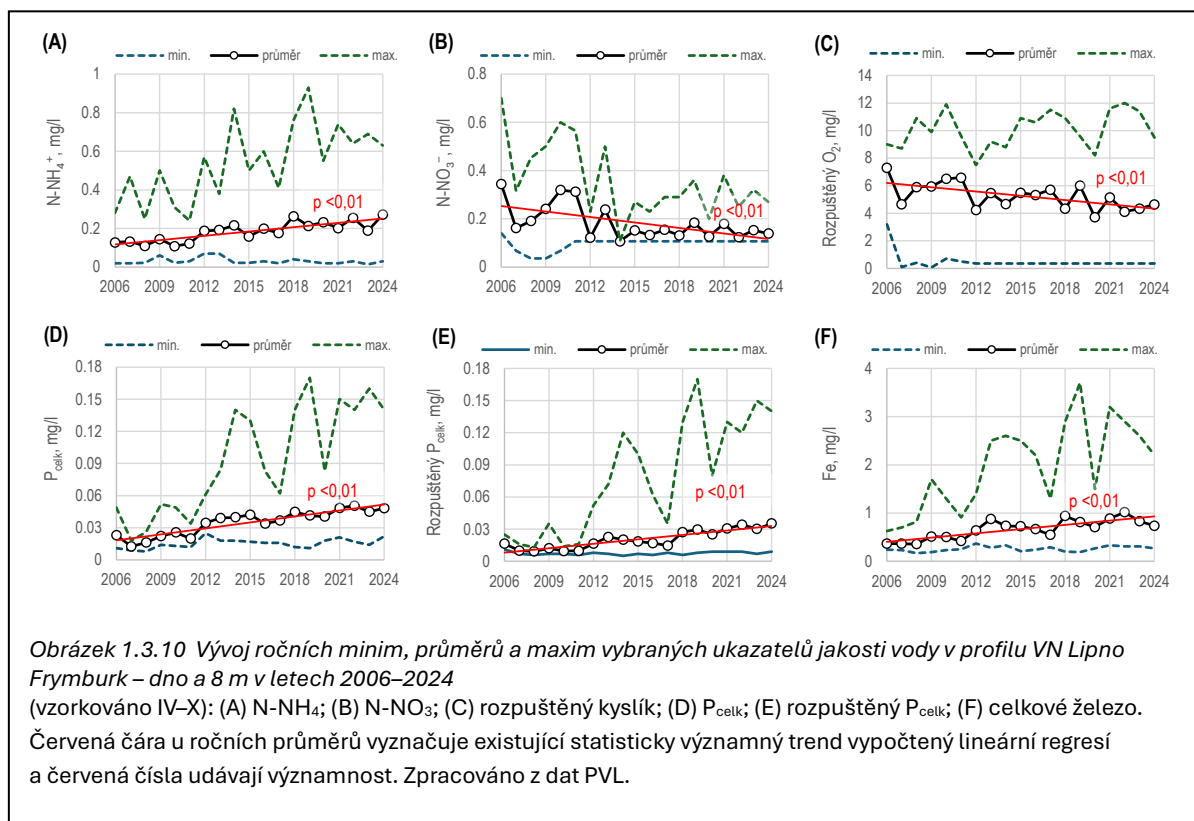
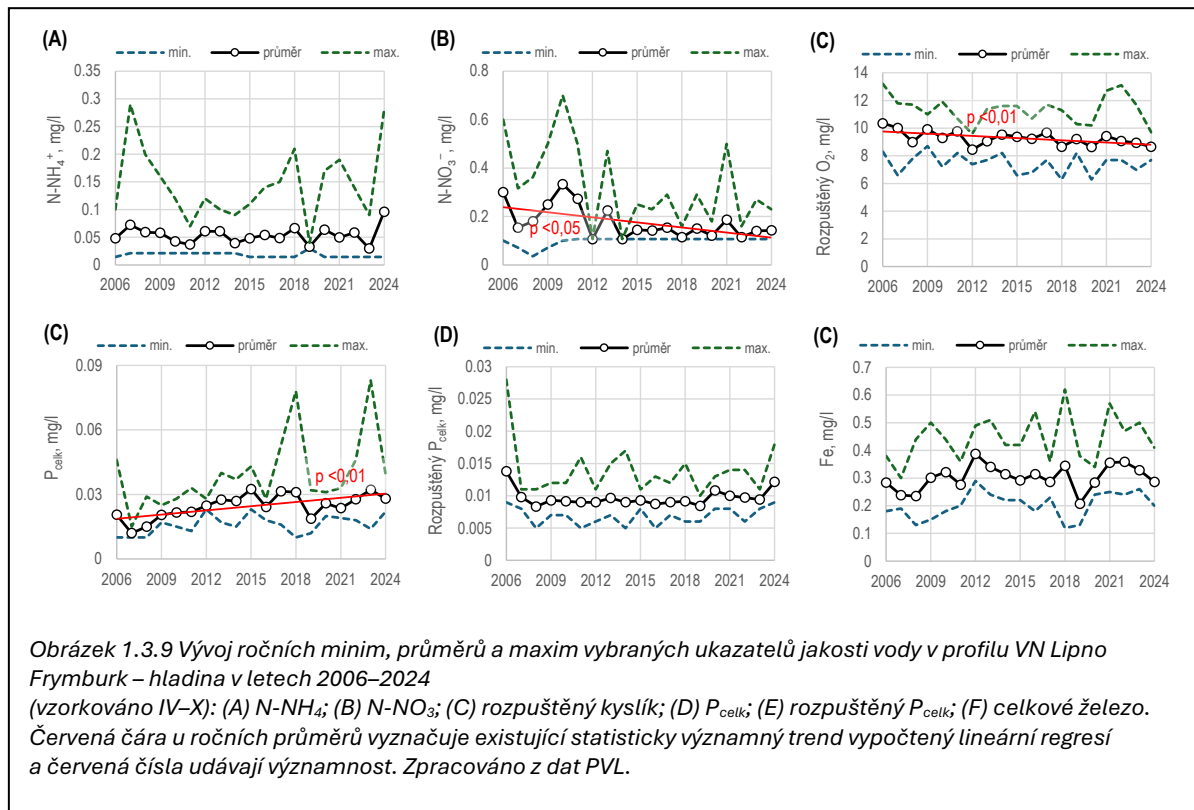
Obrázek 1.3.6 znázorňuje průběh koncentrace  $P_{\text{celk}}$  ve směsném vzorku z hloubek 0–4 m v profilu Frymburk v období 1994–2024 na základě dat HBÚ. Trendy vývoje jsou podobné jako v profilu hráze nádrže Lipno u hladiny: pokles od 90. let do období 2006–2009, a pak nárůst do roku 2024. Statisticky významný trend v této řadě dat není průkazný pro celé období, ani pro dílčí části. Na okamžitých datech je patrné, že se v letech vyššími hodnotami průměrných ročních koncentrací zvyšuje sezónní variabilita, zejména jsou větší nárůsty hodnot v podzimních měsících. Souvisí to patrně s velikostí vnitřního zatížení nádrže ze sedimentů, které se zvyšuje s rostoucím vnějším přísunem fosforu (podrobněji je vysvětleno v dalším textu).

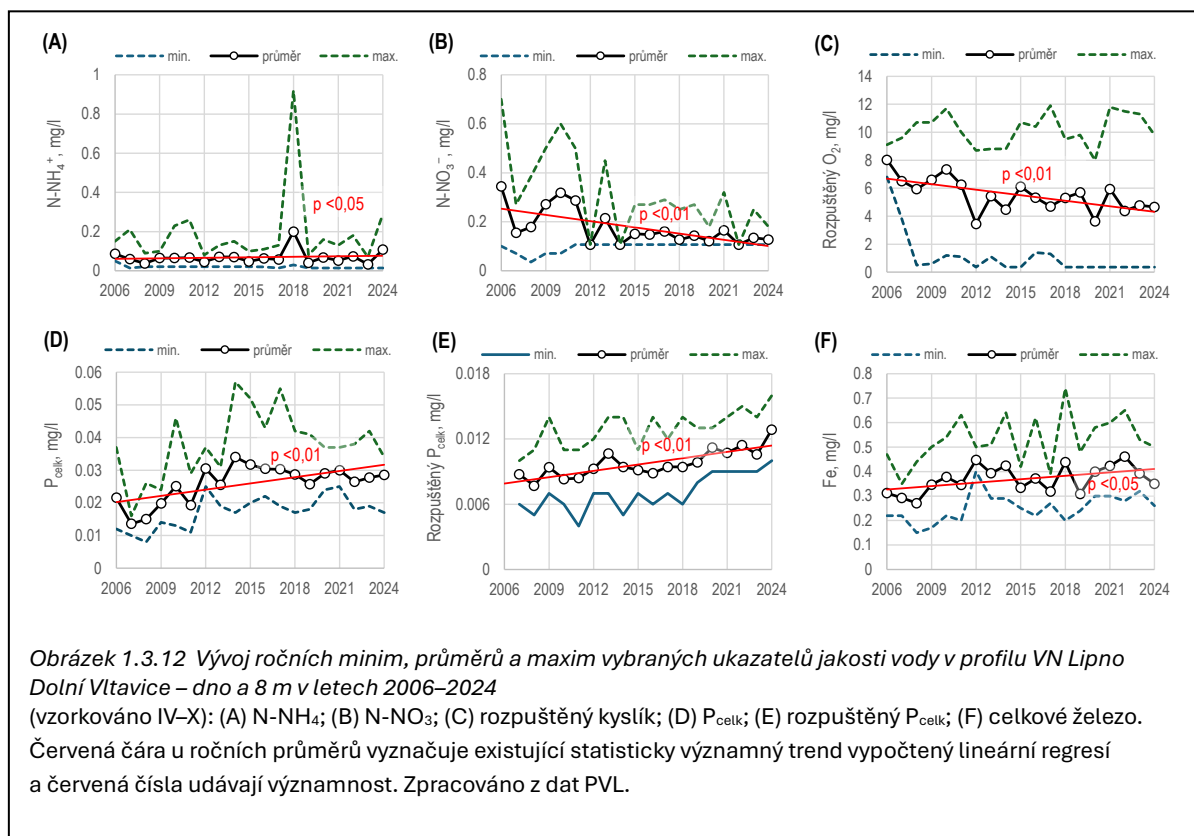
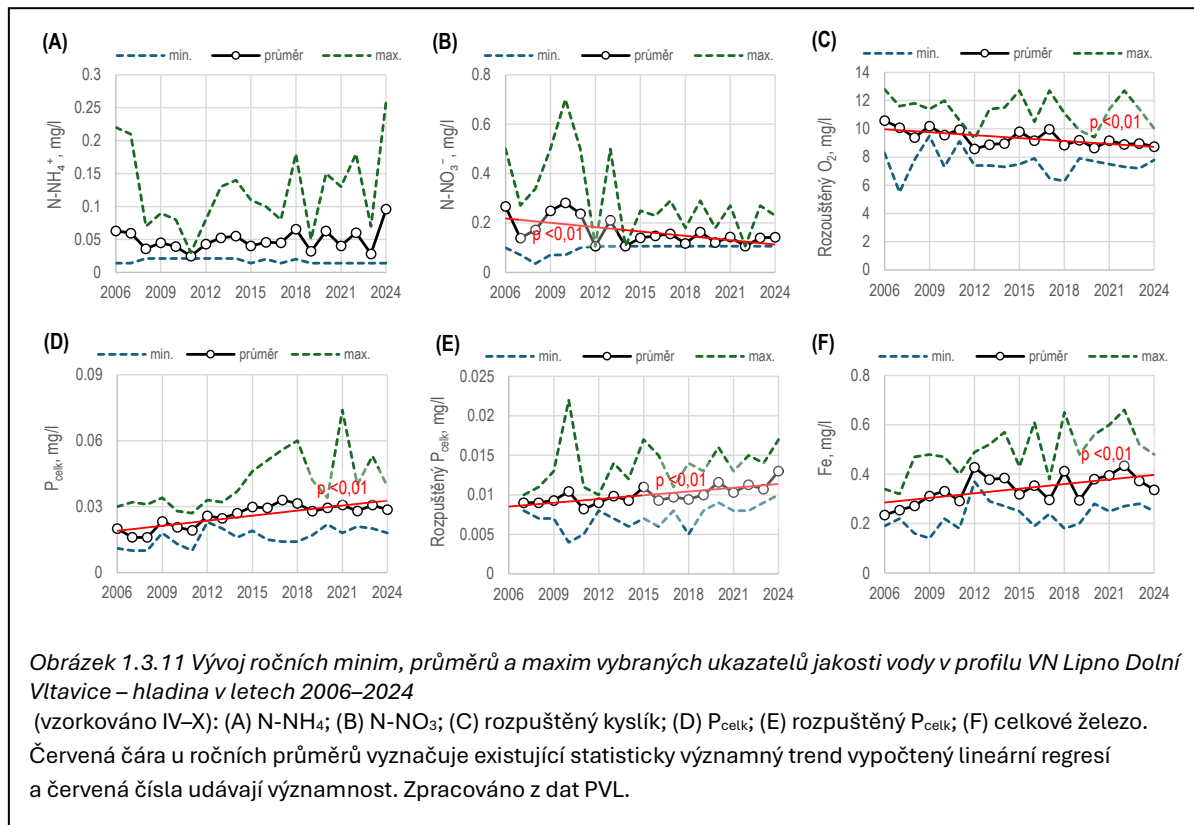


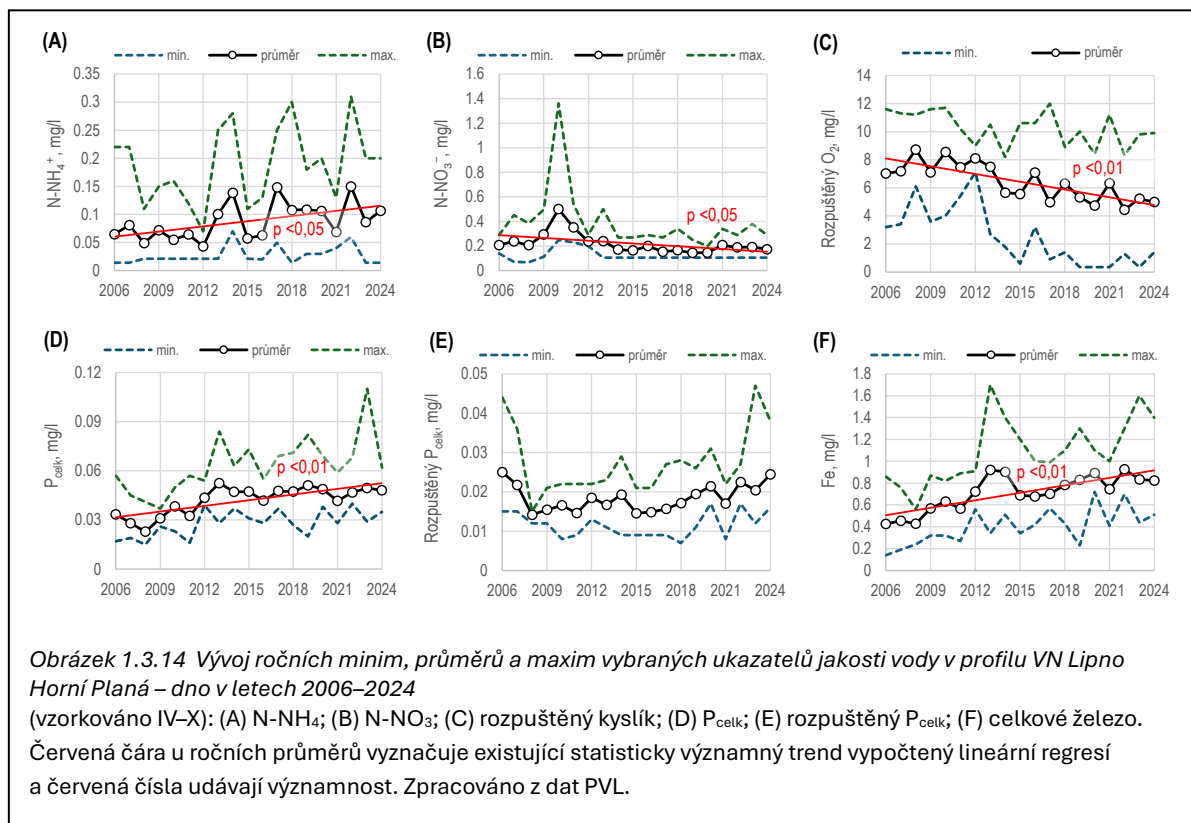
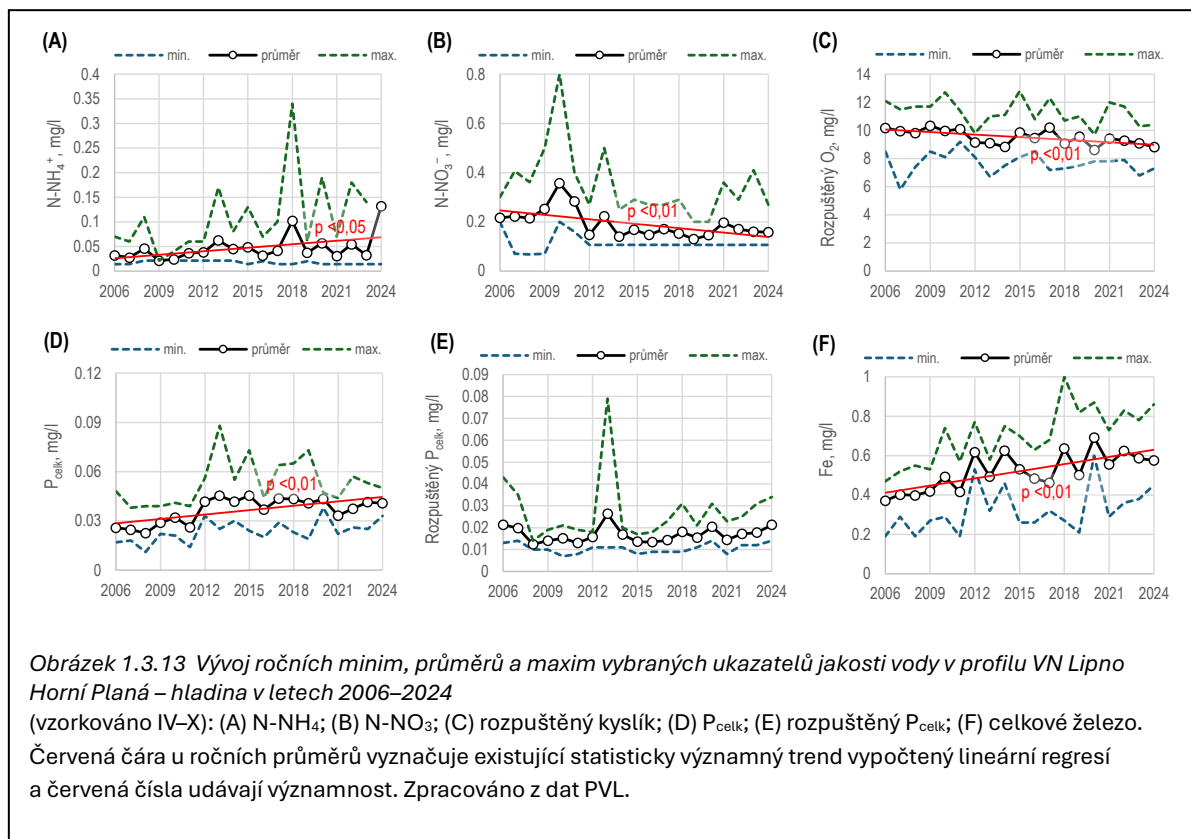
#### Vývoj jakosti vody v podélném a hloubkové profilu nádrže

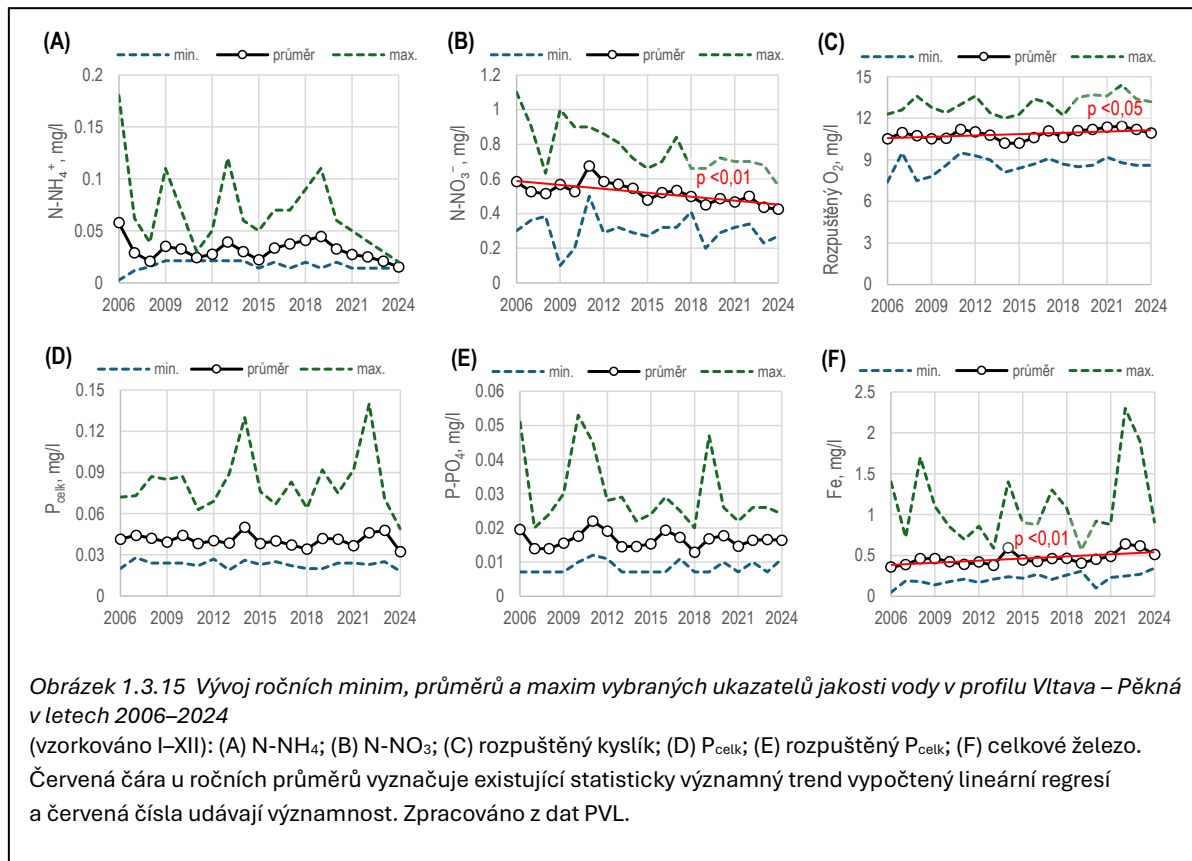
Na sérii následujících obrázků (Obrázek 1.3.7 až Obrázek 1.3.13) jsou časové řady koncentrací fosforu, hlavních forem dusíku, rozpuštěného kyslíku a železa v posledním období 2006–2024 v celém podélném profilu nádrže od hráze až k hlavnímu přítoku, tj. Vltava – Pěkná jednak v hladinovém vzorku, jednak ve vrstvě vody nade dnem, včetně znázornění všech statisticky významných trendů u průměrných hodnot.









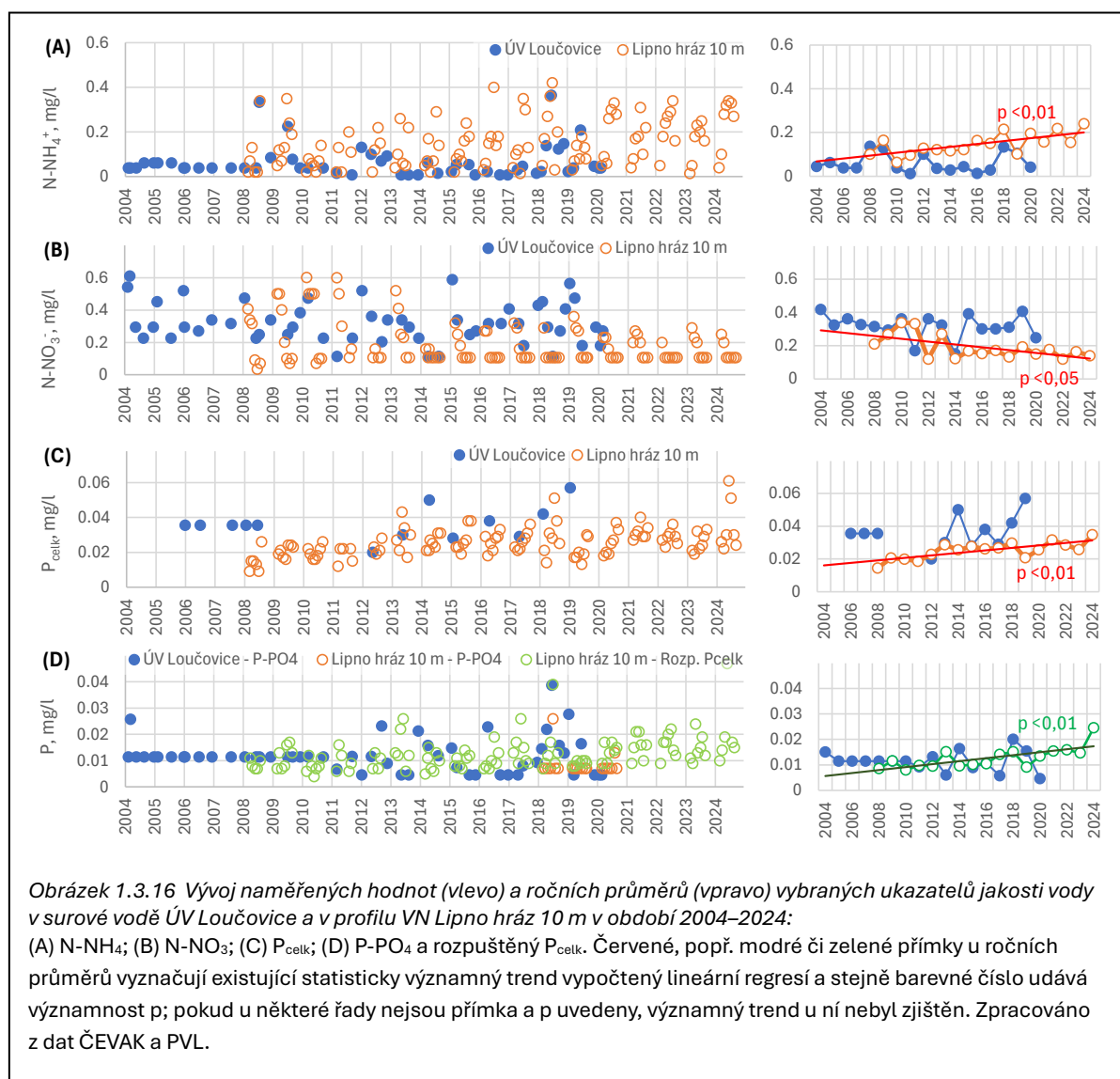


Průměrné roční koncentrace P<sub>celk</sub> v období 2006–2024 podle výše uvedených grafů vykazovaly statisticky významné rostoucí trendy ve všech profilech v nádrži kromě hladinového profilu u hráze. Koncentrace rozpuštěného P<sub>celk</sub> narůstaly podobně, zejména nade dnem v části nádrže mezi hrázi a Dolní Vltavicí, kdežto v hladinové vrstvě a v profilu Horní Planá trendy nebyly významné. Časový trend nárůstu koncentrací fosforu nebyl v důsledku přítoku Vltavy do nádrže, protože v profilu Vltava – Pěkná se koncentrace P<sub>celk</sub> ani P-PO<sub>4</sub> neměnily. Růst koncentrací fosforu v nádrži jde zjevně na vrub postupného zvyšování vnitřního zatížení fosforem ze sedimentující a rozkládající se organické hmoty a ze sedimentů, na což ukazují také poklesy koncentrace rozpuštěného kyslíku v hlavní části nádrže, zejména ve vrstvách vody nade dnem, a s nimi související nárůsty koncentrace železa. Redukované dvojmocné železo se s fosforem váže velmi neochotně, takže když nade dnem nebo výše ve vodním sloupci dojde k vyčerpání rozpuštěného kyslíku a současně k absenci dusičnanu, oxidované formy železa (které jsou málo rozpustné a účinně vážou fosforečnany) se redukují, rozpouštějí a uvolňují veškerý předtím navázaný fosfor zpět do vody. Zvýšené koncentrace a rostoucí trendy u amoniakálního dusíku ve vrstvách nade dnem (v profilech hráze a Frymburk i u hladiny), který pochází z rozkladu sedimentující organické hmoty, také dokládají mechanismus nárůstu fosforu popisovaný výše.

#### Vývoj koncentrace živin v odběru surové vody ÚV Loučovice

Obrázek 1.3.16 zobrazuje v levé části přímo naměřená data a v pravé části roční průměrná data pro surovou vodu v ÚV Loučovice (data ČEVAK) a pro vodu v nádrži Lipno u hráze v hloubce 10 m (data PVL), která přibližně odpovídá horizontu, odkud se voda pro ÚV Loučovice odebírá. Data ČEVAK a

PVL by si tedy měla odpovídat a v ideálním případě by měla vykazovat shodné trendy, minimálně v době shodného období odebírání, tj. 2008–2020.



Pro N-NH<sub>4</sub> je shoda mezi daty ÚV Loučovice a daty z nádrže nízká, přičemž důvodem zřejmě není rozdíl v přesnosti analytických metod, ale nepravidelnosti a nízká četnost analýz v ÚV Loučovice, které v letech 2011, 2013–2017 a 2020 dobře nepostihly letní a podzimní zvyšování koncentrace N-NH<sub>4</sub>.

Tentýž problém je vidět u N-NO<sub>3</sub>, ale s opačným výsledkem. Totiž, že data ÚV Loučovice mají málo odběrů v letním a podzimním období s malými koncentracemi N-NO<sub>3</sub>, ale naopak obsahují data ze zimního a časně jarního období, kdy je v nádrži koncentrace N-NO<sub>3</sub> obvykle zvýšená, takže výsledné roční průměry jsou většinou vyšší než u dat PVL.

Zvyšující se trend P<sub>celk</sub> byl zjištěn pouze u dat PVL; v datovém souboru ČEVAK byly analýzy prováděny pouze 1–2x ročně a jsou poměrně rozptýlené, kromě toho všechny výsledky do roku 2008 byly pod mezí stanovitelnosti <0,05 mg/l, takže vypovídací hodnota souboru o trendových závislostech je nízká.

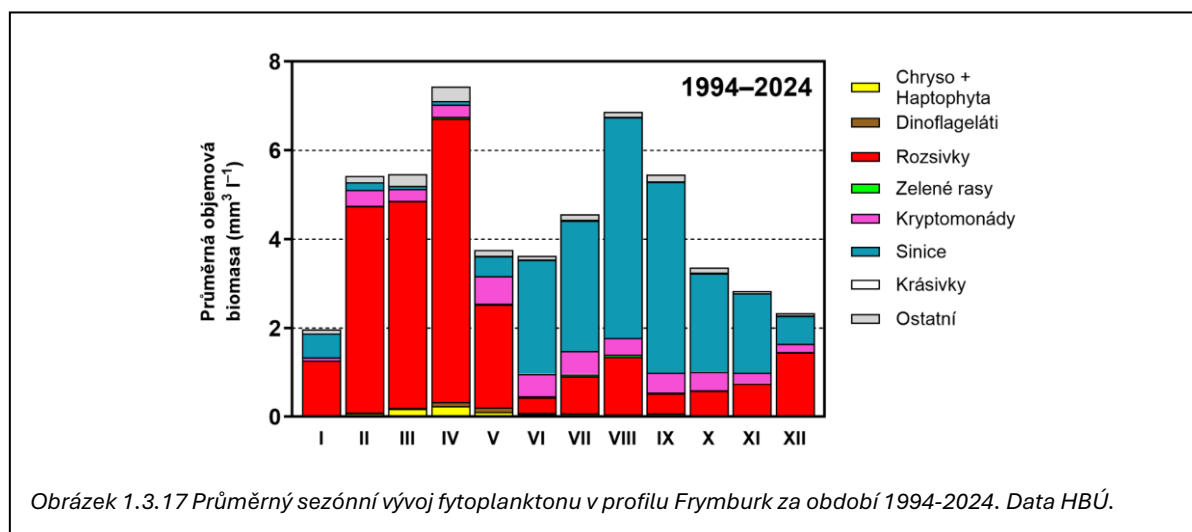
Pro hodnoty P-PO<sub>4</sub> rostoucí trend z dat ČEVAK nebyl rovněž zjištěn, i když pravděpodobně by měl existovat, protože existuje trend rozpuštěného P<sub>celk</sub> pro data PVL. Rozpuštěný P<sub>celk</sub> se totiž skládá z fosforečnanu a rozpuštěného organického fosforu, jehož koncentrace je úměrná koncentraci rozpuštěného organického uhlíku (DOC; v hmotnostním poměru C:P kolem 1000:1), která příliš v nádrži Lipno nekolísá, a proto sezónní změny rozpuštěného P<sub>celk</sub> jsou zde působeny primárně změnami P-PO<sub>4</sub>. Analýzy P-PO<sub>4</sub> existují v datech PVL pouze pro roky 2018–2020 a výsledky jsou až na výjimky pod mezí stanovitelnosti metody, tj. <0,01 mg/l; proto také PVL v nádrži Lipno stanovuje namísto P-PO<sub>4</sub> rozpuštěný P<sub>celk</sub> metodou ICP-MS, která má mezí stanovitelnosti řádově nižší a poskytuje spolehlivější a lépe interpretovatelné výsledky. V datovém souboru ČEVAK pro P-PO<sub>4</sub> v letech 2004–2010 byl tento analyt stanovován metodou s mezí detekce <0,016 mg/l (přepočteno z udávané MS <0,05 mg/l pro fosforečnan v původních datech) a všechny výsledky až na jeden byly pod touto hodnotou MS. Od roku 2011 do roku 2020 byla používána metoda s MS <0,006 mg/l, nicméně četnost odběru 3–5× ročně je příliš malá na to, aby dokázala postihnout sezónní kolísání a žádný trend na ročních průměrech zjištěn nebyl.

Závěrem k těmto analýzám, které by měly popisovat vývoj jakosti vody v nádrži u hráze zhruba uprostřed vodního sloupce, tj. v hloubce 10 m, je možné uvést, že data PVL ukazují koncentrace a trendy vývoje, které jsou ve shodě s ostatními vrstvami v nádrži, tj. jak vrstvou vody nade dnem, tak vodou v hloubkách 5 m a u hladiny. Data ČEVAK pro surovou vodu v ÚV Loučovice zcela v rozporu s daty PVL nejsou, ale žádné trendy se na nich nepodařilo prokázat ze zjevných důvodů: menší četnosti a nepravidelnostem ve vzorkování, a u fosforečnanů také kvůli nedostatečně nízké mezi stanovitelnosti analytické metody během části sledovaného období.

### 1.3.3 Stav a vývoj sezónních změn množství a složení fytoplanktonu

#### Průměrné sezónní změny množství a složení fytoplanktonu

Dlouhodobé sledování fytoplanktonu v profilu Frymburk (Hydrobiologický ústav BC AV ČR, 1993–2024) ukazuje, že dominantními skupinami jsou rozsivky a sinice (Obrázek 1.3.17).



Obrázek 1.3.17 Průměrný sezónní vývoj fytoplanktonu v profilu Frymburk za období 1994-2024. Data HBÚ.

Průměrný sezónní vývoj biomasy fytoplanktonu má dva výrazné vrcholy:

- jarní (březen–duben), tvořený z 86 % rozsivkami, převážně rody *Asterionella* a *Aulacoseira*

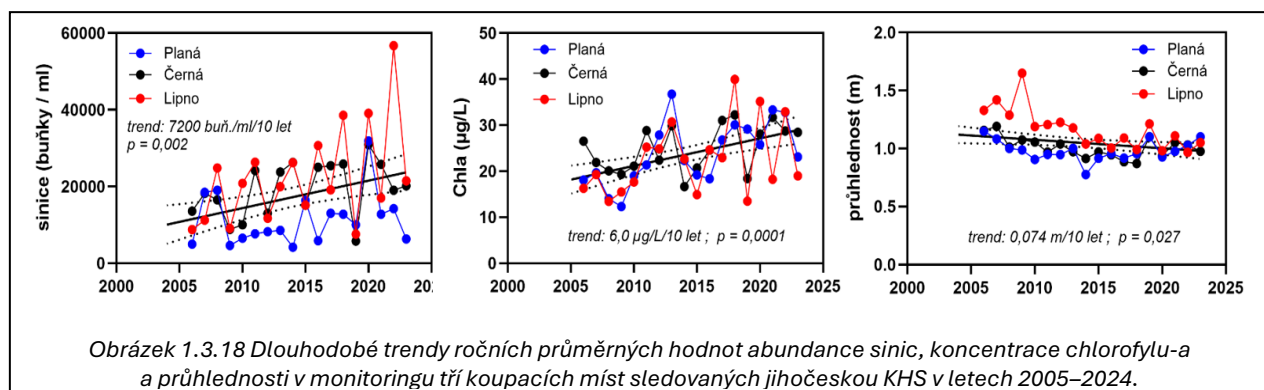
- o letní (červenec–srpen), v němž převládají ze 72 % sinice (*Woronichinia*, *Dolichospermum*, *Microcystis*, *Aphanizomenon*), často vytvářející rozsáhlé vodní květy.

Sinice, které představují nejvýznamnější faktor zhoršující kvalitu vody v nádrži, tvoří v průměru za rok 40 % celkové objemové biomasy fytoplanktonu, avšak od června do listopadu jejich podíl stoupá až na 70 %. Zajímavým zjištěním je i výrazná přítomnost sinic v zimním období (prosinec–leden), kdy se na celkové biomase podílejí téměř 25 %, což není pro většinu českých nádrží typické.

Průměrná roční biomasa fytoplanktonu na profilu Frymburk je 4,4 mm<sup>3</sup>/l s jarním a letním vrcholem dosahujícím téměř 8 mm<sup>3</sup>/l.

#### Vývoj biologických ukazatelů jakosti vody podle dat KHS JČK

Pro hodnocení vývoje kvality vody byly analyzovány výsledky monitoringu koupacích míst prováděného Krajskou hygienickou stanicí Jihočeského kraje (KHS JČK) v období 2006–2024. Do analýzy byla zahrnuta tři dlouhodobě sledovaná místa: Horní Planá, Černá v Pošumaví a Lipno nad Vltavou (Obrázek 1.3.18). Průměrná roční koncentrace chlorofylu-a ze všech tří lokalit vykazuje statisticky vysoce významný rostoucí trend ( $p < 0,0001$ ), odpovídající nárůstu o 6 µg/l chl-a za dekádu. Podobně i početnost buněk sinic vykazuje významný vzestupný trend ( $p = 0,002$ ), s nárůstem přibližně 7200 buněk na mililitr za dekádu. Parametr průhlednosti vody vykazuje mírný, avšak stále statisticky významný pokles ( $p = 0,027$ ), odpovídající zhoršení o 7,4 cm za dekádu.



Data ze sledování koupacích vod KHS JČK na Lipně jednoznačně dokládají zhoršování jakosti vody v období 2006–2024, které se projevuje:

- o zvyšováním koncentrace chlorofylu-a,
- o nárůstem početnosti sinic,
- o poklesem průhlednosti vody.

Tyto trendy potvrzují pokračující eutrofizaci nádrže a její rostoucí náchylnost k výskytu vodních květů sinic, zejména v letním období s prodlouženou stabilní stratifikací.

#### Vývoj biologických ukazatelů jakosti vody podle monitoringu PVL

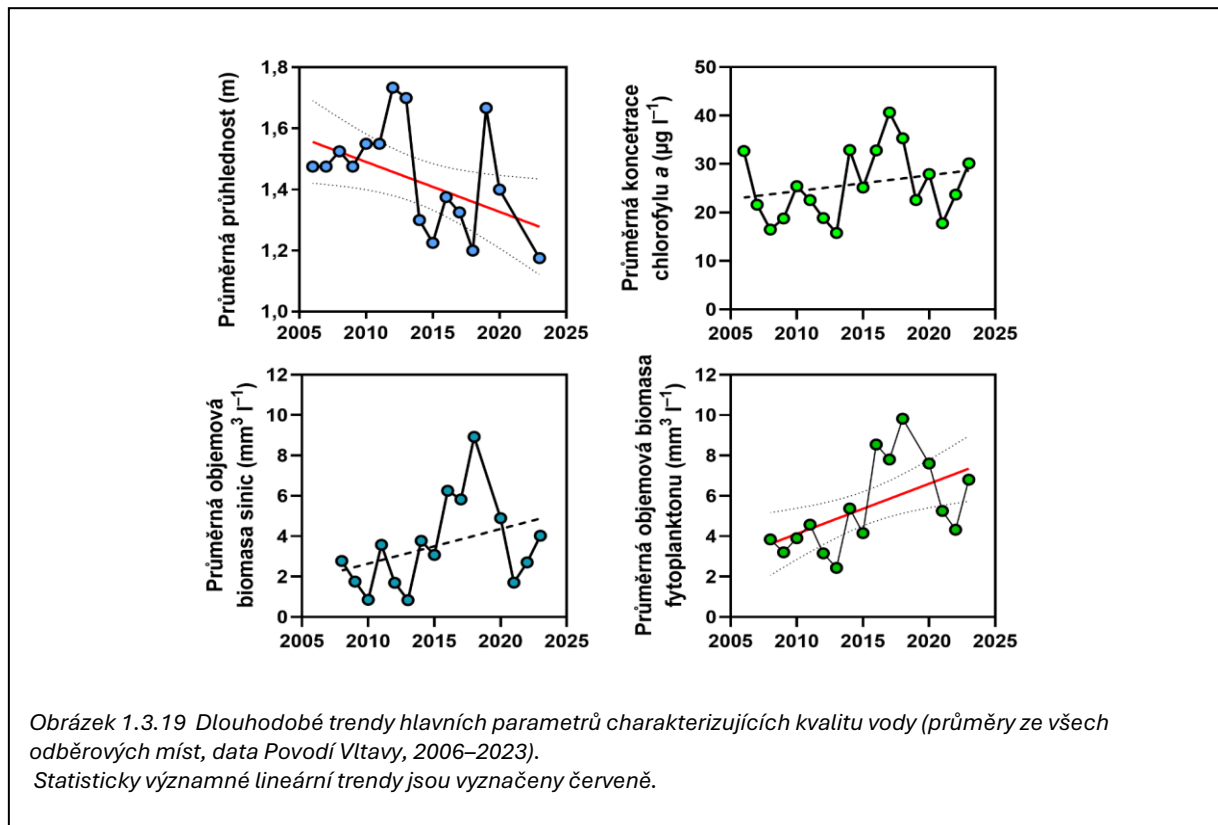
Pro doplnění hodnocení vývoje trofie byly analyzovány výsledky provozního monitoringu Povodí Vltavy, s. p. (PVL) na čtyřech lokalitách podélného profilu nádrže – Hráz, Frymburk, Dolní Vltavice a Horní Planá (Tabulka 1.3.2, Obrázek 1.3.19). Datová řada pokrývá období 2008–2023, avšak

u některých parametrů a lokalit je sledování kratší, což do určité míry omezuje interpretační přesnost trendů.

Tabulka 1.3.2 Přehled vypočtených lineárních trendů vybraných ukazatelů kvality vody (průhlednost, chlorofyl-a, objemová biomasa fytoplanktonu a sinic) pro čtyři sledované profily lipenské nádrže v období 2008–2023.

Uvedeny jsou hodnoty sklonu (regresní koeficient vyjádřený v jednotkách na dekádu), koeficient determinace  $R^2$  a hladina statistické významnosti  $p$ . Statisticky významné trendy ( $p < 0,05$ ) jsou tučně.

Veličina	Stanice	Období	Trend	Jednotky	$R^2$	P
<b>Průhlednost</b> (m)	Hráz	2006–2023	–0,25	m/10let	0,065	0,059
	Frymburk	2006–2023	–0,16	m/10let	0,044	0,111
	D. Vltavice	2006–2023	–0,13	m/10let	0,037	0,143
	H. Planá	2006–2023	–0,098	m/10let	0,035	0,158
	<b>Průměr</b>	<b>2006–2023</b>	<b>–0,16</b>	<b>m/10let</b>	<b>0,079</b>	<b>0,032</b>
<b>Koncentrace chlorofylu a</b> ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )	Hráz	2006–2022	+4,8	$\mu\text{g/l/10let}$	0,024	0,23
	Frymburk	2006–2023	+3,8	$\mu\text{g/l/10let}$	0,012	0,38
	D. Vltavice	2006–2023	–1,1	$\mu\text{g/l/10let}$	0,001	0,76
	H. Planá	2006–2023	+5,2	$\mu\text{g/l/10let}$	0,032	0,15
	<b>Průměr</b>	<b>2006–2023</b>	<b>+3,3</b>	<b><math>\mu\text{g/l/10let}</math></b>	<b>0,017</b>	<b>0,28</b>
<b>Objemová biomasa fytoplanktonu</b> ( $\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$ )	Hráz	2008–2023	+1,9	$\text{mm}^3/\text{l/10let}$	0,055	0,074
	Frymburk	2008–2017	+3,3	$\text{mm}^3/\text{l/10let}$	0,054	0,15
	<b>D. Vltavice</b>	<b>2008–2017</b>	<b>+3,8</b>	<b><math>\text{mm}^3/\text{l/10let}</math></b>	<b>0,107</b>	<b>0,042</b>
	<b>H. Planá</b>	<b>2008–2023</b>	<b>+3,7</b>	<b><math>\text{mm}^3/\text{l/10let}</math></b>	<b>0,122</b>	<b>0,0095</b>
	<b>Průměr</b>	<b>2008–2023</b>	<b>+2,5</b>	<b><math>\text{mm}^3/\text{l/10let}</math></b>	<b>0,119</b>	<b>0,0074</b>
<b>Objemová biomasa sinic</b> ( $\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$ )	Hráz	2008–2023	+2,0	$\text{mm}^3/\text{l/10let}$	0,064	0,053
	<b>Frymburk</b>	<b>2008–2017</b>	<b>+4,6</b>	<b><math>\text{mm}^3/\text{l/10let}</math></b>	<b>0,132</b>	<b>0,023</b>
	<b>D. Vltavice</b>	<b>2008–2017</b>	<b>+3,7</b>	<b><math>\text{mm}^3/\text{l/10let}</math></b>	<b>0,106</b>	<b>0,043</b>
	H. Planá	2008–2023	+1,4	$\text{mm}^3/\text{l/10let}$	0,025	0,250
	<b>Průměr</b>	<b>2008–2023</b>	<b>+1,7</b>	<b><math>\text{mm}^3/\text{l/10let}</math></b>	<b>0,061</b>	<b>0,059</b>



Z těchto výsledků vyplývá, že:

- průhlednost vody vykazuje na všech lokalitách klesající trend, který je statisticky významný při zpracování průměru všech čtyř stanovišť ( $p = 0,032$ ). Průměrná rychlost poklesu činí  $0,16$  m za dekádu.
- koncentrace chlorofylu-a na většině lokalit vykazuje rostoucí trend, průměrně  $+3,3$   $\mu\text{g/l}$  za dekádu, i když jednotlivé lokality se liší mírou významnosti. Statisticky významný trend nebyl zjištěn, ale všechny lokality kromě Dolní Vltavice vykazují nárůst.
- objemová biomasa fytoplanktonu roste na všech stanovištích, s průměrným tempem  $+2,5$   $\text{mm}^3/\text{l}$  za dekádu. Průměrný trend ze všech stanovišť je statisticky významný ( $p = 0,0074$ ), přičemž nejvyšší nárůst byl zaznamenán v Dolní Vltavici a Horní Plané.
- Objemová biomasa sinic rovněž vykazuje vzrůstající, avšak statisticky nesignifikantní, trend (průměrně  $+1,7$   $\text{mm}^3/\text{l}$  za dekádu,  $p = 0,059$ ). Nárůst biomasy sinic je prostorově nerovnoměrný, nejvýraznější a statisticky významný byl na odběrových místech Frymburk a Dolní Vltavice ( $p < 0,05$ ).

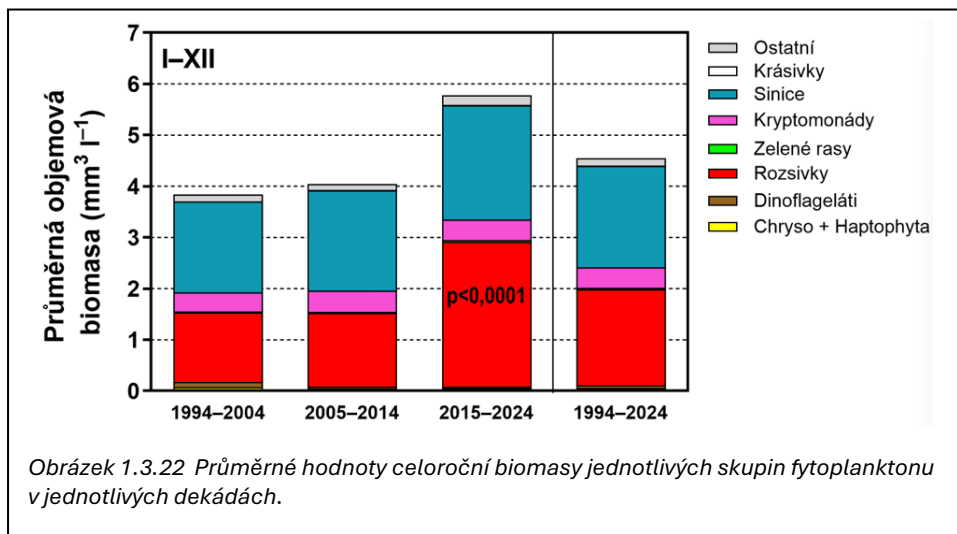
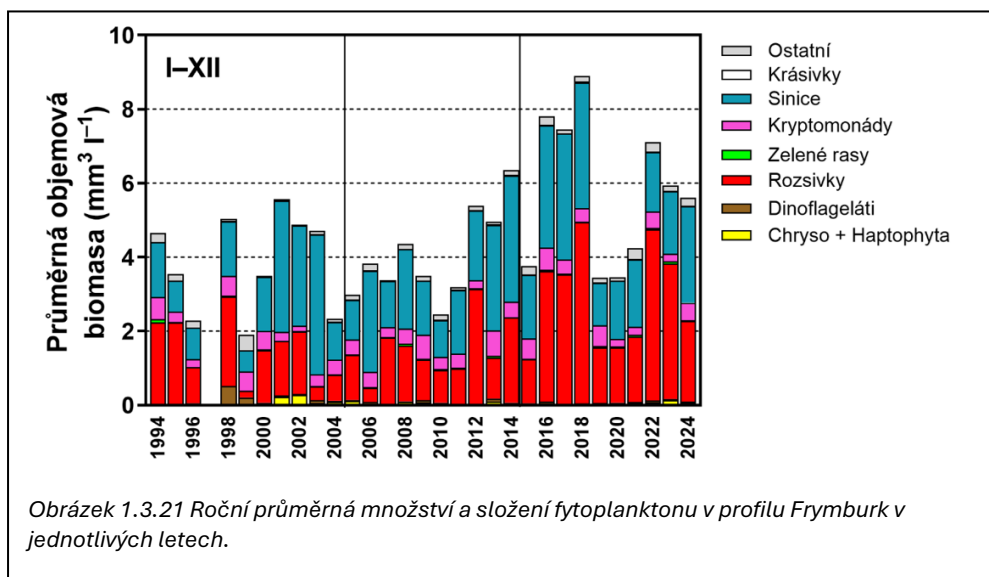
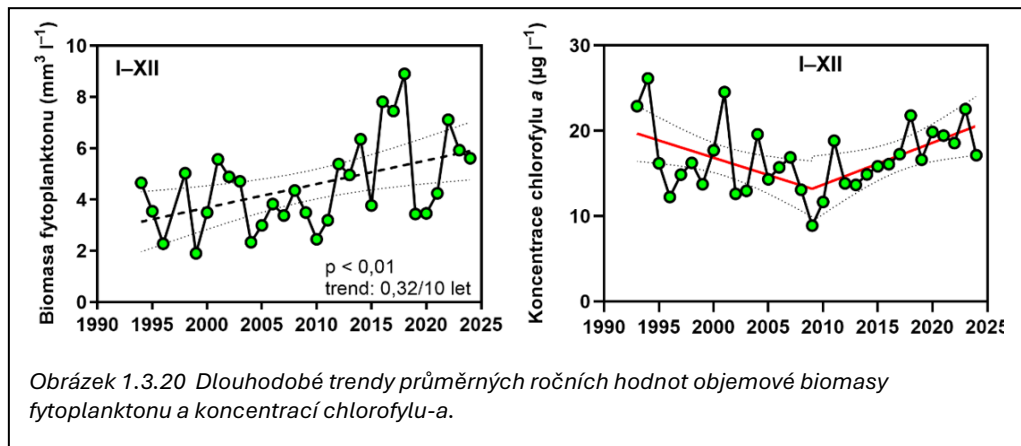
Souhrnně lze na základě dlouhodobých dat z monitoringu PVL potvrdit zhoršování některých parametrů kvality vody v období 2008–2023. Dochází k poklesu průhlednosti, nárůstu biomasy fytoplanktonu a sinic a také zvyšování koncentrace chlorofylu-a.

Přestože data z monitoringu Povodí Vltavy poskytují cenné informace o dlouhodobém vývoji vybraných parametrů kvality vody, jejich interpretační hodnota je omezená vzhledem k nerovnoměrné délce sledování jednotlivých lokalit, relativně krátkému celkovému časovému období a nízkému počtu odběrových míst. S ohledem na rozsah a komplexnost lipenské nádrže jako největšího vodního díla v ČR by bylo žádoucí monitoring rozšířit o další profily a zvýšit četnost odběrů

během roku, aby bylo možné lépe zachytit prostorovou i sezónní variabilitu trofických procesů a přesněji hodnotit dlouhodobé trendy vývoje kvality vody v nádrži

#### *Vývoj fytoplanktonu v profily Frymburk na základě monitoringu HBÚ*

Dlouhodobá časová řada sledování fytoplanktonu v profilu Frymburk (1994–2024) představuje nejucelenější soubor dat o vývoji kvality vody v lipenské nádrži. Zatímco průměrná roční objemová biomasa fytoplanktonu vykazuje statisticky významný rostoucí trend ( $p < 0,01$ ;  $+0,32 \text{ mm}^3/\text{l}$  za dekádu; Obrázek 1.3.20), průběh koncentrace chlorofylu-a je méně jednoznačný. Dvousegmentová lineární regrese ukazuje, že do roku 2008 koncentrace chlorofylu-a klesala, zatímco od té doby opět narůstá. Rozdíl mezi vývojem chlorofylu-a a objemové biomasy fytoplanktonu naznačuje, že se v průběhu let mění taxonomické složení a poměr mezi skupinami s odlišným obsahem pigmentů. Podobný nesoulad mezi oběma parametry byl pozorován i v jiných nádržích a často souvisí s posuny ve druhovém složení nebo různým fyziologickým stavem společenstva fytoplanktonu v čase odběru vzorku. Z hlediska dlouhodobého vývoje je množství a složení fytoplanktonu charakterizováno výraznou meziroční variabilitou, přičemž hlavní trend posledních desetiletí představuje nárůst průměrné roční biomasy rozsivek (Obrázek 1.3.21). V dekadovém srovnání (Obrázek 1.3.22) je patrné, že celková průměrná biomasa fytoplanktonu ve srovnání období 2015–2024 významně vzrostla ( $p < 0,0001$ ) ve srovnání s oběma předchozími dekádami.

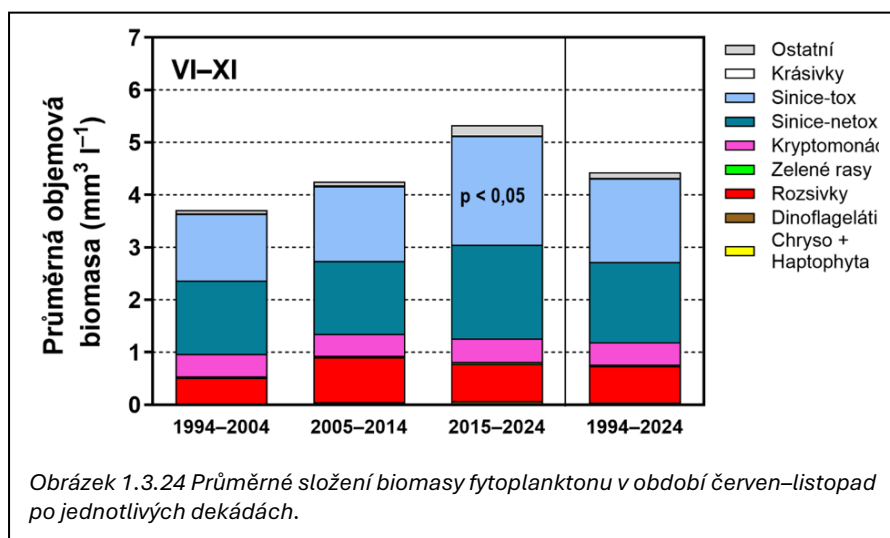
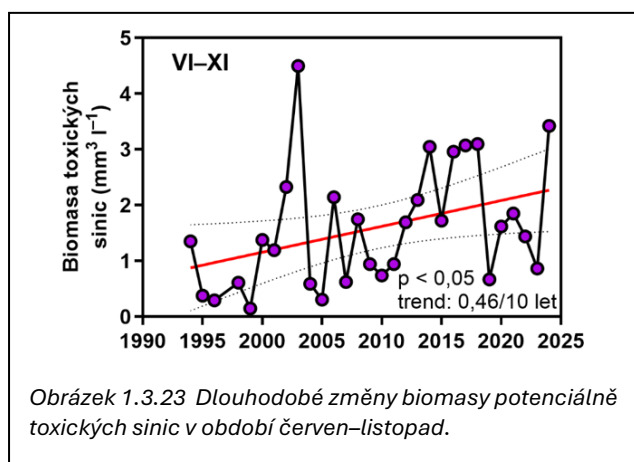


Pro detailnější hodnocení vývoje sinic byla analyzována data z období červen–listopad, kdy sinice tvoří dominantní složku společenstva.

Sinice byly rozděleny do dvou kategorií:

- potenciálně toxické (rody *Dolichospermum*, *Microcystis*, *Aphanizomenon*), které mohou produkovat toxické sekundární metabolity,
- netoxické (např. *Woronichinia* a pikoplanktonní rody s nízkým podílem na biomase).

Zatímco biomasa netoxických sinic se dlouhodobě významně nemění, biomasa potenciálně toxických druhů vykazuje statisticky významný rostoucí trend ( $p < 0,05$ ;  $+0,46 \text{ mm}^3/\text{l}$  za dekádu; Obrázek 1.3.23), zejména v posledních dvou dekáдах (Obrázek 1.3.24). Tento trend potvrzuje zvyšující se riziko výskytu toxických vodních květů, které mohou ohrožovat rekreační využití a ekologické fungování nádrže.



Souhrnně lze na základě dlouhodobé datové řady HBÚ v profilu Frymburku konstatovat:

- Celková biomasa fytoplanktonu na profilu Frymburk mezi lety 1994 a 2024 vzrostla v průměru o přibližně 30 %.
- Chlorofyl-a po období poklesu v letech 1994–2008 opět roste.
- V ročním průměru došlo k významnému zvýšení biomasy rozsivek, zatímco biomasa sinic zůstává relativně stabilní.

- V období červen–listopad dochází zejména v poslední dekádě k statisticky významnému nárůstu biomasy potenciálně toxických sinic, čímž se zvyšuje ekologické i hygienické riziko.

#### Závěry k analýze vývoje fytoplanktonu

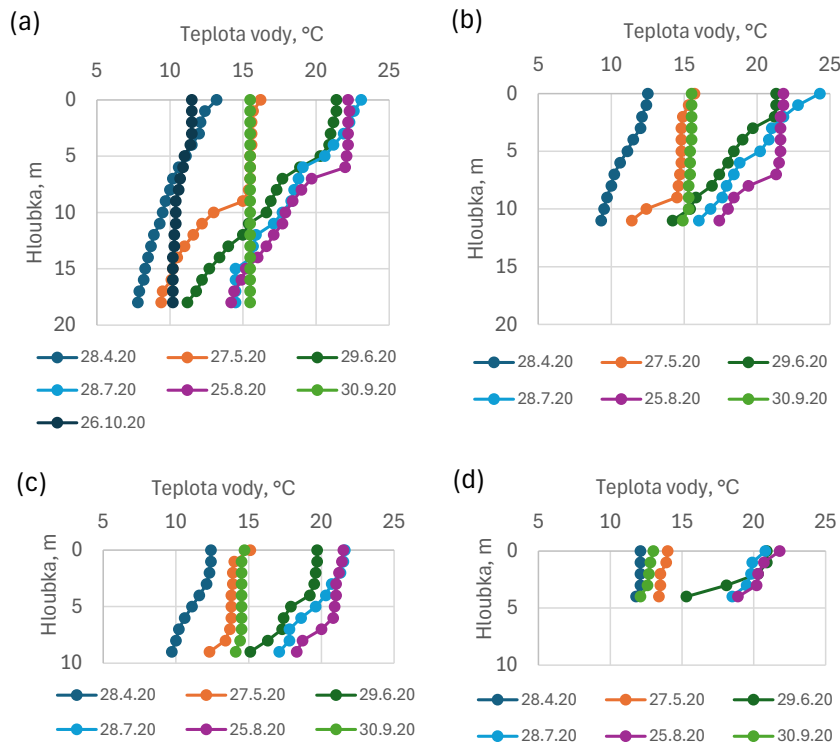
- Celková biomasa fytoplanktonu i koncentrace chlorofylu-a v lipenské nádrži vykazují dlouhodobý rostoucí trend, který svědčí o postupném zhoršování eutrofizace.
- Fytoplankton je sezónně vysoce proměnlivý, přičemž sinice, které vytváření vodní květ, se pravidelně vyskytují v období červen–listopad, kdy v průměru představují přibližně 70 % celkové biomasy fytoplanktonu.
- V tomto období byl také zjištěn statisticky významný nárůst biomasy potenciálně toxických sinic, zejména rodů *Dolichospermum*, *Microcystis* a *Aphanizomenon*, které představují největší riziko pro kvalitu vody i rekreační využití nádrže.
- Srovnání tří nezávislých monitorovacích programů (Biologické centrum AV ČR v.v.i., Povodí Vltavy, státní podnik, a Krajská hygienická stanice Jihočeského kraje) jednoznačně ukazuje shodný trend zhoršování trofických parametrů, tj. nárůst koncentrací chlorofylu-a, zvýšení biomasy fytoplanktonu a sinic a pokles průhlednosti vody.
- Tyto výsledky společně potvrzují, že lipenská nádrž dlouhodobě směřuje k vyšší úrovni trofie a je čím dál náchylnější k rozvoji sinicových vodních květů, pravděpodobně zejména v souvislosti s oteplováním a prodlužujícím se obdobím teplotní stratifikace.

#### 1.3.4 Vliv stratifikace na sezónní změny jakosti vody v nádrži

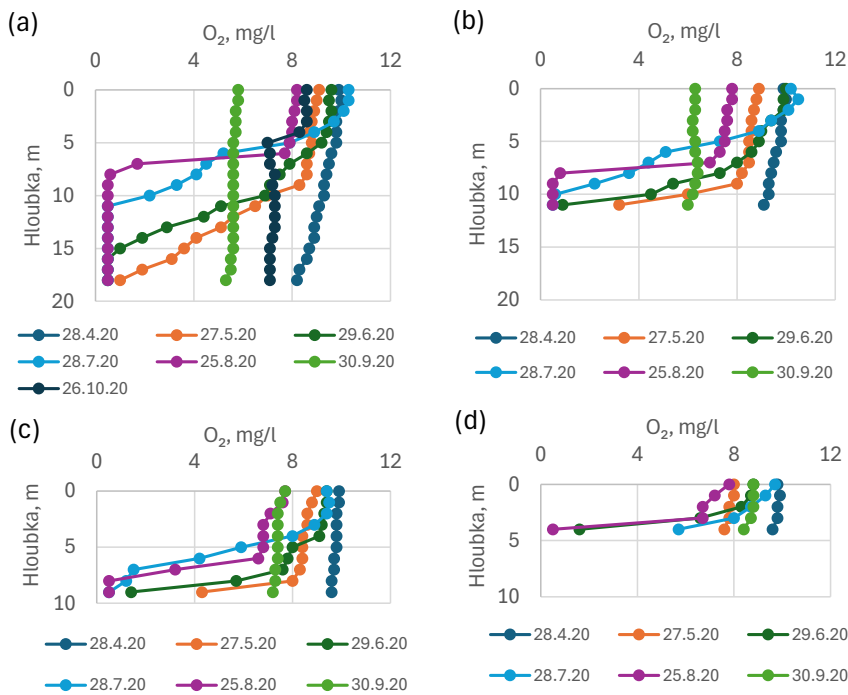
Typický sezónní vývoj teplotních podmínek ve vodním sloupci v podélném profilu lipenské nádrže znázorňuje Obrázek 1.3.25, na kterém jsou výsledky sledování PVL během jednoho roku (tj. roku 2020). Nádrž má tendenci ke stratifikaci vodního sloupce po celé své délce od hráze až k Horní Plané od dubna do konce léta. Podzimní cirkulace, kdy je vodní sloupec úplně promícháván, nastupuje většinou koncem září. Ve všech profilech je vidět, že je v letním období nade dnem chladnější stagnující vrstva vody, která se vyměňuje se svrchní míchanou vrstvou vody omezeně.

Profily koncentrace rozpuštěného kyslíku (viz Obrázek 1.3.26) ukazují, že se ve stagnující vrstvě vody nade dnem v teplém období roku kyslík vyčerpává až do stavu anoxie. Od hráze k Dolní Vltavici nad dnem anoxie trvala v roce 2020 od června do konce srpna. V přítokovém rameni u Horní Plané anoxie nade dnem vzniká také i při relativně malé hloubce vodního sloupce, tj. cca 4–5 m, byť může být přerušována v obdobích ochlazení počasí anebo při intenzivním přítoku. Tento stav ukazuje, že rozkladné procesy v nádrži probíhají velmi intenzivně. Sedimentující biomasa fytoplanktonu se nade dnem rychle rozkládá a živiny se vrací do koloběhu k další produkci a růstu fytoplanktonu.

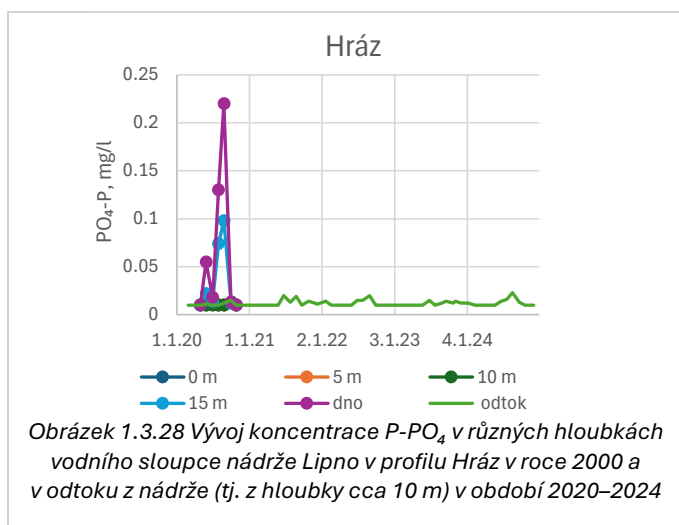
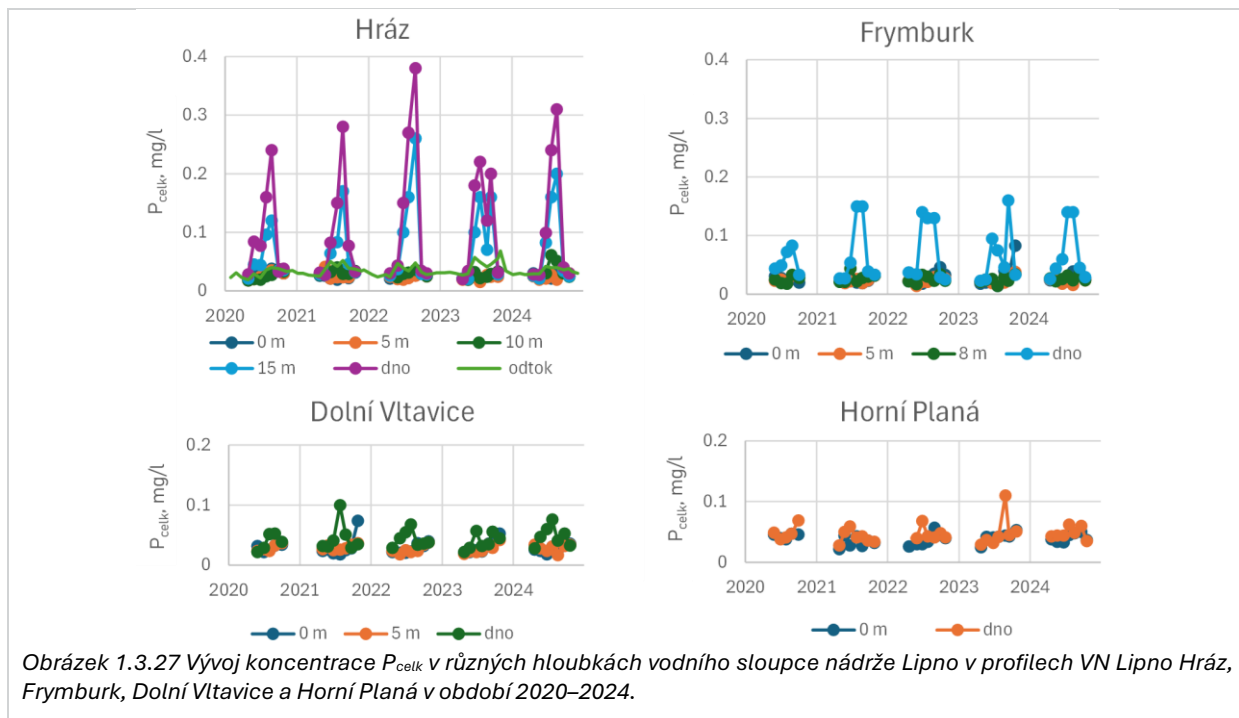
Koncentrace  $P_{\text{celk}}$  nade dnem během období stratifikace rychle narůstají, jak ukazuje Obrázek 1.3.27. U hráze, kde je koncem léta anoxická vrstva vody nade dnem silná až 10 m, koncentrace  $P_{\text{celk}}$  narůstají k hodnotám 0,2–0,4 mg/l, tj. 10násobku hodnot u hladiny). Výše na nádrži nárůsty koncentrace  $P_{\text{celk}}$  nade dnem nejsou tak výrazné, ale je možné je rozpoznat i v přítokovém rameni u Horní Plané. Většina obsahu  $P_{\text{celk}}$  v těchto nárůstech je tvořena rozpuštěným fosforečnanovým fosforem, jak je zřejmé z jediného ročního průběhu koncentrací P-PO<sub>4</sub> naměřeného v profilu VN Lipno Hráz v roce 2020 (viz Obrázek 1.3.28).



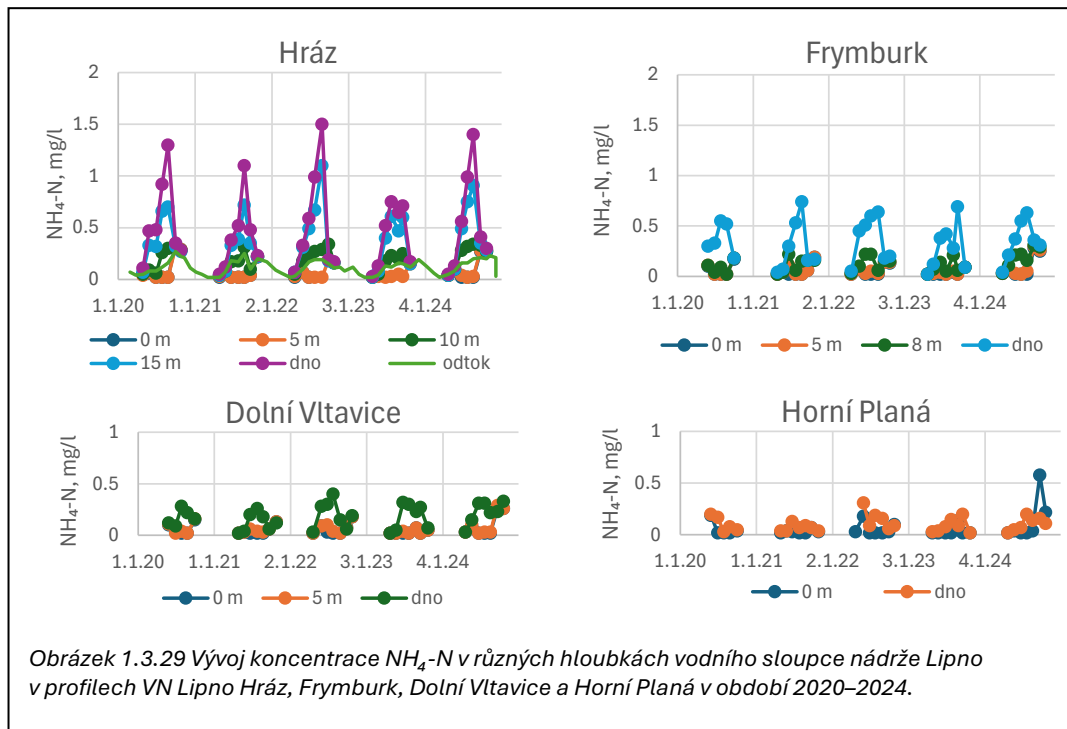
Obrázek 1.3.26 Stratifikace teploty vody v nádrži Lipno od dubna do října 2000 v profilech: (a) VN Lipno Hráz, (b) VN Lipno Frymburk, (c) VN Lipno Dolní Vltavice, (d) VN Lipno Horní Planá.



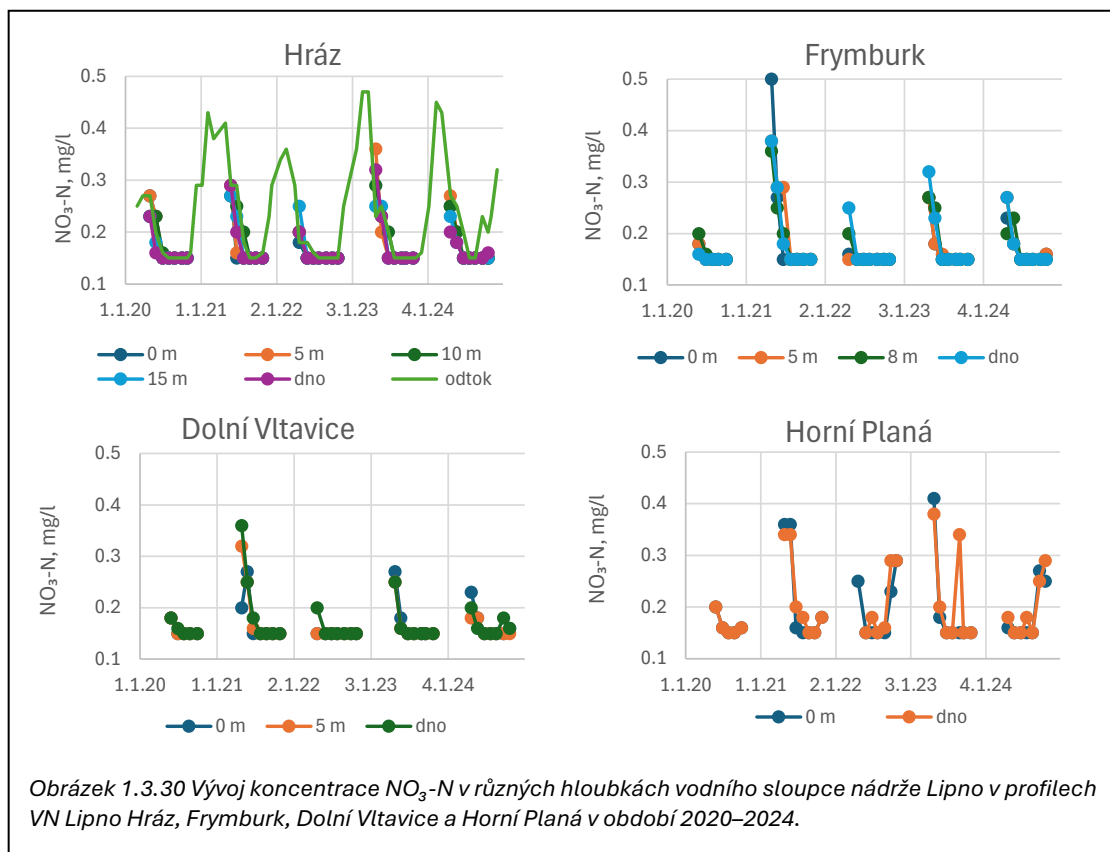
Obrázek 1.3.25 Stratifikace rozpuštěného kyslíku v nádrži Lipno od dubna do října 2020 v profilech: (a) VN Lipno Hráz, (b) VN Lipno Frymburk, (c) VN Lipno Dolní Vltavice, (d) VN Lipno Horní Planá.



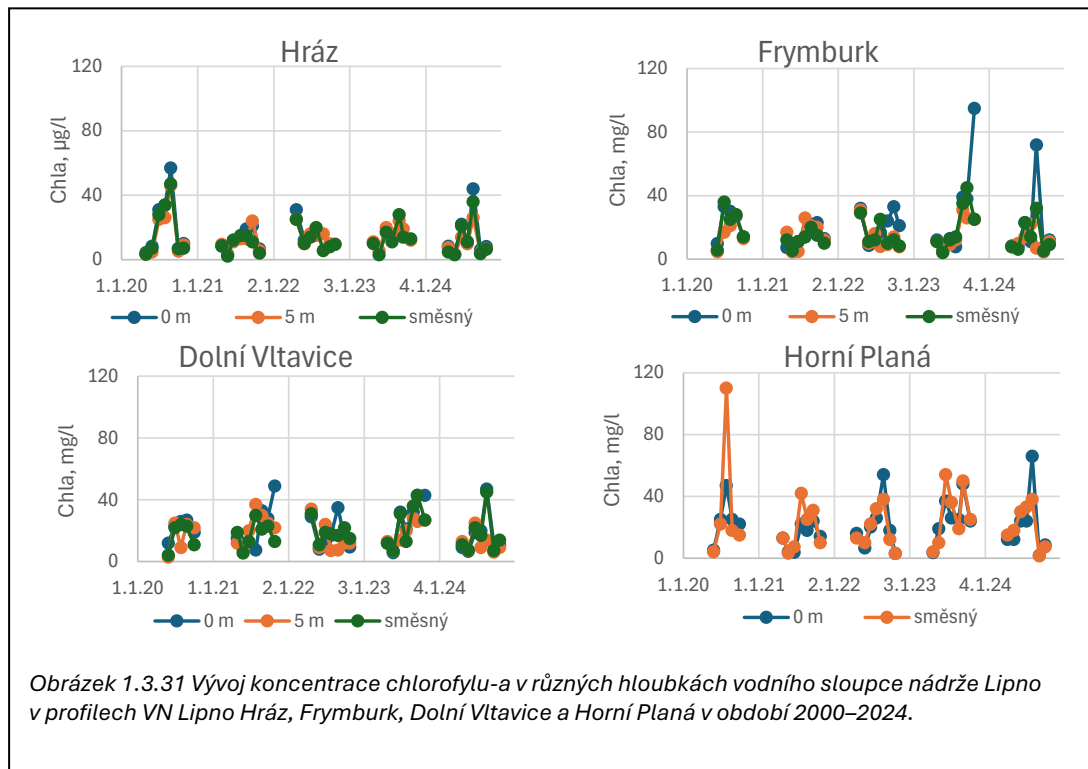
Vývoj stratifikace koncentrace amoniakálního dusíku  $N-NH_4$  v podélném profilu nádrže ukazuje Obrázek 1.3.29. V horních vrstvách nádrže jsou v období stratifikace koncentrace velmi nízké (obvykle pod limitem stanovitelnosti analýzy, tj. 0,03 mg/l), ale nade dnem za anoxických podmínek výrazně narůstají, což je způsobeno rozkladem sedimentující biomasy fytoplanktonu. Koncentrace  $N-NH_4$  ve spodních vrstvách opět klesá na nízké hodnoty při podzimním promíchání vodního sloupce. Je to jednak kvůli smísení s horní vrstvou vody, kde je jeho koncentrace nízká, jednak kvůli jeho opětovnému využití pro růst fytoplanktonu a pro nitrifikaci.



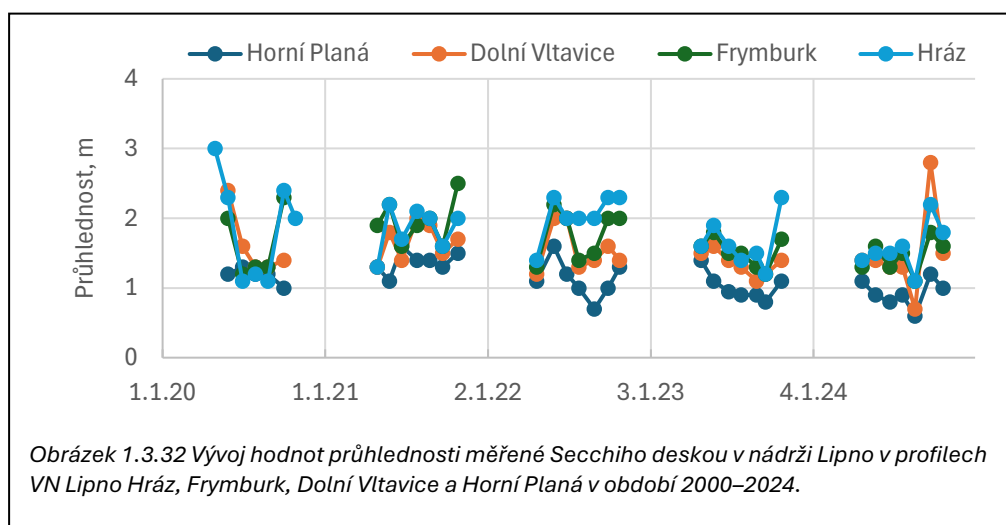
Koncentrace  $\text{N-NO}_3$  (Obrázek 1.3.30) se v nádrži během období stratifikace snižuje, protože v horní vrstvě je tato forma dusíku odčerpávána z vody jako živina pro růst fytoplanktonu a v anoxických podmínkách nade dnem ho mikroorganismy využívají jako akceptor elektronů při respiraci, přičemž je  $\text{N-NO}_3$  denitrifikován a z vody mizí.



Koncentrace chlorofylu-a (Obrázek 1.3.31) a hodnoty průhlednosti vody (Obrázek 1.3.32) podél lipenské nádrže si vzájemně odpovídají a jsou si nepřímo úměrné, protože s nárůstem biomasy fytoplanktonu roste koncentrace chlorofylu-a, kdežto průhlednost se snižuje. Průměrné hodnoty za období 2020–2024 ve sledu profilů: Horní Planá – Dolní Vltavice – Frymburk – Hráz byly pro chlorofyl-a: 22,2 – 19,1 – 17,5 – 14,4  $\mu\text{g/l}$  a pro průhlednost: 1,1 – 1,5 – 1,7 – 1,8 m. Všechny tyto hodnoty odpovídají eutrofním podmínkám.



Obrázek 1.3.31 Vývoj koncentrace chlorofylu-a v různých hloubkách vodního sloupce nádrže Lipno v profilech VN Lipno Hráz, Frymburk, Dolní Vltavice a Horní Planá v období 2000–2024.

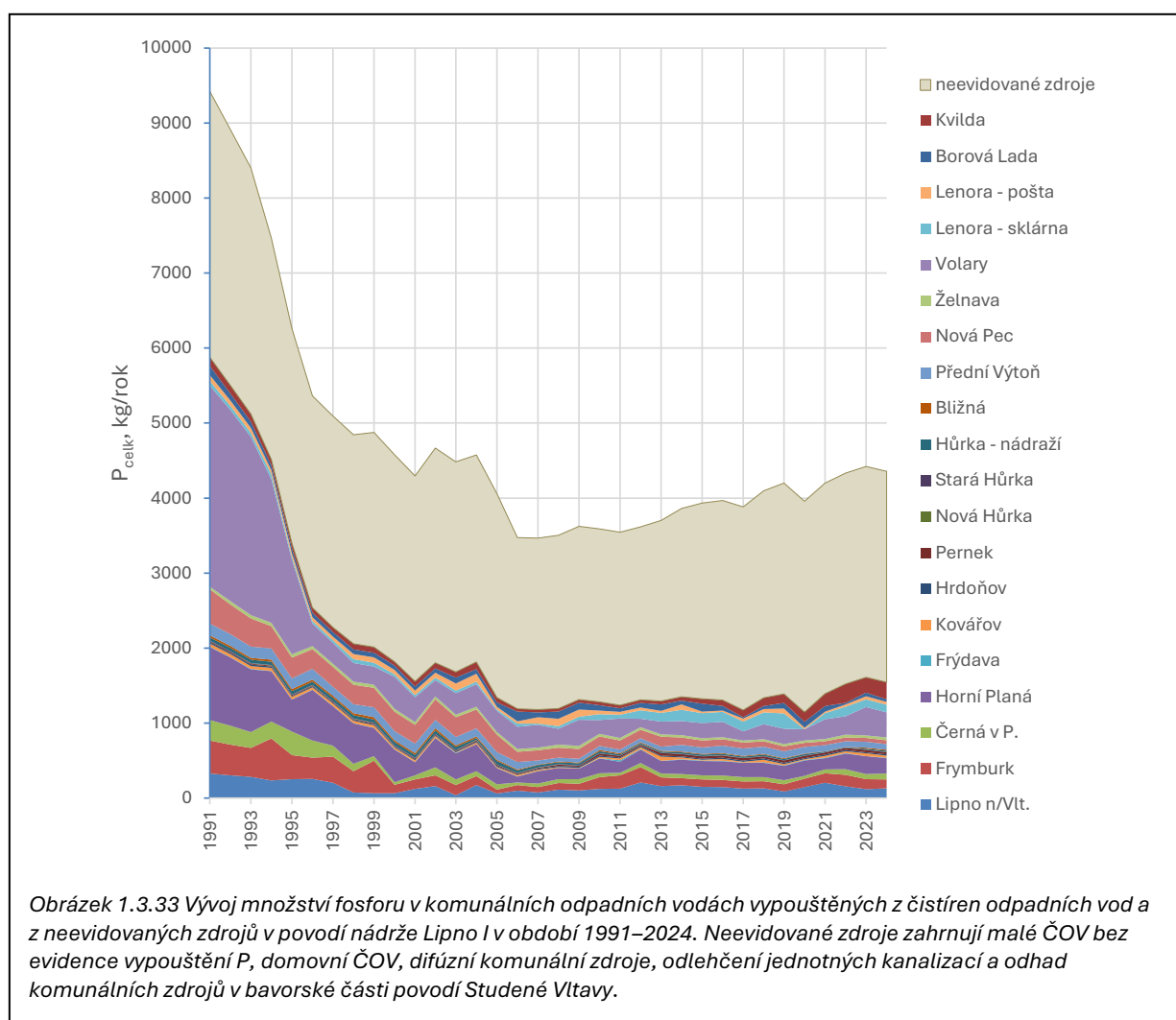


Obrázek 1.3.32 Vývoj hodnot průhlednosti měřené Secchiho deskou v nádrži Lipno v profilech VN Lipno Hráz, Frymburk, Dolní Vltavice a Horní Planá v období 2000–2024.

### 1.3.5 Komunální odpadní vody

Komunální odpadní vody jsou vypouštěny v povodí nádrže Lipno z celkem 55 sídel v Čechách a ze 4 sídel v Bavorsku (v povodí Studené Vltavy), s celkovým počtem 14,5 tis. obyvatel; tj. průměr v referenčním období 2019-2024. Komunálními čistírnami odpadních vod jsou v současnosti vybavena prakticky všechna sídla o velikosti nad 100 obyvatel, ve kterých žije dohromady kolem 12,5 tis. trvalých obyvatel (tj. 86 % z celkového počtu). Většina větších čistíren odpadních vod, zejména v povodí vzdutí nádrže, je vybavena srážením fosforu a odstraňují fosfor s účinností 90 % nebo více; na tyto čistírny je připojeno kolem 8 tis. obyvatel. Čistírny v obcích nad 500 obyvatel provozují také technologii se zvýšeným odstraňováním dusíku. V horní části povodí nad vzdutím lipenské nádrže jsou technologiemi srážení fosforu a zvýšeného odstraňování dusík největší zdroje (Volary, Lenora).

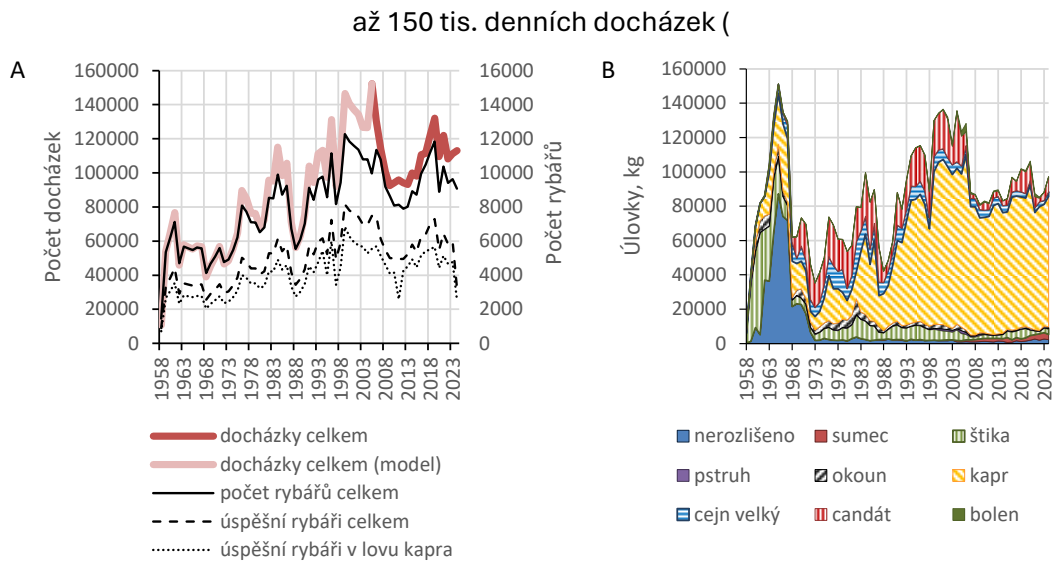
Export P z komunálních zdrojů v povodí nádrže Lipno se ve sledovaném období výrazně snižoval z hodnot kolem 9 t/rok na počátku 90. let minulého století na cca 4,3–4,6 t/rok v letech 2000–2005, pak až na 3,5–3,6 t/rok v letech 2006–2009, a posléze postupně vystoupal na hodnoty 4,0–4,5 t/rok po roce 2018 (Obrázek 1.3.33; Příloha – Tabulka P1). Uvažujeme-li roční produkci fosforu do komunálních vod od 14,5 tis. trvalých obyvatel v povodí při specifické denní produkci fosforu do odpadní vody 2,4 g/obyvatel/d jako 12,2 t/rok, pak průměrná účinnost odstranění fosforu před vypuštěním do recipientů po roce 2018 byla v rozsahu 63–67 %.



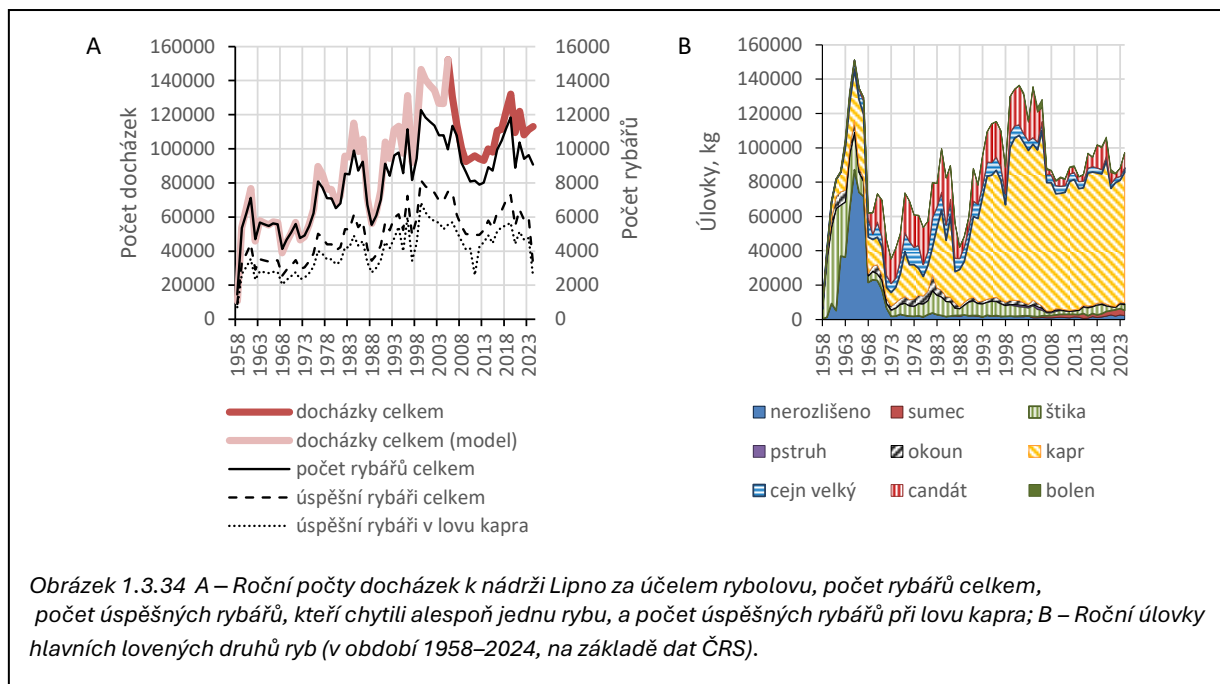
Pokles exportu P do roku 2000 nastal v důsledku rekonstrukce ČOV na největších zdrojích, tj. Volary, Horní Planá, Frymburk, Černá v Pošumaví a Lipno nad Vltavou, a po roce 2006 byl v souvislosti jednak s omezením obsahu P v pracích prostředcích Vyhláškou 78/2006 Sb. a posléze Vyhláškou 139/2009 Sb., jednak dalším posílením srážení P především v čistírnách kolem nádrže Lipno provozovaných podnikem ČEVAK a.s. Účinnost čistíren největších zdrojů, tj. Lipno nad Vltavou, Frymburk, Horní Planá a Černá v Pošumaví byla v této době zvýšena na 90–95 % s odtokovými koncentracemi  $P_{\text{celk}}$  do 1,5 mg/l. Po roce 2009 se vstup fosforu do nádrže začal pomalu zvyšovat, např. z čistíren v Lipně nad Vltavou a Frymburk v důsledku většího množství čištěných vod, ale hlavní nárůst nastal u nevidovaných zdrojů, které narostly z hodnot 2,3–2,4 t/rok v období 2006–2009 na současných cca 2,8 t/rok a představují větší zdroj P než jsou výpusti ČOV. Podrobnější informace o nevidovaných zdrojích uvádí kapitola 6.

### 1.3.6 Lov ryb a vnaďění

Rybolov je významnou aktivitou, která zvyšuje rekreační atraktivitu a návštěvnost nádrže Lipno. Na základě evidence ČRS, která existuje od doby napouštění nádrže lze odhadovat, že již koncem 50. minulého století na lipenské nádrži rybařilo ročně 4–7 tis. rybářů. Tyto počty se postupně zvyšovaly a v posledních třech desetiletích na nádrži ročně rybařilo 8 až 12 tis. rybářů, kteří ročně vykonali 90

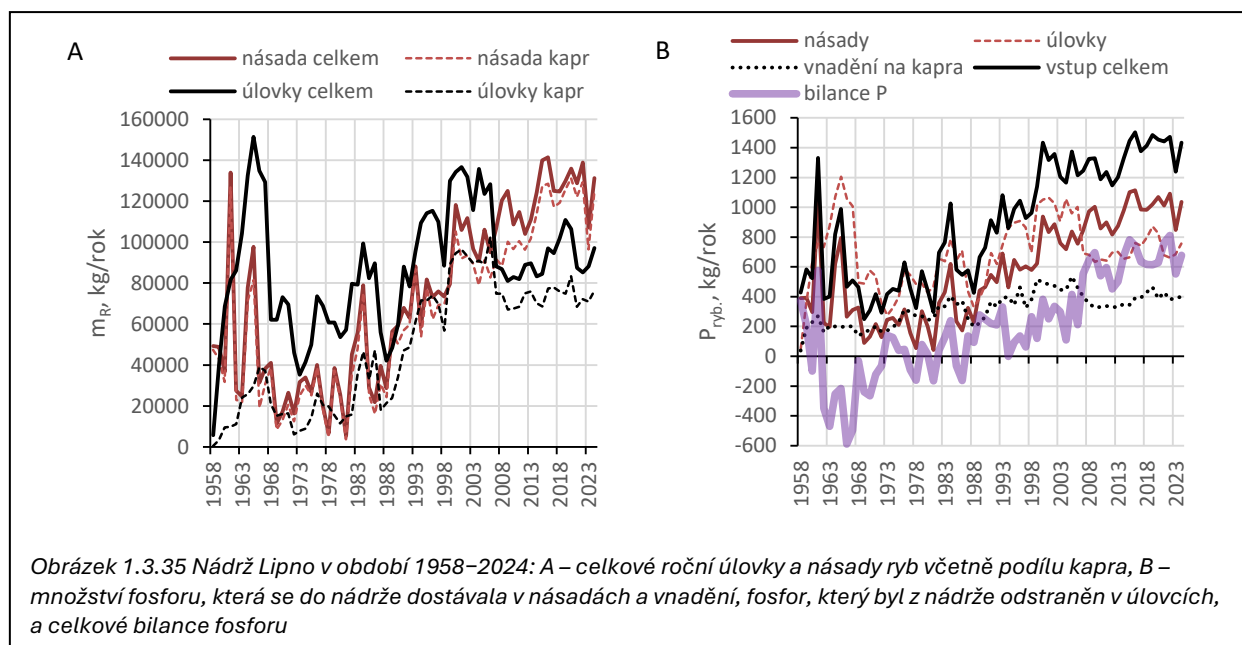


Obrázek 1.3.34 ). Rybářská návštěvnost vrcholila v období 2000–2005 počty 10 až 12 tis. rybářů ročně. Po roce 2006 rybářská návštěvnost klesla na 7 až 9 tis. ročně v letech 2009–2015, ale poté se opět zvýšila na 9 až 11 tis. ročně.



Podle dat ČRS se v nádrži Lipno I nejvíce ryb odlovovalo v druhé polovině 60. let minulého, kdy zde existovalo jak sportovní rybářství na udici, tak komerční odlovy ryb sítěmi. S pravděpodobným poklesem vysoké počáteční úživnosti a produktivity nádrže ale síťové úlovky klesaly, kromě toho nebyl velký odbyt pro typicky malé ryby (<200 g/ks) lovené sítěmi. Od roku 1973 už se loví jen na udici a úlovky byly podporovány nasazováním. V období 1990–2024 ulovilo v průměru 101 t ryb ročně (Obrázek 1.3.34B a Obrázek 1.3.35). Celkový úlovek byl v roce 1990 cca 60 t/rok, pak narůstal na 120–130 t/rok v období 1999–2006, v letech 2007–2015 klesl na 80–90 t/rok, poté se do roku 2020 mírně zvyšoval na cca 110 t/rok a v posledních letech opět poklesl na 85–97 t/rok. Nárůst celkového

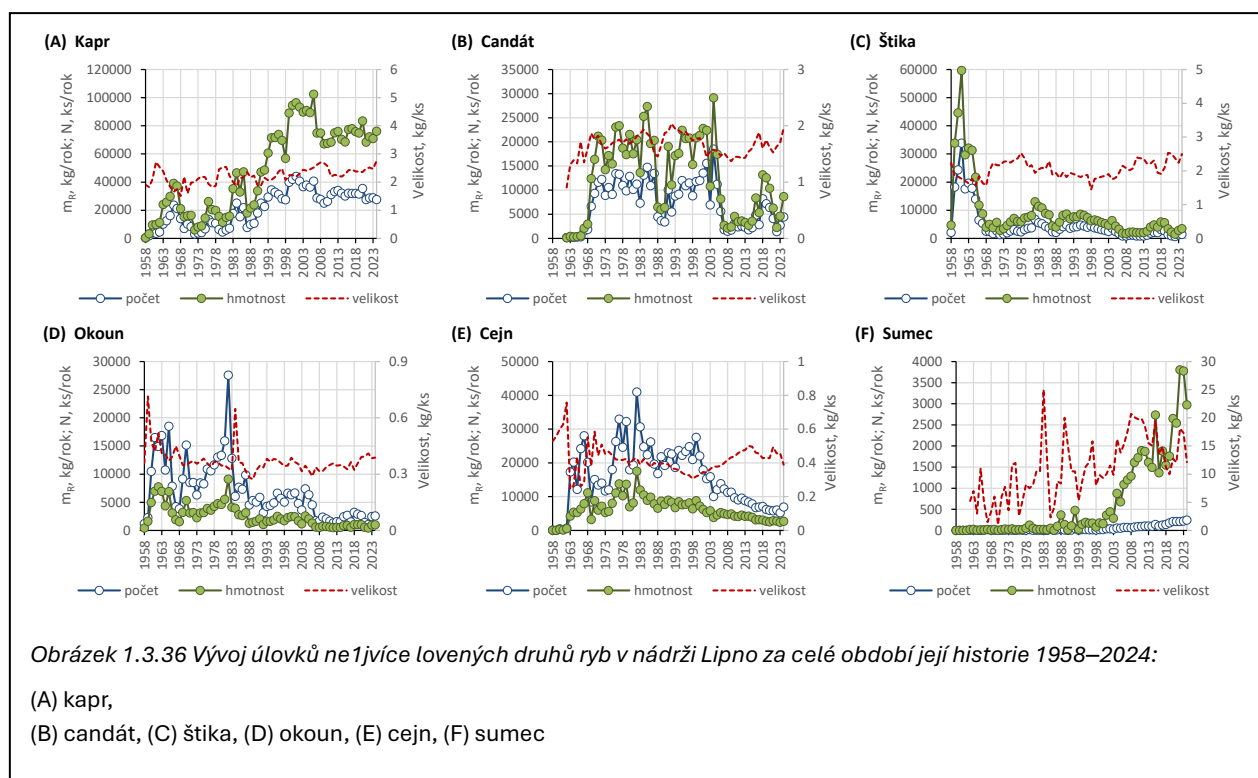
úlovku v 90. letech byl hlavně v souvislosti se zvýšeným nasazováním a opětovným odlovem kapra (Obrázek 1.3.35A). Pokles celkových úlovků po roce 2006 byl spojen především s poklesem úlovků dravců, na který část rybářů specializovaná na dravce reagovala poklesem docházek. Množství uloveného candáta kleslo téměř skokově mezi roky 2005 a 2007 z hodnot cca 20 t/rok na méně než 5 t/rok, množství štiky z cca 5 na 2 t/rok a množství okouna z cca 2 na méně než 0,5 t/rok; naopak došlo k nárůstu v odlovu sumce z méně než 0,2 t/rok před rokem 2000 na téměř 1,5 t/rok v roce 2010 a 3–4 t/rok ve letech 2022–2024 (Obrázek 1.3.36F). K dalším loveným rybám ve větším množství patřil cejn (5–6 t/rok; Obrázek 1.3.36E) a po roce 2000 bolen (0,2–4,5 t/rok). V rozmezí 0,1–0,5 t/rok-1 byli loveni amur, tloušť, karas, lín, lipan, maréna, mník, pstruh duhový, úhoř a tolstolobik; v průměru méně než 0,1 t/rok se ulovilo sivena, parmy, podoustve a pstruha obecného.



Mezi násadami hmotnostně dominoval kapr, který v průměru tvořil 90 % hmotnosti každoročních násad (za období 1990–2024). Po vysokých násadách v 60. letech (až 126 t v r. 1961) se v 70. a 80. letech v průměru kapr nasazoval v množství kolem 30 t/rok. S počátkem 90. let množství násady narostlo na 50 t/rok a zvyšovalo se až na hodnoty 100–130 t/rok v letech 2010–2024 (Obrázek 1.3.35A).

Násada kapra se neslovuje úplně ani podle počtů ani podle biomasy. V období 1990–2008 bylo uloveno v průměru o 53 % méně nasazených kusů a o 3 t/rok méně hmotnosti násady. V období 2009–2024 byl rybářský výtěžek násady kapra nižší: bylo uloveno se v průměru méně o 60 % kusů o 41 t/rok hmotnosti násady. Kapr se v nádrži přirozeně nerozmnožuje. Většinou není uloven v tomtéž roce po nasazení, protože se loví kapři o hmotnosti kolem 2–2,5 kg/ks (viz Obrázek 1.3.36A). Průměrná kusová hmotnost násady kapra narostla z hodnoty cca 1,0 kg/ks v roce 1990 na 1,8 kg/ks v posledních letech 2021–2024. Z porovnání hodnot průměrných ročních kusových hmotností úlovků a násad vyplývá, že velikost přírůstku ulovených kaprů v nádrži klesal z cca 1,2 kg/ks roce 1990 na 0,7 kg/ks v období 2021–2024. Protože kapr je v nádrži Lipno schopen ročně přirůst pouze o 0,3–0,5 kg (vzhledem k pro něj nepříliš vhodných teplotních a živinových podmínkách; J. Kubečka, osobní sdělení), lze odhadovat, že průměrné setrvání vysazených kaprů v nádrži bylo kolem roku

1990 3–4 roky, kdežto v posledních letech jsou to jen <2 roky. Rozdíl mezi násadami a úlovky kapra, který se od roku 2008 stále zvětšuje (viz také Obrázek 1.3.35A), ukazuje, že mortalita kapra v nádrži roste. Jednou z možností vysvětlení je rostoucí predace kapra v nádrži, např. sumcem, jehož rybářské úlovky, a tedy zjevně i jeho populace v nádrži, od roku 2008 začala narůstat (Obrázek 1.3.35F). Na základě vědeckých odlovů tenatními sítěmi v období 2008–2024 ovšem obsádka kapra v nádrži Lipno tvoří nejvýše 7 % celkové hmotnosti ryb v nádrži (Kubečka J., osobní sdělení). Kromě kapra se do nádrže nasazují i další druhy ryb, zejména bolen (jen v letech 1982–1988), candát, lín, štika, pstruh duhový (1969–1983), sumec (jen 1984–1997 a v roce 2005), podoustev (2000–2017), úhoří monté (1986–2000) a mník (od roku 2002). Tyto druhy se vysazovaly většinou jako plůdek.



Vývoj bilance vnosu a odsunu fosforu v rámci rybářství za celou historii nádrže Lipno do roku 2024 uvádí Obrázek 1.3.35B. I přes vysoké nasazování se v 60. letech především díky komerčním odlovům sítěmi s vylovenými rybami odstraňovalo v průměru ročně více než 0,2 t fosforu. V 70. letech rybolov ještě odstraňoval fosfor z nádrže v průměru rychlostí 0,03 t/rok, ale od 80. let se rybolov stal čistým zdrojem P pro nádrž. Průměrná množství čistého vnosu P do nádrže rostla v jednotlivých desetiletích následovně: 80. léta – 0,05 t/rok, 90. léta – 0,17 t/rok, 0. léta – 0,39 t/rok, 10. léta – 0,61 t/rok, 20. léta – 0,68 t/rok.

Je to díky nepoměru mezi množstvími P v násadách, vnaďení a úlovcích. Vstup fosforu prostřednictvím násady ryb a vnaďících krmiv při rybolovu se v letech 1990–2024 pohyboval v rozmezí 0,7–1,5 t/rok. Z toho zhruba 0,4 t/rok připadalo na vnaďení a rostoucí množství od 0,5 t/rok v roce 1990 do max. 1,1 t/rok po roce 2015. V úlovcích se odstraňoval fosfor z nádrže v množství 0,5–1 t/rok; přitom v posledním období od roku 2008 odsun fosforu klesl spolu s poklesem množství úlovků na 0,6–0,8 t/rok.

Tyto bilanční odhady ukazují, že rybářské aktivity byly s výjimkou 60. let v určité míře čistým zdrojem fosforového znečištění nádrže. Toto znečištění ale od poloviny 90. let minulého století začalo výrazně narůstat a po roce 2008 se roční hodnoty pohybují v rozmezí 0,5–0,8 t fosforu.

## 1.4 Vyhodnocení stavu a trendů

### 1.4.1 Přírodní pozadí odnosu živin z povodí

Tabulka 1.4.1 shrnuje výsledky hodnocení přírodního pozadí koncentrací živin a rozpuštěných organických látek na základě výsledků z 12 odběrových profilů na tocích s povodím bez antropogenních zdrojů znečištění. Průměrné koncentrace byly v tomto reprezentativním souboru profilů pro  $P_{\text{celk}}$  28  $\mu\text{g/l}$  a pro  $P\text{-PO}_4$  a 13  $\mu\text{g/l}$  (tj. 46 %  $P_{\text{celk}}$ ). Koncentrace  $P_{\text{celk}}$  ani  $P\text{-PO}_4$  nesouvisely s geologií podloží, ale byly ve statisticky významném ( $p < 0,01$ ) pozitivním korelačním vztahu s koncentrací DOC. Z toho vyplývá, že určujícím faktorem pro přírodní pozadí koncentrací P v povodí nádrže Lipno je především množství mokřadů a podíl rašelinných půd v povodí, z nichž se ve zvýšené vyplavují míře hnědě zbarvené a špatně biologicky rozložitelné organické látky, tj. huminové látky, které koncentraci DOC ve vodě zvyšují.

Tabulka 1.4.1 Průměr  $\pm$  směrodatná odchylka a v závorkách rozmezí percentilů  $c_{10}$ – $c_{90}$  koncentrací živin a rozpuštěného organického uhlíku (DOC) v tocích bez antropogenního znečištění v povodí nádrže Lipno

Profil a období sledování	Počet vzorků	$P_{\text{celk}}$ , $\mu\text{g/l}$	$P\text{-PO}_4$ , $\mu\text{g/l}$	$\text{NO}_3\text{-N}$ , $\text{mg/l}$	$\text{NH}_4\text{-N}$ , $\mu\text{g/l}$	DOC, $\text{mg/l}$
Hučina, 2014–2024	81	43 $\pm$ 14 (28–62)	25 $\pm$ 7 (16–33)	0,28 $\pm$ 0,09 (0,18–0,38)	4 $\pm$ 7 (1–8)	8,8 $\pm$ 5 (3,9–13,8)
Jedlový p., 2015–2024	46	42 $\pm$ 18 (23–68)	10 $\pm$ 4 (6–15)	0,76 $\pm$ 0,36 (0,2–1,16)	20 $\pm$ 14 (7–32)	5,8 $\pm$ 3,1 (3,2–9,7)
Pestřice, 1998–2004	27	27 $\pm$ 11 (19–43)	11 $\pm$ 5 (7–20)	0,45 $\pm$ 0,21 (0,29–0,74)	17 $\pm$ 10 (9–30)	5,5 $\pm$ 3,8 (3,1–8,2)
PL-II, 2000–2018	253	36 $\pm$ 10 (25–50)	30 $\pm$ 9 (19–41)	1,6 $\pm$ 1,07 (0,47–3,23)	10 $\pm$ 17 (1–25)	9,6 $\pm$ 2,9 (6,2–14,1)
PL-III, 2000–2018	298	16 $\pm$ 8 (10–25)	12 $\pm$ 5 (6–19)	1,74 $\pm$ 0,77 (0,9–2,9)	12 $\pm$ 19 (1–28)	4,3 $\pm$ 1,5 (2,6–6)
PL-IV, 2000–2018	307	5 $\pm$ 2 (4–7)	3 $\pm$ 1 (2–4)	1,82 $\pm$ 0,71 (0,98–2,75)	5 $\pm$ 7 (1–11)	1,8 $\pm$ 0,5 (1,3–2,3)
Smrčinský p., 2024	12	34 $\pm$ 17 (18–46)	19 $\pm$ 6 (13–26)	0,61 $\pm$ 0,1 (0,52–0,74)	19 $\pm$ 16 (14–19)	7,3 $\pm$ 4,2 (3,6–13,5)
Světlá, 2019–2024	68	25 $\pm$ 8 (17–32)	14 $\pm$ 4 (8–19)	0,41 $\pm$ 0,12 (0,24–0,56)	25 $\pm$ 21 (2–30)	7,9 $\pm$ 4 (4,2–11,9)
Teplá Vltava-Kvilda, 2019–2024	70	22 $\pm$ 21 (13–30)	8 $\pm$ 2 (7–12)	0,52 $\pm$ 0,13 (0,34–0,68)	19 $\pm$ 9 (15–30)	6,4 $\pm$ 5 (2,6–12,3)
Vltavský p., 1999–2007	27	24 $\pm$ 12 (14–38)	8 $\pm$ 3 (5–11)	0,25 $\pm$ 0,10 (0,14–0,37)	35 $\pm$ 46 (2–97)	7,4 $\pm$ 4,4 (3,5–11,5)
Volarský p. nad, 1999–2007	27	18 $\pm$ 9 (10–34)	5 $\pm$ 2 (2–8)	0,71 $\pm$ 0,22 (0,44–1,01)	30 $\pm$ 42 (6–69)	4 $\pm$ 2,3 (2,2–6,7)
Žlebský, 2016–2024	45	40 $\pm$ 16 (20–62)	13 $\pm$ 6 (6–21)	0,36 $\pm$ 0,14 (0,25–0,58)	19 $\pm$ 38 (1–28)	5,8 $\pm$ 2,2 (3,4–8,5)
<i>Průměr</i>	<i>105</i>	<i>28<math>\pm</math>12</i> <i>(13–42)</i>	<i>13<math>\pm</math>8</i> <i>(5–24)</i>	<i>0,79<math>\pm</math>0,58</i> <i>(0,29–1,73)</i>	<i>18<math>\pm</math>9</i> <i>(6–30)</i>	<i>6,2<math>\pm</math>2,2</i> <i>(4,1–8,7)</i>

Průměrná koncentrace  $P_{\text{celk}}$  0,028 $\pm$ 0,012  $\text{mg/l}$  (viz Tabulka 1.4.1) za předpokladů, že vzorkované profily proporčně správně reprezentují distribuci složení všech typů přirozeného odtoku a že prostý průměr není odlišný od průtokově váženého průměru, odpovídá při průměrném přítoku do nádrže 13,5  $\text{m}^3/\text{s}$  (průměr 1991–2020) přísunu 11,9 $\pm$ 5,1 t/rok. Toto množství lze považovat za úroveň přírodního pozadí bez vlivu člověka a je v souladu s hodnotou cca 16 t/rok, která byla zjištěna

analýzou zdrojů fosforu v období 2019–2024 (viz kapitola 6.1.1). Pokud se přírodní pozadí přepočítá na vyšší průtok v tomto období ( $14,8 \text{ m}^3/\text{s}$ ), vychází hodnota  $13,0 \pm 5,6 \text{ t/rok}$ , která se ještě více blíží výsledku analýzy zdrojů fosforu.

#### 1.4.2 Identifikace a kvantifikace zdrojů fosforu v nádrži a jejich vývoj

Tabulka 1.4.2 uvádí roční množství fosforu, která vstupovala do nádrže z jednotlivých dílčích zdrojů a vystupovala odtokem po pětiletých obdobích zpětně až do 90. let minulého století. Data před rokem 2012 a data v této studii nezpracovávaná (o atmosférické depozici fosforu) byla převzata z předchozí studie Hejzlar a kol. (2013). V posledních zhruba 20 letech celkový přísun fosforu do nádrže kolísal kolem hodnoty  $20 \text{ t/rok}$ , zejména v závislosti na množství přítoku, protože průměrná koncentrace v celkovém přísunu je poměrně stálá a v uvedených pětiletých obdobích se pohybovala v celkem úzkém rozmezí hodnot  $0,045$  až  $0,049 \text{ mg/l}$ .

Tabulka 1.4.2 Zdroje a retence  $P_{\text{celk}}$  v nádrži Lipno v období 1991–2024. Hodnoty představují průměr  $\pm$  směrodatnou odchylku ročních hodnot pro dané období, procentní hodnoty v závorkách uvádějí podíl na celkovém přísunu fosforu do nádrže.

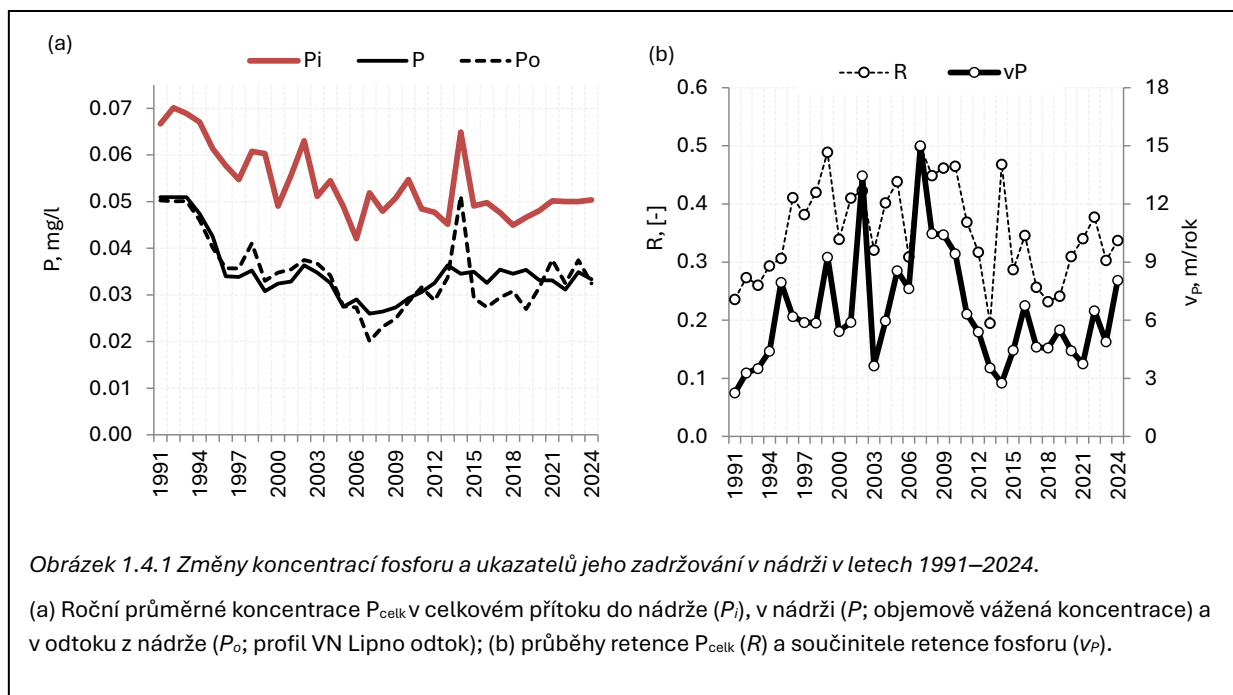
Období	Přítoky, t/rok	Komunální zdroje, t/rok	Rybářství, t/rok	Atm. Depozice, t/rok	Přísun celkem, t/rok	Odsun odtokem, t/rok	Retence, t/rok
1991–1994	$20,6 \pm 4,7$ (81,0 %)	$3,26 \pm 0,28$ (12,8 %)	$0,95 \pm 0,10$ (3,8 %)	$0,6 \pm 0,1$ (2,3 %)	$25,5 \pm 4,0$ (100 %)	$18,3 \pm 4,7$ (71,6 %)	$7,3 \pm 1,7$ (28,6 %)
1995–1999	$26,0 \pm 7,8$ (89,4 %)	$2,34 \pm 0,22$ (8,0 %)	$0,14 \pm 0,10$ (0,5 %)	$0,6 \pm 0,1$ (2,0 %)	$29,1 \pm 7,8$ (100 %)	$16,7 \pm 3,6$ (57,3 %)	$11,0 \pm 2,6$ (37,9 %)
2000–2004	$25,6 \pm 13,9$ (90,7 %)	$1,75 \pm 0,14$ (6,2 %)	$0,28 \pm 0,10$ (1,00 %)	$0,6 \pm 0,1$ (2,1 %)	$28,3 \pm 14,1$ (100 %)	$18,3 \pm 7,2$ (64,8 %)	$9,3 \pm 5,2$ (32,7 %)
2005–2009	$22,0 \pm 2,1$ (90,6 %)	$1,19 \pm 0,14$ (3,4 %)	$0,50 \pm 0,20$ (2,1 %)	$0,6 \pm 0,1$ (2,5 %)	$24,2 \pm 1,9$ (100 %)	$12,4 \pm 2,8$ (51,1 %)	$12,4 \pm 3,8$ (51,0 %)
2010–2014	$18,4 \pm 3,0$ (88,1 %)	$1,33 \pm 0,05$ (6,4 %)	$0,55 \pm 0,09$ (2,7 %)	$0,6 \pm 0,1$ (2,9 %)	$20,9 \pm 2,9$ (100 %)	$13,8 \pm 2,3$ (66,1 %)	$6,7 \pm 3,4$ (32,0 %)
2015–2019	$15,7 \pm 2,0$ (85,7 %)	$1,34 \pm 0,02$ (7,3 %)	$0,68 \pm 0,08$ (2,5 %)	$0,6 \pm 0,1$ (3,3 %)	$18,3 \pm 1,3$ (100 %)	$11,2 \pm 1,3$ (61,3 %)	$7,2 \pm 2,4$ (39,1 %)
2020–2024	$21,2 \pm 5,5$ (88,8 %)	$1,39 \pm 0,03$ (5,8 %)	$0,69 \pm 0,10$ (2,9 %)	$0,6 \pm 0,1$ (2,5 %)	$22,9 \pm 4,2$ (100 %)	$23,2 \pm 4,2$ (67,8 %)	$7,8 \pm 2,0$ (32,4 %)

Hlavní přísun fosforu do nádrže je přítoky a představuje necelých 90 % celkového přísunu. V tomto množství, které vypočteno z měřených koncentrací fosforu a průtoku v jednotlivých přítocích do nádrže, je zahrnut fosfor ze všech typů zdrojů od přírodního pozadí po komunální a zemědělské zdroje. Množství fosforu v komunálních odpadních vodách vypouštěných přímo do nádrže bylo v období 2020–2024 v průměru  $1,39 \text{ t/rok}$ , tj. 5,8 % celkového přísunu nebo 33 % fosforu z odpadních vod v celém povodí. Další vyčíslené vstupy fosforu jsou rybolov, prostřednictvím vnazení a vysazování ryb, které pak nejsou uloveny ( $0,69 \text{ t/rok}$ ; tj. 2,9 % celkového přísunu) a atmosférická depozice ( $0,6 \text{ t/rok}$ ; tj. 2,5 % celkového přísunu). Rozdíl mezi množstvím fosforu v celkovém přísunu a v odsunu odtokem ukazuje, že přibližně třetina vstupujícího množství fosforu je v nádrži

deponována do sedimentu na dně. Velikost této retence nemá jednoznačný, statisticky významný dlouhodobý trend, nicméně v posledním 20letém vykazuje pokles.

### 1.4.3 Bilanční modelování fosforu v nádrži

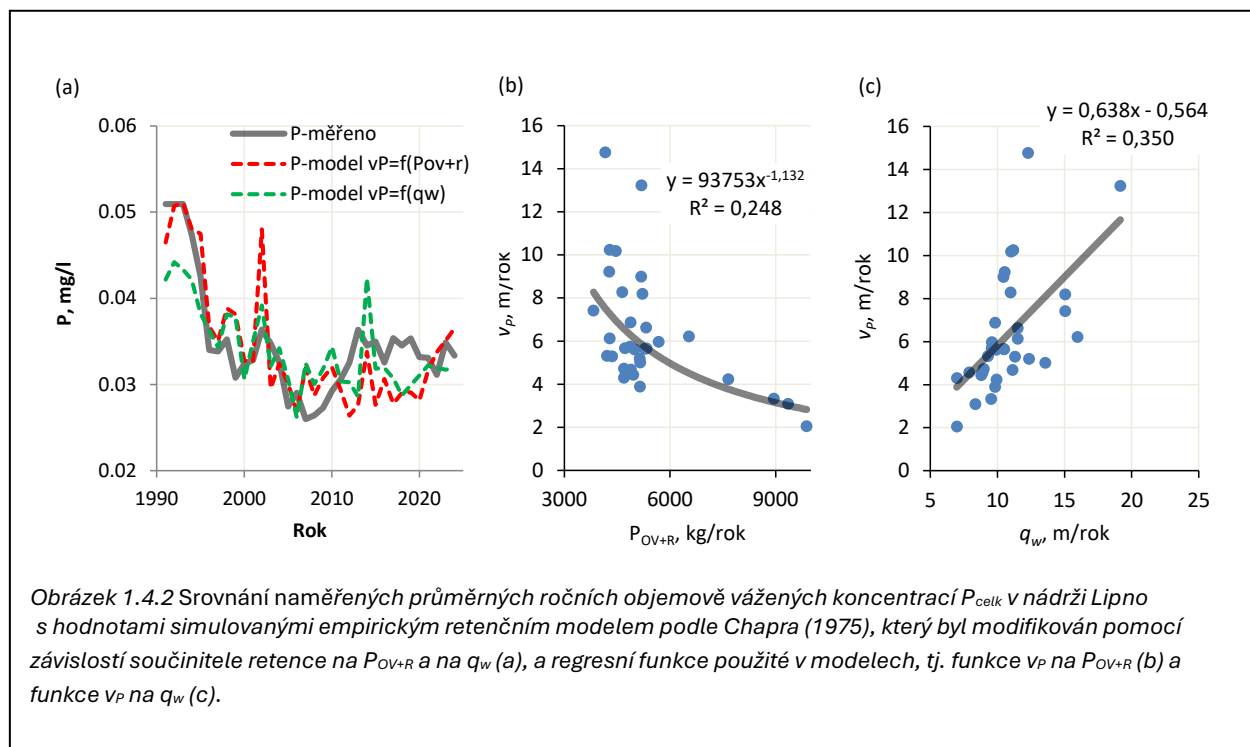
Průtokově vážená koncentrace  $P_{\text{celk}}$  zahrnující přísuny fosforu do nádrže ze všech dílčích zdrojů, kterou ukazuje Obrázek 1.4.1, klesla v letech 1991–2006 z hodnot těsně pod 0,07 mg/l na hodnoty kolem 0,05 mg/l a od té doby se výrazněji neměnila. Srovnání průběhu koncentrace fosforu v přítoku s koncentracemi v nádrži a v odtoku (viz Obrázek 1.4.1) ukazuje, že se fosfor v nádrži během celého tohoto období zdržoval. Retence ( $R$ ) vypočtená z rozdílu přítokových a nádržových koncentrací kolísala kolem průměru 35 % s rozmezím 19–50 %, přičemž nižší hodnoty se vyskytovaly hlavně v letech s vysokým průtokem. Průměrná hodnota součinitele retence  $v_P$  byla 6,3 m/rok (Obrázek 1.4.1). Součinitel retence  $v_P$ , který na rozdíl od retence ( $R$ ) není průtokem ovlivněn, byl do roku 2005 poměrně nízký a pohyboval se v rozsahu 2–9 m/rok s průměrem 6 m/rok (kromě povodňového roku 2002, kdy se zvýšil na 13 m/rok, zjevně kvůli rychlé sedimentaci velkého množství erozních částic splavených z povodí za srpnové extrémní povodně). V období 2006–2010 se  $v_P$  zvýšil téměř dvojnásobně (8–15 m/rok s průměrem 11 m/rok), ale po roce 2011 se opět snížil do rozmezí 3–8 m/rok s průměrem 5 m/rok.



Změny ročních hodnot součinitele retence zjevně souvisely s celkovým přísunem fosforu do nádrže, který je určován jednak průtokem, a jednak také množstvím  $P$  ve zdrojích znečištění. Mezi ročními hodnotami součinitele retence a hydraulickým zatížením nádrže ( $q_w$ ), popř. množství  $P$  v komunálních odpadních vodách v celém povodí plus z rybářského zatížením, lze proložit regresní funkce, které jsou v obou případech vysoce statisticky významné ( $p < 0,01$ ), viz Obrázek 1.4.2 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..** Regresní závislost  $v_P$  na  $q_w$  je účinnější a popisuje 35 % variability, kdežto závislost na zatížení nádrže fosforem z odpadních vod a rybářství popisuje 25 % variability. Zavedením těchto regresních funkcí do modelu koncentrace fosforu v nádrži podle Chapra (1975), který je založen na retenci fosforu, vzniká model formulovaný jako:

$$P = P_i \left( 1 - \frac{v'_P}{v'_P + q_w} \right),$$

kde (i) v případě závislosti  $v_P$  na hydraulickém zatížení (tj.  $q_w$ , m/rok)  $v'_P = 0,638 \cdot q_w - 0,564$  ( $r^2 = 0,35$ ;  $n = 34$ ;  $p < 0,01$ ), a (ii) v případě závislosti  $v_P$  na zatížení nádrže fosforem z odpadních vod a rybářství (tj.  $P_{OV+R}$ ; kg/rok)  $v'_P = 93753 \cdot P_{OV+R}^{-1,132}$  ( $r^2 = 0,25$ ;  $n = 34$ ;  $p < 0,01$ );  $P$  je modelová koncentrace fosforu v nádrži;  $P_i$  je průtokově vážená koncentrace fosforu v přítoku do nádrže zahrnující veškeré přísuny fosforu.

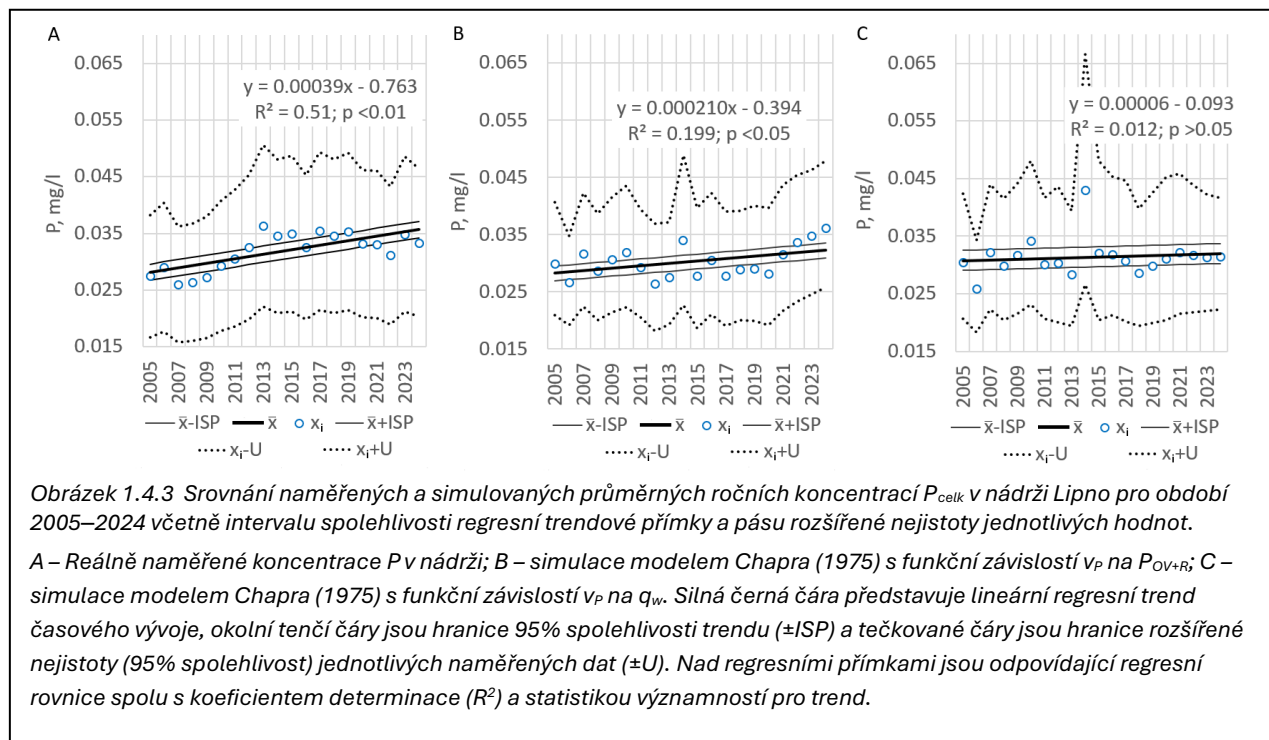


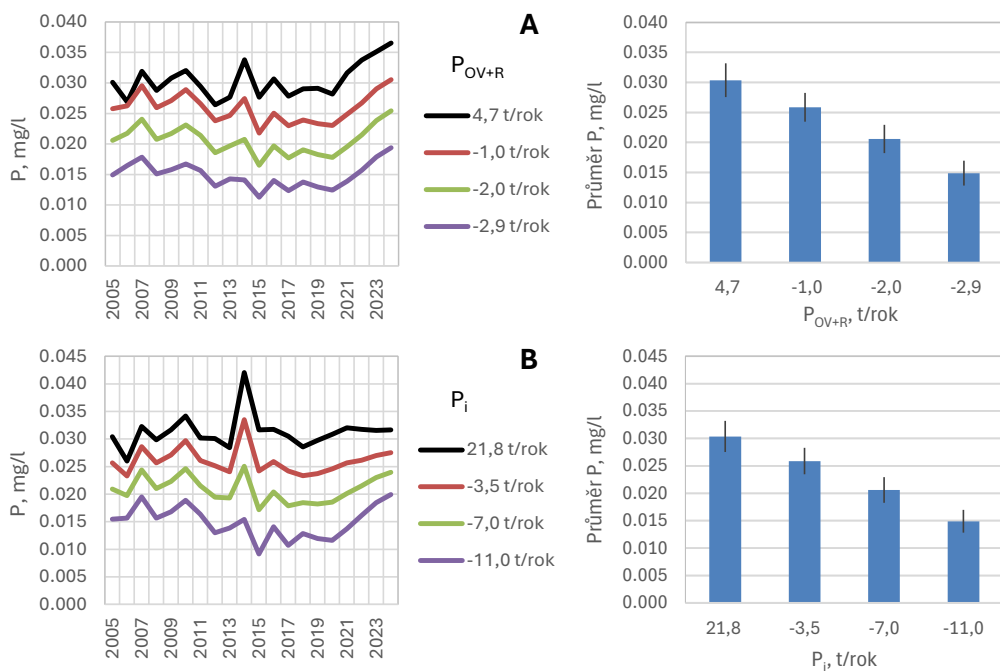
Schopnost modelů s funkčními závislostmi  $v_P$  určit koncentraci fosforu v nádrži je lepší než u původního modelu podle Chapra (1975) s konstantní průměrnou hodnotou  $v_P$ , který v datové řadě 1991–2024 vysvětluje 26 % variability koncentrace  $P$  v nádrži. Model se závislostí  $v_P$  na  $q_w$  vysvětluje 54 % variability  $P$  v nádrži a model se závislostí  $v_P$  na  $P_{OV+R}$  vysvětluje 48 % variability  $P$  v nádrži. Úspěšná kalibrace (tj. se statisticky významnou shodou modelových a pozorovaných hodnot) modelu fosforu v nádrži podle Chapra (1975) ve všech svých variantách dokazuje, že koncentrace fosforu v nádrži je závislá na celkovém zatížení fosforem. Model lze proto využít ke scénářovým výpočtům, na jakou úroveň by bylo nutné zatížení nádrže snížit, aby koncentrace  $P_{celk}$  v nádrži dosáhla např. limitní hodnoty pro dobrý ekologický potenciál nádrže, tj. 0,015 mg/l.

Pro scénářové výpočty byla následně použita 20letá řada za poslední období 2005–2024. Důvody pro použití této zkrácené řady jsou dva: (i) Jednak je v této řadě průtok, který modelové výpočty značně ovlivňuje, srovnatelný, resp. jen o málo vyšší, tj. 14,1 m<sup>3</sup>/s v profilu hráze VN Lipno I, než jsou dlouhodobé průměry ve 30letých obdobích používaných jako normály: 1931–1960 s hodnotou 13,1 m<sup>3</sup>/s nebo 1991–2020 s hodnotou 13,5 m<sup>3</sup>/s. (ii) Nádržová data pro fosfor jsou v tomto období měřena jednotným způsobem ve 4 vertikálních profilech v podél celé nádrže (Hráz, Frymburk, Dolní Vltavice, Horní Planá), takže z hlediska bilančního hodnocení spolehlivěji reprezentují stav v nádrži

než data v předchozích letech, která byla měřena z jen v profilech Hráz a Frymburk v povrchové vrstvě.

Srovnání reálně naměřených koncentrací fosforu v nádrži a koncentrací vypočtených modifikovaným modelem Chapra (1975) ve variantách s funkčními závislostmi  $v_P$  na  $q_w$  a  $v_P$  na  $P_{OV+R}$  včetně intervalů spolehlivosti ukazuje Obrázek 1.4.3. Průměry koncentrací P jsou ve všech třech řadách podobné (0,030–0,032 mg/l), ale jejich trendy jsou odlišné. Zatímco P v naměřené datové řadě statisticky významně roste ( $p < 0,01$ ), v řadě simulované modelem s  $v_P$  v závislosti na  $P_{OV+R}$  roste s přibližně poloviční směrnicí a menší statistickou významností ( $p < 0,05$ ), a v řadě simulované modelem s  $v_P$  v závislosti na  $q_w$  není trend významný.

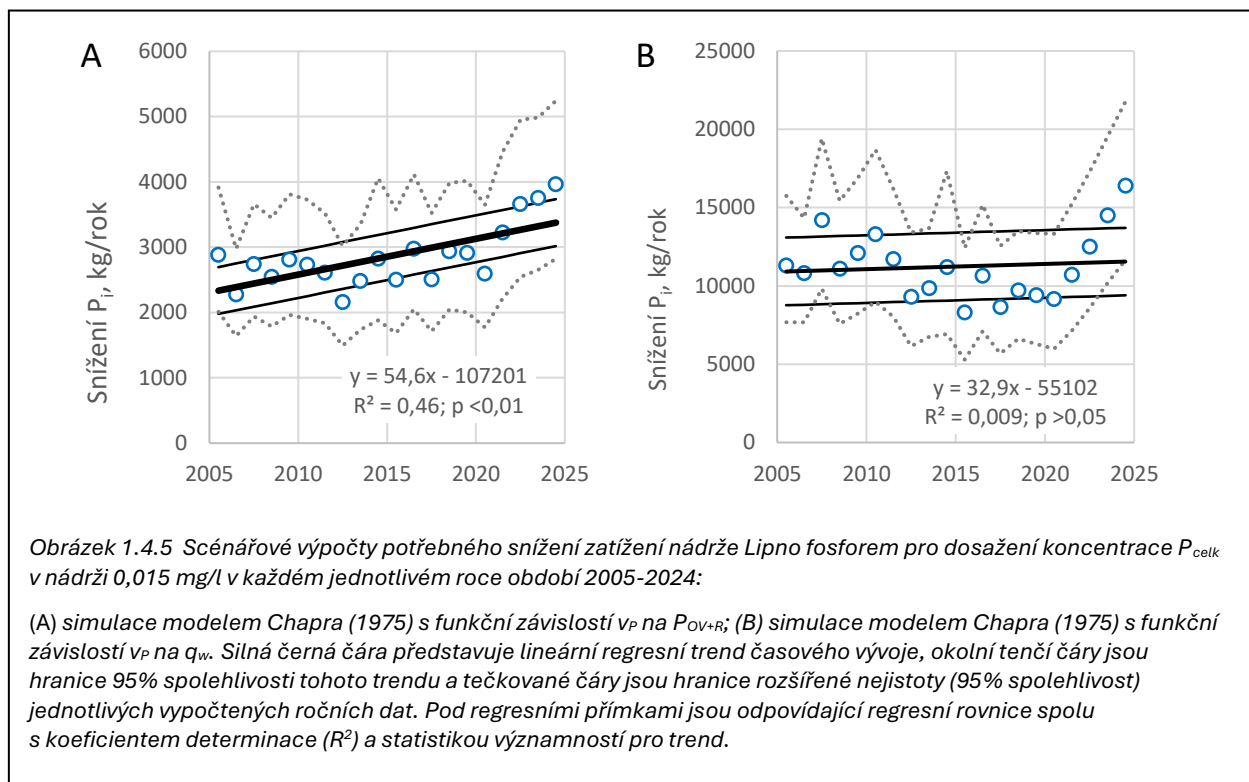
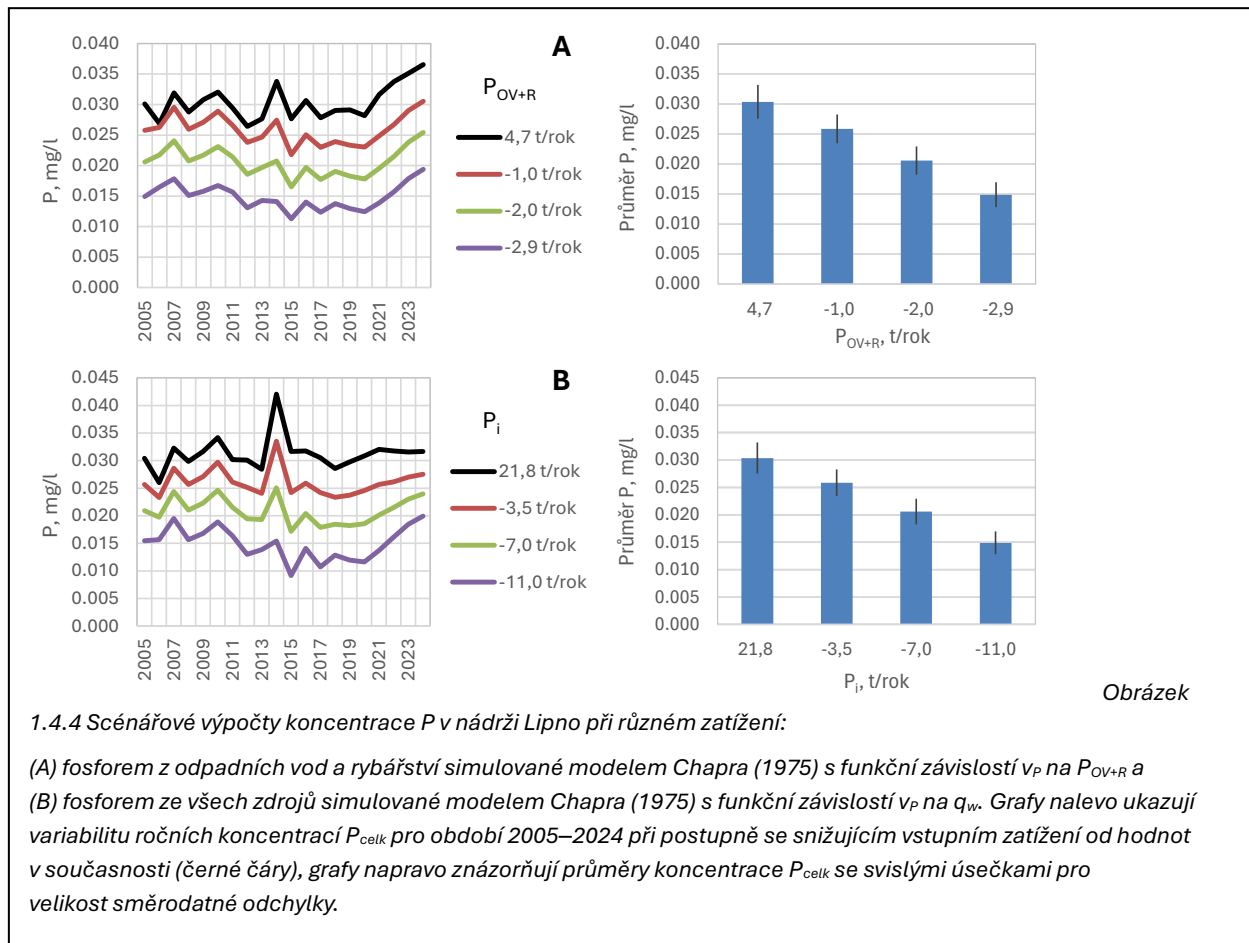




Obrázek

1.4.4 ukazuje scénářové výsledky, ve kterých nakalibrované modely reagují na snižování přísunu fosforu do nádrže sníženou koncentrací  $P_{\text{celk}}$  v nádrži. Použité varianty modelu potřebují pro dosažení limitní hodnoty pro dobrý ekologický potenciál nádrže, tj. 0,015 mg/l, rozdílný rozsah snížení vstupního zatížení fosforem. Zatímco v modelu s funkční závislostí  $v_P$  na  $P_{\text{OV+R}}$  se snižuje nádržová koncentrace  $P_{\text{celk}}$  v nádrži na průměr 0,015 mg/l při poklesu vstupu fosforu do nádrže v průměru o 2,9 t/rok, tj. o 13 %, model s funkční závislostí  $v_P$  na  $q_w$  vyžaduje snížit vstup fosforu do nádrže v průměru o 11,0 t/rok, tj. o 50 %.

Obrázek 1.4.5 ukazuje scénářové modelové výsledky jako potřebné snížení přísunu fosforu nádrže Lipno v jednotlivých letech období 2005–2024, aby se v každém roce dosáhlo v nádrži průměrné koncentrace  $P_{\text{celk}}$  0,015 mg/l. Výpočty s modelem Chapra (1975) s funkční závislostí  $v_P$  na  $P_{\text{OV+R}}$  v levé části obrázku 1.4.5 ukazují, že v jednotlivých letech bylo potřeba snížit přísun fosforu o 2,1 až 4,0 t. Zároveň je vidět, že potřebné snížení přísunu fosforu v čase statisticky významně rostlo, přičemž v roce 2005 bylo  $2,3 \pm 0,4$  t a na konci časové řady v roce 2024  $3,4 \pm 0,4$  t. Při výpočtu průměru za celé období je nutno rozšířit interval spolehlivosti s ohledem na směrnici trendu, tedy se jedná o hodnotu  $2,9 \pm 0,9$  t. Výpočty s modelem Chapra (1975) s funkční závislostí  $v_P$  na  $q_w$  v pravé části obrázku 1.4.5 ukazují, že podle tohoto modelu by bylo třeba v různých letech snížit přísun fosforu do nádrže k dosažení nádržové koncentrace 0,015 mg/l o 8,3 až 16,4 t/rok. Časový trend u výsledků tohoto modelu není statisticky významný ( $p > 0,05$ ) a vypočtené potřebné snížení je  $11,2 \pm 2,4$  t/rok (tj. průměr  $\pm$  interval 95% spolehlivosti).



Rozdíly mezi výsledky variant modelu jsou zásadní pro vývoj další strategie opatření za účelem zlepšit kvalitu vodu v lipenské nádrži:

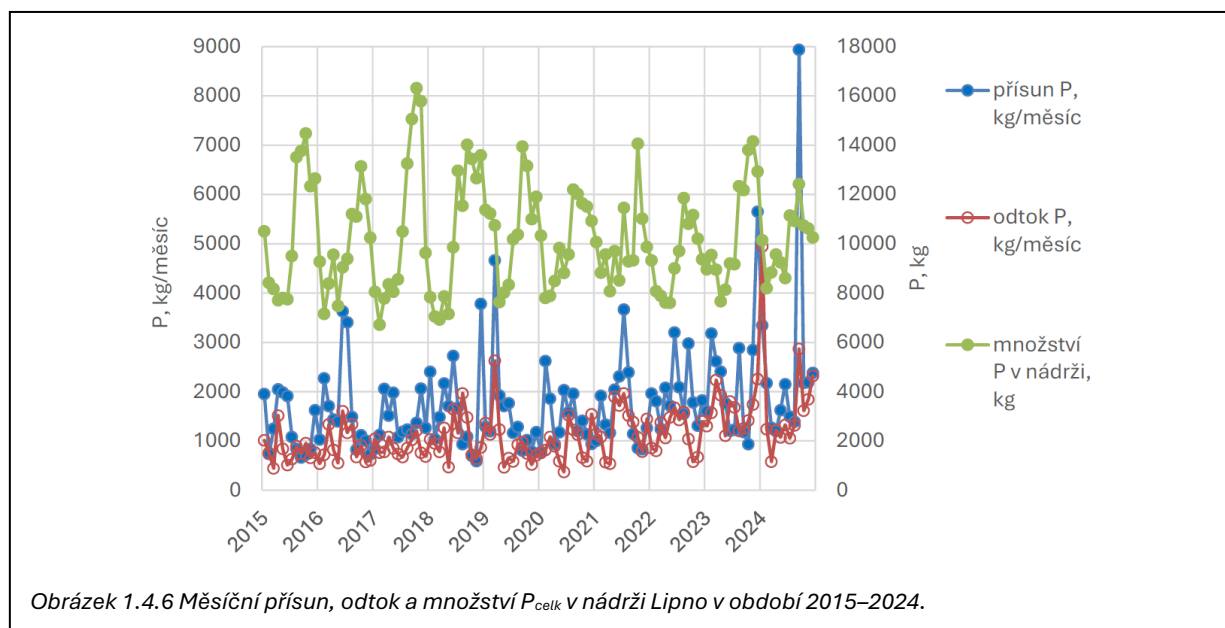
Model se závislostí  $v_P$  na  $q_w$ , neboli na průtočnosti, by požadoval snížit přísun fosforu v průměru o  $11,2 \pm 2,4$  t/rok, tedy na průměrné množství 10,7 t/rok, což je těsně pod odhadem přírodního pozadí bez jakýchkoliv antropogenních zdrojů v povodí. Návrh takových opatření ovšem není myslitelný, snad kromě zcela nežádoucí varianty, že by se povodí úplně vysídlilo, zalesnilo a přestalo sloužit jakýmkoliv účelům včetně rekreace. Tento výsledek modelu ale nelze považovat za realistický, protože v kalibračních datech 1991–2024 se roční přísuny fosforu do nádrže pohybovaly v rozmezí 16 až 53 t/rok s průměrem 24 t/rok, popř. s mediánem 23 t/rok, a model byl tudíž nucen extrapolovat svůj výsledek (tj. průměrný přísun P 10,7 t/rok pro dosažení koncentrace P v nádrži 0,015 mg/l) daleko mimo rozsah přísunu fosforu do nádrže v datech použitých při kalibraci.

Výsledky modelu se závislostí  $v_P$  na množství fosforu ve vypouštěných odpadních vodách a z rybářství jsou časově závislé a pro období 2019–2024 se vyžaduje snížit přísun fosforu do nádrže v průměru o  $2,9 \pm 0,9$  t/rok, tj. o  $13 \pm 4$  % současného přísunu, což je množství, které by se dalo například dosáhnout zvýšením účinnosti čištění odpadních vod z průměrné hodnoty 65 % v současnosti (viz. Kapitola 1.3.5) na průměrnou hodnotu 85 %. Tento model ve své matematické podstatě nerozlišuje mezi zdroji fosforu v povodí, ale byl zkalibrován na historické řadě s různým zatížením nádrže fosforem z odpadních vod a fosforem z rybářství, což předpokládá, že se jedná o fosfor převážně biologicky dostupný. Opatření pro snížení přísunu  $P_{\text{celk}}$  v této výši nemusí nutně vycházet přímo z těchto dvou typů zdrojů, ale musela by snížit v stejné míře biologicky dostupný fosfor.

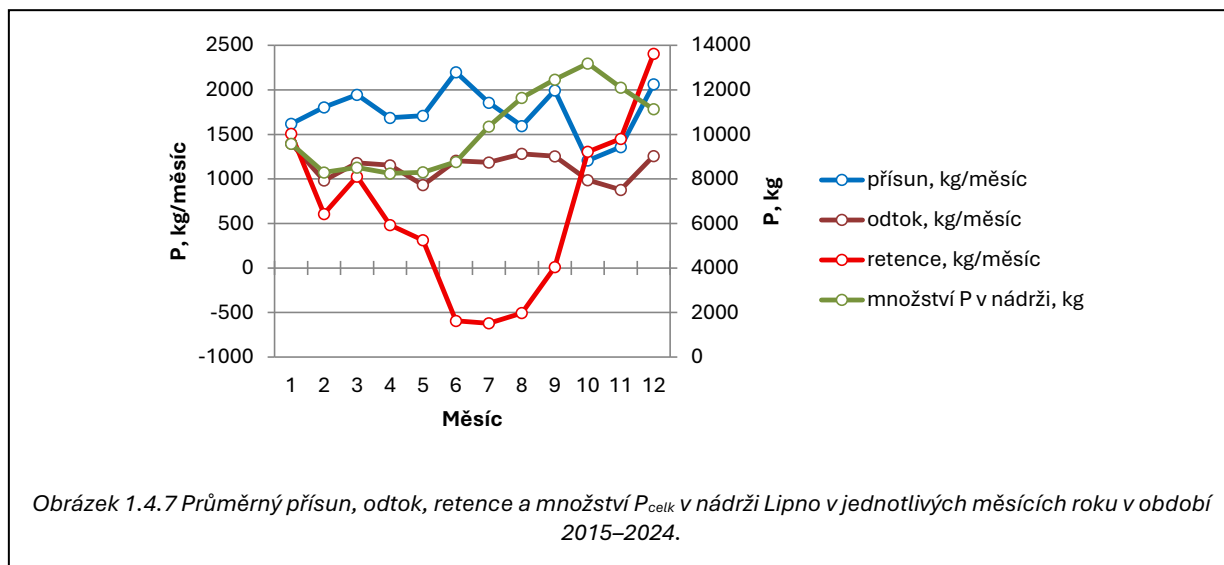
Pokud se týče otázky, který z těchto dvou modelů lze považovat za věrohodnější, model se závislostí  $v_P$  na  $P_{\text{OV+R}}$  podporuje okolnost, že svou variabilitou součinitele retence fosforu v nádrži  $v_P$  odpovídá zjištěným změnám vnitřního zatížení nádrže. Tím, že byl zkalibrován pro podmínky různé průtočnosti v jednotlivých letech relativně dlouhé datové řady 1991–2024, průtočnost implicitně zahrnuje rovněž. V modelu se závislostí  $v_P$  na hydraulickém zatížení  $q_w$  změny vnitřního zatížení nádrže při změnách velikosti přísunu fosforu do nádrže zohledněny nejsou, takže součinitel  $v_P$  má i navzdory snižovanému přísunu fosforu ve všech scénářích stále stejnou průměrnou hodnotu (tj. 6 m/rok). Model se závislostí  $v_P$  na  $P_{\text{OV+R}}$  ve scénáři s dosažením průměrné koncentrace  $P_{\text{celk}}$  v nádrži 0,015 mg/l používá průměrnou hodnotu  $v_P$  19 m/rok, tj. hodnotu cca 3× vyšší, nicméně která je jen o 4 m/rok vyšší než nejvyšší naměřená hodnota v roce 2007. Tedy ani toto nemluví proti tomu, že by model extrapoloval svoje parametry příliš daleko od reality, což se nedá říct o modelu se závislostí  $v_P$  na  $q_w$ . Ten totiž ve svém scénáři pro koncentrace  $P_{\text{celk}}$  v nádrži 0,015 mg/l extrapoluje do významně odlišných podmínek velmi nízké trofie v nádrži, za kterých by kyslíkové poměry v hypolimniu i vnitřní zatížení nádrže byly velmi odlišné od období 1991–2024, pro které kalibrace probíhala. Z těchto důvodů lze považovat scénářové výsledky modelu se závislostí  $v_P$  na  $P_{\text{OV+R}}$  za realističtější. Tyto modelové výsledky a trend zvyšování potřebného snížení přísunu fosforu pro dosažení koncentrace 0,015 mg/l v nádrži také dobře odpovídají realitě postupného hromadění fosforu v sedimentu, ze kterého se fosfor dlouhodobě uvolňuje, a lze očekávat, že v budoucnosti požadavek na velikost snížení fosforové zátěže dále poroste, i když se současná úroveň zatížení nádrže fosforem nebude měnit.

#### 1.4.4 Sezónní dynamika a vnitřní zatížení fosforem

Pro ilustraci významu vnitřního zatížení fosforem ze sedimentů a ze sezónního koloběhu fosforu ve vodním sloupci byly změny přísunu, odtoku a akumulace  $P_{\text{celk}}$  v nádrži vyhodnoceny pro období 2015–2024 v měsíčním kroku (viz *Obrázek 1.4.6*). Na průběhu množství  $P_{\text{celk}}$  v nádrži jsou vidět celkem pravidelné každoroční nárůsty o 4 až 8 t fosforu v období červen až listopad nebo prosinec, které odpovídají několikaměsíčnímu předchozímu přísunu P. Začátky těchto nárůstů časově přesně odpovídají nástupu anoxie nade dnem (tj. od června) a jejich pokles je obvykle několik měsíců po podzimním promíchání vodního sloupce vedoucího k obnovení oxických podmínek.



*Obrázek 1.4.7* zobrazuje výše uvedená data z období 2015–2024 jako měsíční průměry, takže je poněkud vyhlazena variabilita způsobovaná nepravidelnostmi v průtoku, a z rozdílu mezi přísunem, odtokem a změnou obsahu P v nádrži byla vypočtena retence, tj. množství P deponované na dno do sedimentů. Retence fosforu byla poměrně vysoká v první části roku od ledna do března, v dubnu a květnu se snížila, od června do září byla záporná (tj. fosfor se ze sedimentu uvolňoval) a od října do prosince byla výrazně v kladných hodnotách.



Vzorec chování množství fosforu v nádrži, který uvádí Obrázek 1.4.7 lze interpretovat následovně: V zimním období, kdy je lipenská nádrž obvykle zamrzlá, a tudíž je chráněná proti promíchávání větrem a do jisté míry i proti konvektivnímu promíchávání díky změnám teploty vody v povrchové vrstvě, přítokové částice i částice sestonu, které se udržovaly v předchozím období podzimní cirkulace ve vzhledu ve vodním sloupci, v klidných podmínkách zimní inverzní stratifikace sedimentují a ochuzují vodu o fosfor, jenž je v těchto částicích přítomen. V jarním období dochází k odčerpávání rozpuštěných forem fosforu z vody při růstu fytoplanktonu tvořeného převážně rozsivkami, které snadno sedimentují, a v narostlé biomase řas se tak převádí fosfor z vodního sloupce na povrch sedimentu. V letním období v nádrži začnou převládat jiné druhy fytoplanktonu, které mají lepší schopnost udržovat se ve vodním sloupci než rozsivky, tj. zejména sinice. Rychlost sedimentace fosforu v produkované biomase se postupně snižuje, a nakonec se vyrovnává nebo je menší než rychlost opětovného návratu fosforu do vodního sloupce, který je podpořen anoxickými podmínkami nad sedimentem, jež zamezují možnosti vazby ortofosforečnanu na hydroxyoxidy železa, protože ty se v anoxii bez přítomnosti dusičnanu (viz výsledky výše) redukují a rozpouštějí za vzniku dvojmocného Fe, které s ortofosforečnanem neváže. Po podzimním promíchání vodního sloupce a obnovení kyslíkatých podmínek se rozpuštěné dvojmocné Fe reoxiduje a hydrolyzuje. Vznikají železité hydroxyoxidy, které opět vážou ortofosforečnan a sedimentací ho převádějí do sedimentu na dně. Tento mechanismus vysvětluje typické narůstání koncentrace fosforu v nádrži v průběhu letních a časně podzimních měsíců.

Fosfor pocházející z odpadních vod, které se vypouštějí do nádrže, se na sezónních nárůstech množství fosforu v nádrži podílí přímým způsobem jen málo (max. v jednotkách procent), a to i v letech s malým průtokem. Nicméně přímé vstupy odpadních vod do nádrže, které, i když jsou účinně vyčištěné, obsahují vždy nejméně o dva řády vyšší koncentrace biologicky dostupného fosforu než voda v hladinové produkční vrstvě v nádrži, mají pro nárůst fytoplanktonu v letním období a nastartování a udržování vnitřního koloběhu fosforu mezi sedimentem a vodním sloupcem pravděpodobně větší význam a jsou účinnějším podporovatelem eutrofizace nádrže, než je fosfor z přítoků. Za podmínek letní stratifikace totiž umožňují nárůst fytoplanktonu s převahou sinic i v částech nádrže u hráze, daleko od hlavního přítoku řeky Vltavy, který je sice největším zdrojem fosforu pro nádrž, ale fosfor obsahuje v relativně nízkých koncentracích. Vzhledem k dlouhé době zdržení vody v nádrži se navíc tento fosfor může ještě v přítokovém rameni transformovat na

biologicky méně přístupné formy nebo i zadržovat až do doby, než se promíchá s vodou v rozlivu u Černé v Pošumaví.

## 2 Popis současného stavu přítoků do nádrže

### 2.1 Soustředění a porovnání dat

#### 2.1.1 Jakostní data

Pro stav přítoků nádrže Lipno vychází předkládaná studie z monitoringu jakosti a z hydrologického monitoringu. Monitoring jakosti je založen na **pravidelném monitoringu správce povodí**, který je prováděn v 18 profilech převážně na Vltavě a jejích přítocích a několika dalších přítocích do nádrže. Kvalita vody v nádrži se sleduje v 5 profilech. Pravidelný monitoring správce povodí je prováděn s měsíční frekvencí odběrů, pro většinu sledovaných profilů máme k dispozici dlouhé časové řady. Pro zpracování této části studie vycházíme z referenčního období 2019 až 2024.

Pravidelný monitoring správce povodí byl doplněn **průzkumným monitoringem** v celkem 25 profilech převážně na menších přítocích do nádrže. V průběhu monitorovací kampaně byly některé profily přesunuty s ohledem na průběžně zpracovávané výsledky. Průzkumný monitoring byl prováděn s měsíční frekvencí odběrů od ledna do prosince roku 2024.

Doplňkově byla využita také data z průzkumného monitoringu, který byl prováděn pro **studii zpracovávanou v roce 2013** (Hejzlar a kol. 2014)<sup>1</sup>. Tento průzkumný monitoring zahrnoval 14 profilů na menších přítocích do nádrže, odběry byly provedeny celkem 4, a to v listopadu 2012, dále v dubnu, květnu a červenci 2013.

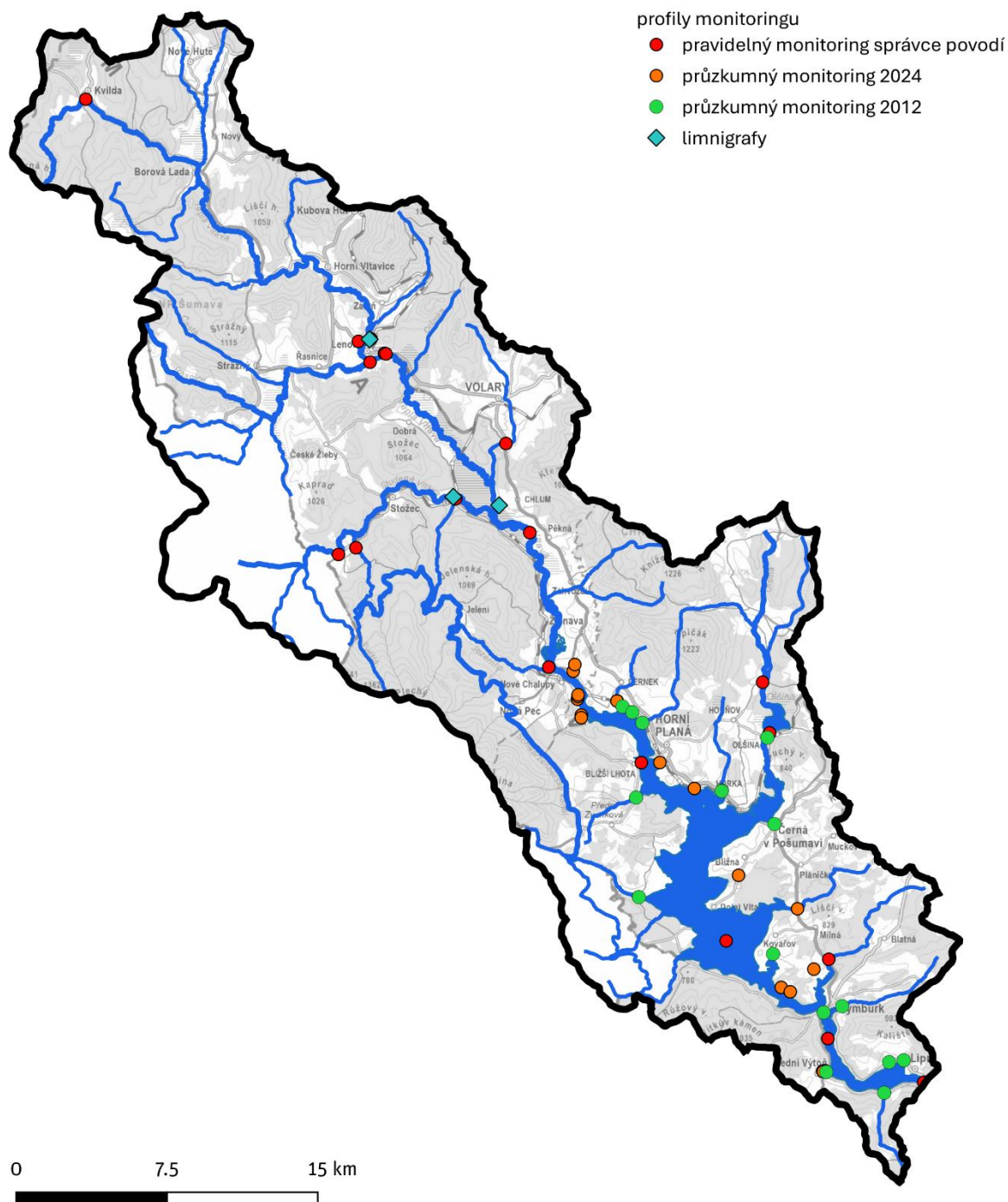
Monitoring zahrnuje širokou škálu sledovaných ukazatelů, s ohledem na cíle studie jsou podrobnější analýzy prováděny na ukazatelích celkový fosfor, fosforečnanový fosfor, případně rozpuštěná forma fosforu.

#### 2.1.2 Hydrologická data

Hydrologická data jsou důležitou součástí hodnocení stavu přítoků, protože umožňují měřené koncentrace přepočítat na látkové odnosy. Studie pracovala s průměrnými denními průtoky ze tří limnigrafických stanic. Byly to 106000 Lenora Teplá Vltava, 107000 Chlum Teplá Vltava, 108000 Černý Kříž Studená Vltava. Referenční období je stejně jako u jakostních dat 2019 až 2024.

V případě průzkumného monitoringu byl průtok změřen na místě při provádění odběru.

<sup>1</sup> Hejzlar J. et al., Problematika jakosti vody a ekologického potenciálu nádrže Lipno v období 1991–2012, Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav České Budějovice, 2013



Obrázek 2.1.1 Přehledná mapa profilů jakostního a hydrologického monitoringu

## 2.2 Posouzení validity

### 2.2.1 Validita jakostních dat

Zpracování odebíraných vzorků probíhalo v laboratořích Povodí Vltavy, státní podnik. Validita pro zpracování v předkládané studii je posuzována podle kompletnosti vzorků v referenčním období. Nejvyšší validitu mají vzorky z pravidelného monitoringu správce povodí, protože zachycují dlouhou časovou řadu. S délkou časové řady se zvyšuje spolehlivost výsledků, protože se snižuje vliv případných krátkodobých anomálií. V referenčním období 2019 až 2024 by mělo být pro každý profil odebráno celkem 72 vzorků (72 měsíců) Tabulka 2.2.1 ukazuje, jak jsou naplněné řady odběrů pro jednotlivé profily pravidelného monitoringu. Z pohledu správce povodí nejvýznamnější profily mají kompletní řadu 72 vzorků, v některých případech část vzorků chybí. Méně významné profily jsou vzorkovány například jen v sezóně od dubna do října. Případně najdeme také profily, které se vzorkují jen ob rok. Z hlediska vyhodnocení stavu přítoků důležitý profil Teplá Vltava pod Lenorou, je monitorován teprve od roku 2023. Pro další práci jsou chybějící data v časových řadách doplněna průměrem v daném profilu zjištěným z jiných let na stejném profilu a v odpovídajícím měsíci.

Tabulka 2.2.1 Profily pravidelného monitoringu správce povodí a počet odběrů za referenční období

ID profilu	Název profilu	vodní tok	Počet vzorků za období	Poznámka
2116	Nová Pec	Jezerní p. (př.Vltavy-HV)	23	Monitoring prováděn 2020 a 2023, chybí 4 - 2020
2144	Nové Údolí	Studená Vltava	68	téměř kompletní řada, chybí 4 odběry
2145	Nové Údolí	Světlá (př.Stud.Vltavy)	68	téměř kompletní řada, chybí 4 odběry
2501	Kvilda (Teplá Vltava)	Vltava	71	téměř kompletní řada, chybí 1 odběr
2504	Lenora nad (Teplá Vltava)	Vltava	72	kompletní řada
2505	České Žleby (Lenora)	Řasnice (př.Vltavy-HV)	71	téměř kompletní řada, chybí 1 odběr
2507	Volary pod	Volarský p. (př.Vltavy-HV)	67	téměř kompletní řada, chybí 5 odběrů
2509	Stožec (Černý Kříž)	Studená Vltava	71	téměř kompletní řada, chybí 1 odběr
2512	odtok r.Olšina	Olšina (př.Vltavy-HV)	40	monitoring prováděn od dubna do října
2555	ústí	Houženský p. (př.Vltavy-HV)	23	monitoring prováděn od roku 2023
2556	náhon Teplé Vltavy Lenora	bezejm.př.Vltavy(HV)	24	monitoring prováděn od roku 2023
2557	Lenora pod (Teplá Vltava)	Vltava	24	monitoring prováděn od roku 2023
2563	Milná (Vřesná)	Černý p. (př.Vltavy-HV)	71	téměř kompletní řada, chybí 1 odběr
2571	Dolní Vltavice	Pestřice (př.Vltavy-HV)	21	monitoring prováděn v letech 2020, 2023 a 2024, od dubna do září
2578	Olšina	Olšina (př.Vltavy-HV)	24	monitoring prováděn v roce 2020 a 2023

ID profilu	Název profilu	vodní tok	Počet vzorků za období	Poznámka
2888	r. Olšina hráz směsný	Olšina (př.Vltavy-HV)	33	monitoring prováděn od dubna do září, rok 2024 chybí
2980	Otice	Olšina (př.Vltavy-HV)	23	monitoring prováděn v letech 2020 a 2023
3209	Pěkná	Vltava	72	kompletní řada

Průzkumný monitoring byl prováděn v roce 2024 s měsíční frekvencí, kompletní řada tedy pro každý profil představuje 12 vzorků. V některých případech bylo v průběhu kampaně upraveno umístění odběrného místa, protože se z průběžných vyhodnocení ukázalo, že profil není vypovídající s ohledem na sledovaný vliv, například vypouštění ČOV. Toto je případ profilů 14a, nebo 14f v Přední Výtoni, nebo profilů 11 v Nové Peci.

Tabulka 2.2.2 profily průzkumného monitoringu a počet vzorků za měrnou kampaň

ID profilu	Název profilu	Počet vzorků za období	Poznámka
1	Bělský p. pod Bělou	12	kompletní řada
2	bezejmenný p. (Horní Planá) - u cyklostezky	12	kompletní řada
3	bezejmenný p. (Karlovy Dvory) - ústí	12	kompletní řada
4	Lukavický p. - nad silnicí č. 163	12	kompletní řada
5	bezejmenný p. (Lojzovy paseky I)	12	kompletní řada
6	bezejmenný p. (Lojzovy paseky II)	12	kompletní řada
7	bezejmenný p. (Posudov)	12	kompletní řada
8	Pernecký p. - nad soutokem s Křížovým potokem	11	kompletní řada
9	bezejmenný p. (Bližná) - pod komunikací Bližná-Dolní Vltavice	12	kompletní řada
10	Smrčinský p. - ústí	12	kompletní řada
11	bezejmenný p. (Nová Pec) - slitý odtok z rybníků 11a+11c (slito proporcčně průtoku)	12	kompletní řada
12	Slupečný p. - ústí	12	kompletní řada
13	Ostřice Hůrka	12	kompletní řada
14a	Výtoňský p. - výtok z rybníku pod ČOV	4	od května profil nahrazen profilem 14f
11b	bezejmenný p. (Nová Pec) - obtok rybníků jižní	5	monitoring probíhal do června, poté nahrazen profilem 11
15	Křížový p. - nad soutokem s Perneckým potokem	10	monitoring probíhal od března
16	Bělský p. nad Bělou	10	monitoring probíhal od března
14f	Výtoňský p. - rybník pod ČOV, hladina u přelivu	8	profil nahradil profil 14a
17	odtok biol.rybníka Pionýrák	6	monitoring probíhal od července

Průzkumný monitoring prováděný pro zpracování studie v letech 2012 a 2013 má nízkou validitu, ve sledovaných profilech byly odebrány celkem 4 vzorky, a to v listopadu 2012, dubnu 2013, květnu 2013 a červenci 2013.

Tabulka 2.2.3 profily průzkumného monitoringu 2012 a 2013

ID profilu	název profilu	počet vzorků za období
2574	Lipový potok Nové Domky	4
2573	Výtoňský potok Přední Výtoň	4
2571	Pestřice Dolní Vltavice	4
2570	Hamerský potok (Vltava) Bližší Lhota	4
2554	Pernecký p. (př.Vltavy-HV) Pernek pod	4
2552	bezejmenný přítok Maňava pod	4
2565	Slatinka Horní Planá	4
2564	Ostřice Hůrka	4
2512	Olšina odtok r.Olšina	4
2575	Černý potok Černá v Pošumaví	4
2553	Lužní p. (př.Vltavy-HV) Kovářov	4
2562	Náhlovský potok Frymburk	4
2551	bezejmenný přítok Lipno – přítok od golfu	4
2561	Slupečný potok Lipno n.Vltavou	4

## 2.2.2 Validita hydrologických dat

Hydrologická data nesou následující typy nejistot. Za prvé prostorová nejistota, která vychází ze stavu, kdy průtoky ve všech místech pravidelného monitoringu zjišťujeme analogickým dopočtem podle plochy povodí a referenční limnigrafické stanice. V profilech pravidelného monitoringu tedy dopočítáváme kompletní časovou řadu denních průtoků jako násobek průměrného denního průtoky v referenční limnigrafické stanici a poměru plochy povodí profilu monitoringu ku ploše povodí referenční limnigrafické stanice.

Tabulka 2.2.4 Profily pravidelného monitoringu a referenční LG stanice pro dopočet průtoků

ID profilu	Název profilu	Typ	Referenční LG stanice	Plocha km <sup>2</sup>
2501	Kvilda Teplá Vltava	dopočtený	106000	15,3
2555	Houženský p. ústí	dopočtený	106000	4,7
2505	Řasnice České Žleby	dopočtený	107000	89,6
2557	Lenora (pod) Teplá Vltava	dopočtený	107000	272,3
2144	Nové Údolí (Studená Vltava)	dopočtený	108000	49,7
2501	Kvilda Teplá Vltava	dopočtený	106000	15,3
2145	Nové Údolí Světlá	dopočtený	108000	20,5
2507	Volary pod Volarský potok	dopočtený	107000	24,9
3209	Pěkná Vltava <sup>2</sup>	dopočtený	107000	478,3
2116	Nová Pec Jezerní potok	dopočtený	108000	29,4
2980	Otice Olšina	dopočtený	107000	33,3
2578	Olšina – Olšina	dopočtený	107000	61,2
2571	Dolní Vltavice Pestřice	dopočtený	108000	15,3
2563	Vřesná Černý potok	dopočtený	107000	19,2
106000	Lenora Teplá Vltava	měřený	LG stanice	175,7
107000	Chlum – Teplá Vltava	měřený	LG stanice	347,7
108000	Černý Kříž – Studená Vltava	měřený	LG stanice	102,5
2509	Stožec (Černý Kříž)	dopočtený	108000	102,5
2504	Lenora nad (Teplá Vltava)	dopočtený	106000	176,2
2556	náhon Teplé Vltavy Lenora	náhon	106000	57,6
2512	odtok r. Olšina	dopočtený	107000	57,6
2888	r. Olšina hráz směsný	nádrž	107000	60,8

Za druhé, správná interpretace průměrného měsíčního průtoky, jako podmínka stanovení průměrného látkového odnosy v daném měsíci. Pro tuto studii byla zvolena metoda násobení měřené koncentrace hodnotou průměrného průtoky v daném měsíci. Pokud je tedy průtok v době měření výrazně odlišný od průměrného průtoky v daném měsíci, může být výsledná interpretace

<sup>2</sup> Průtok v profilu Vltava – Pěkná je zjištěn součtem průtoků ze stanic 107000 a 108000, plus dopočet mezipovodí o ploše 28 km<sup>2</sup> s referenční stanicí 107000.

LO pro daný měsíc zkrácená. Pro tuto nejistotu zavádíme korekce v dalším kroku při sestavování časových řad.

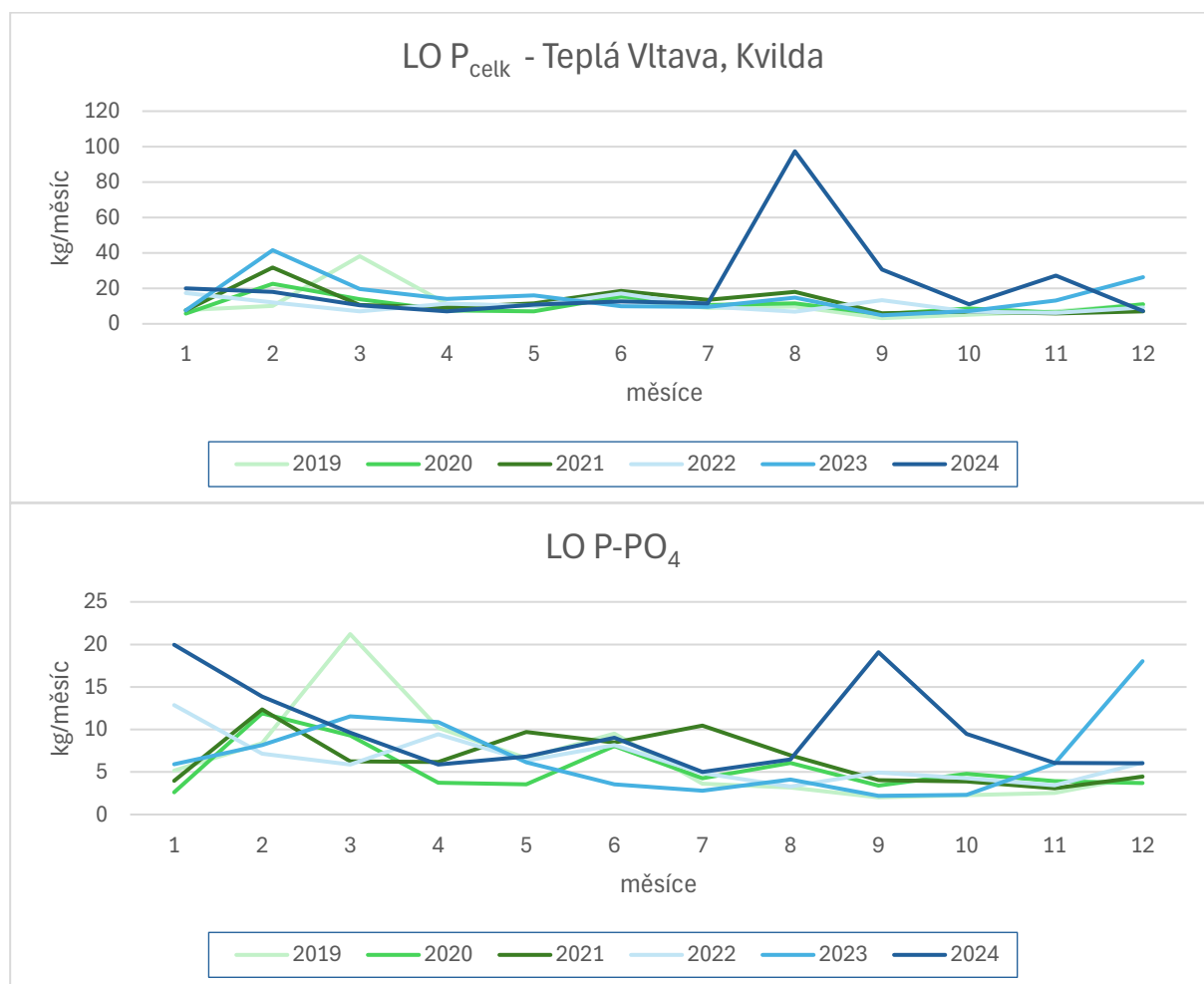
## 2.3 Sestavení řad pro stanovení stavu a trendů

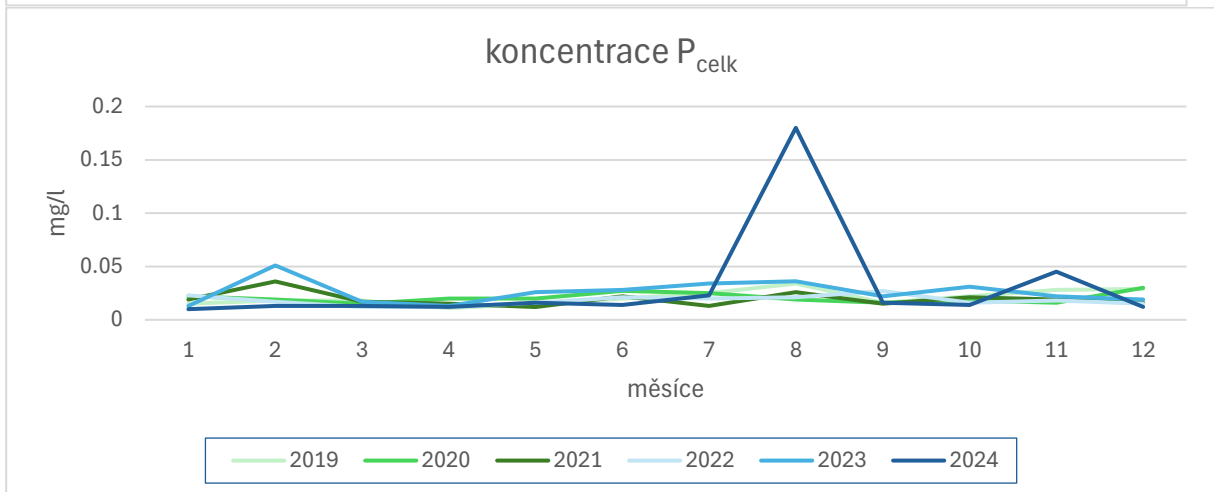
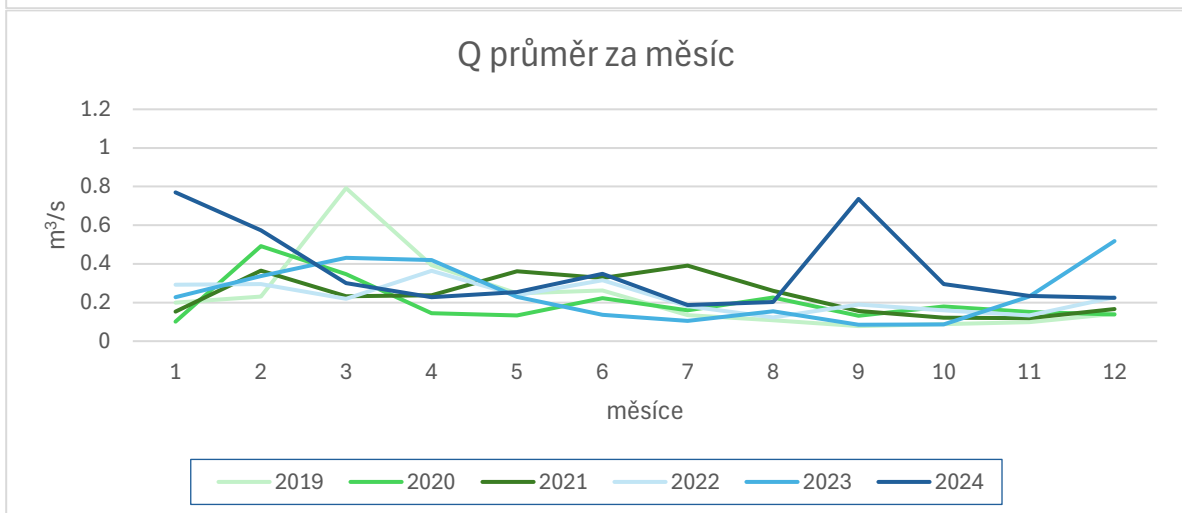
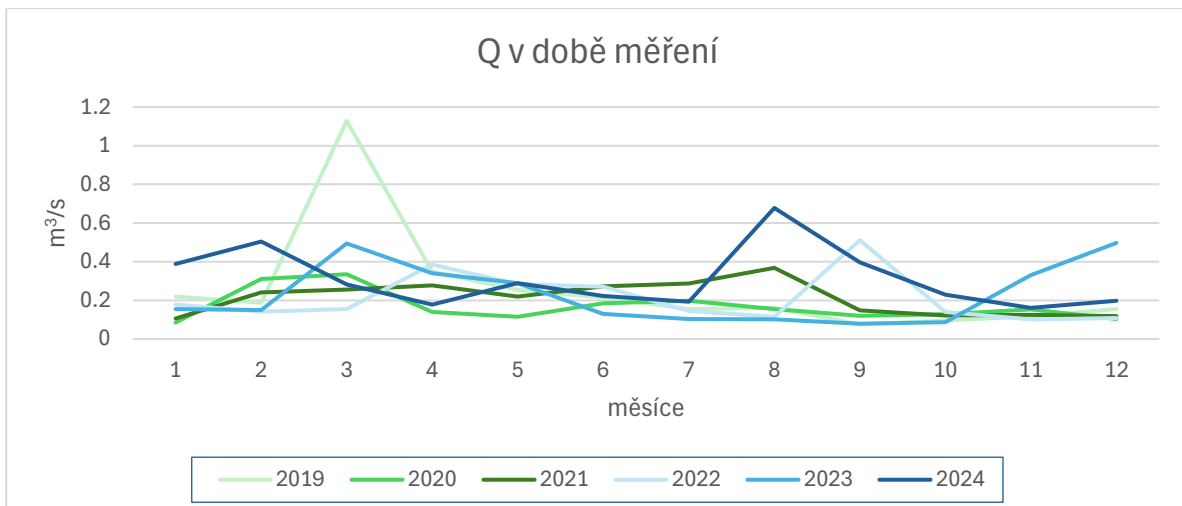
Vyhodnocení stavu a trendů je interpretací monitoringu. Základní ukazatele, které sledujeme, jsou celkový fosfor a fosforečnanový fosfor, oba ukazatele sledujeme ve formě koncentrace (mg/l) a látkového odnosu (kg/měsíc). Další sledovaný ukazatel je průtok, sledujeme průtok v době měření a průměrný průtok pro daný měsíc. **Časové řady jsou zpracovány v měsíčním kroku a jsou zpracovány pro všechny profily, ve kterých je k dispozici pravidelný monitoring správce povodí nebo průzkumný monitoring.**

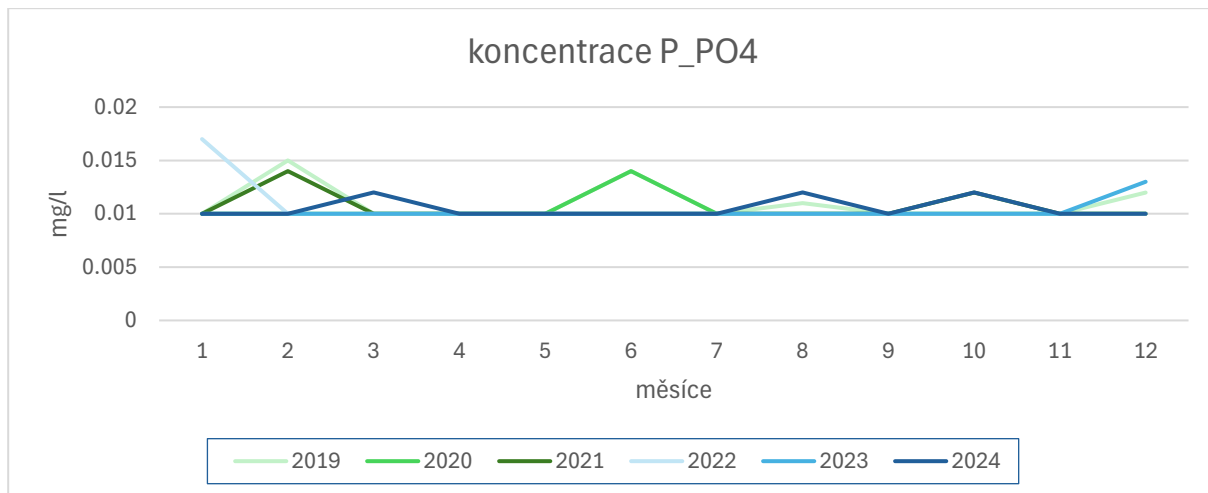
### 2.3.1 Teplá Vltava – Kvilda

#### Teplá Vltava – Kvilda

Koncentrace celkového fosforu se stabilně pohybují mezi 20 a 30  $\mu\text{g/l}$ , fosforečnanová forma fosforu je ve velmi nízkých koncentracích na hranici měřitelnosti. Anomálie je srpen 2024, kdy byla změřena velmi vysoká koncentrace celkového fosforu, za současně zvýšeného průtoku. Protože P-PO<sub>4</sub> takové zvýšení nezaznamenalo, a koncentrace není zvýšená v důsledku nízkého průtoku, jde pravděpodobně o částicový fosfor erozního původu.





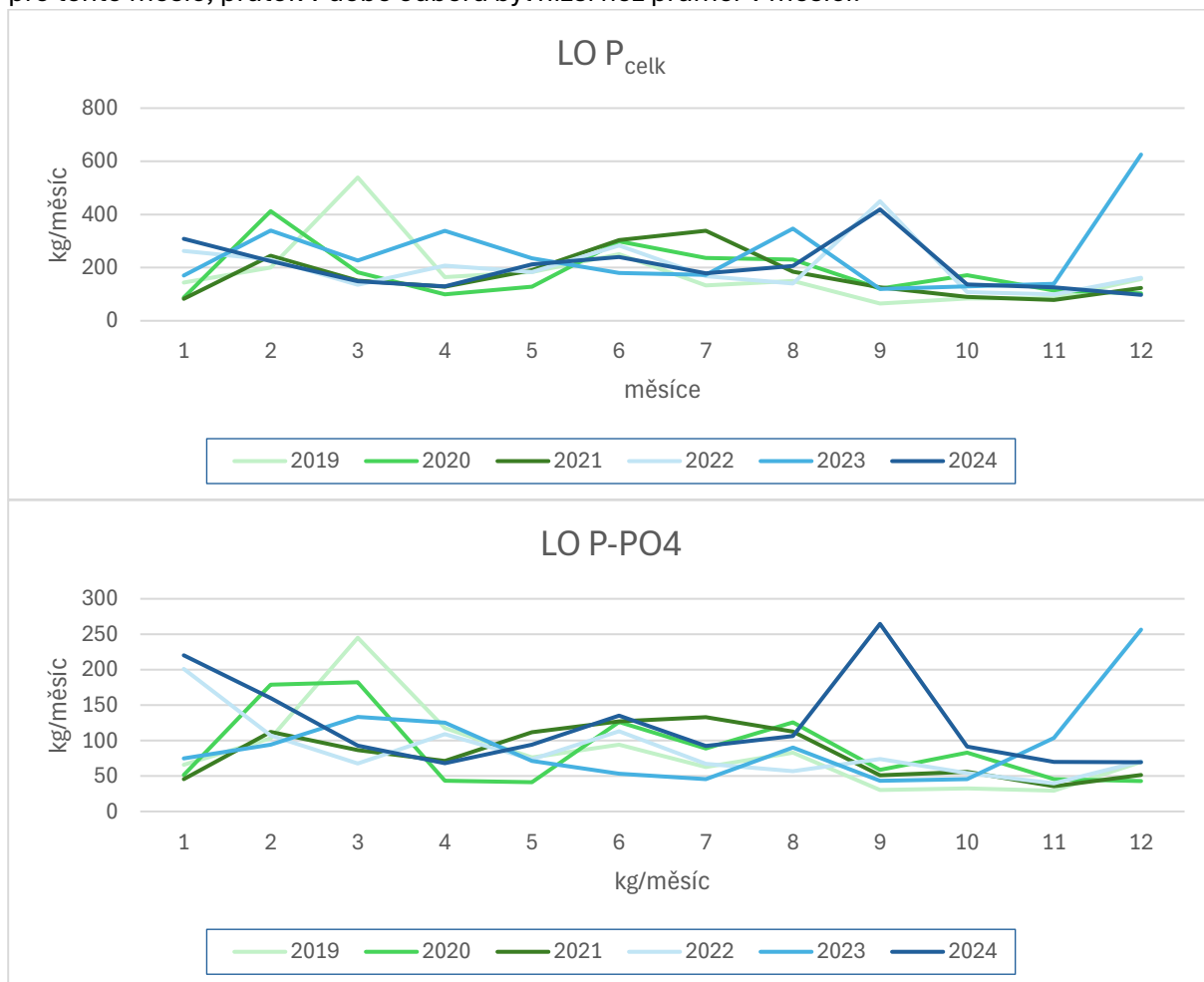


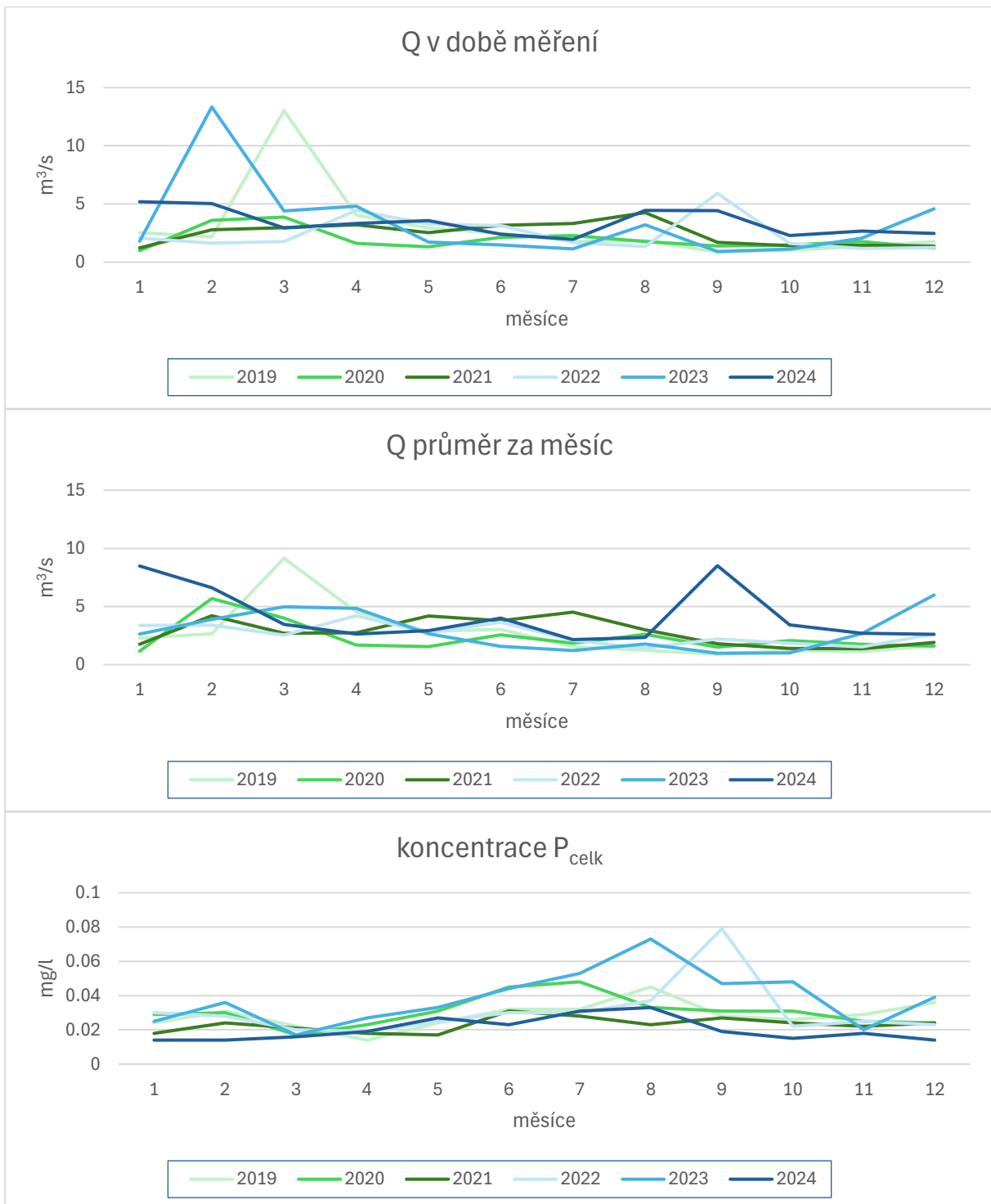
Obrázek 2.3.1 Základní řady a trendy v profilu Teplá Vltava – Kvilda

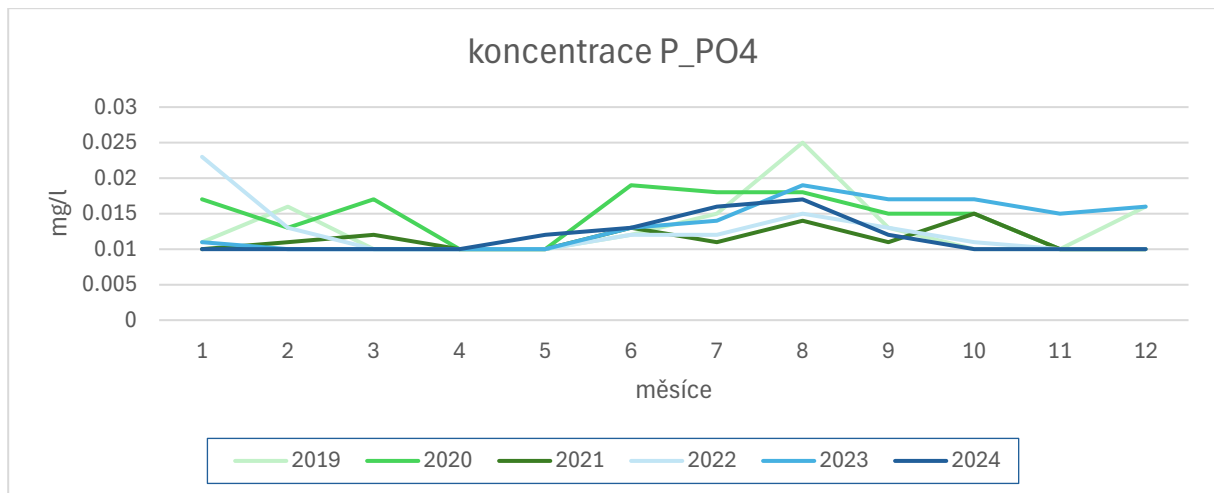
### 2.3.2 Teplá Vltava – nad Lenorou

#### Teplá Vltava – nad Lenorou

Koncentrace celkového i fosforečnanového fosforu rostou jsou vyšší v sezóně, přibližně od května do října. Celkový fosfor má koncentraci průměrně 30  $\mu\text{g/l}$ , fosforečnanový fosfor tvoří přibližně polovinu v koncentraci celkového. Zvýšený LO v září 2024 je převážně způsoben zvýšeným průměrným průtokem, který byl ovlivněn povodněmi v září 2024. Hodnota LO je pravděpodobně nadhodnocená. Vysoký LO v prosinci 2023 je způsoben vysokou hodnotou průměrného průtoku pro tento měsíc, průtok v době odběru byl nižší než průměr v měsíci.



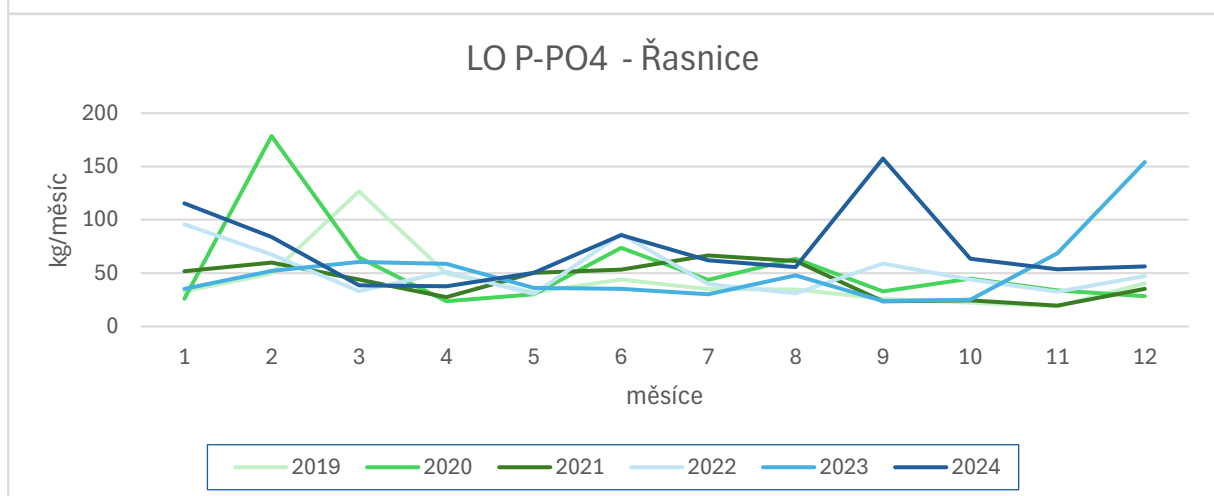
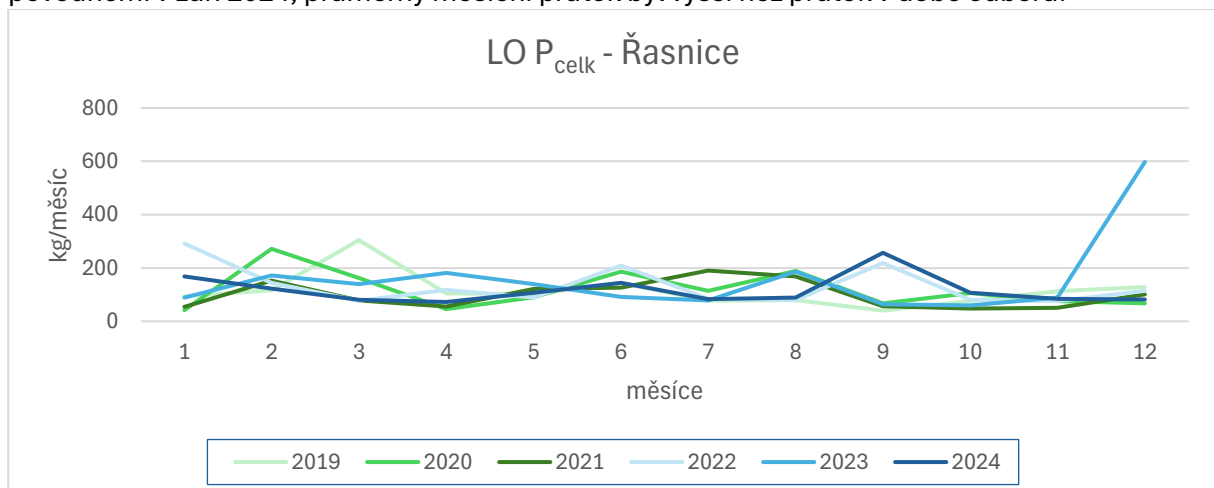


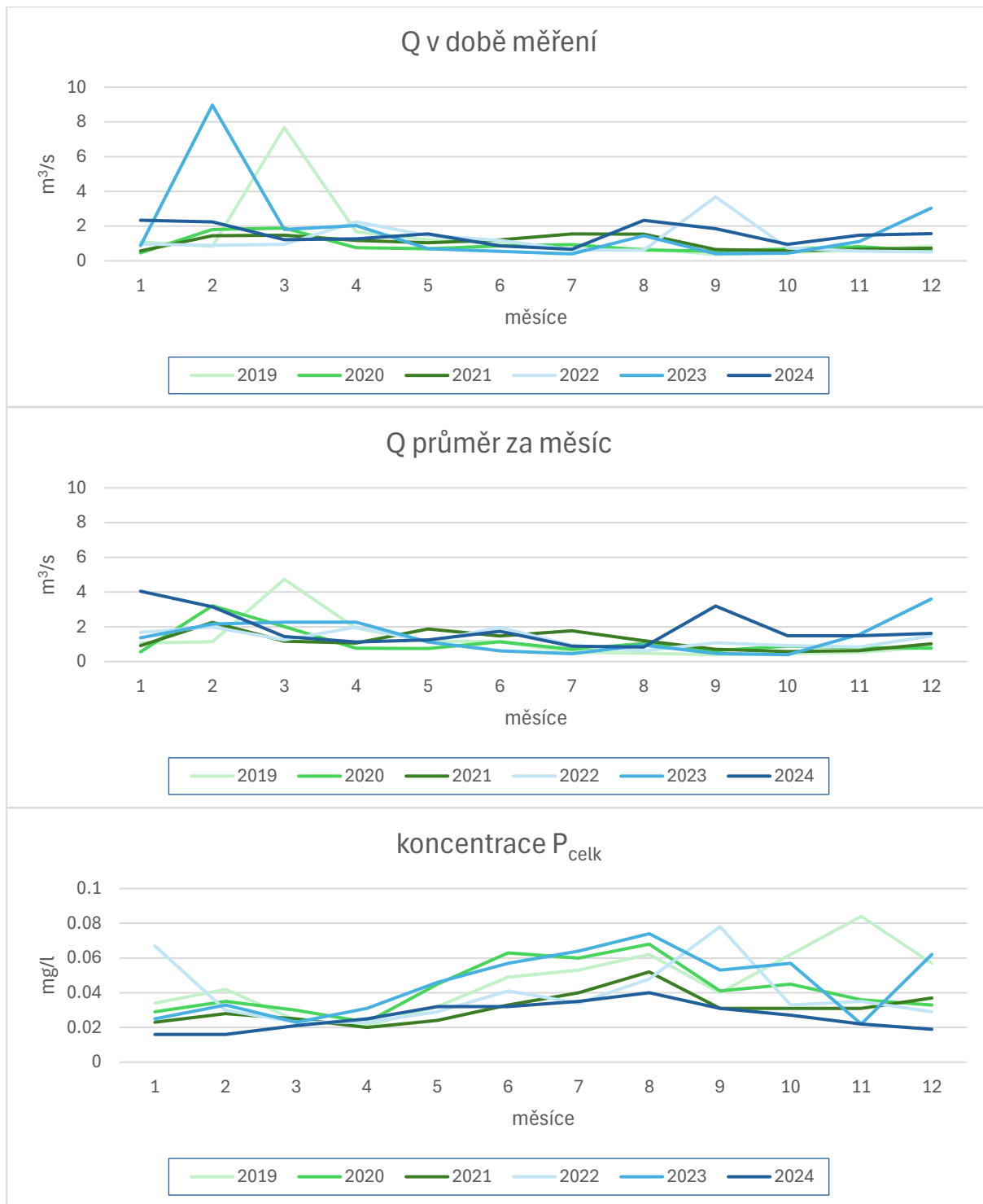


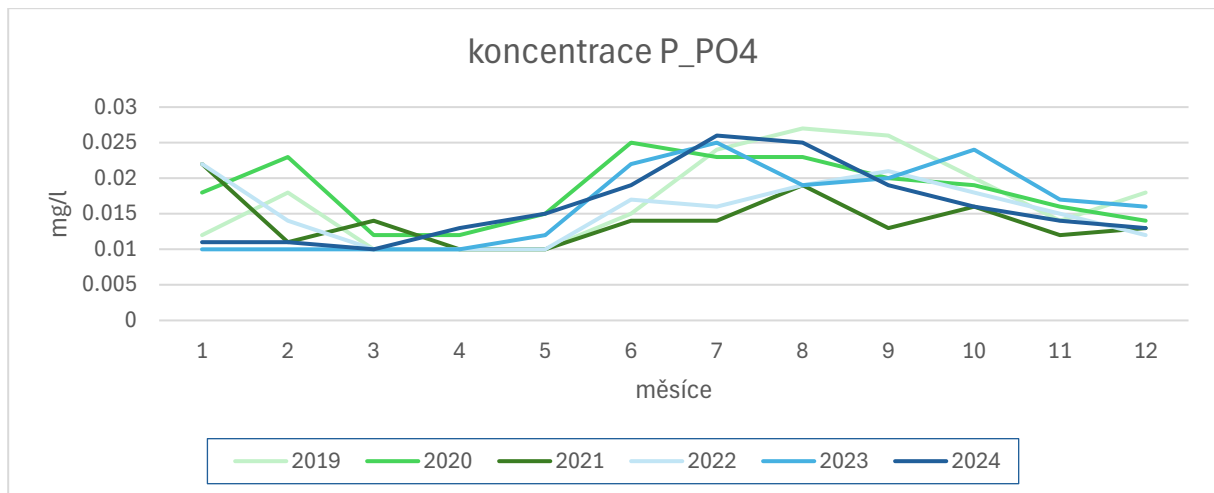
Obrázek 2.3.2 Základní řady a trendy v profilu Teplá Vltava – nad Lenorou

### 2.3.3 Řasnice – nad Lenorou

Koncentrace celkového fosforu jsou vyšší než u Teplé Vltavy, zvýšené jsou v sezóně od června do září, kdy se běžně pohybují nad 50  $\mu\text{g/l}$ , fosforečnanová forma fosforu tento trend kopíruje a tvoří zhruba třetinu koncentrace celkového fosforu. Zvýšený látkový odnos v září 2024 je ovlivněn povodněmi v září 2024, průměrný měsíční průtok byl vyšší než průtok v době odběru.



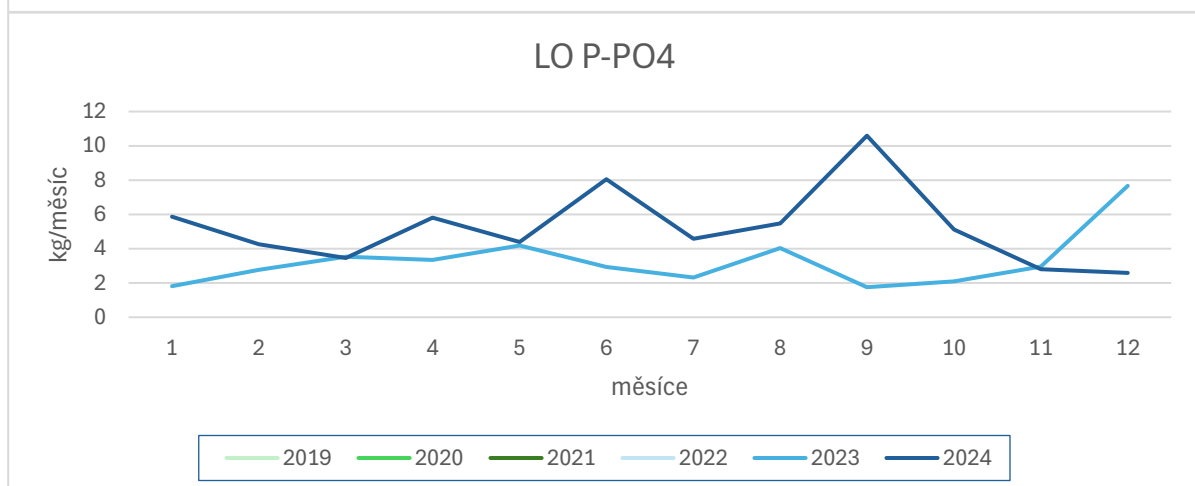
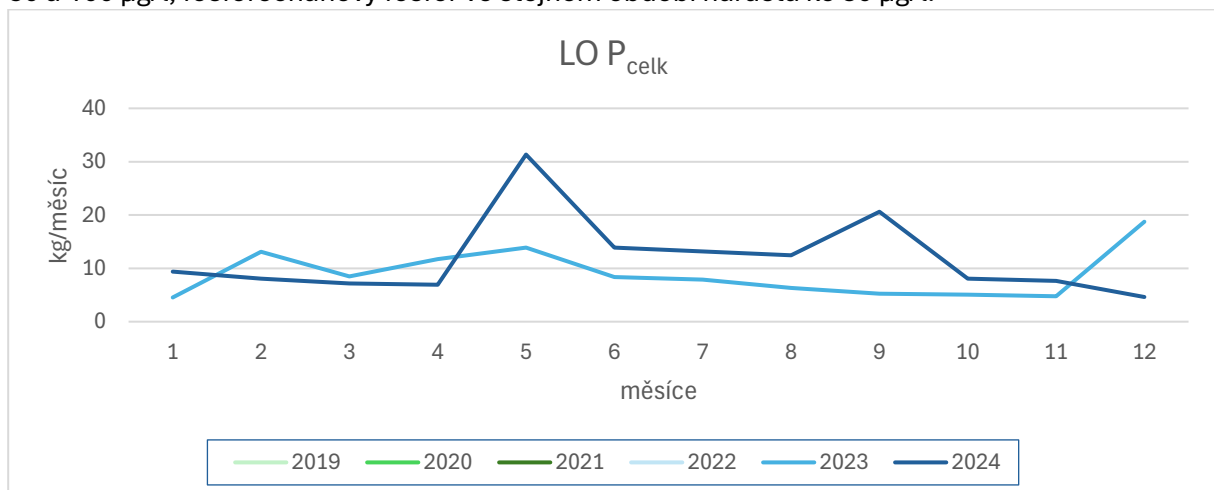


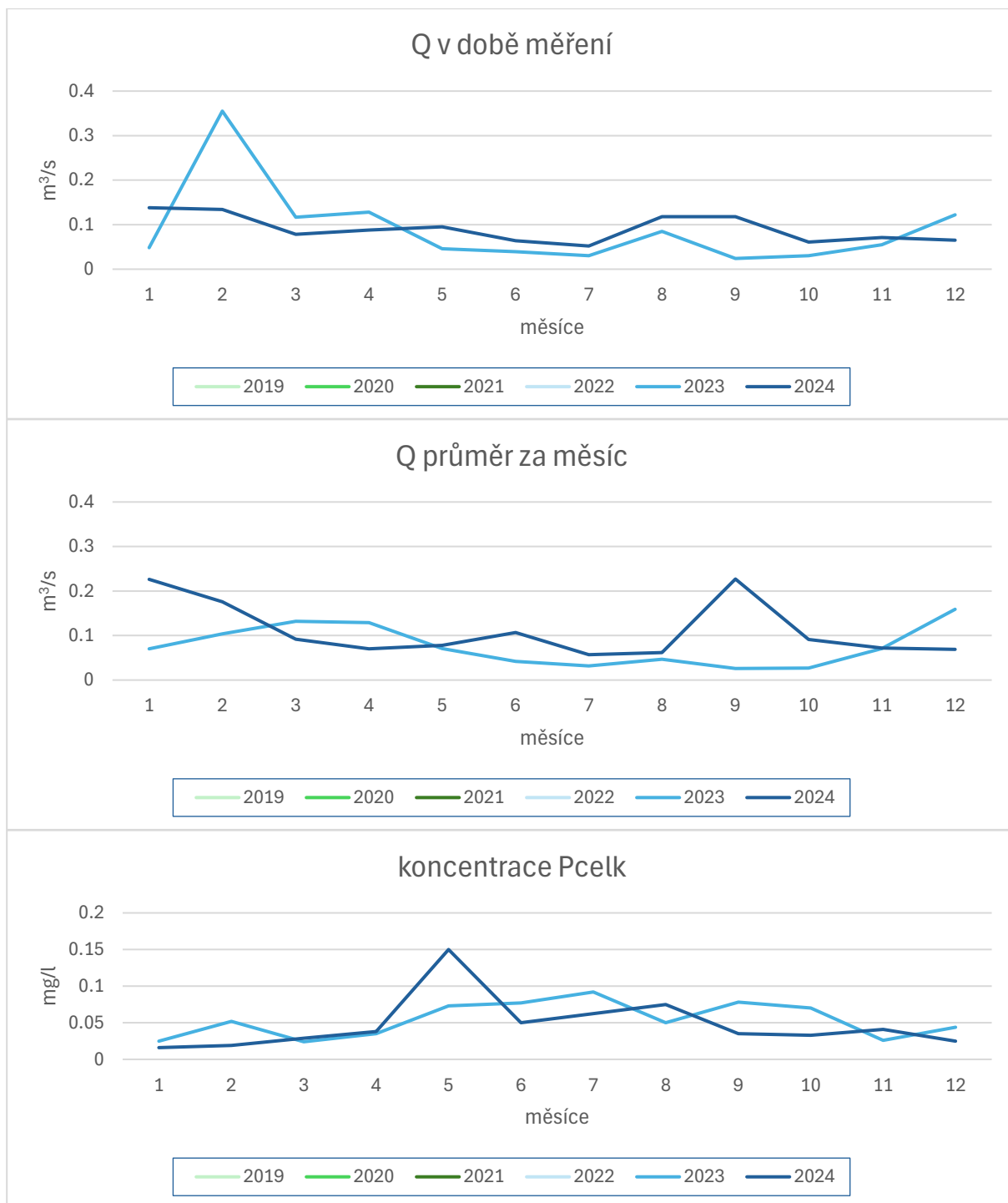


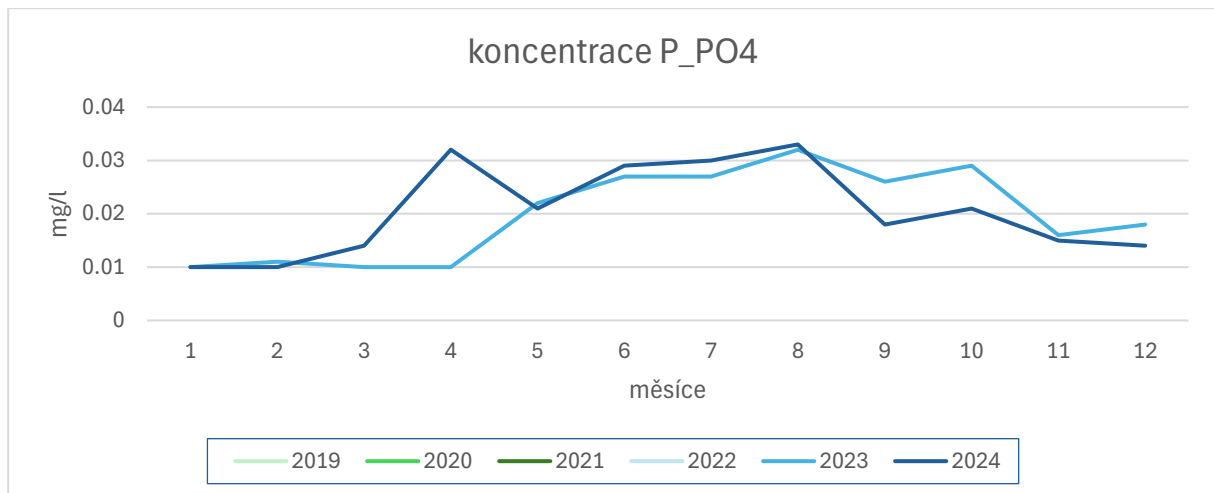
Obrázek 2.3.3 Základní řady a trendy v profilu Řasnice – nad Lenorou

### 2.3.4 Houženský potok – nad Lenorou

Časová řada zahrnuje jen 2 roky, koncentrace  $P_{\text{celk}}$  se v sezóně od května do září pohybují mezi 50 a 100  $\mu\text{g/l}$ , fosforečnanový fosfor ve stejném období narůstá ke 30  $\mu\text{g/l}$ .





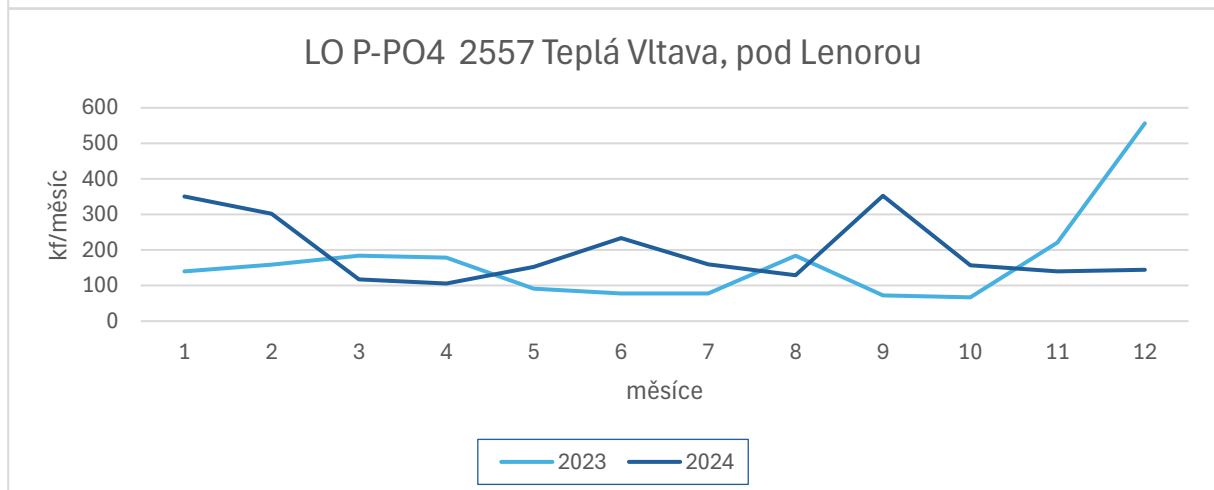
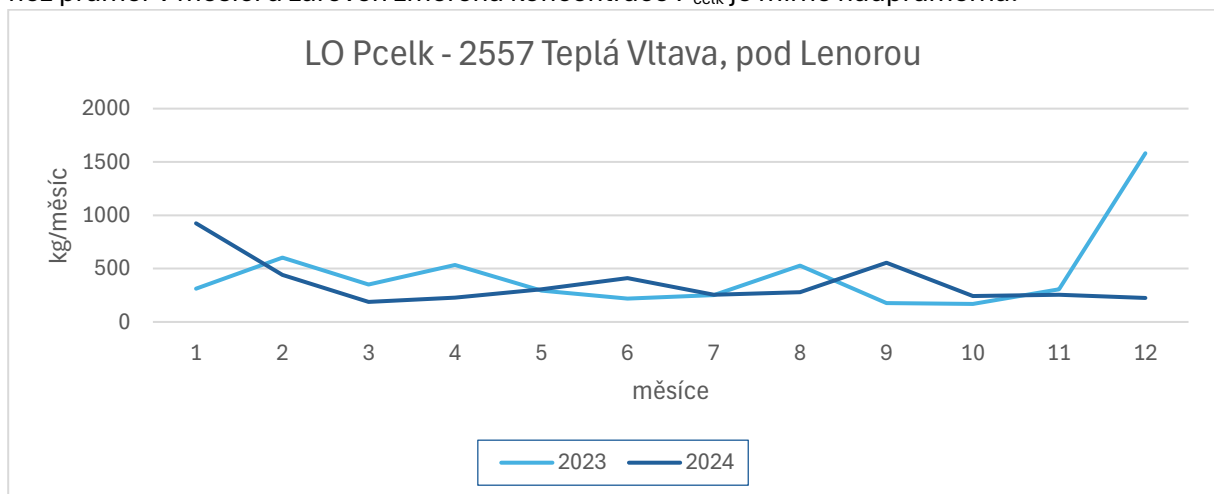


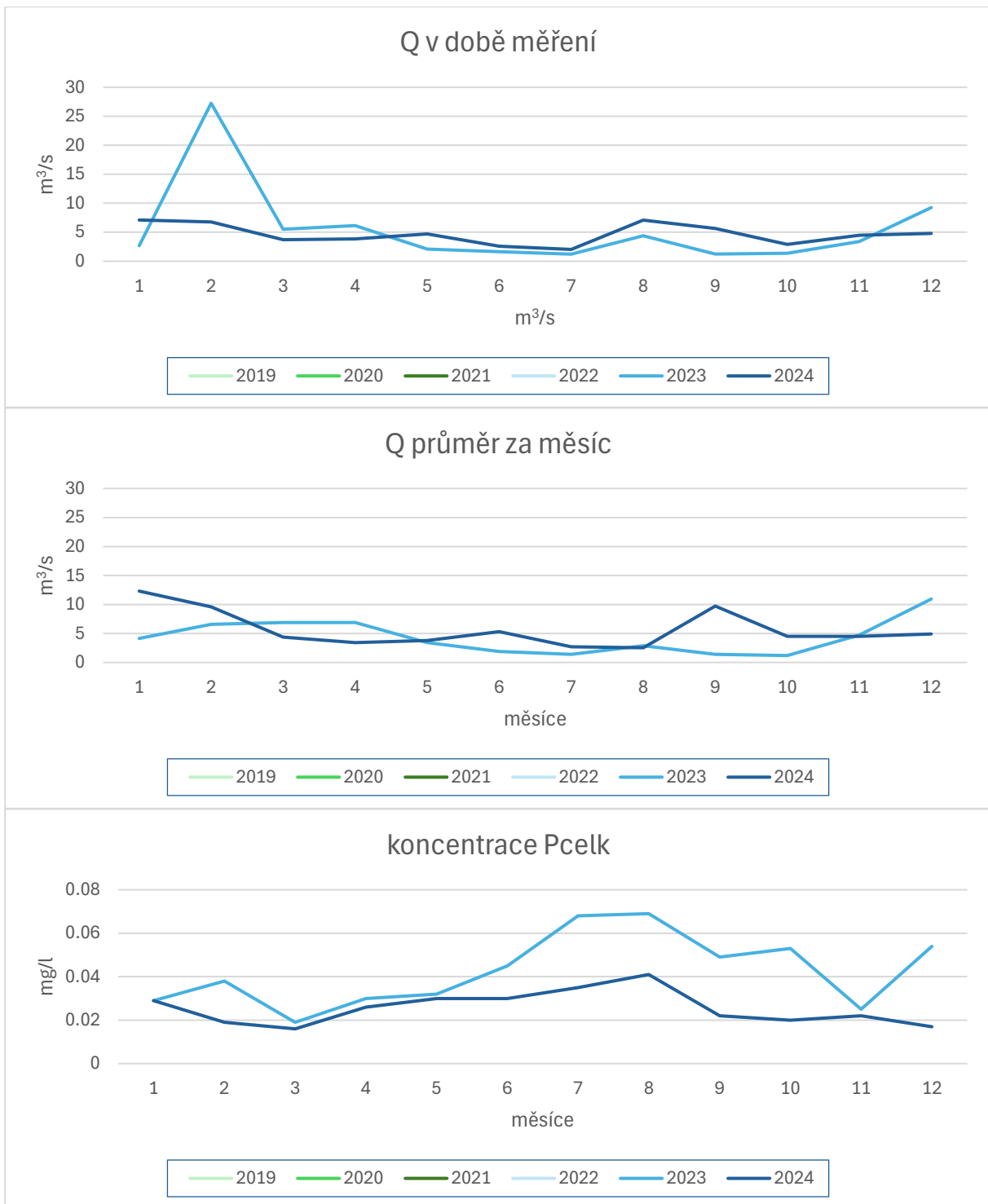
Obrázek 2.3.4 Základní řady a trendy v profilu Houženský potok – nad Lenorou

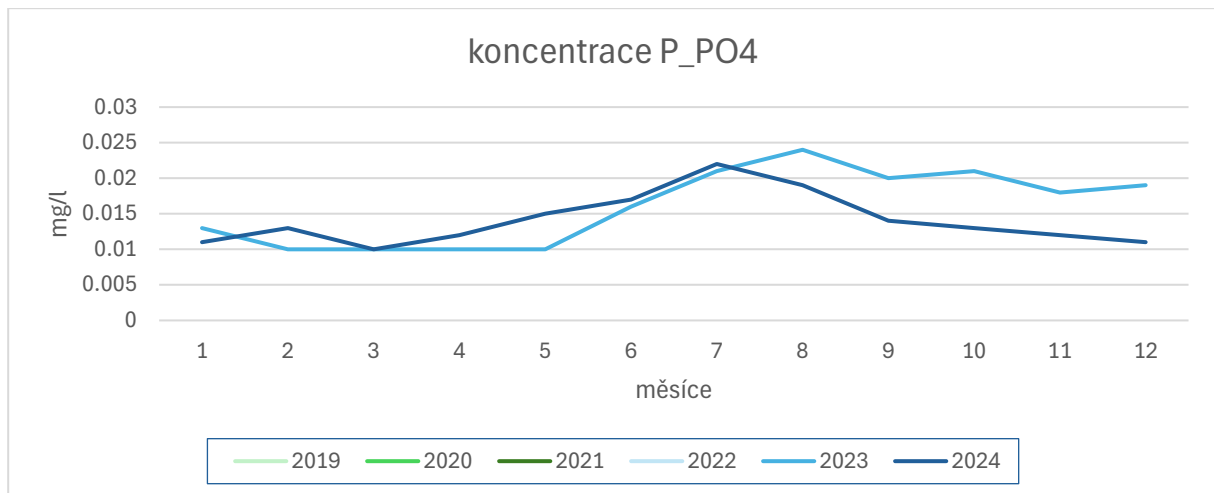
### 2.3.5 Teplá Vltava – pod Lenorou

#### Teplá Vltava – pod Lenorou

Měření probíhá až od roku 2023, koncentrace  $P_{\text{celk}}$  rostou v sezóně od května do září, kdy se pohybují mezi 40 a 60  $\mu\text{g/l}$ . Fosforečnanový fosfor je od ledna do května na hranici měřitelnosti (10  $\mu\text{g/l}$ ), v sezóně se pohybuje přibližně na 1/3 celkového fosforu. Vysoký LO v prosinci 2023 je způsoben vysokou hodnotou průměrného průtoku pro tento měsíc, průtok v době odběru byl nižší než průměr v měsíci a zároveň změřená koncentrace  $P_{\text{celk}}$  je mírně nadprůměrná.



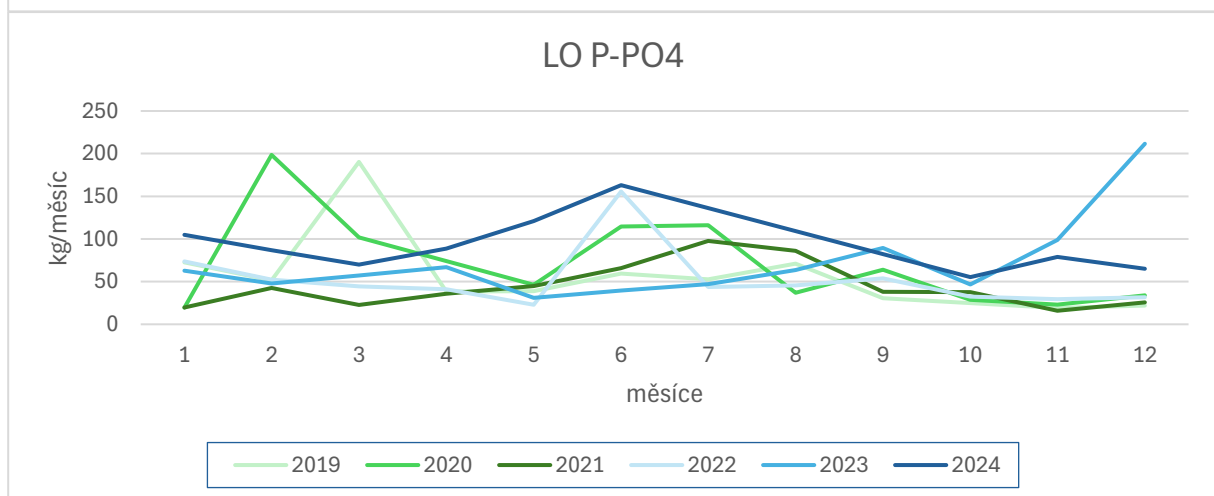
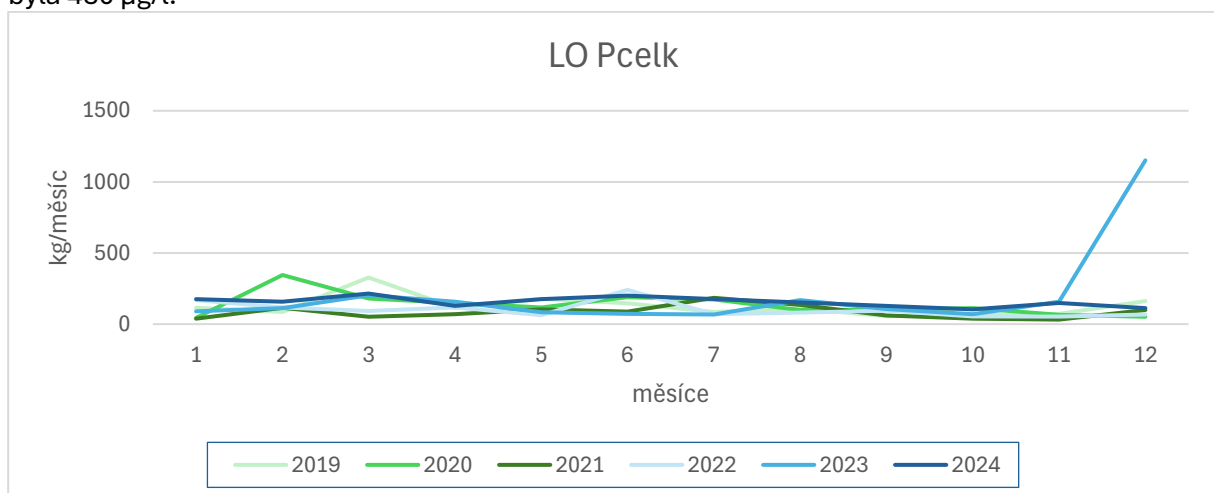


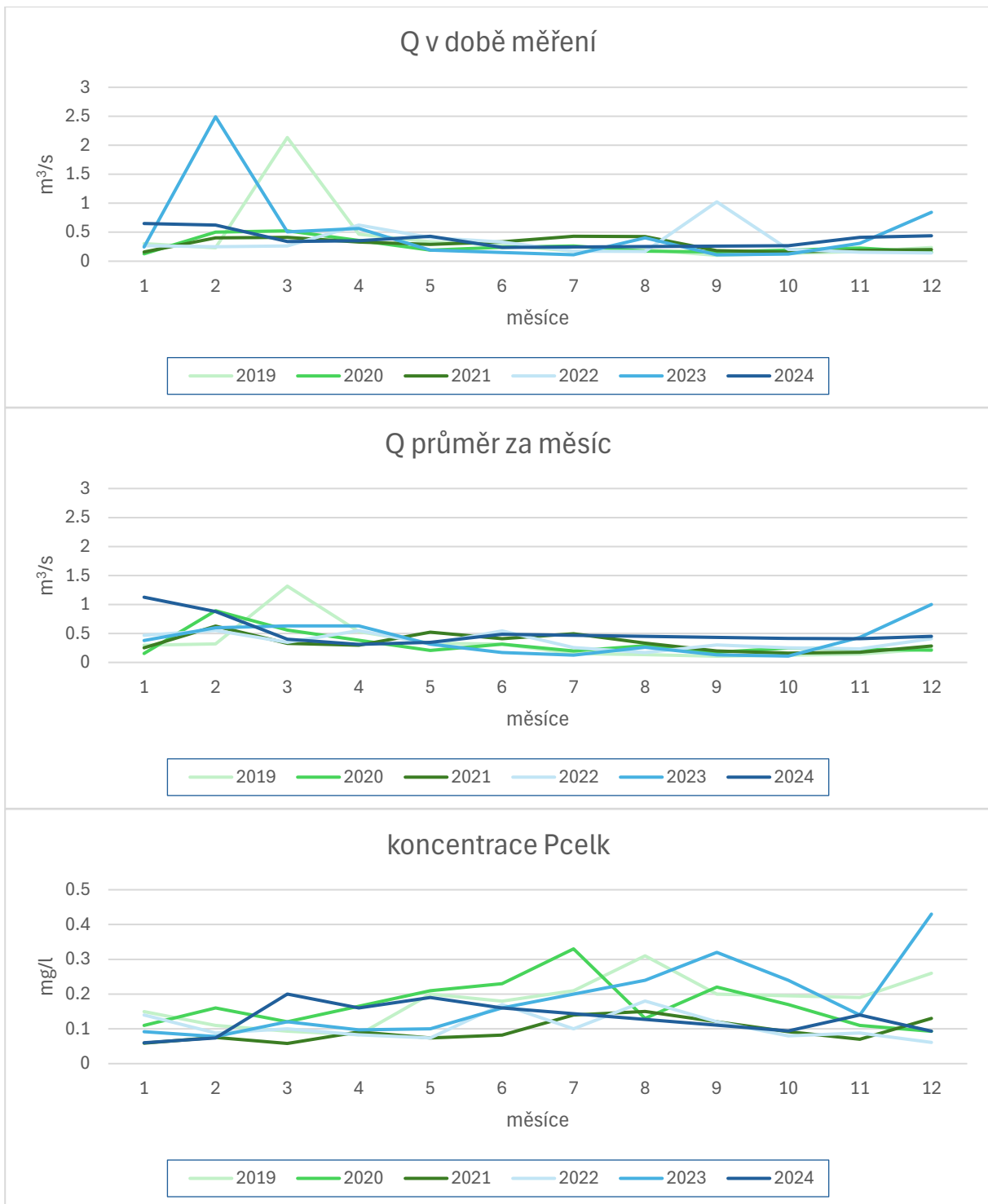


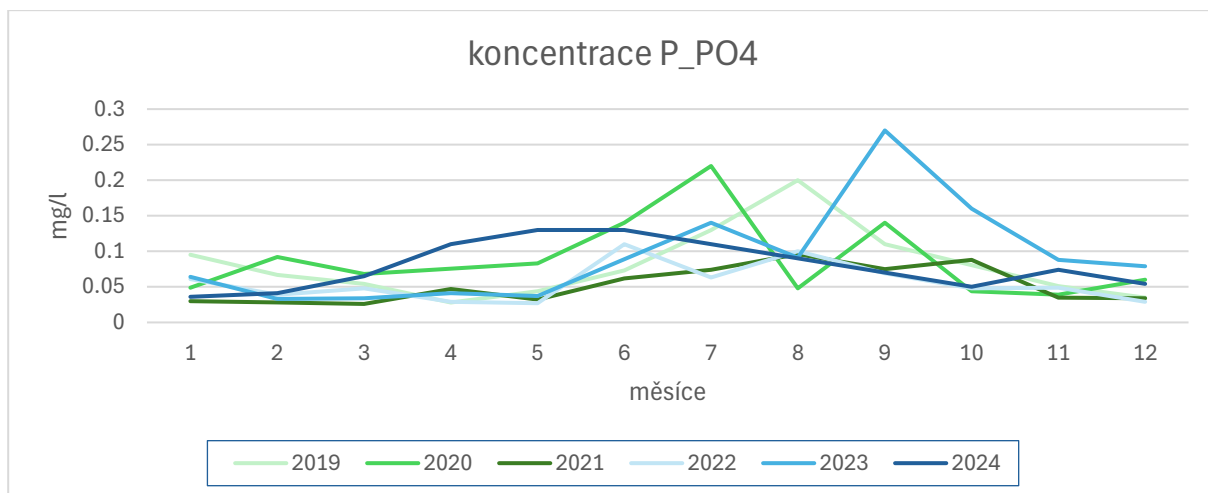
Obrázek 2.3.5 Základní řady a trendy v profilu Teplá Vltava pod Lenorou

### 2.3.6 Volarský potok – pod Volary

Volarský potok se vyznačuje velmi vysokými koncentracemi  $P_{\text{celk}}$ , ty běžně dosahují hodnot přes 150  $\mu\text{g/l}$ . Koncentrace  $P\text{-PO}_4$  jsou také velmi vysoké – mezi 60 a 130  $\mu\text{g/l}$  ( $P\text{-PO}_4$  představuje asi 50 až 60 %  $P_{\text{celk}}$ ). Velmi vysoký LO v prosinci 2023 není zatížen zjevnou chybou a zřejmě odpovídá realitě; průtok v době měření odpovídá průměru za tento měsíc. Koncentrace  $P_{\text{celk}}$  v tomto vzorku byla 430  $\mu\text{g/l}$ .



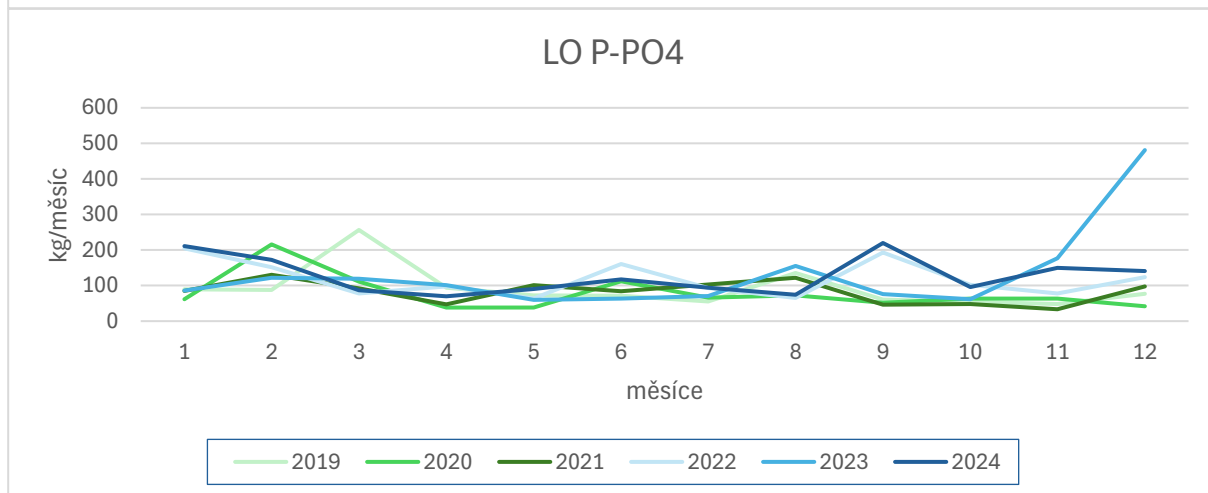
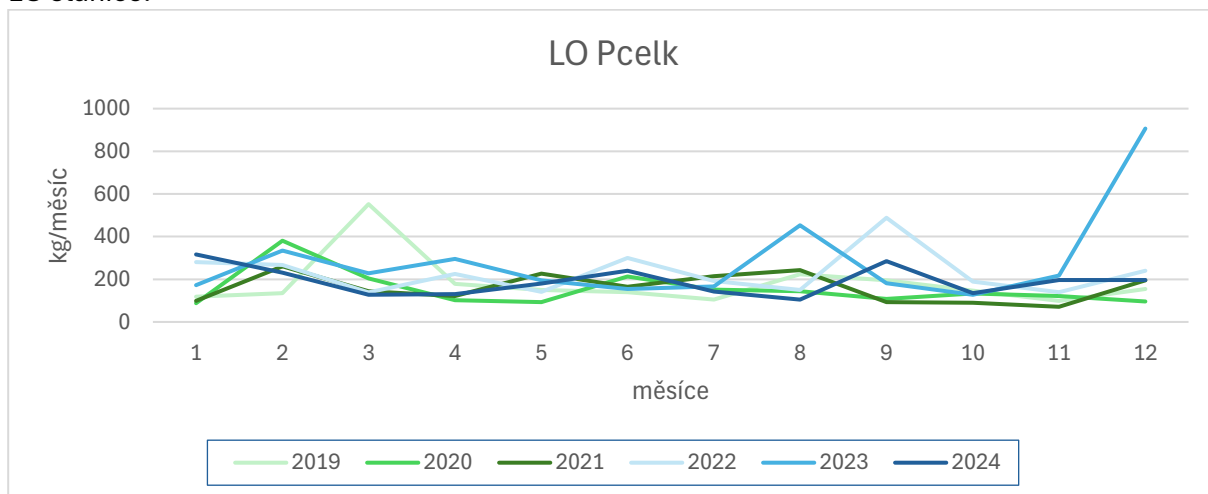


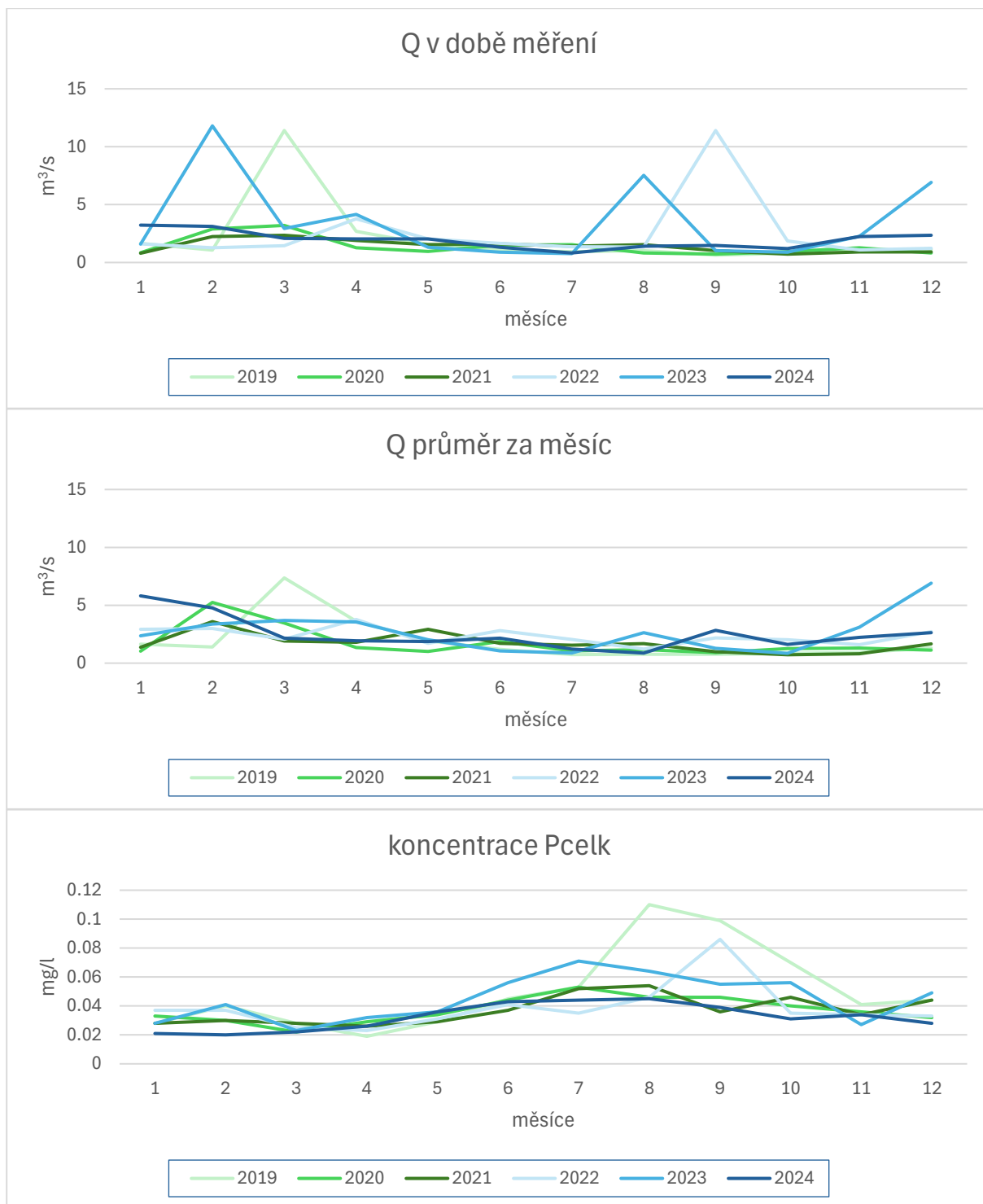


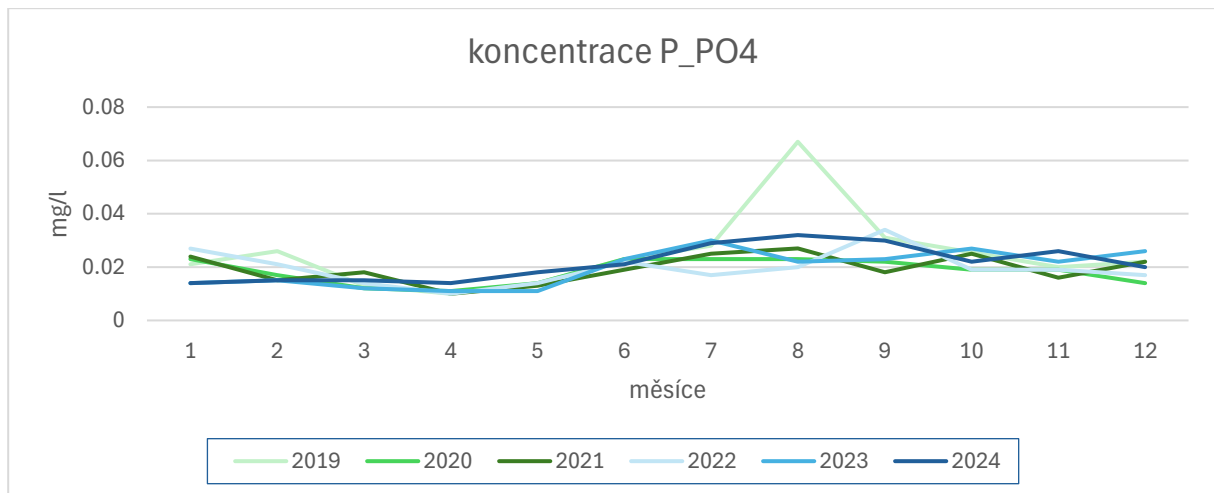
Obrázek 2.3.6 Základní řady a trendy v profilu Volarský potok – pod Volary

### 2.3.7 Studená Vltava – Černý Kříž

Koncentrace fosforu celkového i fosforečnanového vykazují velmi stabilní chod během roku, s výjimkou roku 2019. Koncentrace rostou od dubna do července a poté pozvolna klesají do října.  $P_{\text{celk}}$  je v koncentracích mezi 50 a 60  $\mu\text{g/l}$ , P-PO4 do 30  $\mu\text{g/l}$ . Zvýšený LO v prosinci 2023 není nadhodnocený, průtok v době odběru odpovídá průměru za tento měsíc. Hydrologická data v profilu Černý kříž mají vysokou spolehlivost, profil odběru vzorku je téměř shodný s profilem LG stanice.



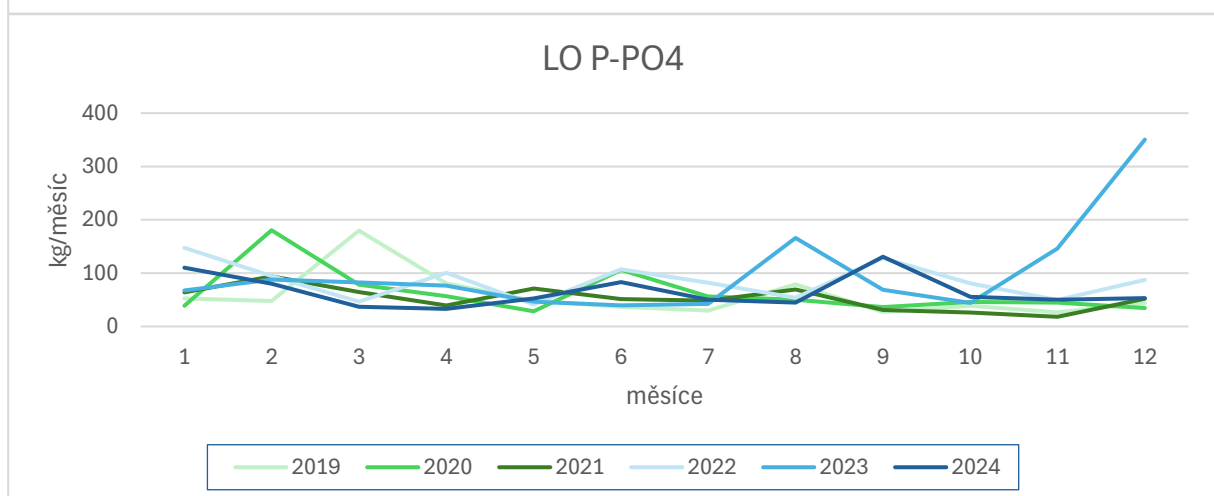
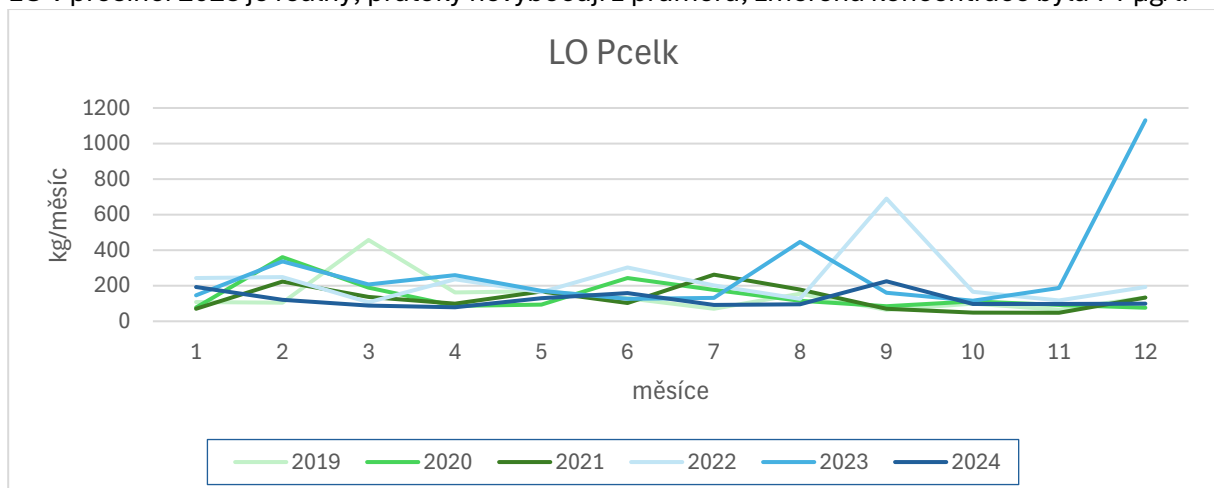


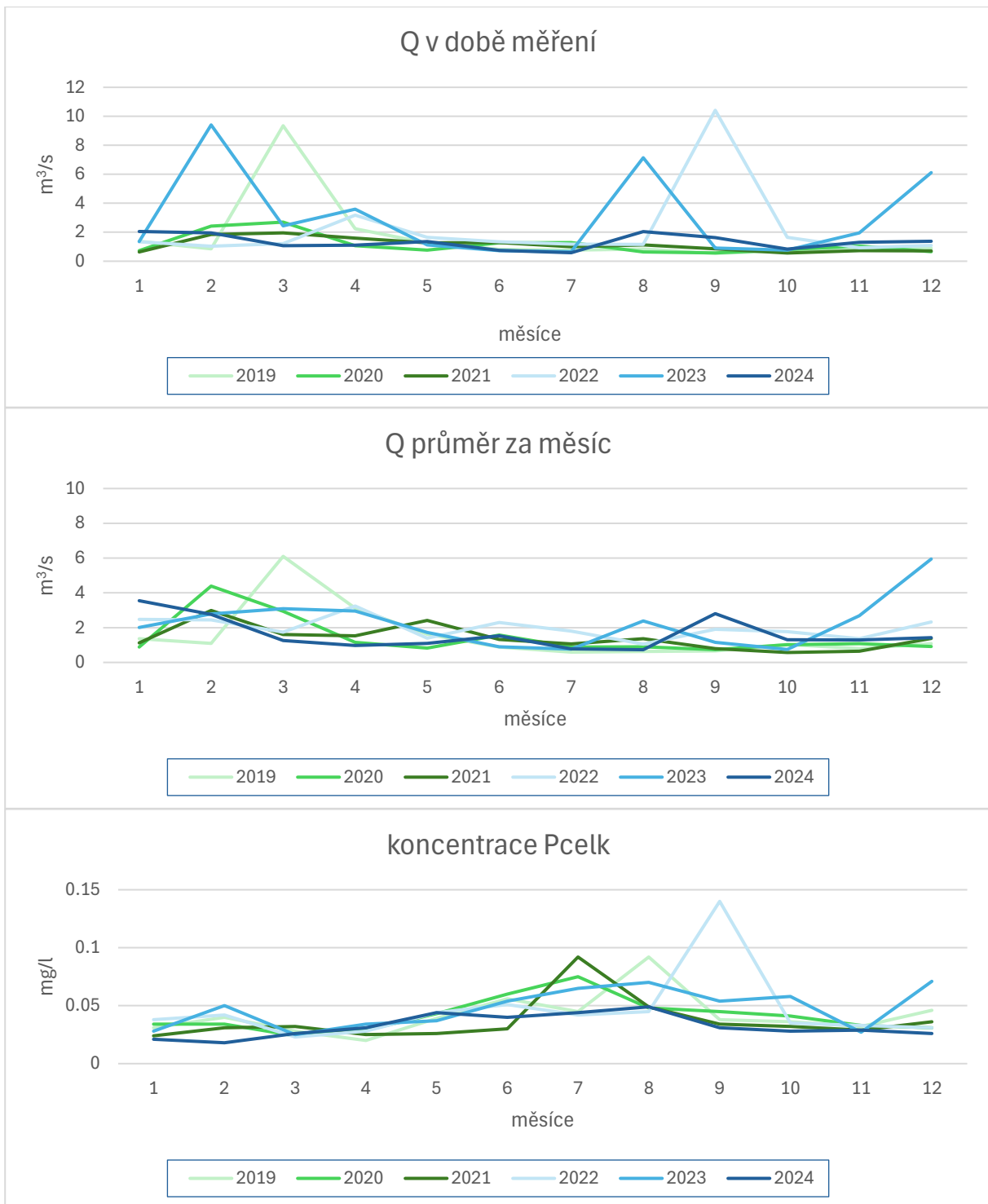


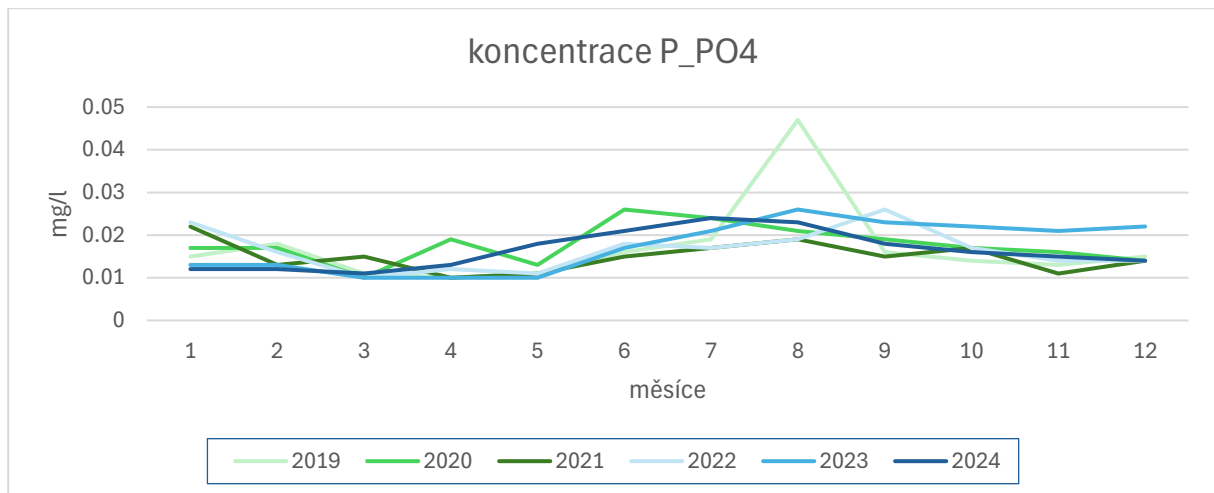
Obrázek 2.3.7 Základní řady a trendy v profilu Studená Vltava – Černý Kříž

### 2.3.8 Vltava – Pěkná

Koncentrace vykazují poměrně dobrou stabilitu, s růstem v sezóně od dubna a vrcholem v červenci. Průměrné koncentrace  $P_{celk}$  na vrcholu sezóny jsou kolem  $60 \mu\text{g/l}$ , mimo sezónu do  $40 \mu\text{g/l}$ .  $P\text{-PO}_4$  tvoří přibližně 50 %  $P_{celk}$ , v poměru obou ukazatelů není patrný sezónní trend. Zvýšený LO v prosinci 2023 je reálný, průtoky nevybočují z průměru, změřená koncentrace byla  $71 \mu\text{g/l}$ .



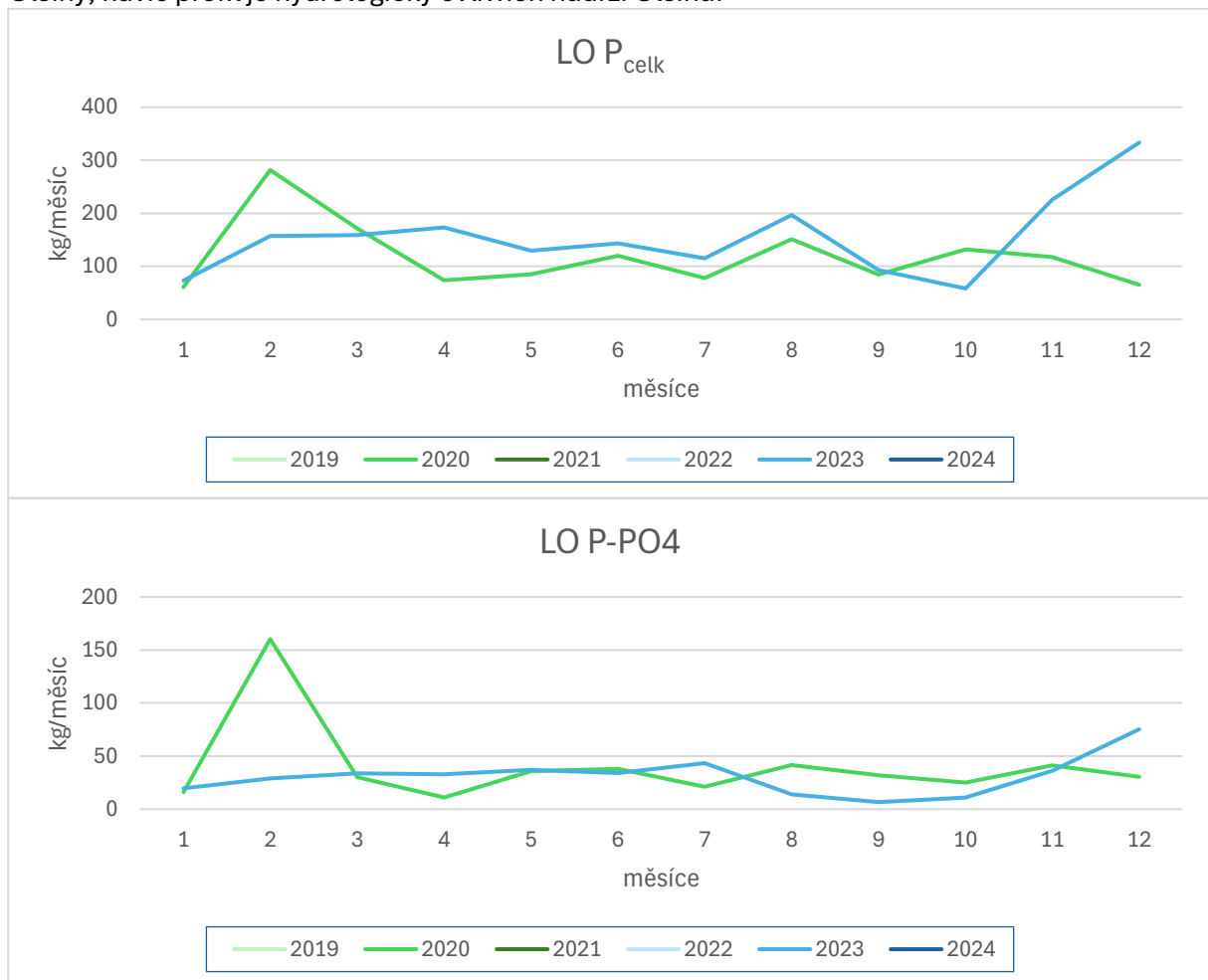


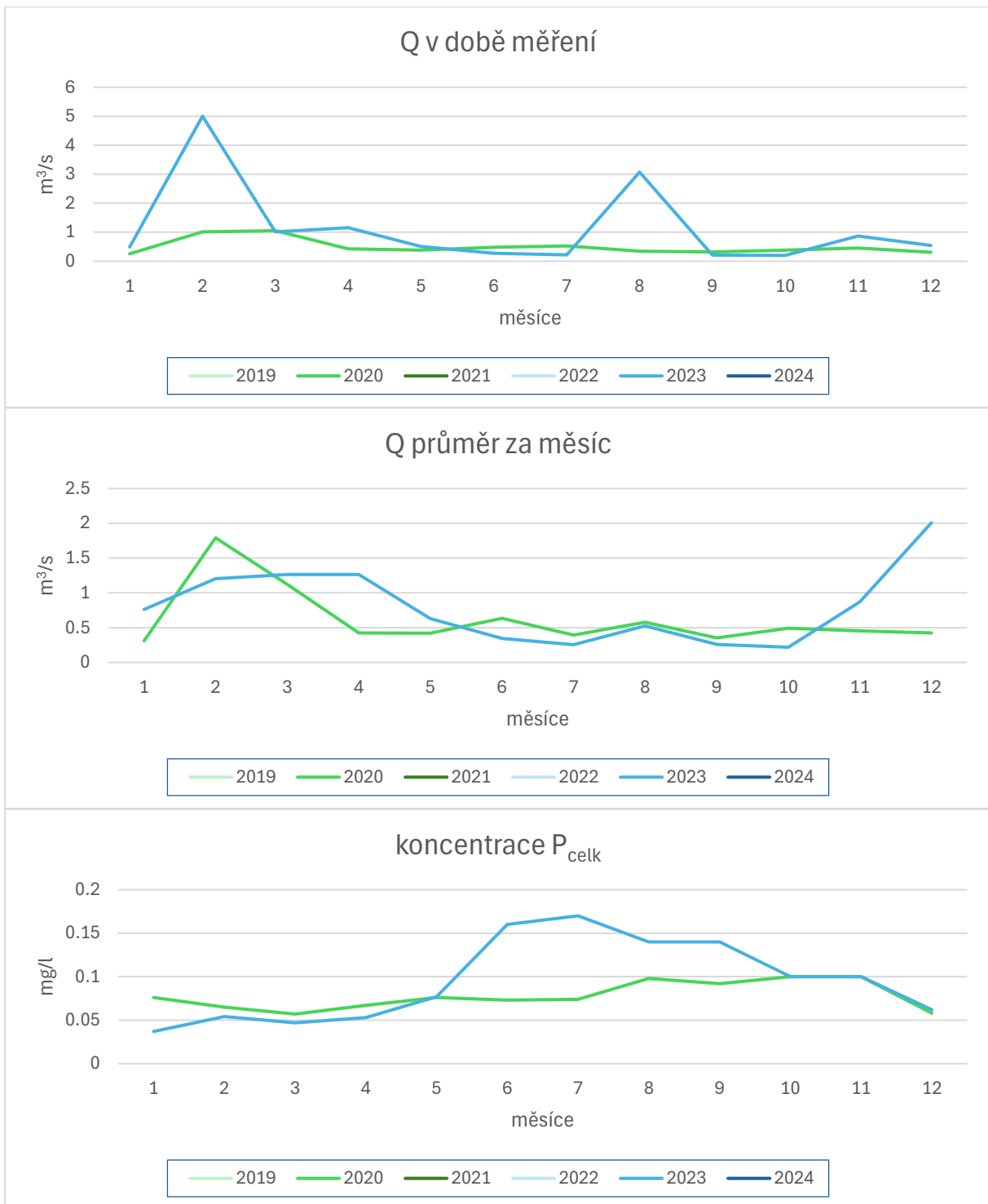


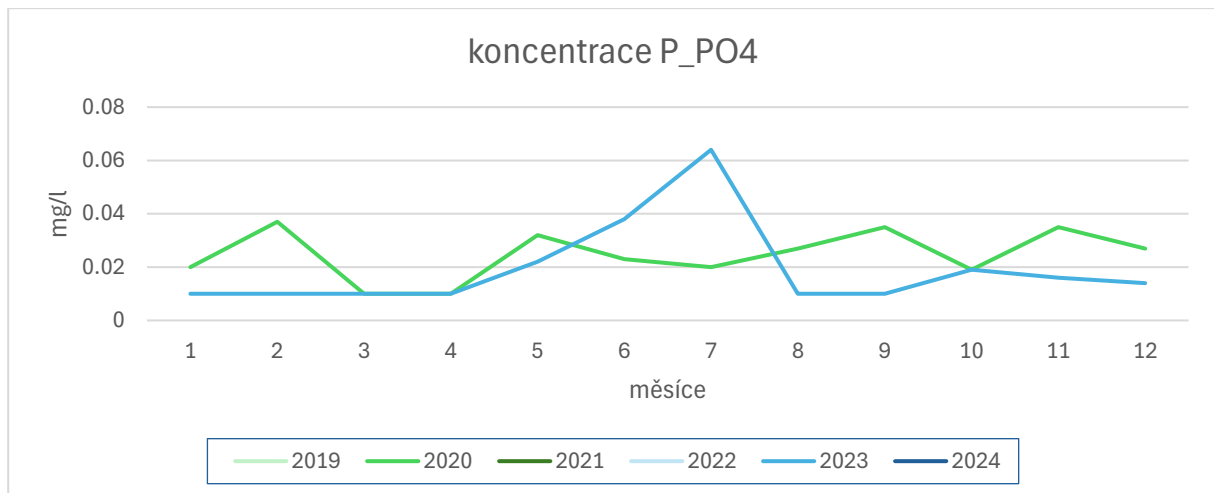
Obrázek 2.3.8 základní řady a trendy v profilu Vltava – Pěkná

### 2.3.9 Olšina – Hodňov

Monitoring probíhal jen v roce 2020 a 2023. Koncentrace  $P_{\text{celk}}$  neklesají pod  $50 \mu\text{g/l}$ , v sezóně mohou být i výrazně přes  $100 \mu\text{g/l}$ . Koncentrace  $P\text{-PO}_4$  nejsou příliš validní, chybí duben a květen, srpen a září 2023. Tam, kde vzorek je se  $P\text{-PO}_4$  pohybuje kolem 50 %  $P_{\text{celk}}$ . Spolehlivost hydrologických dat je nízká, referenční stanice na Teplé Vltavě se může chovat odlišně od povodí Olšiny, navíc profil je hydrologicky ovlivněn nádrží Olšina.



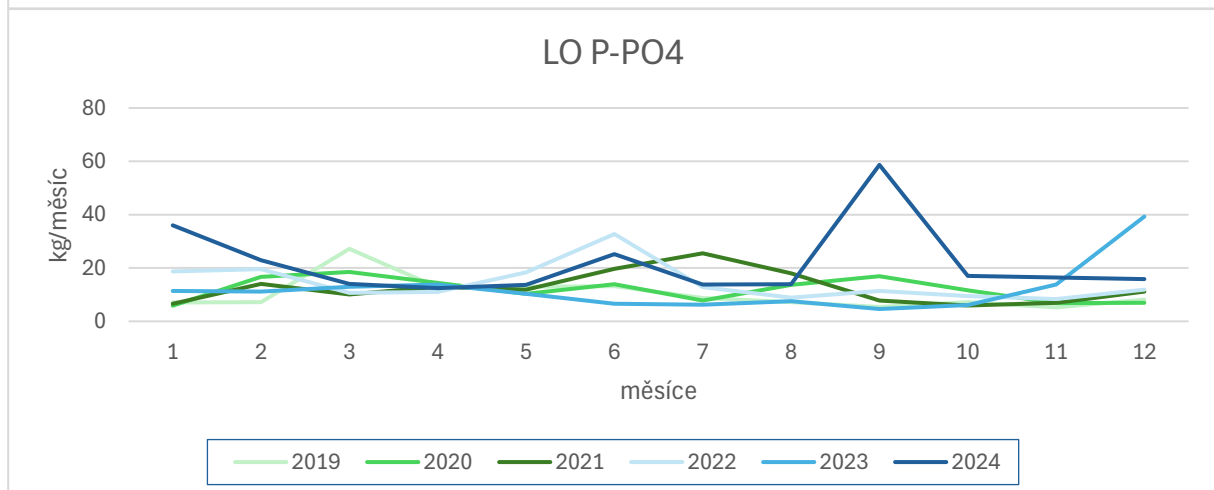
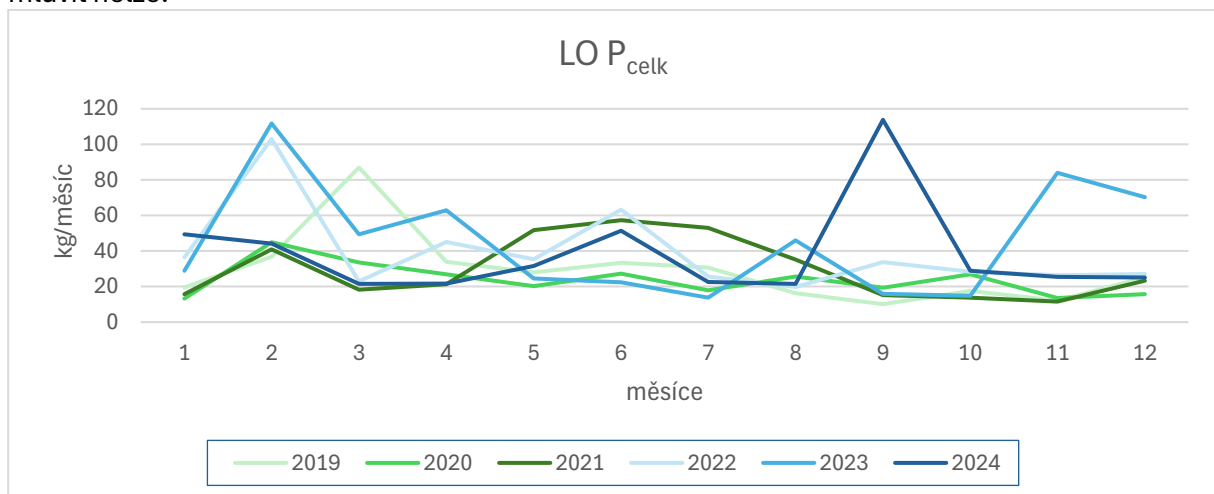


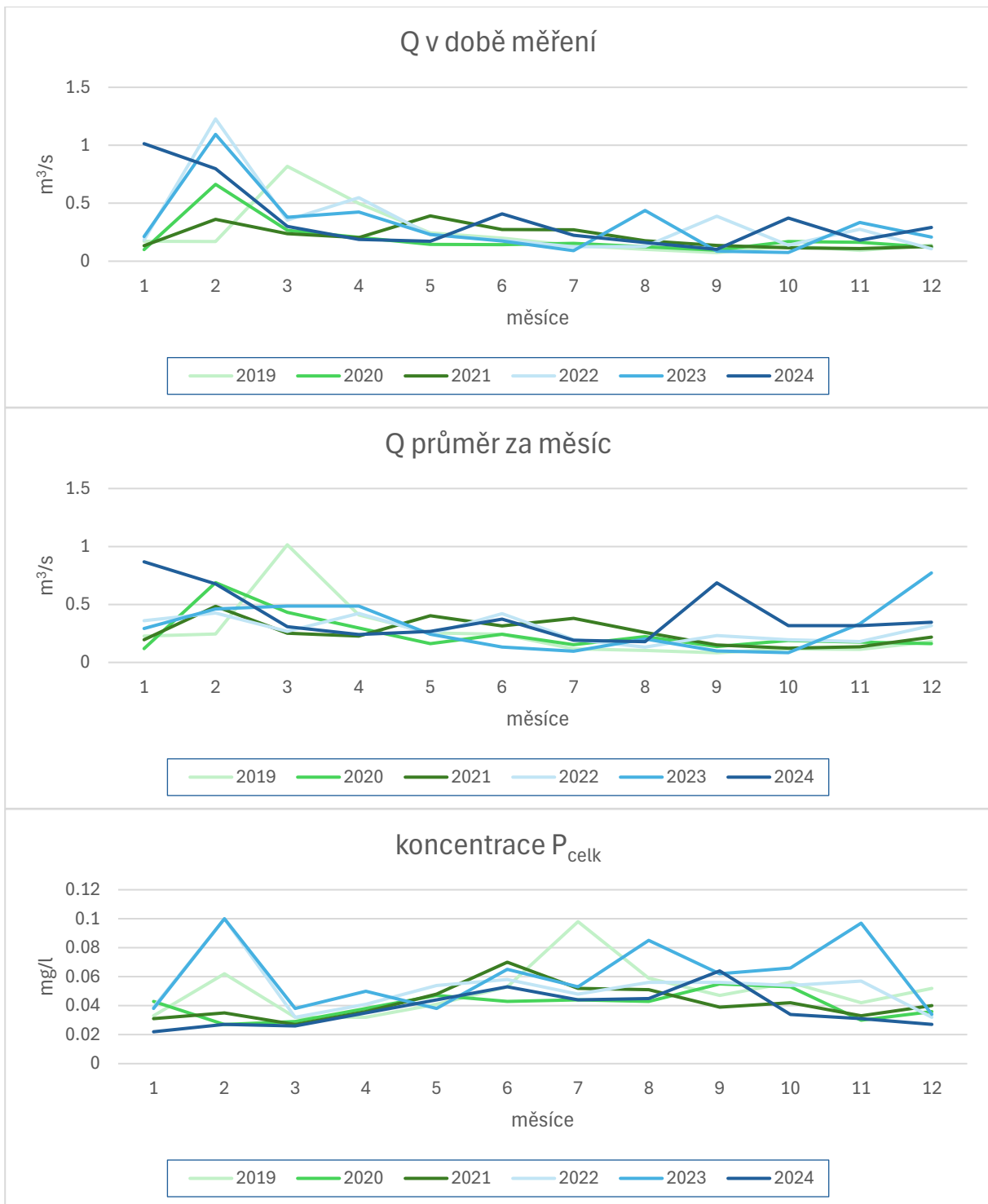


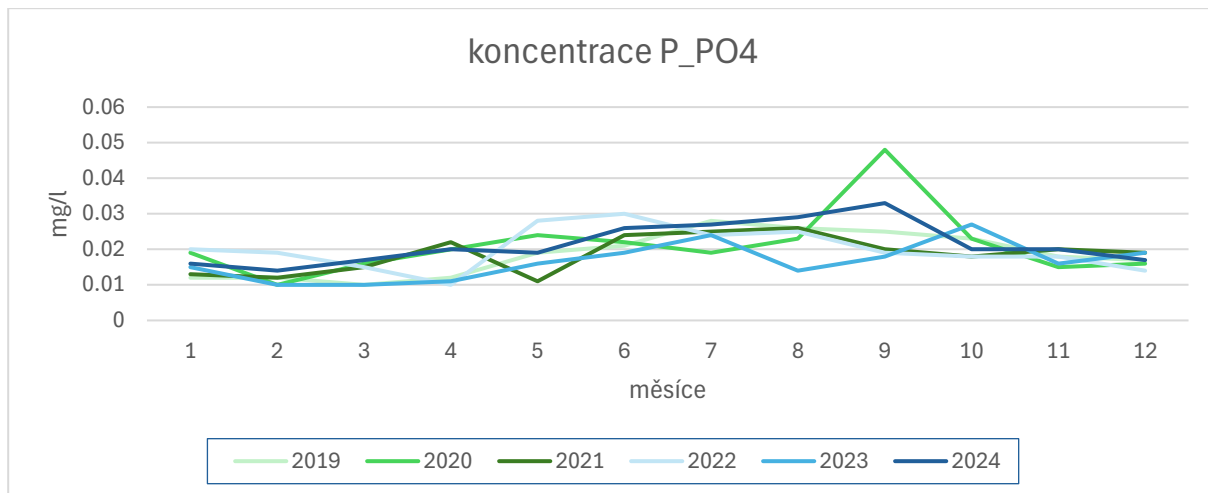
obrázek 2.3.9 Základní řady a trendy v profilu Olšina – Hodňov

### 2.3.10 Černý potok – ústí

Koncentrace  $P_{\text{celk}}$  se v Černém potoce stabilně pohybují okolo 50  $\mu\text{g/l}$ ,  $\text{P-PO}_4$  představuje průměrně 40 %  $P_{\text{celk}}$ , s vyšší koncentrací  $P_{\text{celk}}$  klesá poměr  $\text{P-PO}_4$  ku  $P_{\text{celk}}$ . Látkový odnos má výrazný sezónní trend jen v roce 2021, v ostatních letech o nějakém pravidelném sezónním trendu příliš mluvit nelze.



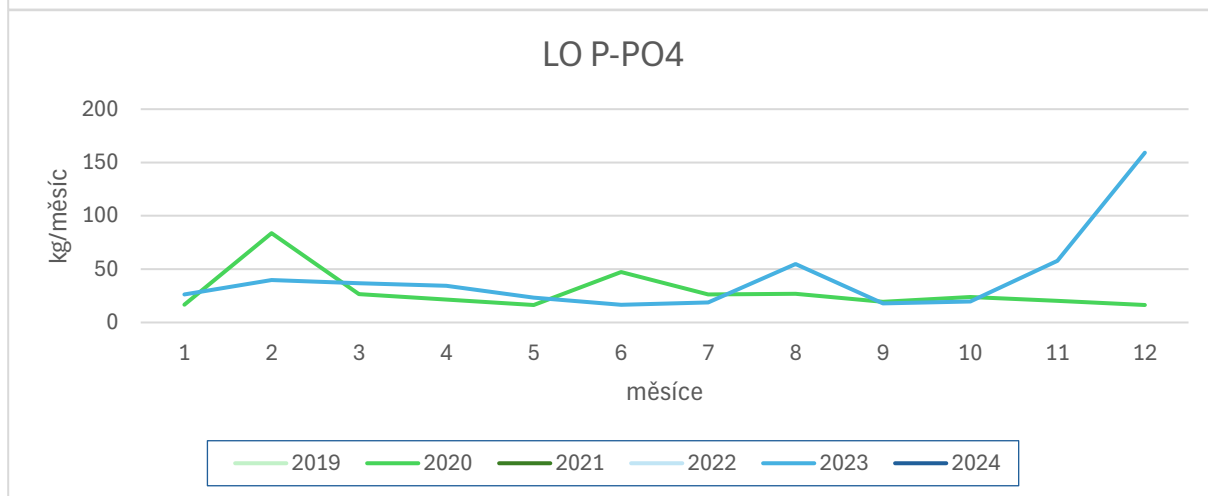
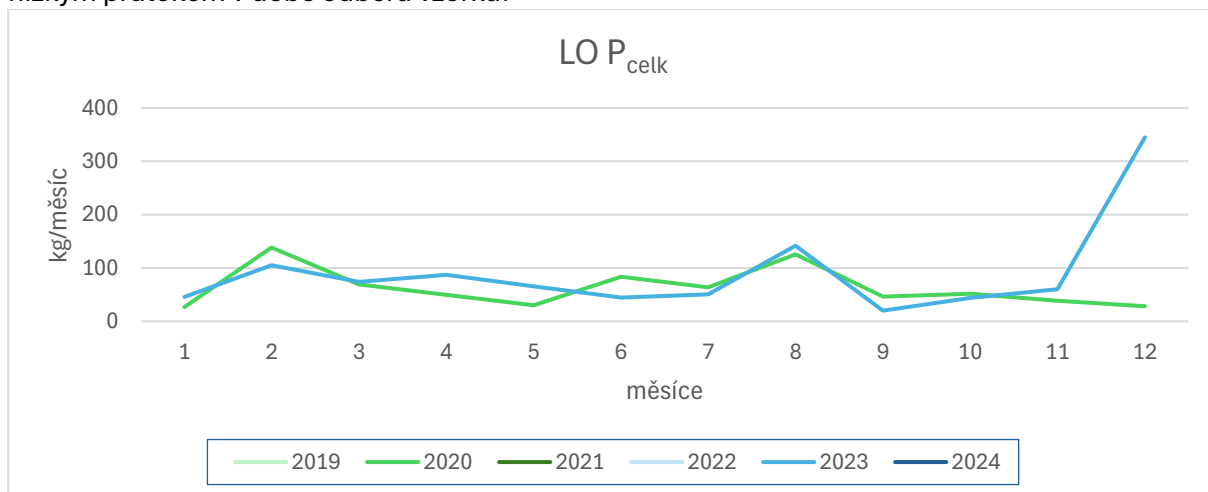


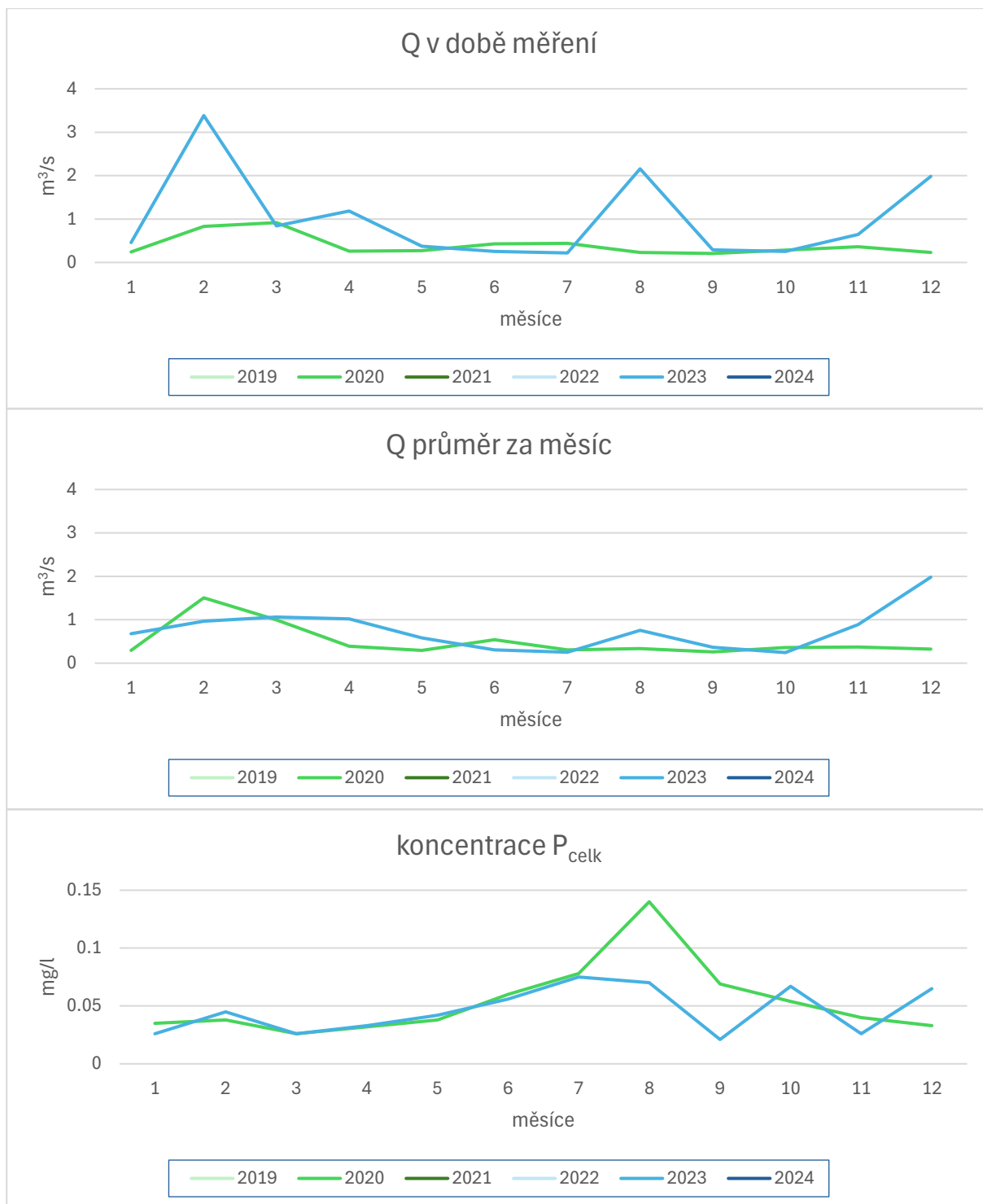


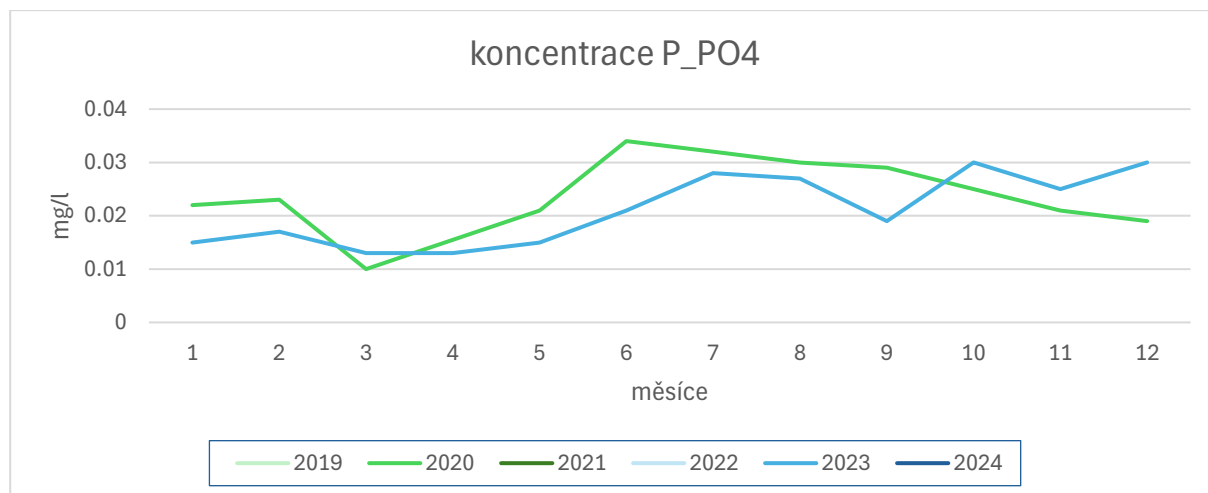
obrázek 2.3.10 Základní řady a trendy v profilu Černý potok – ústí

### 2.3.11 Jezerní potok – ústí

Monitoring je pouze za roky 2020 a 2023, chybí duben 2023. Koncentrace jsou poměrně vysoké s ohledem na absenci významných zdrojů znečištění.  $P_{celk}$  je v sezóně od května do září stabilně nad  $60 \mu\text{g/l}$ . V srpnu 2020 bylo změřeno  $140 \mu\text{g/l}$ . Tato vysoká koncentrace mohla být ovlivněna nízkým průtokem v době odběru vzorku.







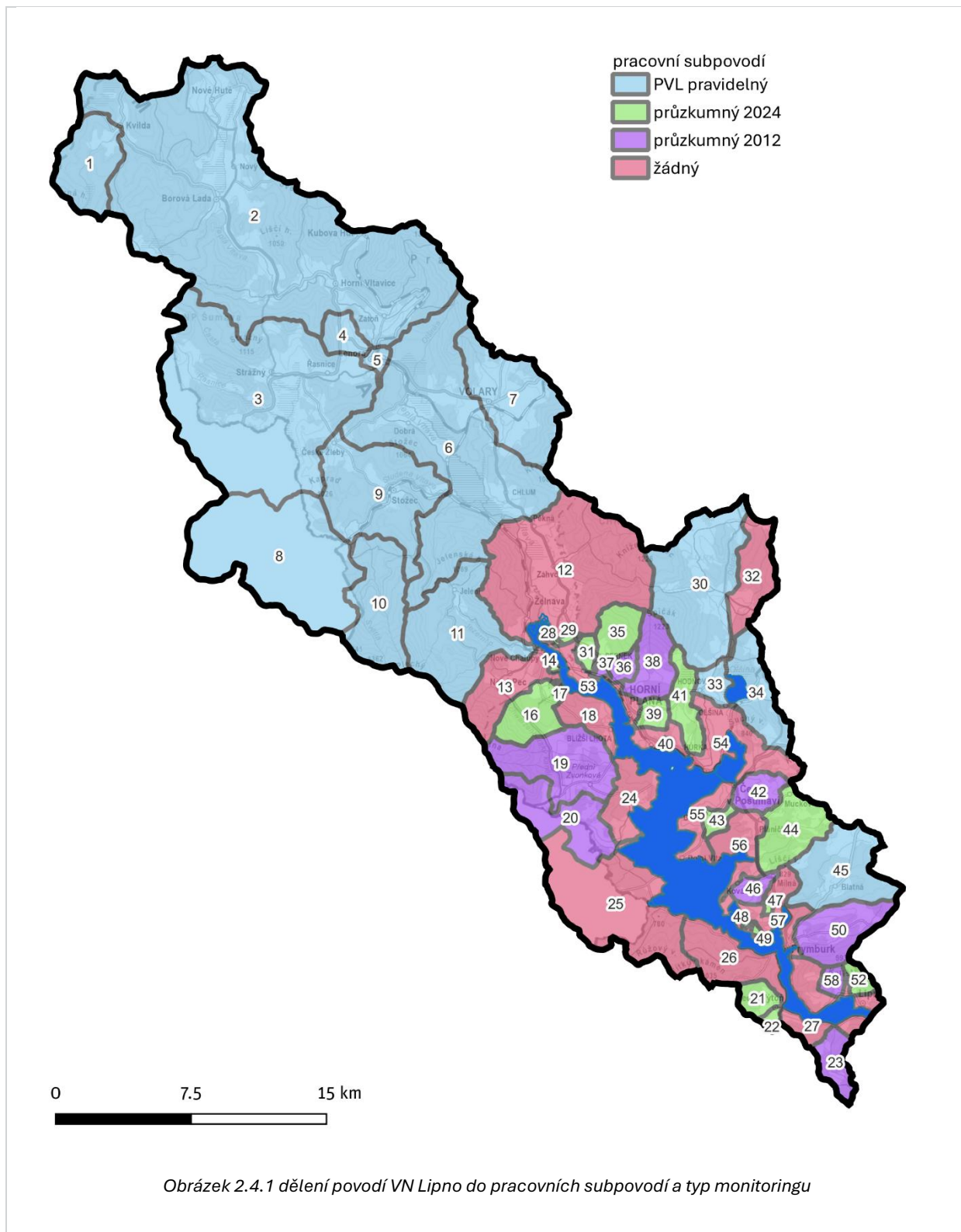
Obrázek 2.3.11 Základní řady a trendy v profilu Jezerní potok – ústí

Z výše popsaných profilů a časových řad vybočují Teplá Vltava – Kvilda a částečně Teplá Vltava nad Lenorou jako profily se stabilně nízkou koncentrací obou forem fosforu. Na druhé straně velmi vysoké koncentrace stabilně nese Volarský potok, koncentrace celkového i fosforečnanového fosforu jsou o řád vyšší než u všech ostatních hodnocených profilů. Druhý v pořadí co do koncentrací fosforu je Olšina, i když zde je monitoring dostupný jen pro dva roky. Jezerní potok a Černý potok nesou vyšší než očekávané koncentrace vzhledem k tomu, že na první pohled jde o povodí s minimálním antropogenním vlivem na vnos fosforu. Rozboru různých zdrojů fosforu se věnuje kapitola 4.

Mimo výše představené profily monitoringu je povodí VN Lipno monitorováno průzkumným monitoringem, vzhledem ke krátké časové řadě průzkumného monitoringu nejsou profily průzkumného monitoringu podrobeny rozboru základních řad a trendů v této kapitole. Výsledky průzkumného monitoringu jsou zahrnuty do výsledného vyhodnocení stavu a trendů v kapitole 2.4.

## 2.4 Vyhodnocení stavu a trendů

Pro vyhodnocení stavu a trendů v přítocích do nádrže bylo povodí VN Lipno rozděleno do pracovních jednotek subpovodí. Tato subpovodí reprezentují převážně povodí profilů monitoringu. Mimo ně jsou vymezeny plochy bez monitoringu.



Tabulka 2.4.1 Přehled pracovních jednotek subpovodí

ID subpovodí	Reprezentativní profil (monitoring)	Název subpovodí	Typ monitoringu	Plocha <sup>3</sup> [km <sup>2</sup> ]
1	2501	Teplá Vltava, Kvilda	PVL pravidelný	15,26
2	2504	Teplá Vltava, nad Lenorou	PVL pravidelný	160,91
3	2505	Řasnice	PVL pravidelný	89,60
4	2555	Houženský potok	PVL pravidelný	4,69
5	2557	Teplá Vltava, pod Lenorou	PVL pravidelný	1,86
6	3209	Vltava, Pěkná	PVL pravidelný	78,56
7	2507	Volarský potok, Volary pod	PVL pravidelný	24,90
8	2144	Studená Vltava, Nové Údolí	PVL pravidelný	49,73
9	2509	Studená Vltava, Černý Kříž	PVL pravidelný	32,27
10	2145	Světlá	PVL pravidelný	20,49
11	2116	Jezerní potok	PVL pravidelný	29,39
12		mezipovodí, Vltava pod Chlumským potokem	žádný	54,95
13		Novopecký potok	žádný	13,08
14	11	mezipovodí, PB, rybníky Nová pec	průzkumný 2024	0,24
15	11b	mezipovodí PB, rybníky Nová Pec II	průzkumný 2024	0,01
16	10	Smrčinský potok	průzkumný 2024	9,03
17	17	bezejmenný, pod biologickým rybníkem "Pionýrák"	průzkumný 2024	0,28
18		mezipovodí, PB, Šešovec, Bližší Lhota	žádný	6,74
19	2012_11	Hamerský potok	průzkumný 2012	19,86
20	2012_12	Pestřice	průzkumný 2012	15,28
21	14f	Výtoňský potok	průzkumný 2024	3,67
22	14a	bezejmenný PP Výtoňského potoka	průzkumný 2024	1,07
23	2012_14	Lipový potok	průzkumný 2012	5,56
24		mezipovodí PB, Račín	žádný	9,28
25		mezipovodí PB, Kyselov	žádný	35,18
26		mezipovodí PB, Frýdava	žádný	13,53
27		mezipovodí PB, Nové Domky	žádný	4,51
28	1	Bělský potok, pod Bělou	průzkumný 2024	0,23
29	16	Bělský potok, horní část	průzkumný 2024	0,48
30	2980	Olšina, horní, Otice	PVL pravidelný	33,29
31	15	bezejmenný PP Perneckého potoka	průzkumný 2024	1,94
32		Loutecký potok	žádný	11,21
33	2578	Olšina, obtok, Hodňov	PVL pravidelný	3,64
34	2512	Olšina dolní, nádrž	PVL pravidelný	13,08
35	8	Pernecký potok	průzkumný 2024	6,68
36	2012_2	Bezejmenný, Maňava	průzkumný 2012	2,34
37	2012_1	Pernecký potok, dolní	průzkumný 2012	0,56
38	2012_4	Slatinný potok	průzkumný 2012	9,27

<sup>3</sup> Uváděná plocha je plocha mezipovodí, nejde o celkovou plochu povodí k závěrovému profilu

ID subpovodí	Reprezentativní profil (monitoring)	Název subpovodí	Typ monitoringu	Plocha <sup>3</sup> [km <sup>2</sup> ]
39	2	bezejmenný, Horní Planá	průzkumný 2024	2,73
40	3	Bezejmenný, Karlovy Dvory	průzkumný 2024	0,16
41	13	Ostřice	průzkumný 2024	6,98
42	2012_7	Černý potok	průzkumný 2012	5,27
43	9	bezejmenný Bližná	průzkumný 2024	2,05
44	4	Lukavický potok	průzkumný 2024	12,23
45	2563	Černý potok	PVL pravidelný	19,22
46	2012_3	Milenský potok	průzkumný 2012	2,97
47	7	Bezejmenný, Posudov	průzkumný 2024	0,46
48	5	bezejmenný, Lojzovy Paseky I	průzkumný 2024	0,18
49	6	bezejmenný, Lojzovy Paseky II	průzkumný 2024	0,33
50	2012_8	Náhlovský potok	průzkumný 2012	12,51
51	2012_9	bezejmenný, Studené	průzkumný 2012	2,04
52	12	Slupečný potok	průzkumný 2024	2,19
53		mezipovodí, LB, Horní Planá, Hory	žádný	4,59
54		mezipovodí LB, Hůrka, Malé Lipno	žádný	17,22
55		mezipovodí LB, Černá, Radslav, Horní Vltavice	žádný	6,13
56		mezipovodí LB, Kovářov	žádný	7,83
57		mezipovodí LB, Hrdoňov, Frymburk	žádný	9,72
58		mezipovodí LB, Kobylnice, Lipno	žádný	6,85

#### 2.4.1 Dopočet subpovodí bez monitoringu

Povodí bez monitoringu zaujímají přibližně 200 km<sup>2</sup> z celé plochy povodí Lipna (950 km<sup>2</sup>). Pravidelný i průzkumný monitoring jsou navrženy tak, aby sledovaly především antropogenní vlivy, vypouštění. Zbývající části povodí Lipna, u kterých žádný monitoring k dispozici není, jsou pro potřeby vyhodnocení stavu a trendů řešeny dopočtem. Dopočet pracuje se specifickým látkovým odnosem  $P_{\text{celk}}$  a  $P\text{-PO}_4$  v referenčním povodí. Specifický látkový odnos je vyjádřen v kg za měsíc na 1 km<sup>2</sup> plochy referenčního povodí. Za referenční povodí byla vybrána povodí s minimem antropogenních vlivů, protože této charakteristice odpovídají také povodí bez monitoringu.

Za referenční povodí byla vybrána následující:

- 2501 Teplá Vltava, Kvilda
- 2145 Světlá
- 2116 Jezerní potok
- 2563 Černý potok

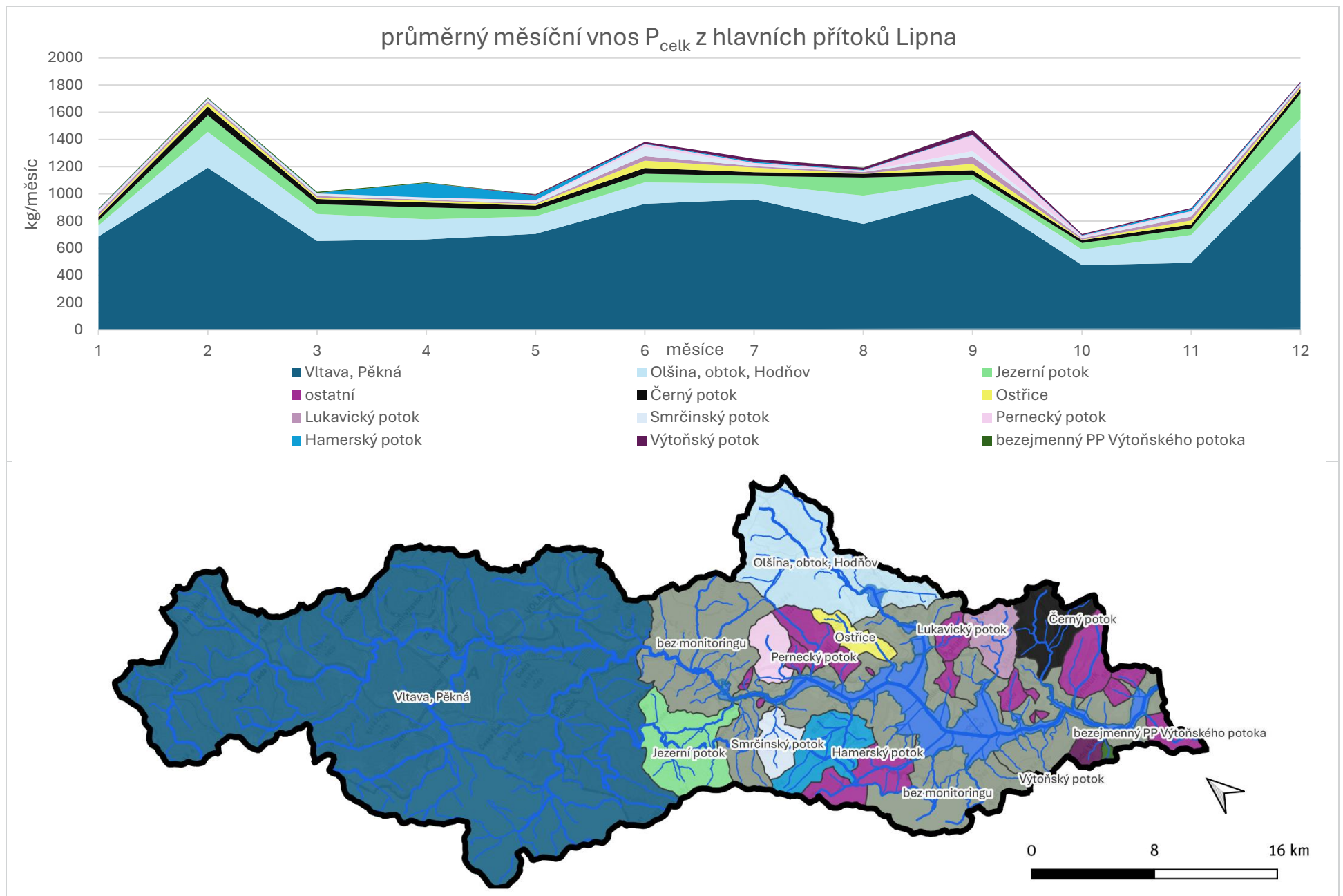
Vazba mezi referenčním povodím a povodím bez monitoringu byla provedena na základě analýzy konsolidované vrstvy ekosystému (KVES). Pro každé povodí bylo zjištěno procentuální zastoupení jednotlivých biotopů (jako jsou bučiny, hospodářské lesy, rašeliniště a prameniště a další...). Na základě maximální shody bylo pro každé povodí bez monitoringu určeno referenční povodí podle následujícího klíče.

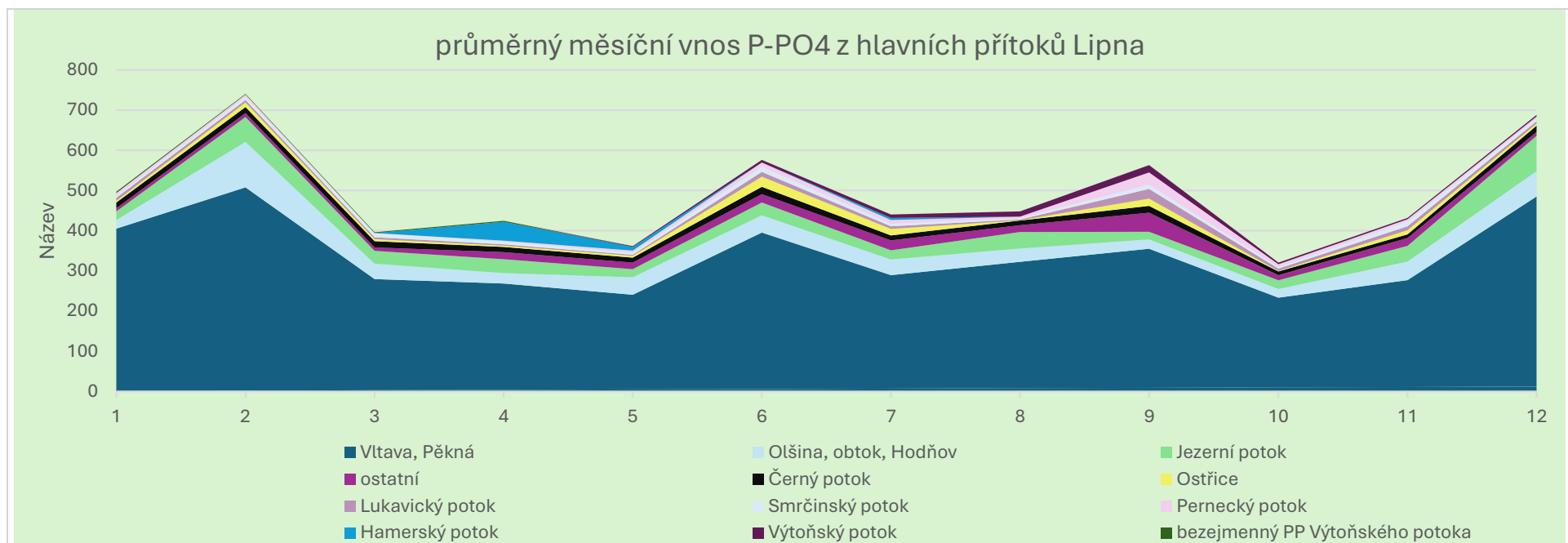
Tabulka 2.4.2 Referenční povodí pro dopočet LO v povodích bez monitoringu

ID povodí bez monitoringu	Název povodí bez monitoringu	ID referenčního povodí	Název referenčního povodí
10003	Loutecký potok	2563	Černý potok
10012	mezipovodí PB, Kyselov	2501	Teplá Vltava, Kvilda
10001	mezipovodí, Vltava pod Chlumským potokem	2563	Černý potok
10005	mezipovodí LB, Hůrka, Malé Lipno	2563	Černý potok
10007	mezipovodí LB, Kovářov	2563	Černý potok
10013	mezipovodí PB, Frýdava	2116	Jezerní potok
10008	mezipovodí LB, Hrdoňov, Frymburk	2563	Černý potok
10014	mezipovodí PB, Nové Domky	2501	Teplá Vltava, Kvilda
10006	mezipovodí LB, Černá, Radslav, Horní Vltavice	2563	Černý potok
10009	mezipovodí LB, Kobylnice, Lipno	2563	Černý potok
10011	mezipovodí PB, Račín	2563	Černý potok
10004	mezipovodí, LB, Horní Planá, Hory	2563	Černý potok
10002	Novopecký potok	2563	Černý potok
10010	mezipovodí, PB, Šešovec, Bližší Lhota	2563	Černý potok

Dostupná měřená data jsou sestavena do součtových schémat, která představují složení celkového LO co do příspěvku jednotlivých přítoků, ve významných uzlech povodí Lipna. Protože jde stále jen o interpretaci výstupů monitoringu, neobsahují schémata hodnoty z neměřených částí povodí ani dělení LO mezi jednotlivé vlivy. Tyto informace najdeme v kapitole 4.7.

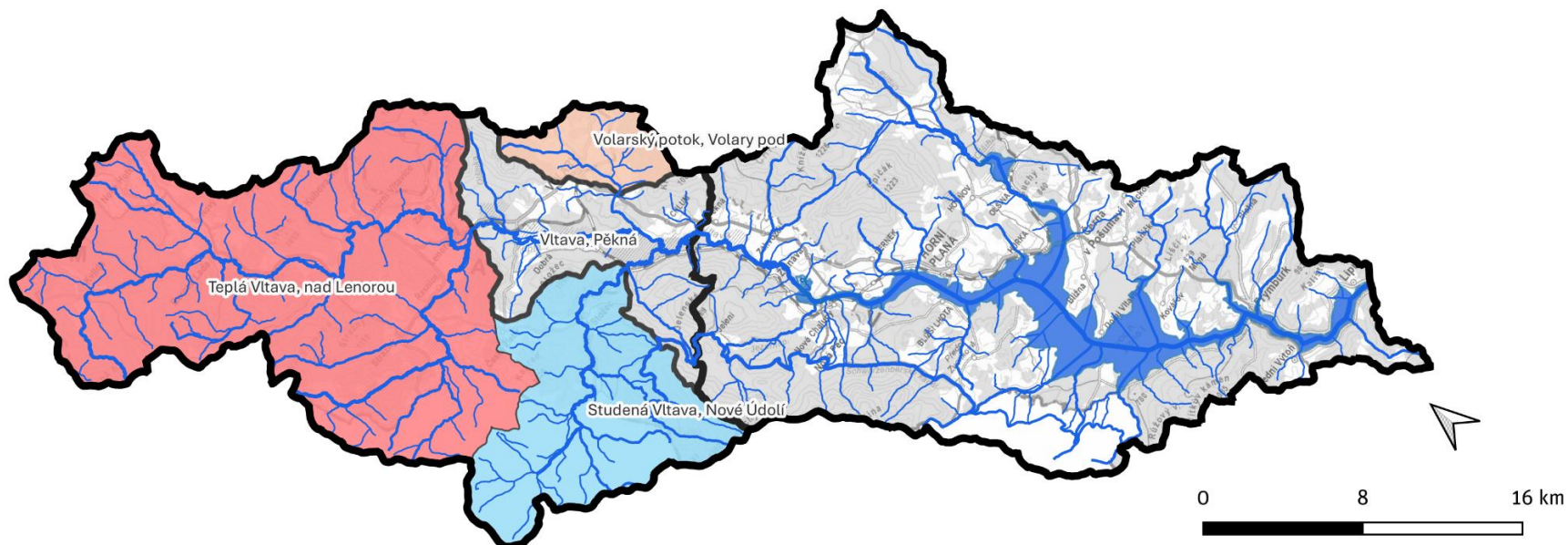
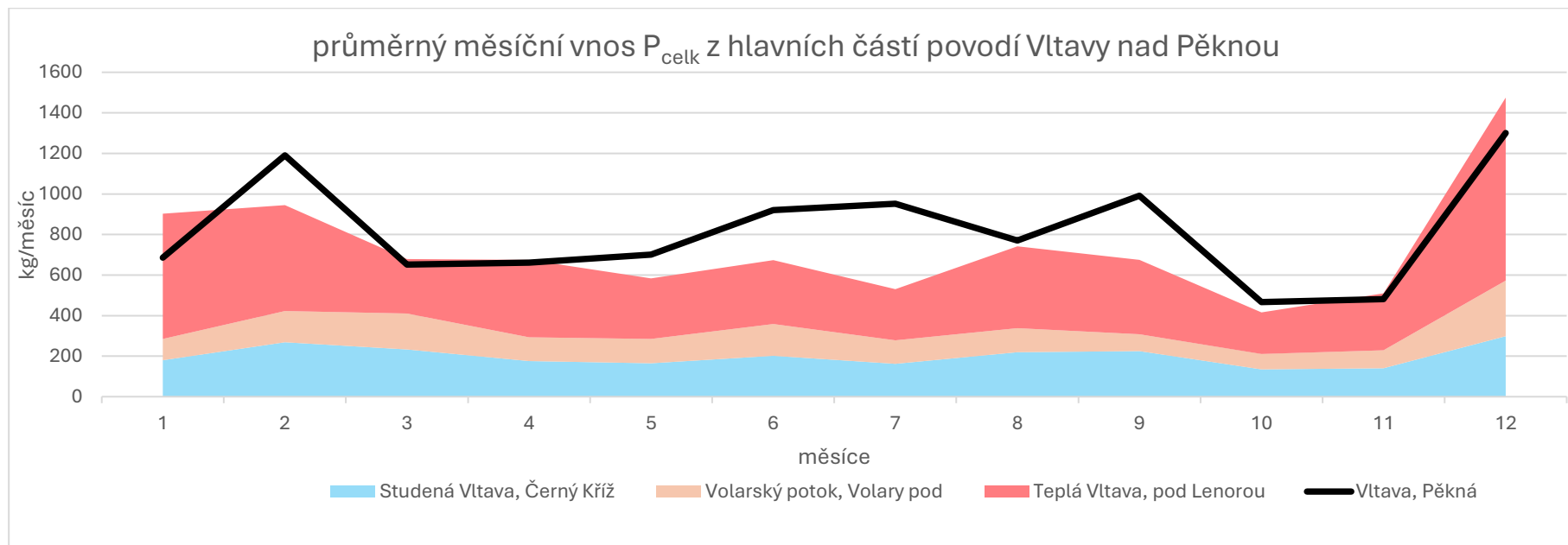
## 2.4.2 Schéma 1 - Celkový přehled Vltavy a dalších přítoků do Lipna

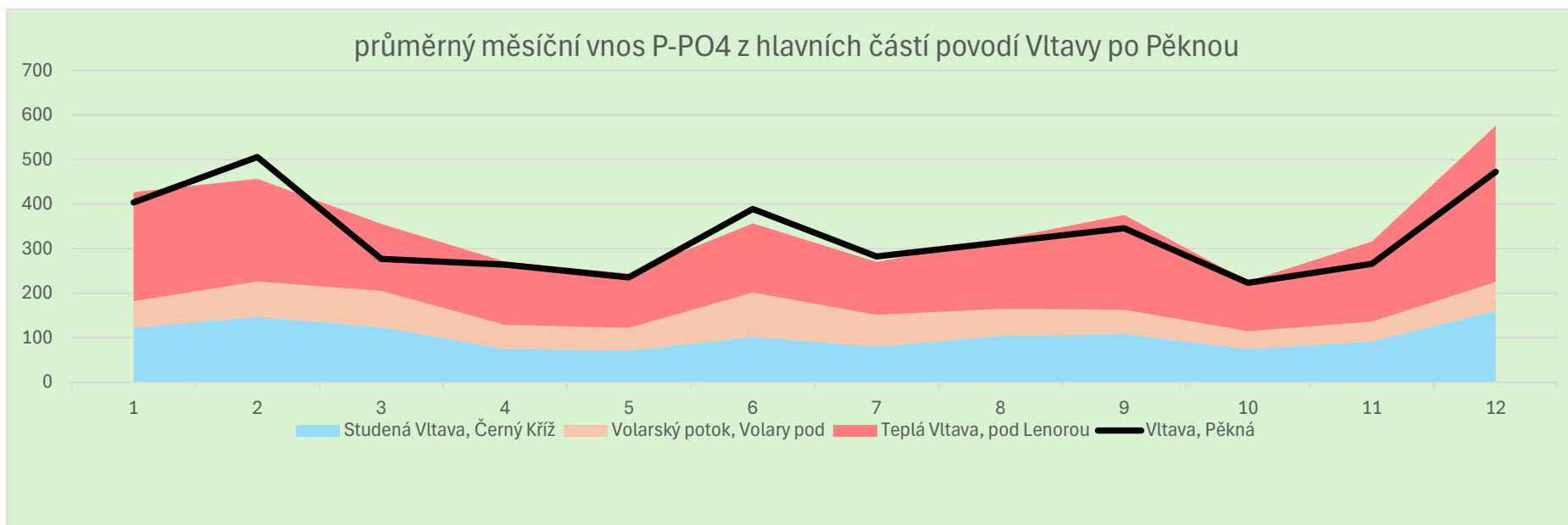




V součtovém schématu 1 nejsou zastoupená povodí na mapě vybarvená šedě. V těchto povodích není dostupný monitoring. Monitoring v těchto částech je obtížně proveditelný. Za prvé obvykle chybí jasná vodoteč, kterou by bylo možné vzorkovat, za druhé významné antropogenní vlivy hlavně na levém břehu Lipna vypouštějí odpadní vody přímo do nádrže. Známý je tedy objem a základní složení vypouštěných OV, vnos znečištění do nádrže ale nejde ověřit monitoringem na recipientu. LO v rozsáhlé oblasti označené jako mezipovodí levý břeh zjišťujeme výhradně výpočtem na základě provozních dat ČOV, mimo oblasti připojené na ČOV pak pracujeme s odhady na základě kvantifikace vlivů, viz kapitola 4.

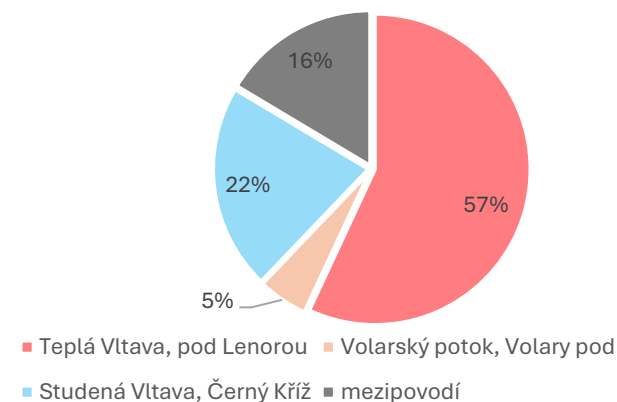
### 2.4.3 Schéma 2 – Přehled povodí Vltavy po Pěknou



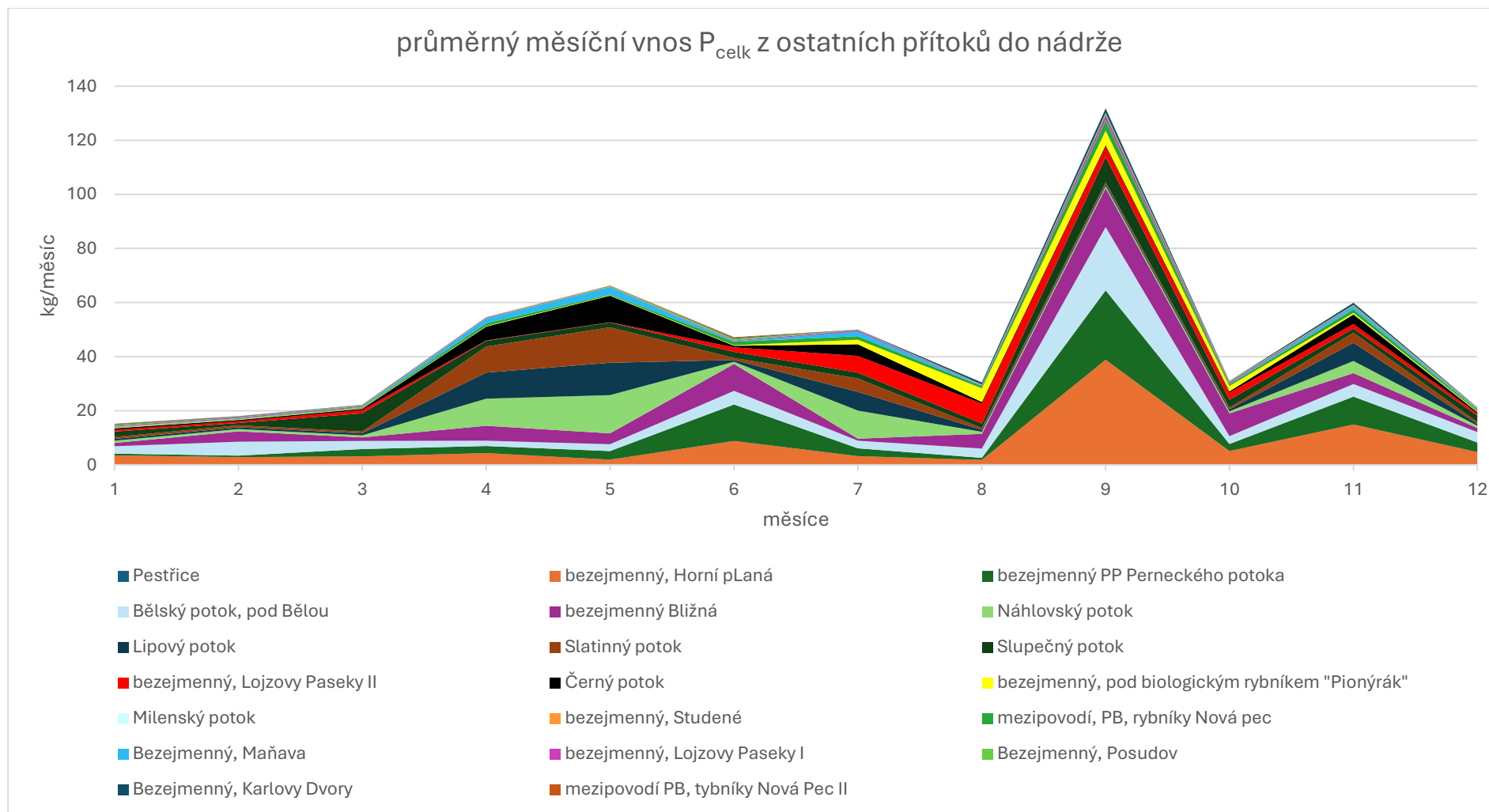


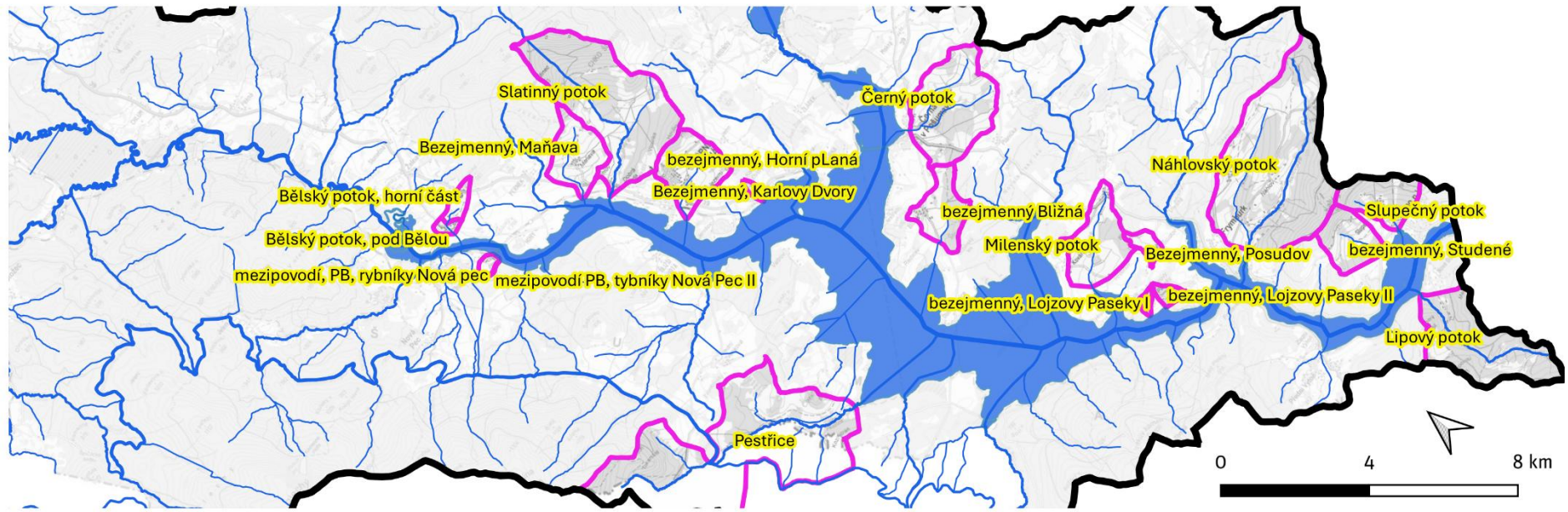
Látkový odnos je v povodí Vltavy disproportionální vůči ploše povodí. Volarský potok zaujímá asi 5 % plochy povodí, přináší ale přibližně 16 % ročního vnosu  $P_{celk}$ . Studená Vltava zaujímá 22 % plochy povodí a vnáší přibližně 27 % ročního vnosu. V grafech je samostatně zobrazena hodnota LO v profilu Pěkná. Teoreticky by mělo platit, že LO v profilu Pěkná se rovná součtu výše ležících subpovodí a doplňku z mezipovodí. Měřené hodnoty ale ukazují, že v mezipovodí a ve výše ležících povodí dochází k redukci fosforečnanové formy fosforu. Možné vysvětlení je přestup do jiné formy fosforu. Tento jev je velmi důležitý pro sestavení bilance vnosu fosforečnanového fosforu do nádrže.

význam jednotlivých částí povodí Vltavy po Pěknou

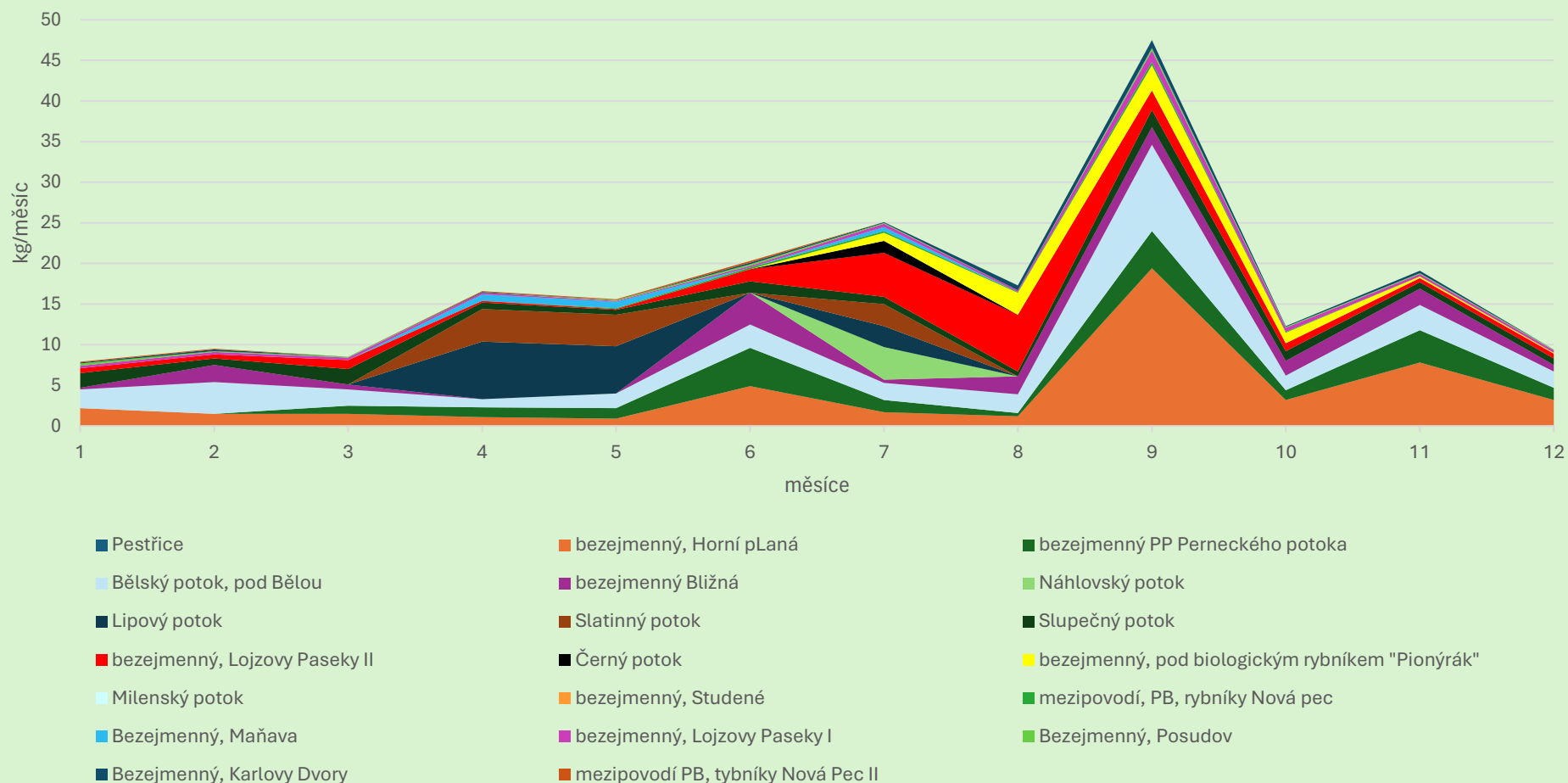


## 2.4.4 Schéma 3 – přehled ostatních(drobných) přítoků do nádrže





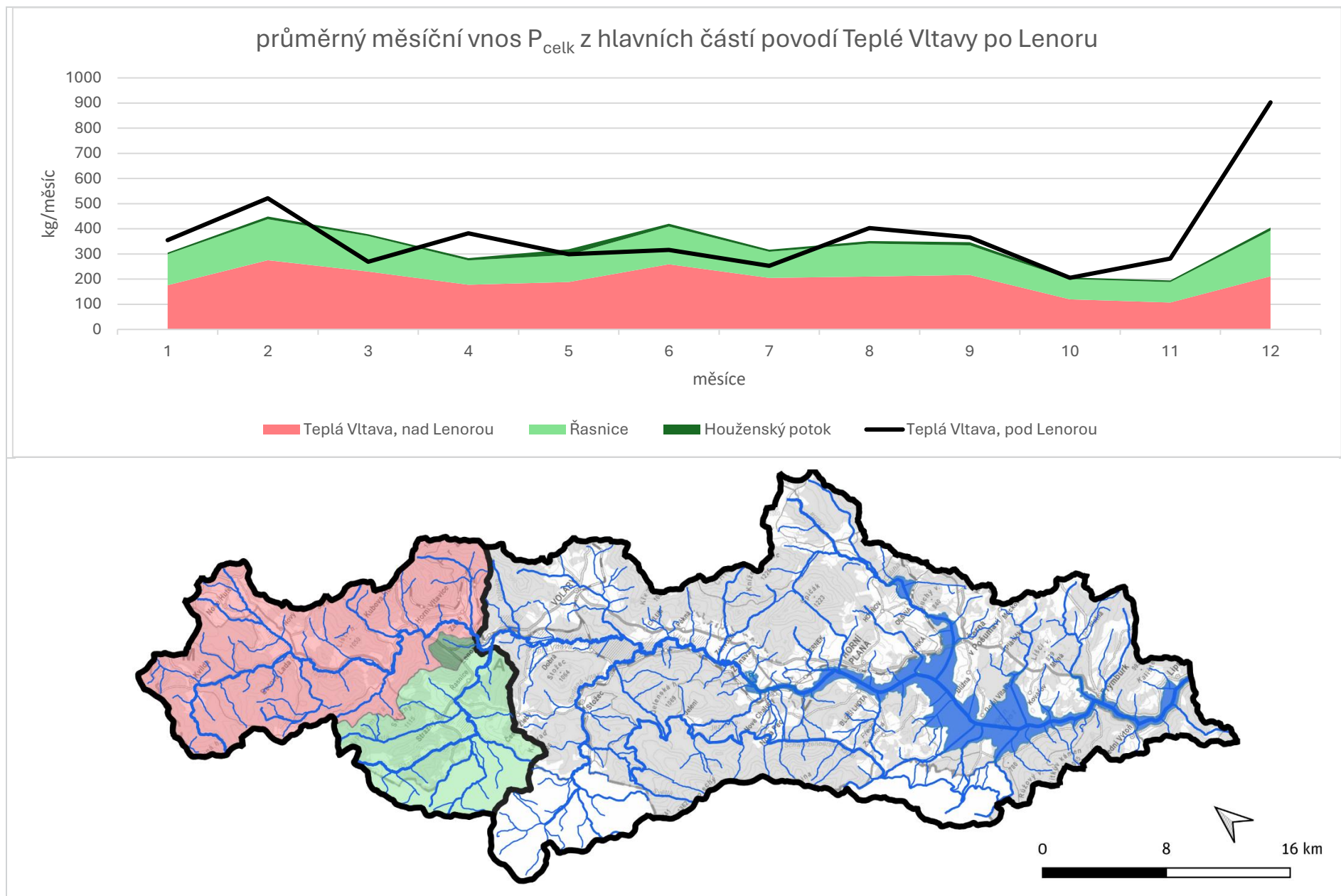
### průměrný měsíční vnos P-PO<sub>4</sub> z ostatních přítoků do nádrže

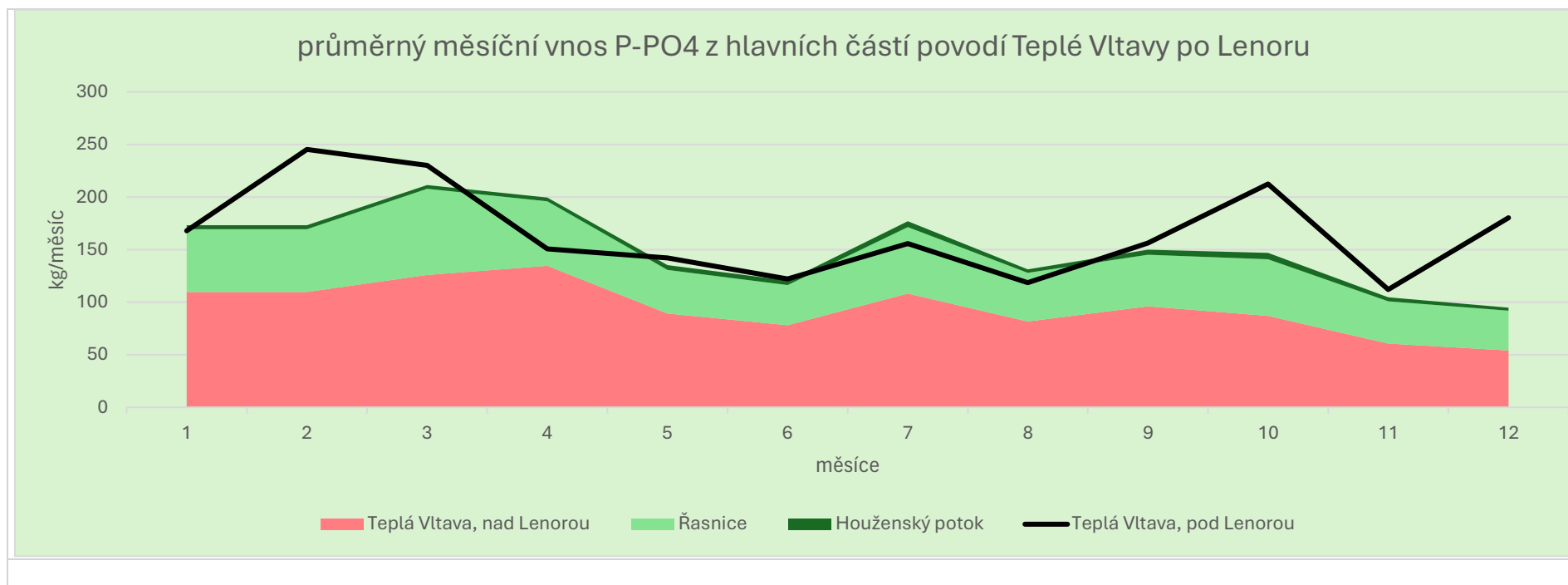


Ostatní (drobné) přítoky Lipna jsou hodnoceny na základě krátké časové řady. Ale i tak lze z výsledků poukazovat na významnější vlivy v bezprostředním okolí nádrže. Téměř o všech drobných přítocích Lipna lze říct, že dosahují vysokých koncentrací  $P_{celk}$ , řádově vyšších, než je tomu v přítocích Vltavy nad nádrží. Stabilně vysoké koncentrace  $P_{celk}$ , přes 100  $\mu\text{g/l}$ , byly měřeny v bezejmenném potoce, Horní Planá. Bělský potok pod Bělou má koncentrace v sezóně přibližně kolem 500  $\mu\text{g/l}$ . Alarmující byla hodnota 5,5  $\text{mg/l}$   $P_{celk}$  v profilu Lojzovy paseky II. V grafu P-PO<sub>4</sub> je toto rozlohou nepatrné povodí velmi zřetelně vidět. Potok protékající částí Karlovy dvory stabilně nese do 50  $\mu\text{g/l}$ , ale změřeno bylo i 2,6  $\text{mg/l}$   $P_{celk}$  (srpen 2024). Poměrně dobrých hodnot dosahuje Slupečný potok (do 50  $\mu\text{g/l}$ ).

Vzhledem k nízké vodnosti těchto přítoků nejsou celkové LO tak významné, nicméně koncentrace nasvědčují velmi špatnou úroveň nakládání s odpadní vodou v těchto oblastech. V potaz je nutno brát také fakt, že většina drobných přítoků je v bezprostředním okolí nádrže.

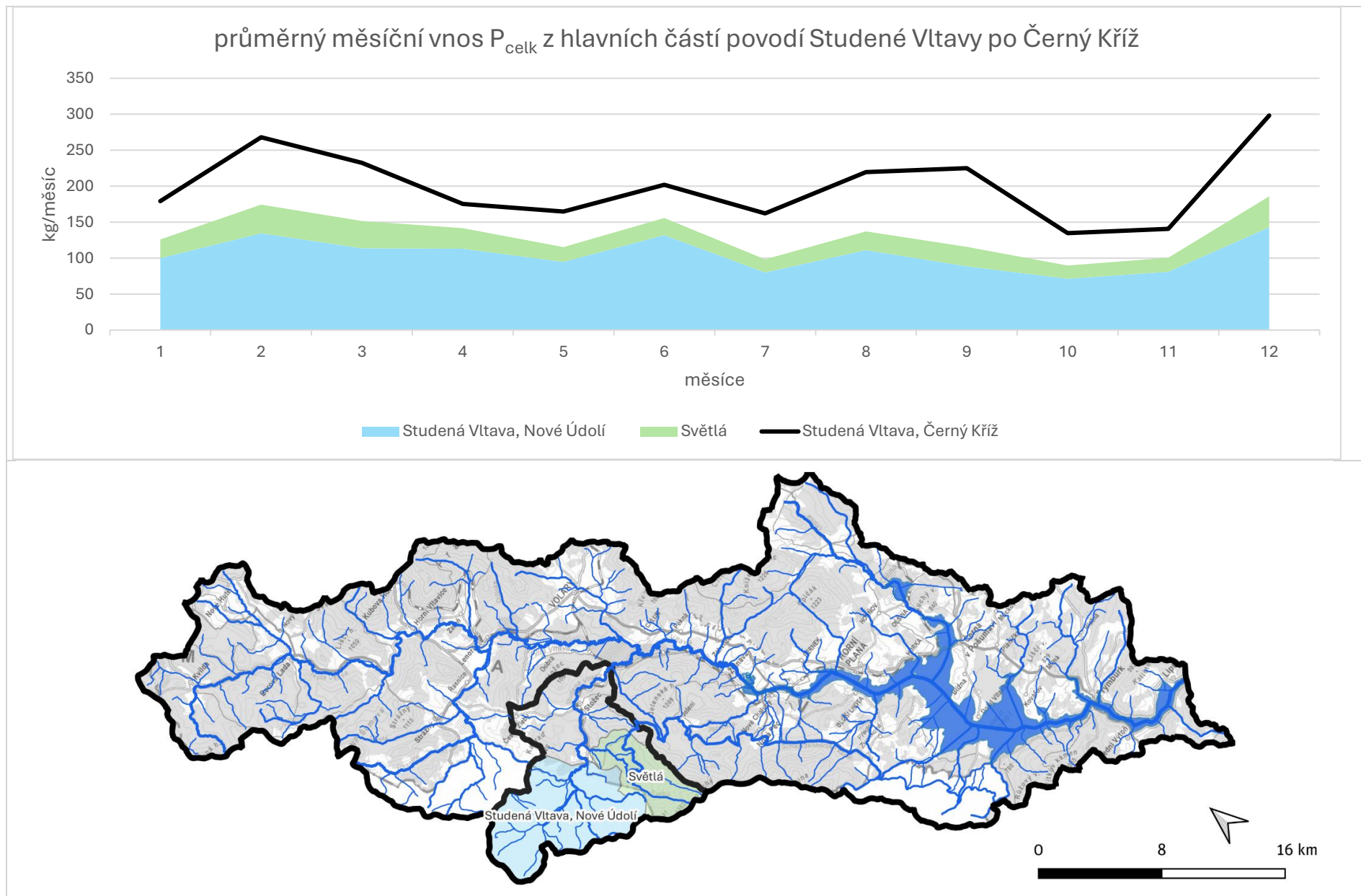
## 2.4.5 Schéma 4 – přehled Teplé Vltavy po Lenoru

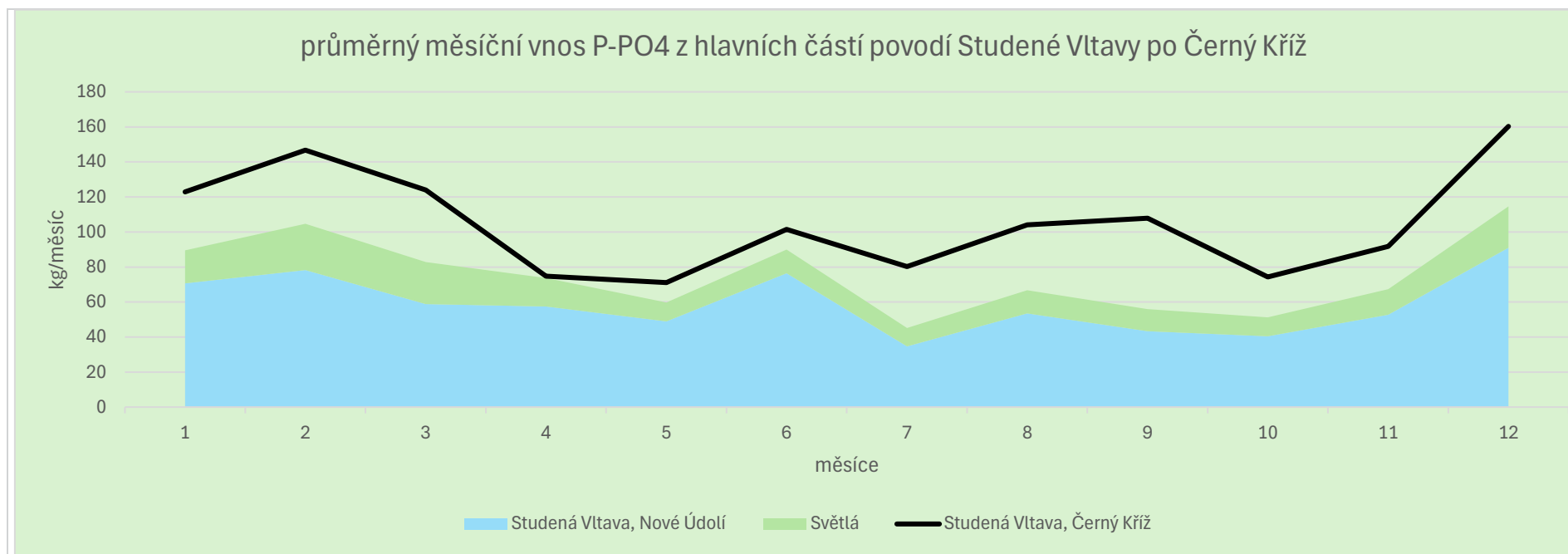




Teplá Vltava pod Lenorou má k dispozici jen krátkou časovou řadu (2 roky), hodnoty z prosince 2023 tak významně vychylují vypočtený průměr, zobrazený v grafech.

### 2.4.6 Schéma 5 – přehled Studené Vltavy

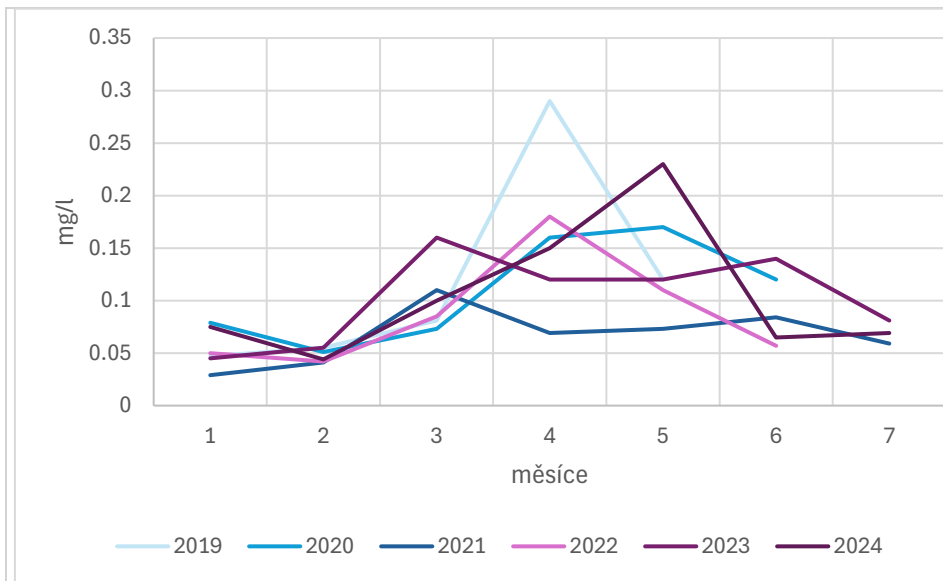




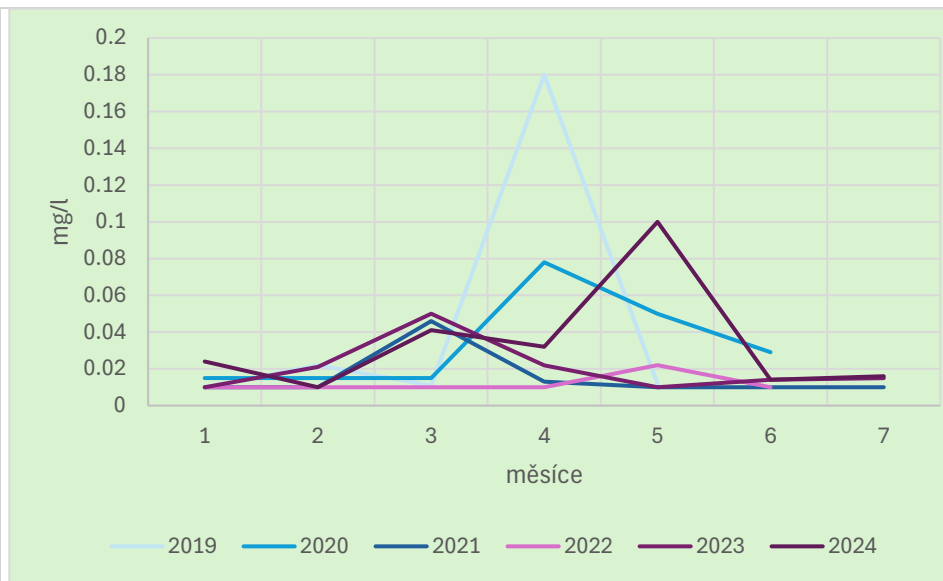
#### 2.4.7 Schéma 6 – přehled Olšiny

Olšina je po Vltavě druhý nejvýznamnější přítok Lipna, co do vnosu celkového fosforu. V horní části povodí je minimum antropogenních zdrojů. V povodí se nachází vodní nádrž Olšina, v rybníce probíhá polo intenzivní chov kapra. Levý břeh nádrže je využíván k rekreaci (resort Olšina s vlastní ČOV). Níže, také na levém břehu je zástavba místní části Olšina, bez kanalizace a ČOV. Grafy níže ukazují, že látkový odnos celkového i fosforečnanového fosforu jsou velmi významné. Obrázek 2.4.6 ukazuje pracovní jednotky subpovodí a přítoky Olšiny. Pravidelný monitoring je dostupný jen za roky 2020 a 2023 v profilech Olšina horní, Otice a v Olšina obtok Hodňov. Dále je k dispozici monitoring vody v nádrži, ten obsahuje řadu za roky 2019 až 2024, ale jen za měsíce duben až říjen. Protože není k dispozici žádný hydrologický monitoring nádrže, nejsou data z nádrže použita k výpočtu bilance látkového odnosu, ale je k nim přihlíženo z pohledu vlivu nádrže.

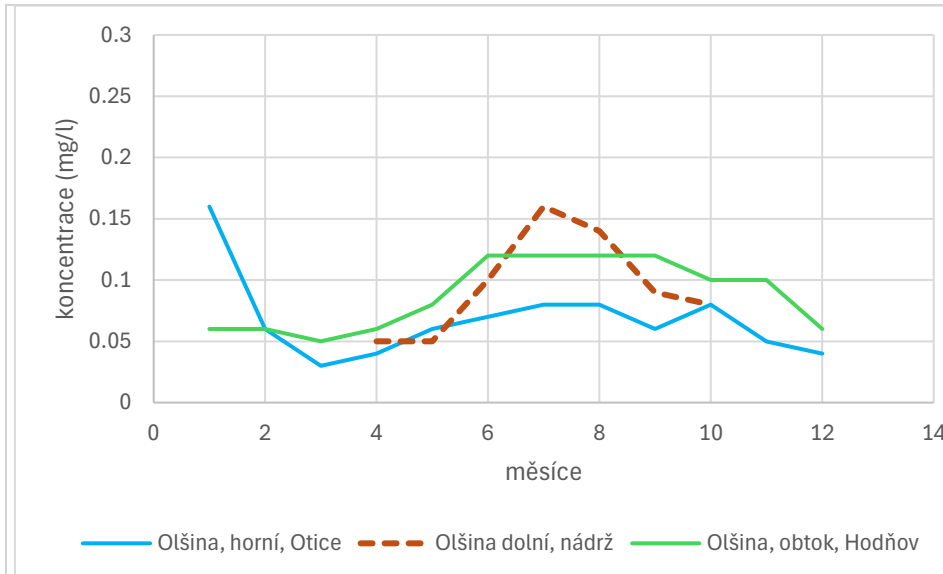
Profil Olšina obtok Hodňov (2578) je umístěn pod soutokem obtokového kanálu a odtoku z nádrže Olšina. Mezi profilem Otice (horní Olšina) a závěrovým profilem je patrný významný nárůst látkového vnosu, pokud odhlédneme od výpočtu látkového vnosu, který může být zatížen nejistotou na straně hydrologických dat a zůstaneme jen u koncentrací, je stále velmi patrný přírůstek v koncentraci mezi Oticemi a dolní částí nádrže potažmo závěrovým profilem. Tento přírůstek je víc patrný u celkového fosforu. Nádrž samotná vykazuje sezónní trend v celkovém fosforu a určitou rozkolísanost ve fosforečnanovém fosforu. Validitu monitoringu povodí Olšiny je potřeba zlepšit jednak tím že profily budou monitorovány každoročně, dále by bylo účelné, aby správce povodí zahájil bilanční monitoring samotné nádrže.



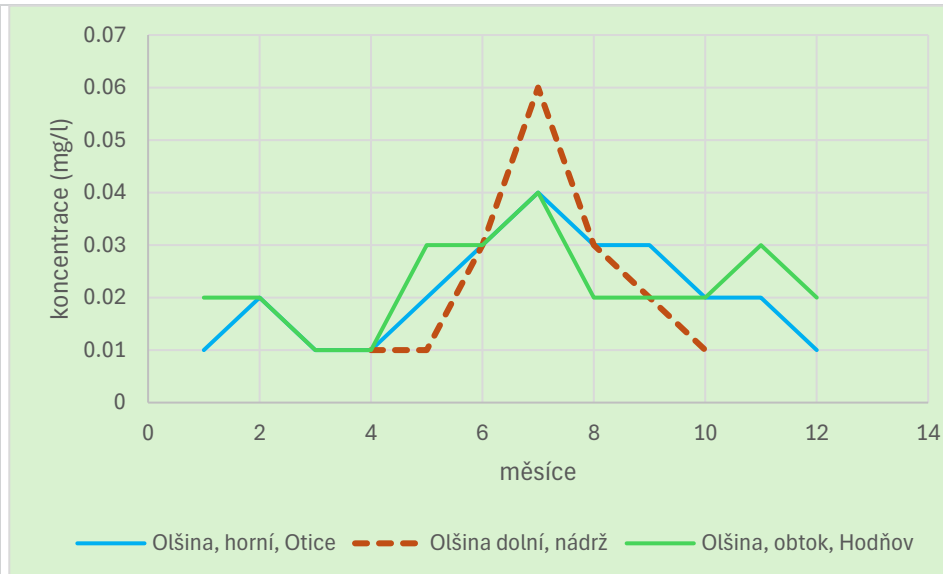
Obrázek 2.4.2 Koncentrace P<sub>celk</sub> v nádrži Olšina za roky 2019 až 2024



Obrázek 2.4.3 Koncentrace P-PO<sub>4</sub> v nádrži Olšina za rok 2019 až 2024

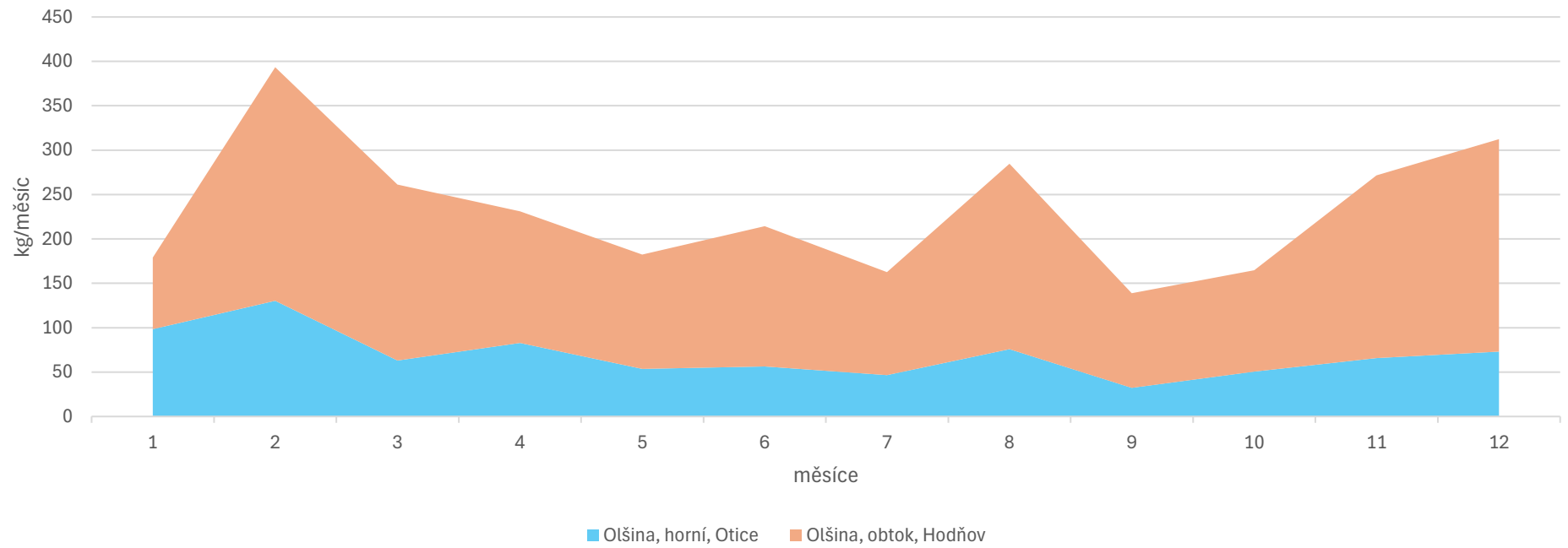


Obrázek 2.4.4 Koncentrace P<sub>celk</sub> v profilech monitoringu povodí Olšiny

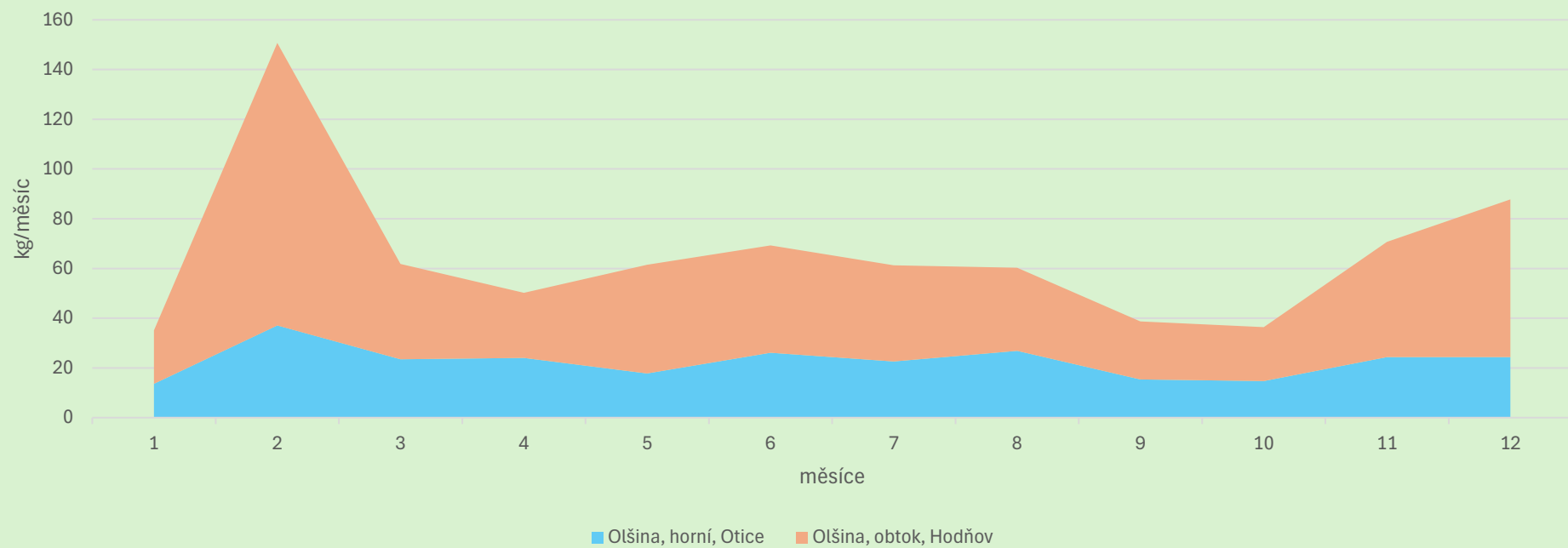


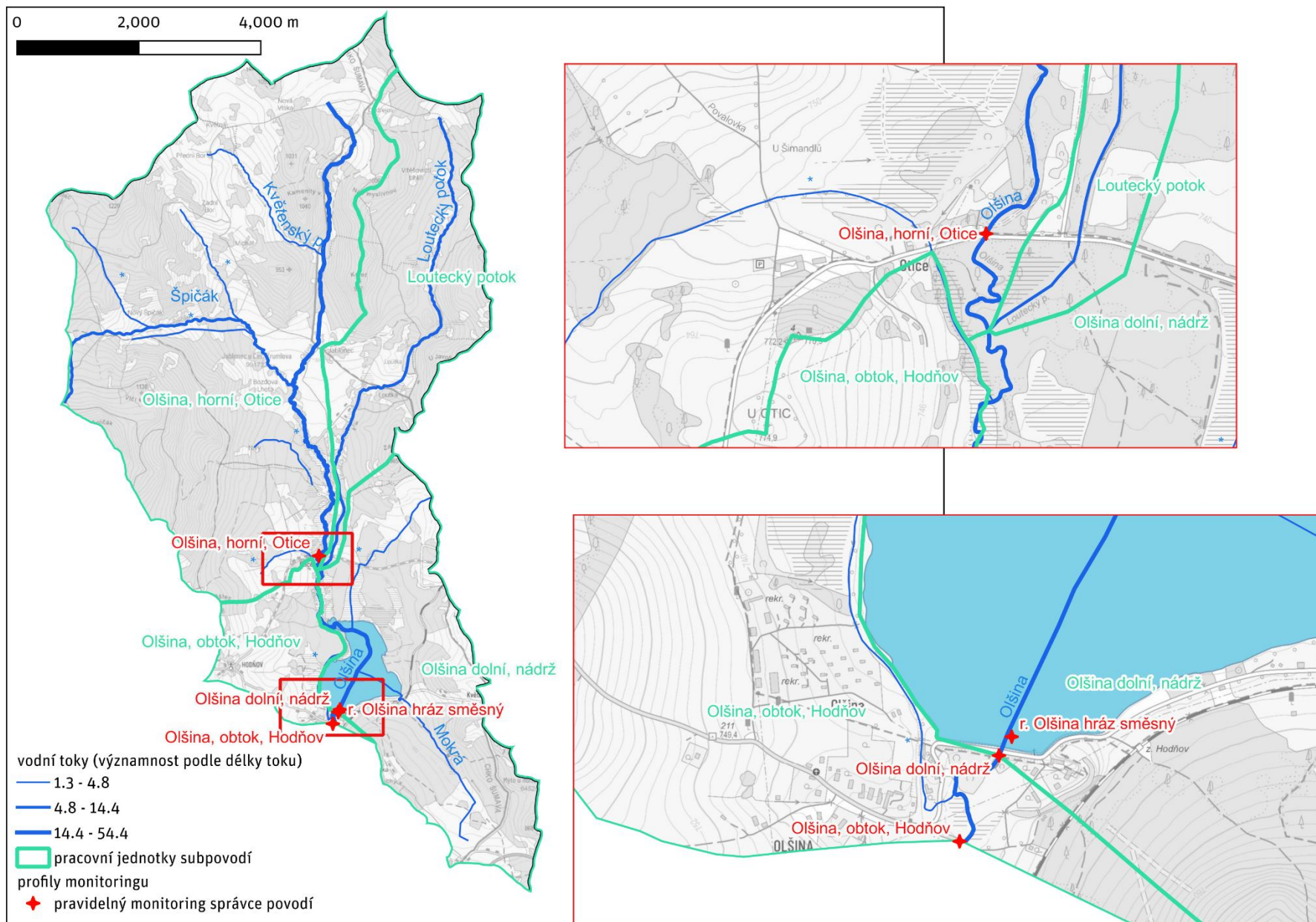
Obrázek 2.4.5 Koncentrace P-PO<sub>4</sub> v profilech monitoringu povodí Olšiny

průměrný měsíční vnos  $P_{\text{celk}}$  z částí povodí Olšiny



průměrný měsíční vnos P-PO<sub>4</sub> z částí povodí Olšiny





Obrázek 2.4.6 Subpovodí Olšiny a profily pravidelného monitoringu

## 3 Stanovení fyzikálních, chemických, biologických a hydrologických příčin zjištěného stavu a trendů

### 3.1 Identifikace příčin

Příčiny vnosu znečištění do nádrže jsou přirozené i antropogenní. Povodí Lipna je s ohledem na svou typologii zatíženo relativně vysokým přirozeným pozadím, které v pramenných oblastech dosahuje hodnot koncentrace  $P_{\text{celk}} < 20$  až  $40 \mu\text{g/l}$ , s průměrnou hodnotou  $28 \mu\text{g/l}$  (viz kapitola 1.4.1). Je to více v porovnání například s alpskými jezery, kam voda přirozeně přitéká v nižších koncentracích. Antropogenní zdroje fosforu potom přirozeně zvýšenou koncentraci dále zvyšují. Rozlišujeme bodové zdroje znečištění (vypouštění centrálních ČOV, odlehčovací komory), difuzní zdroje znečištění (zastavěné území bez připojení na kanalizaci zakončenou centrální ČOV), plošné zdroje znečištění (chov dobytka na pastvinách). Podrobnou identifikací příčin znečištění se zabývá kapitola 4.

### 3.2 Výběr příčin, jejichž ovlivněním lze dosáhnout zlepšení stavu a trendů

Pro zlepšení stavu nádrže je potřeba se zabývat všemi zdroji znečištění. i když některé zdroje jsou významnější než jiné, pravděpodobně v povodí Lipna nenajdeme jednu významnou příčinu, jejímž odstraněním se situace zázračně vylepší. Vnos fosforu do povodí a následně do nádrže je mozaikou poskládanou z jednotlivých subpovodí a vlivů. Přitom platí, že možnost regulovat množství vnášeného fosforu je lepší u antropogenních zdrojů oproti přirozenému pozadí.

### 3.3 Návrh reálného cílového kvalitativního stavu

Vodní nádrž Lipno je z pohledu RSV 2000/60ES vodní útvar povrchových vod stojatý, jde o silně ovlivněný vodní útvar. U silně ovlivněných vodních útvarů nehodnotíme dobrý ekologický stav, protože byly natolik pozměněny, že nelze dosáhnout původního dobrého stavu. Hodnotíme ale dobrý ekologický potenciál. Pro hodnocení se vychází ze schválené metodiky (Borovec a kol. 2013)<sup>4</sup>. Nádrž Lipno spadá podle této metodiky vzhledem ke své geografické poloze a hydromorfologickým charakteristikám do kategorie nádrží horských (s nadmořskou výškou  $>700$  m n. m.), hlubokých (s maximální hloubkou  $>13$  m a průměrnou hloubkou  $>5$  m) a s dlouhou dobou zdržení (s dobou zdržení  $>0,5$  roku), a s geologií povodí typu krystalinikum, která má typový kód 3BC21F23. Pro posuzování ekologického potenciálu v této kategorii platí standardy uvedené v tabulkách níže. V hodnocení jednotlivých biologických složek se z dosaženého bodového hodnocení v ekologických třídách počítá tzv. poměr ekologické kvality (EQR) podle vzorce:

$$\text{EQR} = (\text{Sum} - \text{Min}) / (\text{Max} - \text{Min})$$

<sup>4</sup> Metodika pro hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých vodních útvarů – kategorie jezero, Borovec J. Biologické centrum AV ČR, v.v.i, 2013

kde Sum je součet hodnocení všech metrik dané biologické složky, Min je součet nejnižších možných hodnocení (počet metrik), Max je součet nejvyšších možných hodnocení (pětinásobek počtu metrik). Hodnoty EQR nabývají rozsahu mezi 0 a 1, přičemž hodnota 0 odpovídá nejvíce degradovanému ekosystému (všechny metriky daného útvaru mají skóre 1) a hodnota 1 odpovídá maximálnímu ekologickému potenciálu (všechny metriky daného útvaru mají hodnocení 5). Hranice EQR mezi dobrým a středním potenciálem je 0,75.

Typově specifické hodnoty v období duben až říjen pro ukazatele všeobecných fyzikálně-chemických složek ekologického potenciálu, které odpovídá podmínkám pro nádrž Lipno I, jsou v následující tabulce. Uvedeny jsou hodnoty D/S, které odpovídají hranici mezi dobrým a středním potenciálem, a hodnoty naměřené v nádrži Lipno ve čtyřech profilech (Lipno, Frymburk, Dolní Vltavice, Horní Planá) v posledním období 2019–2024.

Tabulka 3.3.1 Ukazatele všeobecných fyzikálně-chemických složek ekologického potenciálu pro nádrž Lipno I

Ukazatel	D/S			Stav v n. Lipno			
	min.	průměr	max.	min.	průměr	max.	hodnocení
<i>Fyzikálně-chemické ukazatele:</i>							
Průhlednost, m	-	3,0	-	-	1,4	-	S
Teplota vody, °C	-	18	26	-	17	25	D,D
Nasycení kyslíkem, %	65	-	150	64	-	127	S,D
pH	5,5	-	8,5	5,9	-	9,3	D,S
P <sub>celk</sub> , mg/l	-	0,015	-	-	0,032	-	S

Hodnoty metrik pro zařazení do ekologických tříd pro složky ekologického potenciálu: fytoplankton (průměrné hodnoty jednotlivých ukazatelů v období duben až říjen), makrofyta a ryby (BT – údaje z bentických tenatních sítí, PT – údaje z pelagických tenatních sítí, BPT – průměr z obou typů), které odpovídají podmínkám pro nádrž Lipno I (v závorce za ekologickou třídou je uvedeno bodové hodnocení pro výpočet EQR), a hodnoty zjištěné v nádrži Lipno 2010-2012.

Tabulka 3.3.2 Hodnoty metrik pro zařazení do ekologických tříd pro složky ekologického potenciálu

Metrika	Hodnocení metrik			Stav v n. Lipno	Body	EQR
	Nejlepší (5)	Střední (3)	Nejhorší (1)			
<i>Fytoplankton:</i>						
Chlorofyl-a, µg/l	<3	3–5	>5	15	1	0
Biomasa fytoplanktonu, mg/l	<0,8	0,8–1,2	>1,2	2,5	1	
Podíl sinic na biomase, %	<1	1–10	>10	47	1	
Trofický index fytoplanktonu, rel.	<0,1	0,2–1,2	>1,2	0,38	1	
<i>Makrofyta:</i>						
Druhová početnost	>10	10–5	<5	27	5	0,50
Pokryvnost v produktivní zóně, %	>20	20–10	<10	3	1	
<i>Ryby:</i>						
Biomasa ryb u hráze v hloubce 0–5 m (PT), g/m <sup>2</sup>	<17	17–35	>35	17	3	0,44
Biomasa ryb na přítoku v hloubce 0–5 m (PT), g/m <sup>2</sup>	<35	35–70	>70	24	5	
Početnost ryb (BT), ind./m <sup>2</sup>	<0,3	0,3–0,6	>0,6	0,25	5	
Biomasa cejna velkého (BT), %	<5	5–10	>10	11	1	
Početnost ježdíka obecného (BT), %	<10	10–20	>20	37	1	
Biomasa okouna říčního (PT), %	>20	20–10	<10	0,17	1	

Metrika	Hodnocení metrik			Stav v n. Lipno	Body	EQR
	Nejlepší (5)	Střední (3)	Nejhorší (1)			
Biomasa perlína ostrobřichého (BPT), %	>5	5-1	<1	0	1	
Biomasa lososovitých ryb (BPT), %	>5	5-2	<2	2,8	3	
Přítomnost 0+ ryb šesti běžných druhů (BPT), počet druhů	>3	3-2	<2	6	5	

Z fyzikálně-chemických ukazatelů nevyhovuje nízká průhlednost vody, asi dvojnásobně vyšší průměrná koncentrace  $P_{celk}$  než je limit, letní výkyvy pH do vysokých hodnot a nízké minimální nasycení kyslíkem. Z biologických složek jsou nevyhovující všechny metriky u fytoplanktonu, což vede u této složky k nulové hodnotě EQR, tj. zničenému stavu, a tato hodnota jakožto nejhorší potom určuje celé hodnocení. U makrofyt nevyhovuje malá pokryvnost dna v produktivní zóně. U ryb nevyhovuje část metrik, které souvisejí zejména s velkou úživností a eutrofizací, jako nadměrný podíl cejna velkého a ježdíka v rybí obsádce, a naopak malé zastoupení okouna, perlína a lososovitých ryb.

S ohledem k zadání studie je pro dosažení cílového kvalitativního stavu, tj. dobrého ekologického potenciálu nádrže, relevantní především koncentrace  $P_{celk}$ , na kterou je přímo navázána úživnost a trofie, tj. množství, složení a produkce fytoplanktonu, a nepřímo i většina ostatních hodnocených veličin a metrik, jako průhlednost, která je převážně určována koncentrací fytoplanktonu, kyslíkový deficit, jenž je výsledkem množství rozkládané biomasy fytoplanktonu, pH, které narůstá v důsledku intenzivní fytoplanktonní fotosyntézy, či společenstva ryb, které citlivě reaguje na úživnost a přítomnost makrofyt.

Pro snížení současné průměrné koncentrace  $P_{celk}$  na přibližně poloviční hodnotu požadovanou pro „dobrý“ ekologický potenciál lipenské nádrže, tj. na 0,015 mg/l, by muselo dojít ke snížení koncentrace  $P_{celk}$  v přítocích a ve vypouštěných odpadních vodách do nádrže a zvýšení retence  $P$  v nádrži, která je v současné době narušována anoxickými stavy nade dnem v nádrži, za kterých se uvolňuje  $P$  ze sedimentujících částic a ze zásoby v sedimentu.

### Výjimky a méně přísné cíle

Pokud uvážíme faktory podmínek pro dosažení dobrého stavu v nádrži, jako je celkový vnos fosforu do nádrže, zastoupení jednotlivých zdrojů znečištění na tomto celkovém vnosu, nutnou redukcí vnosu pro dosažení koncentrace, která představuje limit pro dobrý ekologický potenciál a nejistoty, které toto modelové řešení doprovázejí, je na místě si připustit, že dosažení dobrého stavu nemusí být reálně možné. Zda je to možné alespoň v teoretické rovině bude řešeno v návrhové části této studie. Nemožnost dosažení dobrého ekologického potenciálu je podle RSV nutno řešit výjimkou. Splnění cílů dobrého ekologického stavu nebo potenciálu mělo být pro všechny vodní útvary ve členských státech dosaženo k roku 2015, po tomto roce mají všechny nesplněné cíle navrženou takzvanou výjimku.

Z důvodu vysoké koncentrace přirozeného pozadí fosforu a dlouhé setrvačnosti ekosystému nádrže s vnitřní zátěží lze doporučit, aby vodní útvar HVL\_0105\_J měl stanovenou výjimku podle článku 4(4) RSV, prodloužení lhůt i po roce 2027 z důvodu přírodních podmínek, neboť eliminace antropogenních vlivů na nutnou úroveň je nákladný, technicky a časově náročný proces, který je možné implementovat jen v etapách. Vnitřní zátěž nádrže a reakce celého ekosystému na snížení vnosu fosforu jsou odhadovány na základě modelové predikce s významnou nejistotou a tedy nemusí reálně vést k dosažení požadované koncentrace 0,015 mg/l  $P_{celk}$ .

Případně lze navrhnout, aby vodní útvar HVL\_0105\_J měl stanoven méně přísný cíl v souladu s článkem 4(5) RSV, s odůvodněním na technickou neproveditelnost. Touto cestou je doporučeno jít, pokud návrhová část ukáže, že požadovaného snížení vnosu fosforu do nádrže nelze dosáhnout.

Nakonec, lze uvažovat také o změně typologie nádrže s ohledem na hraniční nadmořskou výšku okolo 700 m n.m. Ze které by vyplývala změna hraniční hodnoty mezi dobrým a středním ekologickým potenciálem z 0,015 na 0,02 mg/l celkového fosforu.

Výše popsané možnosti stejně jako celá analytická část studie jsou doporučením směrem k plánu povodí pro nadcházející IV cyklus v období 2027 až 2033.

## 4 Identifikace a zmapování zdrojů vybraných příčin

### 4.1 Soustředění dat známých (věrohodně měřených) zdrojů v přímém povodí nádrže

Mezi věrohodně měřená data odtoků z centrálních ČOV řadíme data pořízená za účelem hlášení správci povodí podle § 10 a 22 vodního zákona. V podrobnosti kroku 1 měsíce můžeme vycházet také z dat měřených pro potřeby hlášení vybraných údajů majetkové a provozní evidence. Větší ČOV jsou vzorkované měsíčně, menší čtvrtletně případně jen jednou za rok. V povodí Lipna evidujeme 33 ČOV. Pro 25 z nich je provozovatelem ČEVAK, a.s. Tři ČOV jsou na německé straně povodí. Pět ČOV mají jiného provozovatele, nebo si je obce provozují sami.

Tabulka 4.1.1 Přehled centrálních ČOV v povodí Lipna

Název vypouštění	Název subpovodí	Číslo subpovodí	Poznámka k validitě	Počet připojených EO <sup>5</sup>	Průměrný roční vnos P <sub>celk</sub> [kg]	Orientační ukazatel účinnosti P <sub>celk</sub> /EO den vnos
ČOV Kvilda	Teplá Vltava, nad Lenorou	2	z VUMPE	620	154,7	0,68
ČOV Borová Lada nová	Teplá Vltava, nad Lenorou	2	12 vzorků ročně	426	48,7	0,31
ČOV Horní Vltavice	Teplá Vltava, nad Lenorou	2	z VUMPE	419	30	0,2
Služby obce Kubova Huť Kubova Huť ČOV	Teplá Vltava, nad Lenorou	2	z VUMPE	121	21,1	0,48
Philippseut OT Mitterfirmiansreut	Řasnice	3	1 hodnota za rok	1400	142,2	0,28
Městys Strážný ČOV	Řasnice	3	z VUMPE	466	42,5	0,25

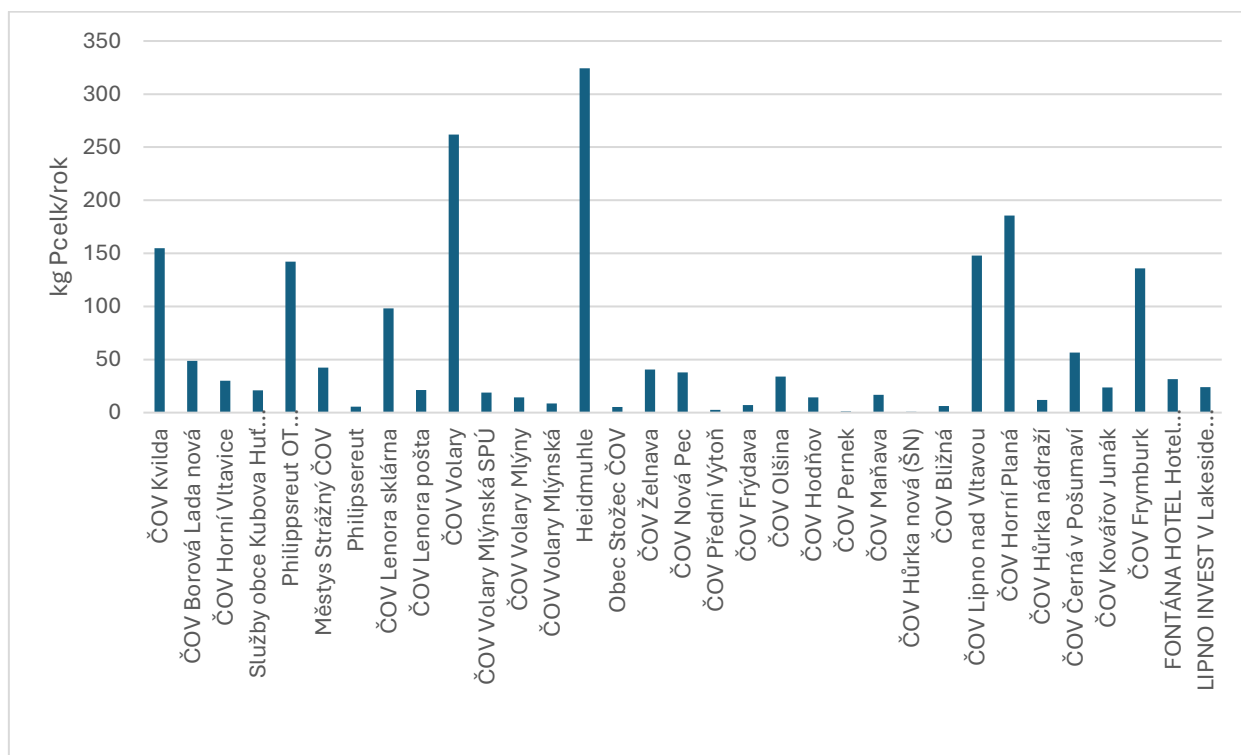
<sup>5</sup> Počet EO na ČOV je hodnota převzatá z hlášení provozní evidence ČOV, stanovuje se ze skutečného zatížení ČOV za předpokladu že 1 EO=60 g BSK<sub>5</sub>/den.

Název vypouštění	Název subpovodí	Číslo subpovodí	Poznámka k validitě	Počet připojených EO <sup>5</sup>	Průměrný roční vnos P <sub>celk</sub> [kg]	Orientační ukazatel účinnosti P <sub>celk</sub> /EO den vnos
Philippseut	Řasnice	3	1 hodnota za rok	450	5,5	0,03
ČOV Lenora sklárna	Teplá Vltava, pod Lenorou	5	4 vzorky ročně	436	98,2	0,62
ČOV Lenora pošta	Teplá Vltava, pod Lenorou	5	4 vzorky ročně	60	21,4	0,98
ČOV Volary	Volarský potok, Volary pod	7	12 vzorků ročně	1143	262	0,63
ČOV Volary Mlýnská SPÚ	Volarský potok, Volary pod	7	žádná hlášení	51	19	1,02
ČOV Volary Mlýny	Volarský potok, Volary pod	7	4 vzorky ročně	neznámý	14,5	1,02
ČOV Volary Mlýnská	Volarský potok, Volary pod	7	žádná hlášení	23	8,6	1,02
Haidmühle	Studená Vltava, Nové Údolí	8	1 hodnota za rok	4000	324,2	0,22
Obec Stožec ČOV	Studená Vltava, Černý Kříž	9	z VUMPE	69	5,4	0,21
ČOV Želnavá	mezipovodí, Vltava pod Chlumským potokem	12	z VUMPE	59	40,6	1,88
ČOV Nová Pec	Novopecký potok	13	z VUMPE	314	38	0,33
ČOV Přední Výtoň <sup>6</sup>	Výtoňský potok	21	4 vzorky ročně	400	74	0,51
ČOV Frýdava	mezipovodí PB, Frýdava	26	4 vzorky ročně	0	7,2	neznámý
ČOV Olšina	Olšina, obtok, Hodňov	33	z hlášení VHB	neznámý	34	neznámý
ČOV Hodňov	Olšina, obtok, Hodňov	33	4 vzorky ročně	33	14,5	1,2
ČOV Pernek	Pernecký potok	35	2 vzorky ročně	38	1,2	0,08
ČOV Maňava	Bezejmenný, Maňava	36	žádná hlášení	45	16,8	1,02
ČOV Hůrka nová (ŠN)	Ostřice	41	4 vzorky ročně	34	0,9	0,07
ČOV Bližná	bezejmenný Bližná	43	4 vzorky ročně	44	6,3	0,39
ČOV Lipno nad Vltavou	Slupečný potok	52	12 vzorků ročně	2087	147,9	0,19
ČOV Horní Planá	mezipovodí, LB, Horní Planá, Hory	53	12 vzorků ročně	4505	185,5	0,11
ČOV Hůrka nádraží	mezipovodí LB, Hůrka, Malé Lipno	54	6 vzorků ročně	115	11,8	0,28

<sup>6</sup> ČOV Přední Výtoň má podle povolení k nakládání s vodami předepsané místo odběru vzorků na odtoku ze stabilizační nádrže a na odtoku z ČOV biocleaner BC 400. Měření objemu vypouštěných vod je předepsané na měrném objektu osazeném za ČOV-Biocleaner BC 400. Pro zjištění vypouštěného množství celkového fosforu, musím násobit koncentraci na odtoku ze stabilizační nádrže s objemem vody odtékající ze stabilizační nádrže. Takto dostaneme hodnotu průměrně 74 kg P<sub>celk</sub>/rok.

Název vypouštění	Název subpovodí	Číslo subpovodí	Poznámka k validitě	Počet připojených EO <sup>5</sup>	Průměrný roční vnos P <sub>celk</sub> [kg]	Orientační ukazatel účinnosti P <sub>celk</sub> /EO den vnos
ČOV Černá v Pošumaví	mezipovodí LB, Černá, Radslav, Horní Vltavice	55	4 vzorky ročně	1495	56,5	0,1
ČOV Kovářov Junák	mezipovodí LB, Kovářov	56	z hlášení VHB	neznámý	23,6	neznámý
ČOV Frymburk	mezipovodí LB, Hrdoňov, Frymburk	57	8 vzorků ročně	1979	136	0,19
FONTÁNA HOTEL Hotel Fontána Hrdoňov	mezipovodí LB, Hrdoňov, Frymburk	57	z hlášení VHB	neznámý	31,5	neznámý
LIPNO INVEST V Lakeside Village ČOV	mezipovodí LB, Hrdoňov, Frymburk	57	z hlášení VHB	neznámý	24	neznámý

Modře jsou označené ČOV s přímým vypouštěním do VN Lipno.



obrázek 4.1.1 Roční vnos celkového fosforu z ČOV v povodí Lipna

## 4.2 Podrobná identifikace a popis ostatních bodových zdrojů

Mezi ostatní bodové zdroje znečištění řadíme odlehčovací komory (OK). Ty jsou běžnou součástí jednotné kanalizace. Jejich provoz sebou nese řadu problémů. Pokud je systém jednotné kanalizace zatížen balastní vodou nebo pokud má povodí kanalizace zrychlený odtok vlivem velkého podílu zpevněných ploch, dochází k problematickému provozu odlehčovacích komor a ty se stávají vlivem, někdy i vlivem významově srovnatelným se související ČOV. Epizodní charakter vnosu znečištění z OK komplikuje možnosti monitoringu. Monitoring OK je nákladný, časově i personálně náročný. Ve spolupráci s povodím Vltavy, státní podnik byl proveden monitoring vlivu OK města Volary, získaná data jsou velmi cenná.

Měření látkového odnosu bylo uskutečněné pro Volary a měření množství odlehčených odpadních vod pro Frymburk. Vliv ostatních odlehčovacích komor nezbyvá než odhadovat na základě parametrů povodí, zatížení ČOV nebo dalších nepřímých ukazatelů. Každá ČOV na jednotné kanalizaci má minimálně 1 odlehčovací komoru, větší kanalizační systémy jich mívají víc. S ohledem na metodiku odhadu neměřených OK uvažujeme vliv odlehčení vždy 1 za povodí ČOV.

## 4.3 Monitoring odlehčování ve Volarech

Text a data v této kapitole vychází z článku Vliv odlehčovaných odpadních vod na kvalitu vody VN Lipno – příkladová studie obce Volary (Potužák a kol. 2025)<sup>7</sup>.

Monitoring odlehčování na stokové síti Volary byl prováděn od června do listopadu 2024. Princip měrné kampaně spočíval v odběru vzorků z Volarského potoka pod zaústěním obou odlehčovacích komor a odtoku z ČOV. Cílem bylo popsat kompletní vliv obce Volary v průběhu srážkoodtokové epizody. Odběr vzorků byl prováděn automatickou vzorkovací stanicí, přičemž impuls k zahájení vzorkování se řídil hladinou v odlehčovací komoře. Tu sledovalo ultrazvukové hladinové čidlo. Pro stanovení průtokových poměrů Volarského potoka v místě odběru vzorků byla využita kontinuální měřicí stanice Správy Národního parku Šumava, která je instalována přibližně 200 m pod automatickou vzorkovací stanicí.

V průběhu monitorovaného období (červen–listopad 2024) bylo zaznamenáno celkem 52 epizod, které generovaly odlehčení na kanalizační síti. Kvalitativně jich bylo ovzorkováno celkem 9, což zahrnovalo 111 odebraných vzorků

### **Kvalitativně lze zachycené srážkoodtokové epizody rozdělit do dvou skupin.**

První skupinou jsou epizody, které přicházejí po delším bezdeštném období, které je vystřídáno jednorázovou intenzivní srážkou. Zhoršení parametrů kvality vody je v tomto případě značné a je charakteristické velmi „ostrým“ vzestupem koncentrací. Jako příklad je možné uvést situaci, která nastala 9. 9. v ranních hodinách

Druhá skupina epizod nastává v období, kdy je celkový srážkový úhrn relativně malý, ale srážky jsou rozloženy do delšího časového intervalu. Tuto situaci nastala například na přelomu 12. 9. a 13. 9. v průběhu dvanácti hodin bylo zaznamenáno celkem 5 odlehčení OV v délce od 15 do 95 minut. Obecně platí, že v období kontinuální srážkové činnosti je nárůst znečištění ve Volarském potoce mírnější, ne však zanedbatelný.

### **Vliv balastních vod**

---

<sup>7</sup> Potužák J. et al., Vliv odlehčovaných odpadních vod na kvalitu vody VN Lipno – příkladová studie obce Volary,

Maximální zjištěné koncentrace při epizodě z 12. na 13. září byly zhruba poloviční ve srovnání s epizodou zaznamenanou 9. 9. 2024. Důvodem je zejména vyšší míra naředění odpadní vody, která byla dána vyšším průtokem vody ve Volarském potoce, ale také větším objemem dešťové a tzv. balastní vody nacházející se v té době v kanalizaci. Právě zmíněná balastní voda může být příčinou toho, že odlehčení může nastat i při velmi nízkém srážkovém úhrnu. V průběhu srpna byla zaznamenána epizoda, při které došlo k odlehčení již při srážkovém úhrnu 1,5 mm. Balastní voda se do kanalizace dostává zejména netěsnostmi v kanalizační síti. Následně se tím snižuje její kapacita a dochází tak i k častějšímu odlehčování.

### Zhodnocení významnosti pro Volarský potok

Přestože většina zaznamenaných odlehčení je relativně krátká, délka jejich trvání se nejčastěji pohybuje mezi 10–20 minutami, i přesto způsobují tyto epizody významné zhoršení kvality vody Volarského potoka. Na základě zjištěných dat bylo provedeno orientační bilanční propočty množství (kg/hod) znečišťujících látek, které se do Volarského potoka dostaly v průběhu třech vybraných srážkoodtokových epizod. Toto množství bylo porovnáno se situací na odtoku z ČOV, ve Volarském potoce nad a pod obcí Volary a v Teplé Vltavě nad soutokem s Volarským potokem. Tento orientační propočty ukazuje, že znečištění generované odlehčenou odpadní vodou může překročit i množství živin a organických látek, které v době odlehčení přitéká výrazně vodnatější Teplou Vltavou nad ústím Volarského potoka. Ve všech případech vstup z odlehčení mnohonásobně překračoval množství živin a organických látek, které v té době odtékalo z ČOV.

Tabulka 4.3.1 Výsledky monitoringu hlavní odlehčovací komory za červen–srpen 2024.

Parametr	Červen	Červenec	Srpen
Počet odlehčení za měsíc	11	9	12
Průměrná délka odlehčení (min)	66	21	21
Maximální délka odlehčení (min)	250	40	55
Minimální délka odlehčení (min)	5	5	5
Maximální úhrn srážek před odlehčením (mm)	9,6	13,7	16,3
Minimální úhrn srážek před odlehčením (mm)	2,7	4,2	1,5
Celkový objem odlehčené OV (m <sup>3</sup> )	4484	1417	2897
Průměrný objem odlehčené OV (m <sup>3</sup> )	408	155	241
Celkový úhrn srážek za měsíc (mm)	122	115	114

Tabulka 4.3.2 Bilance vnosu (kg/hod) celkového fosforu ( $P_{\text{celk}}$ ), celkového ( $N_{\text{celk}}$ ) a amoniakální dusíku ( $N\text{-NH}_4$ ) a celkového organického uhlíku (TOC) v průběhu srážkoodtokových epizod zachycených 9. 9., 12. 9. a 19. 11. 2024.

Datum	Parametr	ČOV	Odlehčení	Volarský potok		Vltava nad ústím VP	Průměrný průtok	
				Volary nad	Volary pod		Volarský potok	Vltava nad VP
		kg hod <sup>-1</sup>					m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	
9. 9. 24	$P_{\text{celk}}$	0,04	1,1	0,04	1,3	0,5	0,17	2,58
	$N_{\text{celk}}$	0,39	4,8	0,7	6,7	9,3		
	$N\text{-NH}_4$	0,01	1,9	0,04	1,9	0,1		
	TOC	0,44	39,3	5,1	45,9	160		
12. 9. 24	$P_{\text{celk}}$	0,05	0,4	0,05	0,6	1,4	0,20	8,20
	$N_{\text{celk}}$	0,37	0,9	0,88	3,1	29,5		
	$N\text{-NH}_4$	0,01	0,8	0,01	0,9	0,3		

Datum	Parametr	ČOV	Odlehčení	Volarský potok		Vltava nad ústím VP	Průměrný průtok	
				Volary nad	Volary pod		Volarský potok	Vltava nad VP
				kg hod <sup>-1</sup>				m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
	TOC	0,48	8,7	12,5	16,5	508		
19. 11. 24	P <sub>celk</sub>	0,01	1,8	0,06	2,2	2,1	0,32	19,78
	N <sub>celk</sub>	0,37	5,1	1,37	9,6	57,0		
	N-NH <sub>4</sub>	0,04	1,1	0,03	1,5	0,7		
	TOC	0,30	78,0	15,6	105,7	434,4		

Tabulka 4.3.3 uvádí půlroční bilance (za období červen–listopad 2024) sledovaných ukazatelů produkovaných a vypouštěných v odpadních vodách obce Volary. Po porovnání je uveden odhad bilančního vstupu znečištění pocházejícího z odlehčení odpadních vod. To v případě celkového fosforu (P<sub>celk</sub>) tvořilo více jak 80 % množství, které za stejnou dobu oteklo z ČOV. U organických látek (TOC) a amoniakálního dusíku (N-NH<sub>4</sub>) se jedná o množství, které o téměř 200 % překračuje množství těchto látek vypouštěných ČOV. Do odhadu bilance odlehčení není započítáno období od 14. 9. do 16. 9., kdy byla hlavní odlehčovací komora z důvodu extrémně zvýšené hladiny ve Volarském potoce zaplavena.

Tabulka 4.3.3 Porovnání půlroční bilance (červen–listopad 2024) vybraných ukazatelů v produkovaných a vypouštěných OV a odhad bilance stejných ukazatelů vstupujících do Volarského potoka odlehčením OV

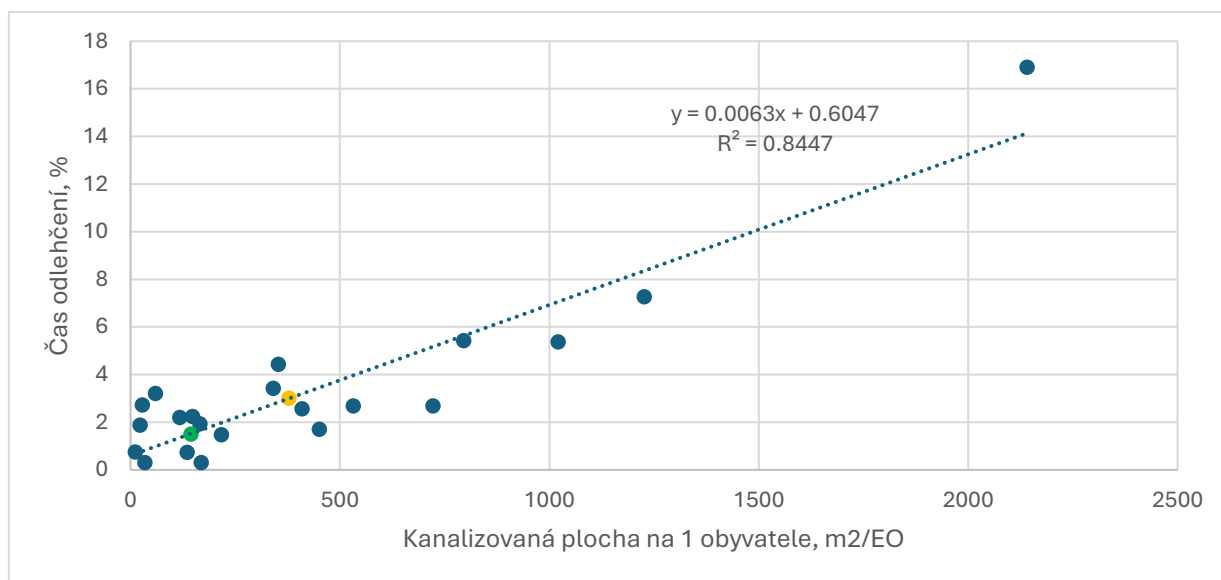
Parametr	P <sub>celk</sub>	N <sub>celk</sub>	N-NH <sub>4</sub>	TOC
Produkované (t ½ rok <sup>-1</sup> )	1,5	9,6	5,8	21,7
Vypouštěné ČOV (t ½ rok <sup>-1</sup> )	0,16	1,70	0,04	1,72
Odlehčení (t ½ rok <sup>-1</sup> )	0,13	0,82	0,11	5,05

#### 4.3.1 Odhad vnosu znečištění z odlehčovacích komor

Odhad vnosu z OK, pro které není dostupný žádný monitoring vychází ze dvou základních parametrů. Za prvé redukováná plocha povodí OK. Je plocha povodí ČOV redukována součiniteli odtoku podle ČSN 75 9010. Za druhé je to zatížení ČOV vyjádřené počtem EO. Počet EO byl zjištěn z dat provozní evidence ČOV, tento údaj v provozní evidenci vychází z měřeného zatížení BSK<sub>5</sub> za předpokladu, že 1 EO vyprodukuje 60 g BSK<sub>5</sub>/den. Podílem redukováné plochy a počtu EO připojených na ČOV získáme důležitý parametr kanalizovaná plocha na 1 EO.

**Základní teze předpokládá, že četnost a doba odlehčování jsou přímo závislé na tomto parametru. Čím větší je odkanalizovaná plocha na 1 EO, tím více srážkových vod může kanalizace odnášet a tím častěji a déle probíhá odlehčování.**

Z měřených dat na ČOV Frymburk a Volary můžeme sestavit regresní model. Na jeho základě potom dopočteme celkovou dobu odlehčování za rok.



Obrázek 4.3.1 Regresní model závislost času odlehčování na kanalizované ploše na 1 EO

Tabulka 4.3.4 ČOV základní parametry pro odhad vlivu odlehčování a odhad odlehčovaného  $P_{celk}/rok$ 

Spádová ČOV	Redukovaná plocha (m <sup>2</sup> )	Průměrné zatížení (EO)	Vypouštěný objem (tis. m <sup>3</sup> /rok)	Red.plocha/EO (m <sup>2</sup> /EO)	Model podílu času odlehčení, %	Produkce P od obyvatel do OV teoretická, kg/rok	Odlehčení P, kg/rok
ČOV Bližná	17 900	53	9	341	3,42	61	<b>2,10</b>
ČOV Borová Lada nová	93 350	129	17	722	2,69	113	<b>3,05</b>
ČOV Černá v Pošumaví	207 950	1258	115	165	1,93	1102	<b>21,21</b>
ČOV Frýdava	17 576	NA (odhad 70)	NA		0,30	61	<b>0,18</b>
<b>ČOV Frymburk</b>	<b>309 594</b>	<b>2146</b>	<b>175</b>	<b>144</b>	<b>1,50</b>	<b>1880</b>	<b>28,20</b>
ČOV Hodňov	24 791	55	4	451	1,71	48	<b>0,82</b>
ČOV Horní Planá	432 167	3675	393	118	2,20	3219	<b>70,91</b>
ČOV Horní Vltavice	10 809	385	52	28	2,73	337	<b>9,19</b>
ČOV Hůrka nová (ŠN)	32 155	32	9	1021	5,37	28	<b>1,48</b>
ČOV Kovářov Junák	3 596	NA (odhad 20)	19		0,30	18	<b>0,05</b>
ČOV Kvilda	11 697	521	46	22	1,87	456	<b>8,54</b>
ČOV Lenora pošta	42 750	54	15	795	5,43	47	<b>2,56</b>
ČOV Lenora sklárna	109 536	310	72	353	4,44	272	<b>12,06</b>
ČOV Maňava	1 686	NA (odhad 10)	NA	169	0,30	9	<b>0,03</b>
ČOV Nová Pec	149 728	1110	27	135	0,74	972	<b>7,17</b>
ČOV Olšina	1 905	169	4	11	0,75	148	<b>1,11</b>
ČOV Pernek	34 253	16	15	2141	16,91	35	<b>5,93</b>
ČOV Přední Výtoň	67 472	55	22	1227	7,26	48	<b>3,50</b>
<b>ČOV Volary</b>	<b>512 261</b>	<b>1355</b>	<b>545</b>	<b>378</b>	<b>3,00</b>	<b>1402</b>	<b>260</b>
ČOV Želnavá	39 323	74	10	531	2,69	65	<b>1,74</b>
LIPNO INVEST V Lakeside Village ČOV	1 693	NA (odhad 50)	13	34	0,30	44	<b>0,13</b>
Městys Strážný ČOV	132 436	612	40	216	1,47	536	<b>7,90</b>
Obec Stožec ČOV	6 499	109	18	60	3,21	95	<b>3,06</b>

Spádová ČOV	Redukovaná plocha (m <sup>2</sup> )	Průměrné zatížení (EO)	Vypouštěný objem (tis. m <sup>3</sup> /rok)	Red.plocha/EO (m <sup>2</sup> /EO)	Model podílu času odlehčení, %	Produkce P od obyvatel do OV teoretická, kg/rok	Odlehčení P, kg/rok
Služby obce Kubova Huť Kubova Huť ČOV	67 825	166	21	410	2,56	145	<b>3,71</b>
ČOV Hůrka nádraží	33 096	16	1	2037	1,82	26	<b>0,48</b>

## 4.4 Monitoring studní a drenáží v lokalitě Radslav

Lokalita Radslav je jednou z chatových osad na levém břehu Lipna, v oblasti stojí přibližně 250 objektů k individuální rekreaci (chat) a jeden hotelový objekt EA Hotel Lipno. Hotel nakládá s odpadní vodou prostřednictvím vlastní ČOV, dle povolení má kapacitu 160 EO, vypouští do VN. Chaty mají individuální nakládání s odpadní vodou formou jímek nebo septiků. Lokalitou neprotéká vodní tok. V podzemí existují drenáže a jeden zatrubněný vodní tok.

### Metodika odběrů a analýz

V období květen–červen 2024 bylo odebráno 19 vzorků vody ze studní a vrtů. Vzorky byly analyzovány na základě přílohy č. 5 vyhlášky č. 252/2004 Sb. se zaměřením na:

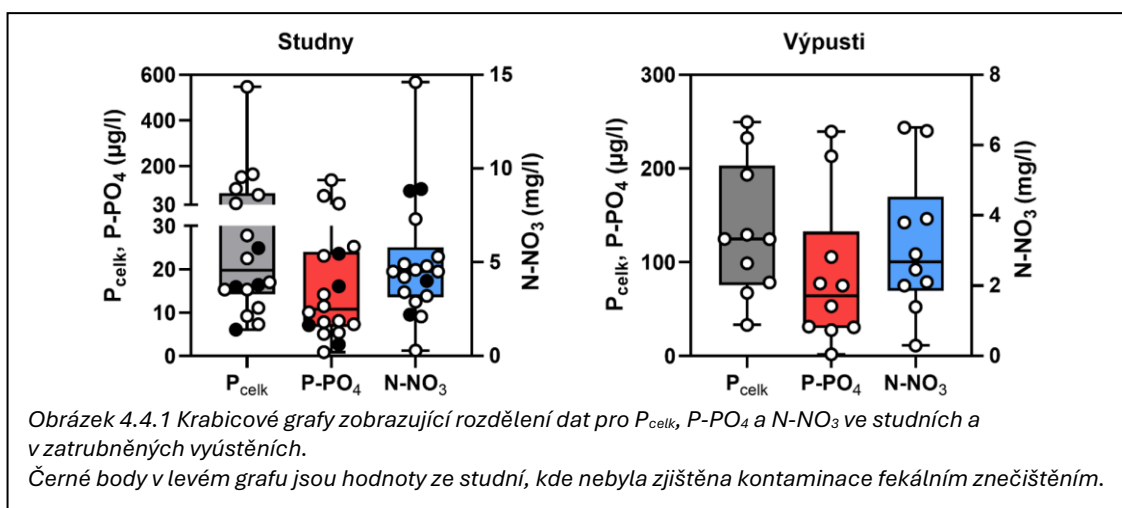
- mikrobiologické ukazatele – *Escherichia coli*, koliformní bakterie, intestinální enterokoky (indikátory fekální kontaminace),
- chemické ukazatele – celkový fosfor ( $P_{\text{celk}}$ ), fosforečnanový fosfor ( $P\text{-PO}_4$ ) a dusičnanový dusík ( $N\text{-NO}_3$ ).

V srpnu a září 2024 byly analyzovány vzorky z kanalizačních výpustí, které zahrnovaly:

- dvě zatrubněné výusti bez evidence (pravděpodobně dešťové nebo smíšené odpady),
- výpusť hotelové ČOV, jejíž ústí je v lipenské nádrži pod kótou zásobního prostoru (tj. 724,9 m n. m.).

### Výsledky

Naměřené koncentrace fosforu a dusíku ve studních a zatrubněných výustích (kromě hotelové ČOV uvádí Obrázek 4.4.1 a průměrné hodnoty jsou komentovány v dalším textu.



#### Studny a vrty (19 profilů)

- 79 % vzorků ( $n = 15$ ) nevyhovělo mikrobiologickým požadavkům na pitnou vodu, což jednoznačně indikuje fekální kontaminaci podzemních vod.
- *E. coli* a koliformní bakterie byly detekovány v 11 vzorcích, enterokoky ve 4 vzorcích.

- Průměrné koncentrace živin v kontaminovaných studnách:

$$P_{\text{celk}} = 70,1 \text{ } \mu\text{g/l}, P\text{-PO}_4 = 25,3 \text{ } \mu\text{g/l}, N\text{-NO}_3 = 4,7 \text{ mg/l}$$

- Maximální zaznamenaná hodnota  $P_{\text{celk}}$  547  $\mu\text{g/l}$  naměřená v obecní studni představuje výrazně odlehlou hodnotu.
- V mikrobiálně nekontaminovaných studnách ( $n = 4$ ) byly průměrné koncentrace fosforu nižší, tj.  $P_{\text{celk}} = 15,8 \text{ } \mu\text{g/l}$ ,  $P\text{-PO}_4 = 12,4 \text{ } \mu\text{g/l}$ , zatímco dusičnanový dusík byl mírně zvýšený (6,0 mg/l).

#### Neregistrované zatrubněné výusti (2 profily)

Hodnoty fosforu výrazně překračovaly koncentrace ve studních, což naznačuje možný přímý odtok znečištěné vody směrem k nádrži:

$$P_{\text{celk}} = 133 \text{ } \mu\text{g/l}, P\text{-PO}_4 = 85,5 \text{ } \mu\text{g/l}, N\text{-NO}_3 = 3,2 \text{ mg/l}$$

- Maximální zaznamenaná hodnota  $P_{\text{celk}}$  byla 249  $\mu\text{g/l}$  (30.10.2024), minimální 33,2  $\mu\text{g/l}$  (19.5.2024).

#### Výpust hotelové ČOV (počet odběrů N = 15)

Koncentrace živin byly řádově vyšší než ve studních i výpustích bez ČOV, což potvrzuje, že i čištěné odpadní vody mohou představovat významný bodový zdroj živin pro nádrž. Hodnoty průměr±směrodatná odchylka a (minimum–maximum) jsou:

$$P_{\text{celk}} = 11,6 \pm 15,6 \text{ (0,7–49) mg/l}, \text{PO}_4\text{-P} = 2,7 \pm 4,3 \text{ (0,3–18) mg/l}, N\text{-NO}_3 = 11 \pm 11 \text{ (0,02–37) mg/l}, N\text{-NH}_4 = 12 \pm 17 \text{ (0,03–47) mg/l}.$$

#### **Interpretace a závěry**

Výsledky provedeného šetření v chatové osadě Radslav jednoznačně potvrzují průsaky odpadních vod z individuálních jímek a septiků, které vedou k fekální kontaminaci podzemních vod. Přítomnost indikátorových bakterií (*Escherichia coli*, koliformní bakterie a enterokoky) ve většině studní (79 % vzorků) dokládá mikrobiální znečištění pocházející z odpadních vod.

Ke kvantifikaci dat z hlediska vnosu živin do nádrže v měsíčním nebo ročním kroku by bylo potřeba v měrné kampani pokračovat. Současná sada dat ze studní obsahuje vzorky šesti studní z 19.5.2024, šest studní z 2. 6. 2024 a šest studní z 30. 6.2024, jednu studnu z 30.9.2025. Vzorky byly odebrány mimo hlavní turistickou sezónu v lokalitě, u které je měsíční nerovnoměrnost obsazení velmi výrazný fenomén.

Přítomnost vodního toku, nebo drenážního potrubí se potvrzuje jako rizikový faktor. Pro kvantifikaci odnosu živin by bylo potřeba doplnit hydrologický monitoring.

Hotelová ČOV EA Hotelu Lipno se ukázala jako velmi špatně fungující. S ohledem na vypouštěné koncentrace živin je možné konstatovat, že nefunguje téměř vůbec. Podobné objekty jsou pro VN Lipno mimořádně velkým rizikem.

## **4.5 Podrobná identifikace a popis ostatních zřejmých bodových zdrojů a zdrojů difuzního znečištění v přímém povodí nádrže**

Difuzní znečištění sledujeme v zastavěných oblastech nepřipojených na kanalizaci. Analýza difuzního znečištění probíhala v několika krocích.



#### 4.5.2 Stanovení počtu EO a produkce znečištění

Zjištění **počtu obyvatel v budovách** předpokládá, že každý bod představuje budovu, pro kterou ČSÚ eviduje počet bytů a průměrný počet obyvatel na 1 byt v daném sídle. Pro některé budovy udával ČSÚ hodnotu počtu bytů 0, proto byl zaveden minimální počet 1 byt na budovu a 3 EO na jeden byt.

Samostatně byly řešeny **budovy poskytující komerční ubytování**. V zastavěných oblastech nepřipojených na kanalizaci byly označeny budovy, pro které existuje nabízené ubytování. Nabídka ubytování byla hledána z portálu booking.com.

Protože maximální kapacita ubytování není údaj běžně dostupný, byla ubytovací kapacita odhadnuta na základě těchto předpokladů. Předpokládáme, že 70 % půdorysné plochy budovy je využito k ubytování, předpokládáme 35 m<sup>2</sup> na jednu ubytovací jednotku a 3 EO na jednu ubytovací jednotku. Z mapových podkladů známe také počet nadzemních podlaží v budově.

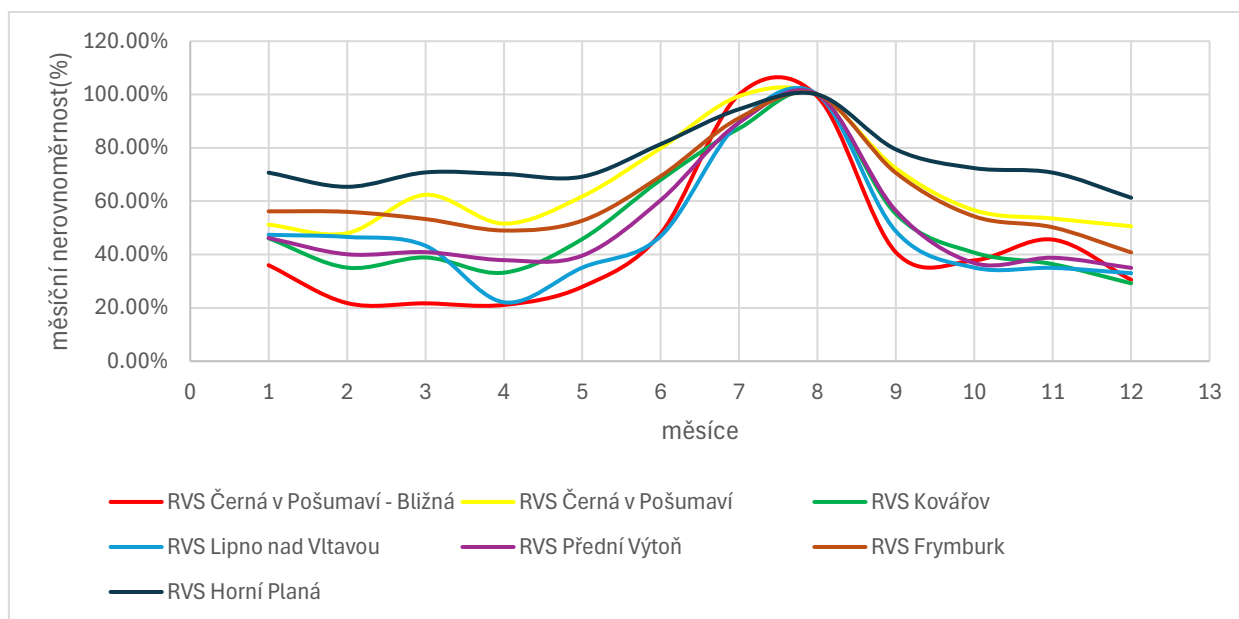
**Autokempy a tábořiště** byly identifikovány podle mapy.cz, kde jsou tato zařízení vyhledatelná. Kapacita a způsob nakládání s odpadní vodou byly zjištěny z dostupných informací na internetových stránkách kempu, nebo dotazem u provozovatele.

Pro odhad produkce fosforu bylo uvažováno 2,5 g/EO/den

#### Obsazenost podle měsíců

Produkováná dat byla vypočtena v měsíčním kroku. Platí přitom, že v turistických oblastech, jako je Lipensko, je potřeba uvažovat vliv sezónní nerovnoměrnosti. Tu lze vyhodnotit podle spotřeby vody. Nejvýznamnější provozovatel vodovodů v oblasti Lipenska poskytl data o množství vody realizované v hlavních RVS (rozvodná vodovodní síť) po měsících. Z těchto dat je patrné, kdy je maximální obsazenost, a jak kolísá spotřeba vody v jednotlivých měsících. Podíl vody realizované v každém měsíci, ku celkovému objemu vody realizované v roce, slouží k vyjádření měsíční nerovnoměrnosti. Obrázek 4.5.2 ukazuje některé uvažované RVS v grafu. Je patrný odlišný charakter v RVS s trvalejším charakterem zástavby například Horní Planá, více sezónním lokalitám (jako je Bližná, nebo Kovářov).

Pro výpočet produkce znečištění uvažujeme počet obyvatel stanovený v jednotlivých plochách viz kapitola 4.5.2), maximální obsazenost 90 % a měsíční obsazenost v % podle reprezentativní RVS.



Obrázek 4.5.2 Měsíční nerovnoměrnost v RVS v okolí VN Lipno

### 4.5.3 Odhad vnosu fosforu z difuzních zdrojů

Rozdíl mezi fosforem produkovaným a vnášeným do sítě vodních toků závisí na způsobu nakládání s odpadní vodou a transportních procesech mezi budovou a vodním tokem. První krok je redukce v zařízení pro nakládání s odpadní vodou. Data RSO budovy, vchody obsahují informaci o způsobu nakládání s odpadní vodou. Rozlišují DČOV, septik/jímka. Často je ale uvedeno neidentifikováno, nezjištěno, nebo bez kanalizace. Obecně tyto údaje nejsou příliš validní, protože obsahují řadu mezer. Bylo uvažováno se základní hodnotou účinnosti na odstraňování fosforu 30 % pro DČOV a 15 % pro septik nebo jímku<sup>8</sup>.

Druhý krok je redukce transportním procesem. Vyšší redukce nastane, pokud se předčištěná odpadní voda vypouští přes půdní profil, zcela minimální redukce nastane, pokud odtok například ze septiku je přímo do vodního toku. Rozlišujeme 4 stupně rizika transportního procesu podle vzdálenosti od vodního toku. Nejvyšší riziko do 25 m – 5% redukce, 25 až 50 m – 45% redukce, 50 až 100 m – 85% redukce, více než 100 m – 95 %.

Parametry výše popsané jsou zároveň kalibračními parametry viz kapitola 6.

Pro celkovou bilanci byl vnos difuzních zdrojů sumarizován do jednotlivých pracovních jednotek subpodvodí. Výsledek je v následující tabulce.

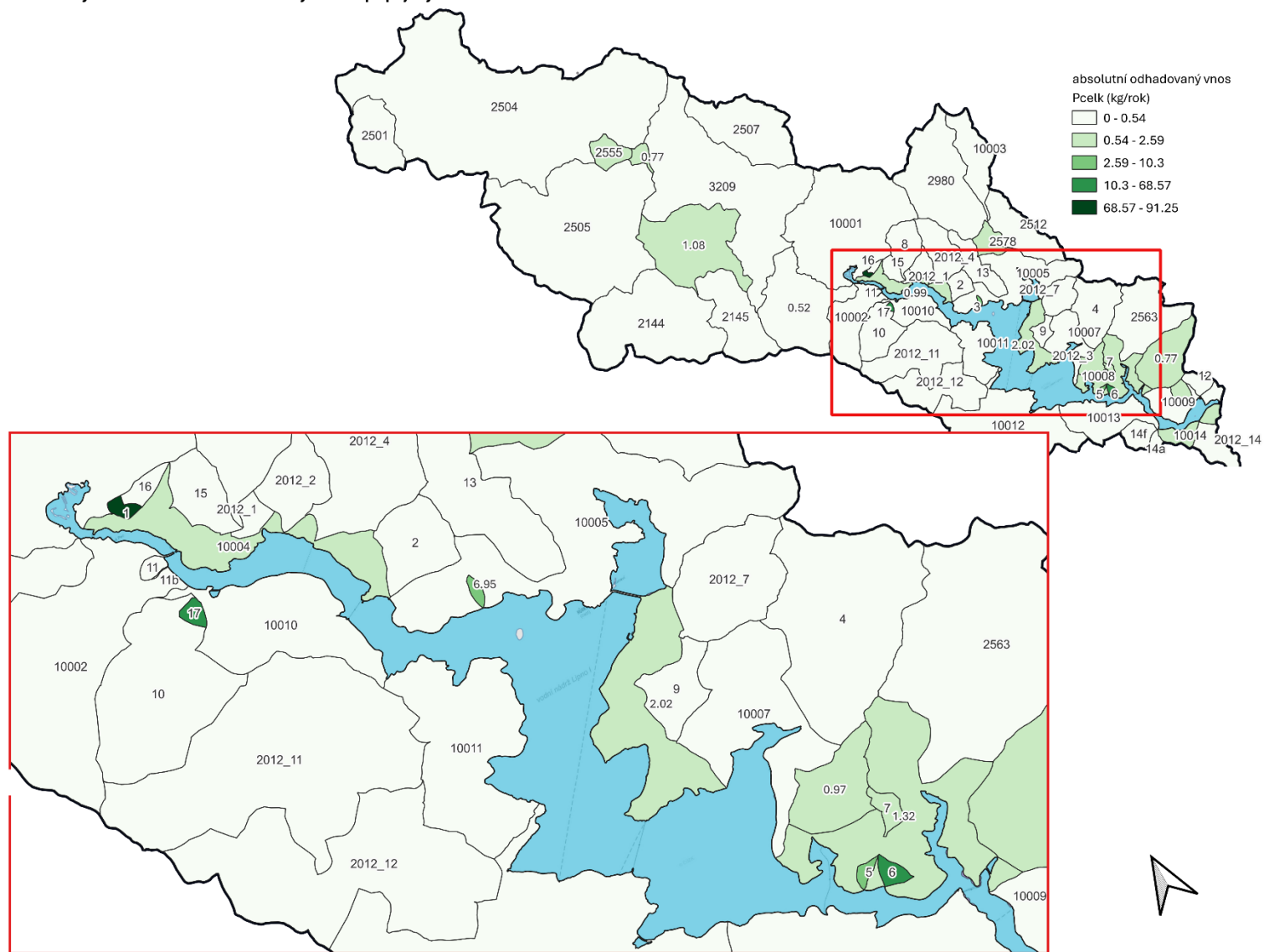
<sup>8</sup> Jímky nejsou obecně považovány za bezodtoké s vývozem, protože data o příjmu externích vod vyvážených z jímek neodpovídají odhadované produkci. Této otázce se podrobněji věnuje kapitola Rozvaha nad vývozem jímek.

Tabulka 4.5.1 Pracovní jednotky subpovodí a vnos  $P_{celk}$  z difuzních zdrojů znečištění

Číslo subpovodí	Název subpovodí	Plocha [km <sup>2</sup> ]	Vnos $P_{celk}$ [kg/rok]	Relativní vnos [kg/km <sup>2</sup> /rok]
1	Teplá Vltava, Kvilda	15,3	1,74	0,1
2	Teplá Vltava, nad Lenorou	160,9	72,62	0,5
3	Řasnice	89,6	24,01	0,3
4	Houženský potok	4,7	6,72	1,4
5	Teplá Vltava, pod Lenorou	1,9	1,35	0,7
6	Vltava, Pěkná	78,6	32,02	0,4
7	Volarský potok, Volary pod	24,9	11,01	0,4
8	Studená Vltava, Nové Údolí	49,7	3,63	0,1
9	Studená Vltava, Černý Kříž	32,3	56,05	1,7
10	Světlá	20,5	0	0
11	Jezerní potok	29,4	24,85	0,8
12	mezipovodí, Vltava pod Chlumským potokem	55	26,01	0,5
13	Novopecký potok	13,1	6,57	0,5
14	mezipovodí, PB, rybníky Nová pec	0,2	0	0
15	mezipovodí PB, tybníky Nová Pec II	0	0	0
16	Smrčinský potok	9	0	0
17	bezejmenný, pod biologickým rybníkem "Pionýrák"	0,3	41,14	149,1
18	mezipovodí, PB, Šešovec, Bližší Lhota	6,7	3,3	0,5
19	Hamerský potok	19,9	4,74	0,2
20	Pestřice	15,3	0,05	0
21	Výtoňský potok	3,7	0,4	0,1
22	bezejmenný PP Výtoňského potoka	1,1	0,75	0,7
23	Lipový potok	5,6	1,91	0,3
24	mezipovodí PB, Račín	9,3	0,11	0
25	mezipovodí PB, Kyselov	35,2	0,09	0
26	mezipovodí PB, Frýdava	13,5	1,67	0,1
27	mezipovodí PB, Nové Domky	4,5	5,77	1,3
28	Bělský potok, pod Bělou	0,2	23,34	102,3
29	Bělský potok, horní část	0,5	0,67	1,4
30	Olšina, horní, Otice	33,3	0,06	0
31	bezejmenný PP Perneckého potoka	1,9	0,12	0,1
32	Loutecký potok	11,2	0	0
33	Olšina, obtok, Hodňov	3,6	14,27	3,9
34	Olšina dolní, nádrž	13,1	0,71	0,1
35	Pernecký potok	6,7	1,42	0,2
36	Bezejmenný, Maňava	2,3	0,07	0
37	Pernecký potok, dolní	0,6	0	0
38	Slatinný potok	9,3	0,02	0
39	bezejmenný, Horní pLaná	2,7	2,02	0,7
40	Bezejmenný, Karlovy Dvory	0,2	3,13	14,4

Číslo subpovodí	Název subpovodí	Plocha [km <sup>2</sup> ]	Vnos P <sub>celk</sub> [kg/rok]	Relativní vnos [kg/km <sup>2</sup> /rok]
41	Ostřice	7	1,89	0,3
42	Černý potok	5,3	0,3	0,1
43	bezejmenný Bližná	2,1	0,05	0
44	Lukavický potok	12,2	4,54	0,4
45	Černý potok	19,2	13,17	0,7
46	Milenský potok	3	5,58	1,9
47	Bezejmenný, Posudov	0,5	2,24	4,9
48	bezejmenný, Lojzovy Paseky I	0,2	5,24	15,7
49	bezejmenný, Lojzovy Paseky II	0,3	75,69	134,5
50	Náhlovský potok	12,5	17,91	1,4
51	bezejmenný, Studené	2	2,05	1
52	Slupečný potok	2,2	0,25	0,1
53	mezipovodí, LB, Horní Planá, Hory	4,6	8,35	1,8
54	mezipovodí LB, Hůrka, Malé Lipno	17,2	15,53	0,8
55	mezipovodí LB, Černá, Radslav, Horní Vltavice	6,1	121,72	9,9
56	mezipovodí LB, Kovářov	7,8	7,54	0,7
57	mezipovodí LB, Hrdoňov, Frymburk	9,7	33,43	2,3
58	mezipovodí LB, Kobylnice, Lipno	6,8	3,39	0,5

## Odhadovaný vnos celkového fosforu od obyvatel nepřipojených na kanalizaci


 Obrázek 4.5.3 Absolutní a relativní vnos P<sub>celk</sub> za rok z difúzních zdrojů znečištění

#### 4.5.4 Rozvaha nad vývozem jímk

Jímka nebo septik je nejčastěji používaným zařízením pro nakládání s odpadní vodou v lokalitách bez možnosti připojení na kanalizaci. Uživatel bezodtoké jímky je sice povinen podle § 38 odst. 8 vodního zákona zajistit zneškodňování odpadní vody autorizovaným vývozem na čistírnu odpadních vod a na výzvu úřadů musí předložit doklady o vývozu za poslední dva roky, v praxi ale nemají vodoprávní úřady personální kapacitu na to vývoz kontrolovat a šance že bude uživatel na tyto doklady dotázán je velmi nízká.

Pro zpracování studie byla k dispozici data o dovozu zvláštních odpadních vod od společnosti ČEVAK, a.s. Data existují ke všem potenciálně spádovým ČOV, které jsou technologicky a kapacitně připravené k příjmu a zpracování odpadních vod z vyvážených jímk.

Tabulka 4.5.2 Množství zvláštních odpadních vody pro spádové čistírny

ČOV	Typ zvláštních OV	Objem, m <sup>3</sup> /rok		
		2022	2021	2020
Český Krumlov	septiky, žumpy	3 604	3 636	4 367
Kaplice	septiky, žumpy	626	497	427,5
Prachatice	septiky, žumpy	1765	1695,5	1896,5
Vimperk	septiky, žumpy	2017,5	1752,5	1792
<b>Volary</b>	<b>septiky, žumpy</b>	<b>649,5</b>	<b>559,5</b>	<b>559,5</b>
<b>Černá v Pošumaví</b>	<b>bez rozlišení</b>	<b>1760</b>	<b>1882,5</b>	<b>1769,5</b>
<b>Frymburk</b>	<b>bez rozlišení</b>	<b>1 519</b>	<b>1 270</b>	<b>1 005</b>
<b>Horní Planá</b>	<b>bez rozlišení</b>	<b>797</b>	<b>622</b>	<b>577</b>
Celkem		12 738	11 914	12 394
Celkem ČOV v bližším okolí nádrže		4 726	4 333	3 911

**Suma ročního příjmu zvláštních odpadních vod se pohybuje okolo 12 tisíc m<sup>3</sup>. Pro ČOV v bližším okolí nádrže je průměrný roční příjem 4 323 m<sup>3</sup>.** Podrobnější informace o původu těchto přivážených vod nejsou k dispozici, Na ČOV Ve Vimperku, Prachaticích, Kaplici nebo Českém Krumlově jsou mimo zvláštních odpadních vod z povodí Lipna sváženy také zvláštní odpadní vody z jiných lokalit.

Odhad produkce odpadních vod v zastavěných oblastech nepřipojených na kanalizaci v povodí VN Lipno provedeme ze stejných dat zpracovaných pro výpočet vnosu fosforu z difuzních zdrojů znečištění. Předpoklady obsazenosti budov s individuálním nakládáním s odpadní vodou jsou stejné jako pro výpočet vnosu znečištění z difuzních zdrojů, Maximální obsazenost je 90%, měsíční nerovnoměrnost podle spotřeby vody v referenční RVS. Mimo budovy poskytující komerční ubytování uvažujeme od listopadu do března pouze trvalé obyvatele. **Pokud budeme uvažovat spotřebu 100 l/EO/den dostaneme roční produkci odpadních vod v zastavěných oblastech nepřipojených na kanalizaci 103 423 m<sup>3</sup>.**

Podíl odpadních vod vyvážených na ČOV je tedy odhadován maximálně na 11,9 % produkovaných odpadních vod. Za předpokladu že většina vývozu se odehrává na ČOV v bližším okolí nádrže, je odhadované procento vývozu 4,2 %. **Z této základní rozvahy lze usuzovat že většina**

## **vyprodukovaných odpadních vod není vyvezena na žádnou ze spádových ČOV. Možnosti vývozu odpadních vod z jímek**

Podle vyjádření společnosti ČEVAK, a.s. je kapacita na vývoz jímek v současnosti problematická zejména z důvodu sezónních výkyvů. Lze konstatovat, že v ročním průměru je kapacita dostatečná, to ale neplatí v letní rekreační sezóně, kdy se kumuluje zatížení ČOV kanalizací se špičkou nároků na dovážené vody. Pokud by v sezónní špičce vznikla poptávka po vývozu jímek, je možné, že jediné ČOV schopné přijmout OV z jímek budou Prachatice a Český Krumlov. Provozovatel dále dodává, že tuto poptávku zatím příliš nezaznamenal. Této problematice je potřeba věnovat pozornost v návrhové části.

### **4.5.5 Domovní ČOV**

Data o existenci domovních čistíren (DČOV) byla získána z vydaných povolení k vypouštění do vod povrchových nebo podzemních prostřednictvím centrálního registru vodoprávní evidence. Touto cestou bylo zjištěno 288 vydaných povolení s vypouštěním do povrchových nebo podzemních vod. 161 zahrnuje DČOV nebo septik s vypouštěním do povrchových nebo podzemních vod. Povolení s ohledem na velikost zařízení ve většině případů nepředepisují vypouštěné koncentrace fosforu ani nemají požadavky na jeho odstraňování. K DČOV nejsou dostupná žádná provozní data. Z povolení lze vyčíst počet připojených EO a roční povolený objem vypouštěných odpadních vod.

Pro stanovené produkce celkového fosforu v DČOV se vychází z počtu připojených EO, měsíční nerovnoměrnost je stanovena na základě spotřeby vody v relevantní RVS. Podle postupu popsáno v kapitole 4.5.3. Pro odhad produkce fosforu bylo uvažováno 2,5 g/EO/den. Účinnost DČOV na odstraňování fosforu 30 %.

## **4.6 Identifikace plošných zdrojů, posouzení jejich ovlivnitelnosti**

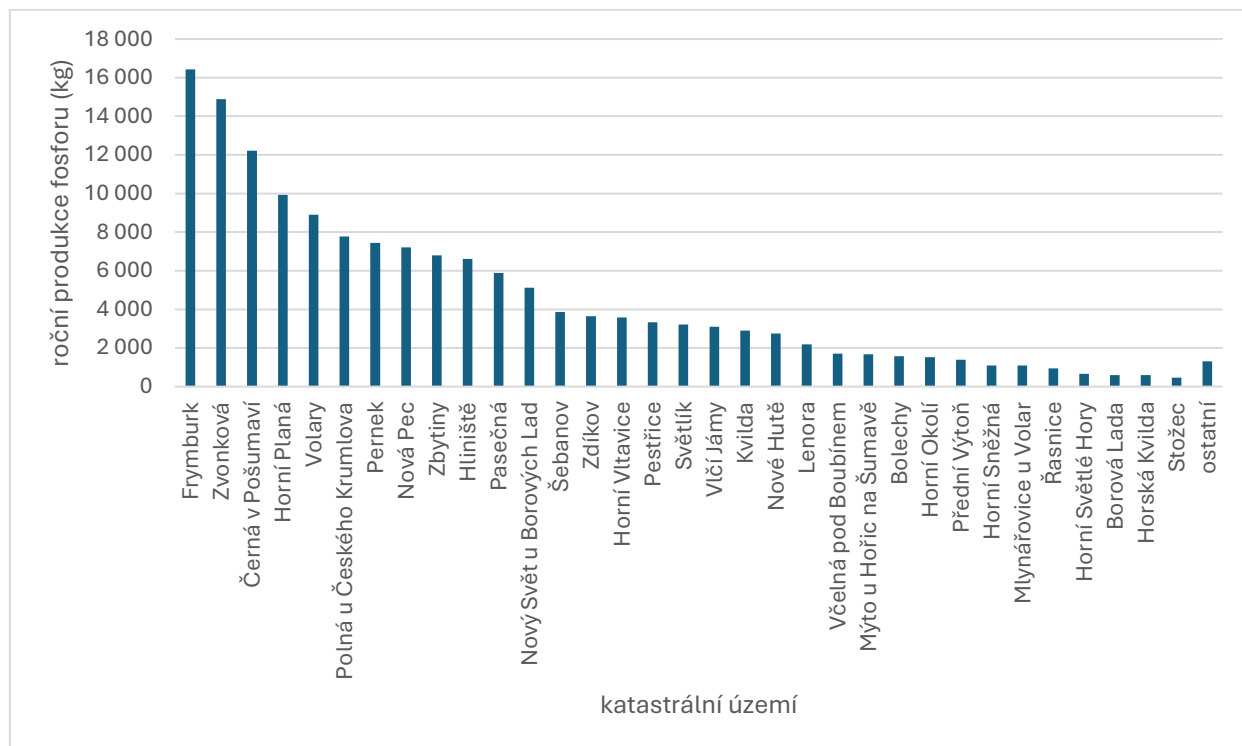
Nejvýznamnější antropogenní plošný zdroj v povodí Lipna je chov dobytka. Zejména se jedná o pastevní chov krav. Pozemky s ornou půdou v povodí Lipna nejsou. Údaje o chovu hospodářských zvířat poskytlo pro zpracování studie Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu (CARC), dříve známe také jako Výzkumný ústav rostlinné výroby. CARC eviduje v podrobnosti katastrálních území počty chovaných kusů krav, telat, býků, volů a jalovic, také počty ovcí a koz. Pro jednotlivé chovy eviduje, zda se jedná o chov s produkcí mléka nebo ne. Tato informace je také důležitá pro zpracování studie, protože bez produkce mléka jsou zvířata celoročně neustájená, pohybující se po pastvách jsou z hlediska možného vnosu fosforu tyto chovy rizikovější. Evidence se provádí zejména kvůli povinnostem vyplývajícím z takzvané nitrátové směrnice<sup>9</sup>. Kusy chovaných zvířat jsou proto přepočteny na takzvané dobytčí jednotky. Ty můžeme chápat jako jakousi obdobu ekvivalentních obyvatel.

### **4.6.1 Produkce fosforu z chovu dobytka**

Součástí dat poskytnutých od CARC byla i vypočtená produkce fosforu a dusíku v jednotlivých katastrech v měsíčním kroku. Roční produkce fosforu z hospodářských zvířat v katastrech povodí VN Lipna je zobrazena na následujícím obrázku. Produkce se pohybuje v řádech tun, v součtu jde

<sup>9</sup> měrnice Rady 91/676/EHS o ochraně vod před znečištěním způsobeném dusičnany ze zemědělských zdrojů

o desítky tun ročně. Protože monitoring taková čísla nepotvrzuje, je zřejmé, že podstatná část produkovaného fosforu se redukuje během transportního procesu, mezi pastvinou a vodním tokem.



Obrázek 4.6.1 Roční produkce fosforu z chovaných zvířat v katastrech povodí VN Lipno

Další práce spočívala v geografické analýze poskytnutých dat, a provedení přepočtu informací z katastrálních území na pracovní jednotky subpovodí. Podíl pro přepočet z katastrálních území do pracovních jednotek subpovodí byl zjištěn podílem pozemků s trvalým travním porostem v pracovních jednotkách subpovodí.

Tabulka 4.6.1 Roční produkce fosforu hospodářskými zvířaty s přepočtem na pracovní jednotky subpovodí

Číslo subpovodí	Název subpovodí	Plocha [km <sup>2</sup> ]	Absolutní produkce fosforu [kg/rok]	Relativní produkce [kg/rok/km <sup>2</sup> ]
1	Teplá Vltava, Kvilda	15,256	1077	70,6
2	Teplá Vltava, nad Lenorou	160,906	15873	98,6
3	Řasnice	89,597	10999	122,8
4	Houženský potok	4,691	434	92,5
5	Teplá Vltava, pod Lenorou	1,855	339	182,7
6	Vltava, Pěkná	78,56	3001	38,2
7	Volarský potok, Volary pod	24,899	5676	228
8	Studená Vltava, Nové Údolí	49,729	125	2,5
9	Studená Vltava, Černý Kříž	32,269	263	8,2
10	Světlá	20,494	39	1,9
11	Jezerní potok	29,389	1152	39,2
12	mezipovodí, Vltava pod Chlumským potokem	54,952	1914	34,8
13	Novopecký potok	13,081	2323	177,6
14	mezipovodí, PB, rybníky Nová pec	0,238	16	67,2

Číslo subpovodí	Název subpovodí	Plocha [km <sup>2</sup> ]	Absolutní produkce fosforu [kg/rok]	Relativní produkce [kg/rok/km <sup>2</sup> ]
15	mezipovodí PB, tybníky Nová Pec II	0,011	0	0
16	Smrčinský potok	9,034	1097	121,4
17	bezejmenný, pod biologickým rybníkem "Pionýrák"	0,276	0	0
18	mezipovodí, PB, Šešovec, Bližší Lhota	6,743	2722	403,7
19	Hamerský potok	19,861	10971	552,4
20	Pestřice	15,28	1859	121,7
21	Výtoňský potok	3,669	227	61,9
22	bezejmenný PP Výtoňského potoka	1,065	253	237,6
23	Lipový potok	5,558	0	0
24	mezipovodí PB, Račín	9,276	2255	243,1
25	mezipovodí PB, Kyselov	35,176	145	4,1
26	mezipovodí PB, Frýdava	13,529	151	11,2
27	mezipovodí PB, Nové Domky	4,512	203	45
28	Bělský potok, pod Bělou	0,228	119	521,9
29	Bělský potok, horní část	0,475	405	852,6
30	Olšina, horní, Otice	33,285	87	2,6
31	bezejmenný PP Perneckého potoka	1,938	1702	878,2
32	Loutecký potok	11,209	0	0
33	Olšina, obtok, Hodňov	3,638	1420	390,3
34	Olšina dolní, nádrž	13,078	2487	190,2
35	Pernecký potok	6,684	878	131,4
36	Bezejmenný, Maňava	2,339	1986	849,1
37	Pernecký potok, dolní	0,556	597	1073,7
38	Slatinný potok	9,266	917	99
39	bezejmenný, Horní pLaná	2,727	1299	476,3
40	Bezejmenný, Karlovy Dvory	0,164	5	30,5
41	Ostřice	6,984	2283	326,9
42	Černý potok	5,267	2094	397,6
43	bezejmenný Bližná	2,054	611	297,5
44	Lukavický potok	12,227	3374	275,9
45	Černý potok	19,217	4205	218,8
46	Milenský potok	2,972	2413	811,9
47	Bezejmenný, Posudov	0,456	350	767,5
48	bezejmenný, Lojzovy Paseky I	0,178	35	196,6
49	bezejmenný, Lojzovy Paseky II	0,327	18	55
50	Náhlovský potok	12,514	5067	404,9
51	bezejmenný, Studené	2,043	3	1,5
52	Slupečný potok	2,194	0	0
53	mezipovodí, LB, Horní Planá, Hory	4,592	2850	620,6
54	mezipovodí LB, Hůrka, Malé Lipno	17,215	7593	441,1
55	mezipovodí LB, Černá, Radslav, Horní Vltavice	6,125	2436	397,7
56	mezipovodí LB, Kovářov	7,83	1747	223,1

Číslo subpovodí	Název subpovodí	Plocha [km <sup>2</sup> ]	Absolutní produkce fosforu [kg/rok]	Relativní produkce [kg/rok/km <sup>2</sup> ]
57	mezipovodí LB, Hrdoňov, Frymburk	9,715	3960	407,6
58	mezipovodí LB, Kobylnice, Lipno	6,847	185	27

#### 4.6.2 Vnos fosforu z chovu dobytka

**Množství fosforu vyprodukované chovanými zvířaty je obrovské, přepočteno na množství, které se může dostat do sítě vodních toků je tedy důležitý úkol.** Základní parametry, ze kterých můžeme vycházet při výpočtu přenosu do sítě vodních toků jsou vzdálenost pastviny od vodního toku a sklon pastviny. V literatuře najdeme různé doporučené hodnoty, které se pohybují mezi 5 a 30 % vnosu. Pro účely předkládané studie byly jako základní hodnoty použity následující:

Tabulka 4.6.2 základní koeficienty přenosu fosforu z pastvin do vodních toků

Vzdálenost od vodního toku (m)	Průměrný sklon nad 10 %	Průměrný sklon do 10 %
0 až 50	30 %	20 %
50 až 100	15 %	10 %
Více než 100	5 %	5 %

Použité hodnoty vedly v některých povodích k výsledným vnosům silně překračujícím měřená data (pokud byla měřená data dostupná). Při kalibraci celkové bilance byl pak průměrný koeficient přenosu dále redukován ve výjimečných případech až na 10 %, nejčastěji ale mezi 40 a 70 % původní hodnoty. Tato rozkolísanost potvrzuje vysokou nejistotu a nutnost ověřit vliv chovu dobytka dalším monitoringem.

### 4.7 Poměr mezi fosforem celkovým a fosforem fosforečnanovým

Fosfor ve fosforečnanové formě je z pohledu kvality vody v nádrži Lipno důležitý, protože s jedná o biologicky dostupnou formu fosforu, která má potenciál nastartovat růst vodního květu a sinic. V přirozených povodích s minimálním antropogenním vlivem, jako je Světlá, nebo Teplá Vltava nad Kvildou se koncentrace P-PO<sub>4</sub> pohybují mezi 10 až 15 µg/l. Poměr mezi P-PO<sub>4</sub> a P<sub>celk</sub> ale není nijak stálý, pro Světlou činí 62 %, pro Teplou Vltavu nad Kvildou 45 %, v profilu Vltava Pěkná je 38 % a ve Volarském potoce 53 %.

Co se týče antropogenních zdrojů nejsou k dispozici měřená data, protože P-PO<sub>4</sub> nepatří mezi ukazatele běžně sledované provozovatelem ČOV a nejsou ani mezi ukazateli sledovanými v měření odtoků z ČOV monitoringu správce povodí. Podle Rosendorf a kol. (2017)<sup>10</sup> se poměr P-PO<sub>4</sub> ku P<sub>celk</sub> na odtoku z ČOV pohybuje mezi 65 % až 80 %, přičemž ČOV se srážením fosforu mají poměr P-PO<sub>4</sub> nižší (kolem 65 %).

Pro difuzní zdroje a domovní ČOV je bilance fosforečnanového fosforu založena na základním poměru 80 %. Pro vliv chovu dobytka je základní poměr nastaven na 70 %, přičemž jde o kalibrační parametr, který může klesat až ke 40 %.

<sup>10</sup> Rosendorf P., Fiala D., Beneš J., Duras J., Potužák J., Liška M., Komplexní analýza emisí fosforu ze všech obcí v povodích Lomnice, Skalice, Loděnice a Želivky a jejich vliv na stav vodních útvarů, Konference Vodní nádrže 2017

## 5 Analýza cestovního ruchu a ubytovacích kapacit

### 5.1 Zhodnocení stávajícího stavu cestovního ruchu a ubytovacích zařízení

Cestovní ruch se často rozvíjí v územích, ve kterých převládá extenzivní zemědělství a je velmi omezená průmyslová výroba, Tu lze v mikroregionu Lipenska z různých důvodů jen obtížně rozvíjet, a tudíž vykazuje toto území omezenou nabídku pracovních míst. V těchto územích nejsou vytvořeny základní předpoklady pro výrobní činnost a existují v nich omezení bránící vytvoření potřebné vybavenosti. Naproti tomu nabízí mikroregion vhodné přírodní prostředí a neexistence průmyslových aktivit je konkurenční výhodou pro rozvoj cestovního ruchu a tvorbu produktů cestovního ruchu, zpravidla založených na zhodnocování přírodního prostředí. Cestovní ruch se stává významným tvůrcem pracovních příležitostí, generuje potřebné a chybějící finanční zdroje a zhodnocuje materiální podmínky. Tím přispívá k posílení ekonomiky území, osobnostnímu rozvoji místní populace a zvelebení mikroregionu a napomáhá k vyrovnávání meziregionálních disparit v rámci jednoho státu.

Cestovní ruch je významným nástrojem regionálního rozvoje v případě, kdy území (mikroregion) disponuje kvalitními předpoklady, resp. potenciálem cestovního ruchu. Cestovní ruch představuje pro řadu regionů s omezenými podmínkami pro výrobní činnost jediný potenciál rozvoje infrastruktury, podnikání a zaměstnanost. Omezujícím faktorem rozvoje cestovního ruchu v mikroregionu je kapacita primární nabídky (atraktivita cestovního ruchu), její funkce a význam, který je závislý vedle její atraktivnosti i na sekundární nabídce (vybavenost zařízeními a službami cestovního ruchu, stav dopravní a technické infrastruktury). Ve vhodných mikroregionech se stává cestovní ruch jednou z mála nebo dokonce jedinou ekonomicky udržitelnou aktivitou, která zabezpečuje zdroje pro hospodářský a sociální rozvoj daného území. Takovým územím je i mikroregion Lipenska. Do popředí však vystupují v hospodaření podnikatelských subjektů dva základní atributy, jež výrazně a často i negativně ovlivňují jejich ekonomiku – až extrémně vysoká sezónnost cestovního ruchu a nízká hustota zalidnění v celém regionu.

Význam cestovního ruchu na území obce lze vyjádřit mírou intenzity turistické aktivity. Ta se vyjadřuje pomocí Defertovy funkce (Tabulka 5.1.1):

$$T_f = \frac{N}{P} * 100$$

kde N je počet lůžek v ubytovacích zařízeních a P je počet rezidentů.

Tabulka 5.1.1 Počet lůžek v hromadných ubytovacích zařízeních (HUZ) a míst pro stany a karavany a počet obyvatel na území vybraných obcí mikroregionu Lipenska

Obec	Lůžka v HUZ	Místa pro stany a karavany	Počet obyvatel	Defertova funkce
Boletice	,	,	/	/
Borová Lada	178	i,d,	275	64,7
Buk	,	,	309	,
Černá v Pošumaví	1 201	453	855	140,5
Frymburk	1 450	250	1 379	105,1
Hořice na Šumavě	i,d,	i,d,	903	,
Horní Planá	1 641	540	1 980	82,9

Obec	Lůžka v HUZ	Místa pro stany a karavany	Počet obyvatel	Defertova funkce
Horní Vltavice	270	100	366	73,8
Horská Kvilda	227	,	67	338,8
Kubova Huť	325	,	100	325,0
Kvilda	634	,	124	511,3
Lenora	134	i,d,	661	20,3
Lipno nad Vltavou	3 787	550	675	561,0
Loučovice	126	,	1 490	8,5
Malšín	,	,	164	,
Modrava	490	,	108	453,7
Nová Pec	678	,	452	150,0
Nové Hutě	642	,	105	611,4
Přední Výtoň	641	,	198	323,7
Stožec	388	,	214	181,3
Strážný	i,d,	,	407	i,d,
Světlík	i,d,	,	238	i,d,
Volary	i,d,	i,d,	3 715	i,d,
Vyšší Brod	482	620	2 564	18,8
Zbytiny	i,d,	,	356	i,d,
Zdíkov	511	i,d,	1 748	29,2
Želnava	i,d,	i,d,	129	i,d,
Jihočeský kraj	60 952	13 427	654 505	9,3

Zdroj: vlastní zpracování s využitím dat Českého statistického úřadu, 2023,

Defertova funkce předpokládá přímou úměru mezi růstem Defertovy funkce a růstem nevráživosti rezidentů – Doxeyho iritačního indexu – vůči návštěvníkům místa. Výsledkem výpočtu je stupnice turistické funkce v obci s interpretací (Tabulka 5.1.2).

Tabulka 5.1.2 Hodnota Defertovy funkce v obcích mikroregionu Lipenska

Hodnota	Charakteristika	Obce
menší než 4	v místě se nevyvíjí téměř žádná aktivita cestovního ruchu	Boletice Buk Hořice na Šumavě Malšín Strážný Světlík Volary Zbytiny Želnava
interval 4 až 9,9	místo s nevýraznou aktivitou cestovního ruchu	Loučovice
interval 10 až 39,9	místo s významnou, ale nepřevažující aktivitou cestovního ruchu	Lenora Vyšší Brod Zdíkov
interval 40 až 99,9	místo s převážně rozvinutým cestovním ruchem	Borová Lada Horní Planá Horní Vltavice
interval 100 až 499,9	významná destinace cestovního ruchu	Černá v Pošumaví Frymburk Horská Kvilda

Hodnota	Charakteristika	Obce
		Kubova Huť Modrava Nová Pec Přední Výtoň Stožec
500 a více	hyperturistická destinace cestovního ruchu	Kvílda Lipno nad Vltavou Nové Hutě

Zdroj: vlastní zpracování, 2024.

Zaměstnanost v cestovním ruchu má výrazný sezónní charakter a z hlediska zaměstnaných osob převažují ženy nad muži. V uplynulých letech zaniklo v mikroregionu více než 4 000 pracovních míst. Jedná se například o závody Papírna Vltavský mlýn Loučovice, Pila Loučovice, Pila Nová Pec, Lira Horní Planá, Tuhodoly, Černá v Pošumaví, Mikrotechna Lipno nad Vltavou, Agrokombinát Šumava, Agrokombinát Frymburk či Sodovkárna Černá v Pošumaví. Nárůst počtu zaměstnanců v oborech Ubytování, Stravování a pohostinství a Kulturní, zábavní a rekreační činnosti je v mikroregionu Lipenska zapříčiněn především kvantitativním rozvojem cestovního ruchu. Počet subjektů působících v oborech I – Ubytování, stravování a pohostinství a R – Kulturní, zábavní a rekreační činnosti v obcích s významným postavením cestovního ruchu je velmi rozdílný. Platí, že čím více má obec obyvatel a je v ní významná aktivita cestovního ruchu, tím více oborově zaměřených podniků je v ní registrováno.

Tabulka 5.1.3 Registrované podniky podle převažující činnosti (I, R)

Obec	Registrované podniky podle převažující činnosti		
	I – Ubytování, stravování a pohostinství	R – Kulturní, zábavní a rekreační činnosti	Celkem
Borová Lada	22	6	28
Horní Planá	119	45	164
Horní Vltavice	12	3	15
Černá v Pošumaví	49	9	58
Frymburk	111	21	132
Horská Kvilda	14	3	17
Kubova Huť	10	5	15
Modrava	10	2	12
Nová Pec	20	7	27
Přední Výtoň	17	3	20
Stožec	19	3	22
Kvilda	19	2	21
Lipno nad Vltavou	86	18	104
Nové Hutě	22	1	23

Zdroj: Český statistický úřad, 2024,

Kromě počtu lůžek v hromadných ubytovacích zařízeních je ve vybraných obcích vhodné sledovat i počty dokončených bytů v bytových domech. Často se jedná o apartmánové byty, které jsou využívány k přechodnému bydlení či ke krátkodobým pronájmům (Tabulka 5.1.4).

Tabulka 5.1.4 Počty bytů ve vybraných obcích na území mikroregionu Lipenska

Obec	Počet dokončených bytů v bytových domech v letech 2019–2023	Celkový počet bytů v obci	V tom obydlené	V tom neobydlené
Borová Lada	0	295	116	179
Horní Planá	8	1 138	821	317
Horní Vltavice	0	220	141	79
Černá v Pošumaví	84	459	319	140
Frymburk	11	805	491	314
Horská Kvilda	,	35	22	13
Kubova Huť	-	60	33	27
Modrava	,	55	33	22
Nová Pec	,	373	185	188
Přední Výtoň	,	250	84	166
Stožec	,	203	85	118
Kvilda	44	238	59	179
Lipno nad Vltavou	274	908	218	690
Nové Hutě	13	81	39	41

Zdroj: Český statistický úřad, 2024.

Vedle lůžek v hromadných ubytovacích zařízeních Tabulka 5.1.1 je nutné sledovat výkony vyjádřené počtem přenocování (Tabulka 5.1.5) a dále pak počet bytů (Tabulka 5.1.4), které mohou být využívány jako apartmánové byty či pro krátkodobé pronájmy.

Tabulka 5.1.5 Počet přenocování ve vybraných obcích za rok v letech 2021–2023

Obec	Počet přenocování za rok		
	2021	2022	2023
Borová Lada	19 110	19 850	18 249
Horní Planá	102 362	102 354	124 105
Horní Vltavice	11 534	12 095	12 087
Černá v Pošumaví	96 426	125 164	114 738
Frymburk	75 432	117 225	101 512
Horská Kvilda	16 894	22 788	22 965
Kubova Huť	19 128	26 473	26 812
Modrava	33 562	41 039	42 285
Nová Pec	34 771	39 678	29 517
Přední Výtoň	27 615	37 679	42 241
Stožec	20 842	28 729	23 427
Kvilda	29 078	39 254	42 860
Lipno nad Vltavou	279 588	412 183	407 542
Nové Hutě	22 601	27 960	35 769
Jihočeský kraj	3 363 836	4 222 347	4 463 108

Zdroj: Český statistický úřad, 2024,

Objem výběru místního poplatku z pobytu ovlivňuje nejen míra využití lůžkové kapacity a délka pobytu, ale také výše sazby místního poplatku. V letech 2020 a 2021 byl výběr místního poplatku ovlivněn pandemií Covid-19 a v řadě obcí byl výběr místního poplatku prominut. Obec Lipno nad Vltavou uplatňuje od roku 2022 maximální možnou sazbu ve výši 50 Kč/osoba/den. V celostátním srovnání tuto sazbu uplatňuje velmi omezený počet obcí, pro které je cestovní ruch velmi významný (např. Praha, Český Krumlov, Karlovy Vary, Mariánské Lázně, Františkovy Lázně, Luhačovice, Mikulov, Valtice, Boží Dar, Olomouc).

Při přepočtu celoročního výběru místního poplatku z pobytu připadá v obci Lipno nad Vltavou na obyvatele 23 261 Kč, což zařazuje obec do první desítky obcí v České republice, a to jak v absolutním, tak v relativním vyjádření. Podíl obce na celokrajském výnosu za uplynulé čtyři roky je 17,6 % (Tabulka 5.1.6). Platí, že výběr místního poplatku z pobytu v obcích je tím vyšší, čím vyšší je nadmořská výška, ve které se obec nachází. Podíl místního poplatku z pobytu:

- na daňových příjmech určuje, v jaké míře turisté (hosté, kteří přenocují) přispívají do rozpočtu obce;
- na rozloze obce indikuje rozsah primární nabídky (atraktivitu cestovního ruchu);
- na počtu obyvatel indikuje rozsah sekundární nabídky (vybavenost službami a zařízeními cestovního ruchu).

Tabulka 5.1.6 Výběr místního poplatku z pobytu ve vybraných obcích v letech 2020–2023

Obec	2020	2021	2022	2023	Celkem
Borová Lada	449 399	275 898	562 778	465 382	1 753 457
Horní Planá	2 134 612	1 983 842	3 440 796	3 524 899	11 084 149
Horní Vltavice	96 995	110 531	225 863	158 116	591 505
Černá v Pošumaví	1 580 631	1 517 668	1 607 901	2 588 704	7 294 904
Frymburk	2 218 744	2 238 364	2 391 754	2 111 340	8 960 202
Horská Kvilda	362 884	287 244	400 018	404 114	1 454 260
Kubova Huť	569 058	558 350	848 180	969 220	2 944 808
Modrava	825 024	682 543	1 131 436	1 090 863	3 729 866
Nová Pec	236 160	412 390	459 173	461 249	1 568 972
Přední Výtoň	352 058	492 162	537 259	588 987	1 970 466
Stožec	387 165	459 980	543 325	578 015	1 968 485
Kvilda	962 854	667 262	1 014 549	1 424 579	4 069 244
<i>Lipno n, Vltavou</i>	<i>5 308 278</i>	<i>8 889 647</i>	<i>14 895 300</i>	<i>15 701 350</i>	<i>44 797 575</i>
Nové Hutě	74 666	160 684	190 564	166 775	592 689
Jihočeský kraj	39 275 273	50 971 107	77 364 873	87 391 190	255 002 443

– Zdroj: MONITOR, 2024,

## 5.2 Rozložení návštěvnosti v čase

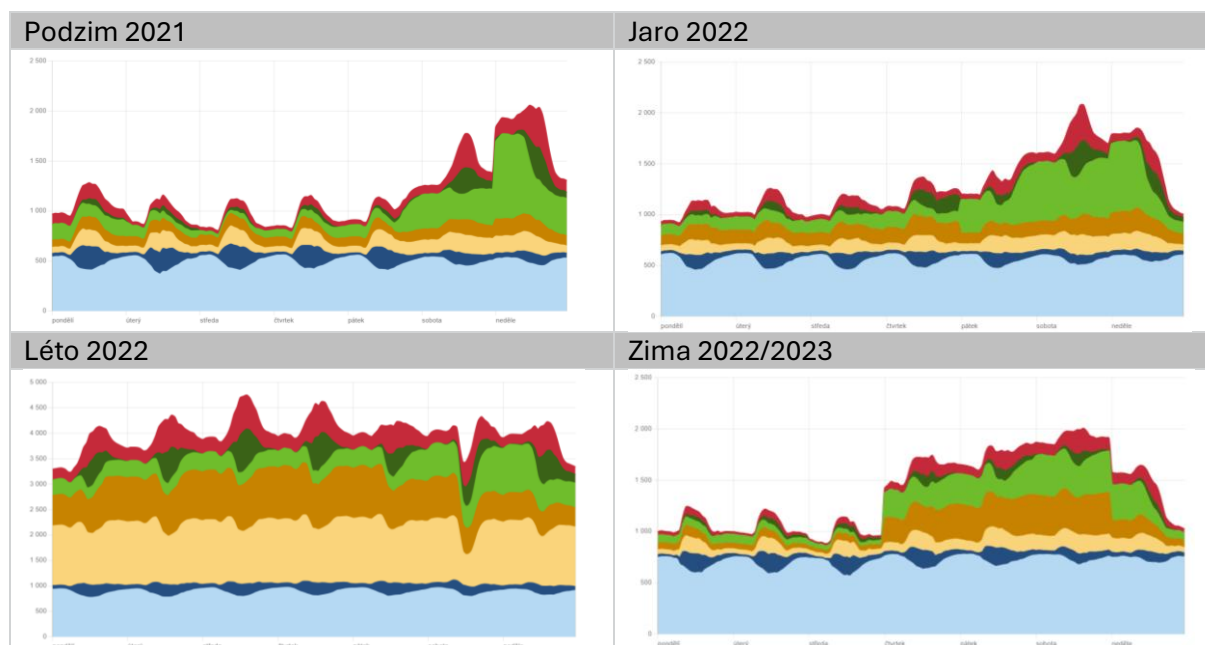
Z geolokačních dat mobilních operátorů je možné vysledovat alespoň částečně sezónní nerovnoměrnost. Modelová situace je zpracována na příkladu obce Lipno nad Vltavou ve všech ročních obdobích (Tabulka 5.2.1). Z přehledu je zřejmé, že dominantní postavení má jednoznačně letní sezóna, s odstupem následovaná zimní sezónou.

Tabulka 5.2.1 Počet osob dle SIM karet na území obce Lipno nad Vltavou v jednotlivých ročních obdobích

Lipno nad Vltavou	Podzim 2021	Jaro 2022	Léto 2022	Zima 2022/2023
Počet obyvatel	747	815	1 647	1 013
Druhé bydlení	101	99	214	88
Nocující návštěvníci	4 511	5 011	7 555	3 513
Návštěvníci	4 246	4 630	17 558	2 862

Zdroj: Ministerstvo vnitra, 2024.

Obec Lipno nad Vltavou lze označit za dvou sezónní destinaci cestovního ruchu. Nosné místní aktivity jsou ovlivněny skutečností, že rozhodující je letní sezóna. S ohledem na globální změny klimatu lze předpokládat, že význam zimní sezóny poklesne, nedejde-li k zásadní inovaci produktu cestovního ruchu. Během jarních a podzimních měsíců je zřejmá vyšší návštěvnost o víkendech. V letních měsících je návštěvnost v jednotlivých dnech v týdnu vyrovnaná s nejmenší návštěvností v sobotu. V zimních měsících převládá návštěvnost během prodloužených víkendů od čtvrtku do neděle viz Obrázek 5.2.1



Obrázek 5.2.1 Struktura osob přítomných na území obce Lipno nad Vltavou během dnů v týdnu v jednotlivých ročních obdobích

Zdroj: Ministerstvo vnitra, 2024.

### 5.3 Atraktivita lokalit

Nejvyšší počet návštěvníků navštívil sledované turistické cíle v Jihočeském kraji v roce 2018 (3,9 mil.), následoval rok 2019 (3,6 mil.). V letech 2020 a 2021 byl zaznamenán propad návštěvnosti kvůli pandemii Covid-19, nicméně nebyl tak fatální, jako v jiných částech republiky, neboť lidé preferovali cesty do přírody a měli omezené možnosti cestovat k moři do zahraničí (2020 – 2,4 mil., 2021 – 2,3 mil.). V postcovidových letech se zatím návštěvnost nevrátila na předcovidová čísla (2022 – 2,6 mil., 2023 – 3,0 mil.),

V řešeném území povodí VN Lipno, i v celém mikroregionu Lipensko, který lze z turistického hlediska definovat i mimo povodí VN Lipno, lze s ohledem na kapacity a návštěvnost při zohlednění počtu lůžek, počtu přenocování a objemu výběru místního poplatku z pobytu definovat následující hlavní turistické oblasti (Tabulka 5.3.1). Jedná se o obce situované na břehu Vodní nádrže Lipno či o horská střediska na Šumavě. V příhraničních oblastech Jihočeského kraje, kam mikroregion Lipenska spadá, je vykazován velmi vysoký až výjimečný potenciál cestovního ruchu, a to především díky přírodnímu subsystému (voda, hory).

Tabulka 5.3.1 Hlavní turistické oblasti v mikroregionu Lipenska

Kategorie	Postavení v cestovním ruchu	Obce
I.	zcela mimořádné (solitérní)	obec Lipno nad Vltavou
II.	velmi významné	město Horní Planá obec Černá v Pošumaví městys Frymburk
III.	významné	obec Modrava (mimo povodí VN Lipno) obec Přední Výtoň

Kategorie	Postavení v cestovním ruchu	Obce
		obec Kvilda (mimo OPVZ Loučovice)

Zdroj: vlastní zpracování, 2024.

## 5.4 Zhodnocení skutečných kapacit ubytovacích zařízení a jejich vytíženost

Řada statistických dat o výkonech cestovního ruchu je poddimenzována. Neexistují žádné údaje o individuálních ubytovacích zařízeních (do 4 pokojů, resp. do 9 lůžek), Český statistický úřad sleduje výhradně hromadná ubytovací zařízení (více než 5 pokojů nebo 10 lůžek). Z tohoto důvodu pro výběr místního poplatku z pobytu evidují obecní úřady vyšší počet lůžek, stejně tak i vyšší počet přenocování. Údaje o krátkodobých pronájmech či o obsazenosti apartmánových bytů (příp. chat a chalup) nelze zjistit vůbec. Odhady lze uskutečnit jedině na základě skutečného prověření ubytovacích kapacit v obcích spolu s kontrolou databází obecních úřadů a veřejně prezentovaných nabídek, především na portálech Booking.com a Airbnb. Ta byla provedena v rámci analýzy difuzních zdrojů znečištění v kapitole 4.5. Rozvojové kapacity území jsou řešeny v kapitole 7.

## 6 Bilance zdrojů a stanovení jejich podílu na stavu a trendech

Celková bilance je hlavním výstupem analytické části studie. Cílem celkové bilance je složit všechny výše popsané zdroje znečištění a v podrobnosti pracovních jednotek subpovodí kvantifikovat vnos celkového fosforu do VN Lipno. Pro každé subpovodí tedy zjišťujeme celkový vnos z antropogenních zdrojů. Jde o vnosi z evidovaných vypouštění (také bodové zdroje znečištění, nebo BZZ), difuzních zdrojů znečištění (uživatelé nepřipojení na kanalizaci), odlehčování a chovu dobytka. Významný podíl na celkovém vnosu fosforu představuje přirozené pozadí, které rovněž uvažujeme do celkové bilance.

Kontrola je provedena porovnáním vypočteného vnosu z výše jmenovaných zdrojů s vnosem vypočteným na základě měřených hodnot, přičemž měřené hodnoty vycházejí z pravidelného monitoringu správce povodí (nejvyšší validita), průzkumného monitoringu 2024 (střední validita), nebo průzkumného monitoringu 2012 (nízká validita).

Pracovní data bilance jsou sledována v měsíčním kroku, jako závěr je prezentován vnos za rok. Celé povodí VN Lipno bylo pro sestavení bilance rozděleno mezi Vltavu, hlavní přítoky nádrže mimo Vltavu a mezipovodí nádrže na levém a pravém břehu. Složky vypočteného LO (hlavně přirozené pozadí a chov dobytka) byly kalibrovány pro dosažení lepší shody s daty měřenými. Výjimečně bylo ke kalibraci přistoupeno také u difuzních zdrojů znečištění. Bodové zdroje znečištění a odlehčování byly do bilance převzaty bez dalších úprav.

## 6.1 Shrnutí výsledků celkové bilance

Celková bilance byla zpracována pro celkový fosfor a pro fosfor fosforečnanový, který představuje biologicky dostupnou formu fosforu.

### 6.1.1 Bilance zdrojů celkového fosforu

Celková suma vnosu fosforu do nádrže byla vyčíslena na 22 147 kg. Dělení mezi jednotlivá subpovodí ukazuje Tabulka 6.1.1 Souhrn celkové bilance vnosu  $P_{\text{celk}}$  v povodí VN Lipno. Mimo vypočteného LO tabulka uvádí také LO zjištěný na základě monitoringu. Poslední sloupec udává odchylku vypočteného LO oproti LO zjištěného měřením. Pro většinu subpovodí platí, že vypočtené LO jsou vyšší než LO měřené, přičemž odchylka je nižší u významnějších povodí s vysokou validitou měřených dat a roste s klesajícím významem subpovodí a s klesající validitou monitoringu.

Odchylka sumy LO je přibližně 3 %, což lze považovat za dobrou shodu<sup>11</sup>. Každé subpovodí je podrobeno diskusi v následující kapitole. Předmětem diskuse je podrobnější rozvaha nad zjištěnými vlivy i mírou nejistot.

---

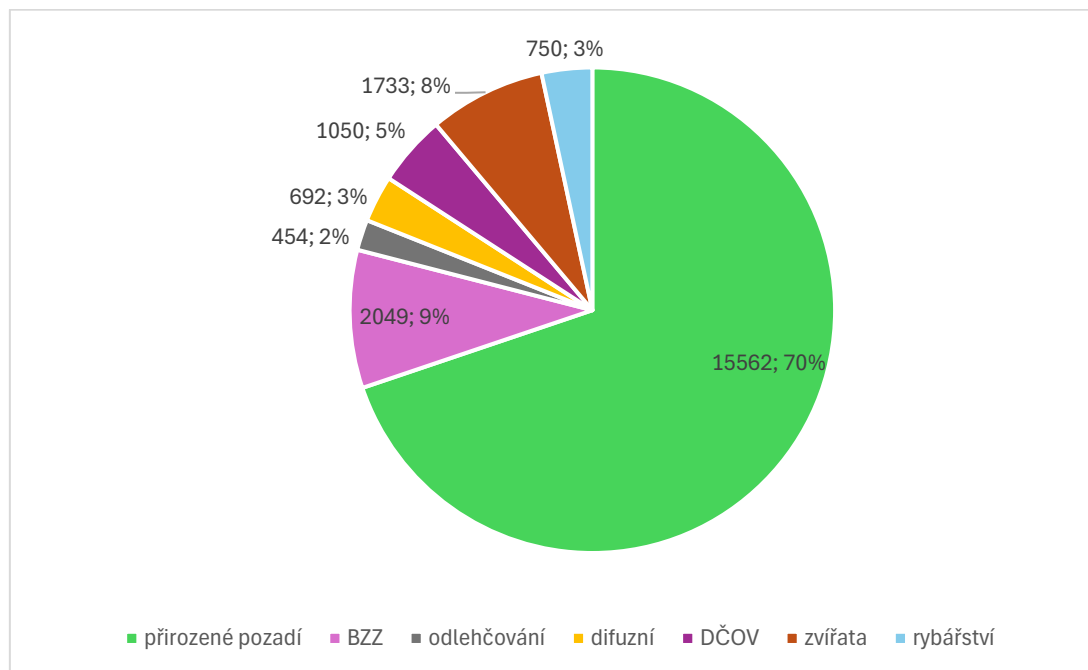
<sup>11</sup> Do porovnání celkové bilance vypočtené a měřené nelze počítat mezipovodí LB a mezipovodí PB, protože tyto části nemají a v podstatě ani nemohou mít validní monitoring. Jde o relativně rozsáhlé plochy břehů nádrže často bez stálých vodotečí.

Tabulka 6.1.1 Souhrn celkové bilance vnosu  $P_{\text{celk}}$  v povodí VN Lipno

Významnost z celkové sumy LO [%]	Název povodí	LO $P_{\text{celk}}$ vypočtený [kg/rok]	LO $P_{\text{celk}}$ měřený [kg/rok]	Validita měřených dat	Odchylka LO vypočteného vůči měřeného [%]
<b>43,8</b>	Vltava	<b>9 754</b>	9 437	vysoká	-3
<b>40,6</b>	mezipovodí LB	<b>3 489</b>	NA		
	mezipovodí PB	<b>2 649</b>	NA		
	Olšina	<b>1 954</b>	1 968	vysoká	1
	Jezerní potok	<b>933</b>	936	vysoká	0
13,9	Hamerský potok	523	535	nízká	2
	Černý potok (Vřesná)	415	412	vysoká	-1
	Lukavický potok	270	250	střední	-8
	Pernecký potok	371	353	střední	-5
	Náhlovský potok	147	129	nízká	-14
	Ostřice	259	274	střední	6
	Pestřice	220	215	nízká	-2
	Smrčinský potok	246	248	střední	1
	Bezejmenný, Maňava	88	66	nízká	-33
	Slatinný potok	140	104	nízká	-35
	Výtoňský potok	212	269	střední	21
	Černý potok (Černá v Pošumaví)	80	75	nízká	-7
	Lipový potok	130	115	nízká	-13
	1,7	bezejmenný, Horní Planá	82	102	střední
bezejmenný Bližná		62	66	střední	6
Bělský potok		53	68	střední	22
bezejmenný, pod biologickým rybníkem, dětský tábor		43	33	střední	-30
Slupečný potok		32	40	střední	20
bezejmenný, Lojzovy Paseky II		80	30	střední	<b>-167</b>
bezejmenný, Lojzovy Paseky I		10	6	střední	-67
Bezejmenný, Karlovy Dvory		7	5	střední	-40
Bezejmenný, Posudov		6	5	střední	-20
<b>celkem</b>			<b>22 290 (16 117)<sup>12</sup></b>	<b>15 741</b>	

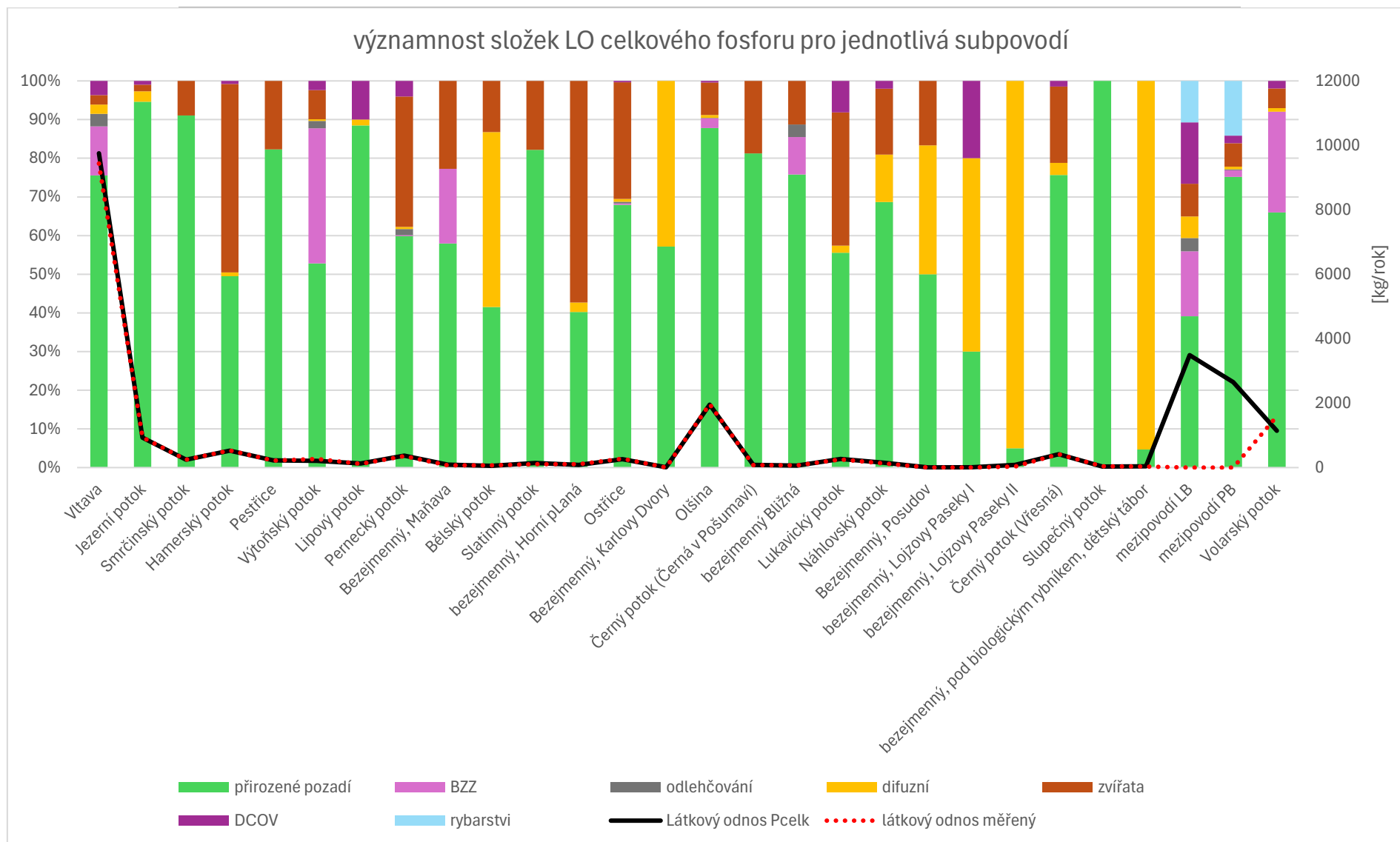
<sup>12</sup> Hodnota v závorce je bez vnosu mezipovodí LB a PB, tato subpovodí nemají měřenou hodnotu

Jednotlivé typy zdrojů znečištění jsou podle celkové bilance zastoupeny následovně.



Obrázek 6.1.1 Podíl jednotlivých zdrojů na celkovém množství (kg/rok) pro ukazatel celkový fosfor

Přirozené pozadí představuje přibližně 70 % vnosu celkového fosforu do nádrže. Komunální zdroje, které představují evidovaná vypouštění, odlehčování, nepřipojení uživatelé a známé domovní ČOV v součtu představují asi 19 % celkového vnosu, 8 % pak pochází z chovu dobytka a přibližně 3 % připadají vliv sportovnímu rybolovu. Jak jsou složky významné v rámci jednotlivých subpovodí, ukazuje následující graf. Z evidovaných komunálních vypouštění připadá 581 kg na ČOV, které vypouštějí přímo do nádrže. Domovní ČOV s vypouštěním do nádrže nebo v těsné blízkosti představují asi 600 kg, difuzní zdroje ve stejné oblasti představují asi 194 kg. Vnos fosforu v souvislosti s rybářstvím 750 kg je také vnášen přímo do nádrže.



Obrázek 6.1.2 Význam jednotlivých složek LO celkového fosforu pro jednotlivá subpovodí

### 6.1.2 Bilance zdrojů fosforečnanového fosforu

Celková suma vnosu fosforečnanového fosforu do nádrže byla vyčíslena na 9114 kg/rok (z toho z monitorovaných přítoků je vnos P-PO<sub>4</sub> 6271 kg/rok). Dělení mezi jednotlivá subpovodí je patrné z následující tabulky. Tabulka je uspořádána stejně jako pro výše uvedenou bilanci celkového fosforu.

Odchylka sumy LO je menší než 2 %, což lze považovat za dobrou shodu<sup>13</sup>. Nicméně každé subpovodí je podrobno diskutováno v následující kapitole. Předmětem diskuse je podrobnější rozvaha nad zjištěnými vlivy i mírou nejistot.

Ukazatel fosforečnanový fosfor je pravidelně měřený ve všech profilech měřených správcem povodí, byl měřen také v průzkumném monitoringu. Specifikem fosforečnanového fosforu je pokles koncentrace i látkového množství během transportu povodím. Fosforečnanový fosfor přechází do jiné formy fosforu a z povodní nikam nemizí, což potvrzuje bilance celkového fosforu. Tento jev byl popsán v kapitole 2.4.3, pro sestavení bilance zdrojů fosforečnanového fosforu bylo nutné zavést koeficient redukce P-PO<sub>4</sub>.

#### Nastavení koeficientu redukce P-PO<sub>4</sub>

Pro nastavení koeficientu redukce, uvažujeme předpoklad že součet redukováných LO měřených v závěrových profilech přítoků Vltavy a příčinkem LO z mezipovodí profilu 3209 dá dohromady LO měřených v profilu Vltava Pěkná. Za předpokladu, že P-PO<sub>4</sub> přechází během transportu sítí vodních toků částečně do jiné formy fosforu, platí, že na podélném profilu látkové množství P-PO<sub>4</sub> klesá. Rychlost klesání může záviset na morfologii, i chemismu vody (čím nižší koncentrace celkového fosforu, tím rychlejší je využití P-PO<sub>4</sub> vodními organismy).

Součtové schéma profilu Vltava Pěkná vypadá takto:

číslo profilu	název pracovní jednotky subpovodí	množství P-PO <sub>4</sub> podle monitoringu kg/rok
2504	Teplá Vltava, nad Lenorou	1118
2505	Řasnice	633
2555	Houženský potok	51
2557_1	příčinek mezipovodí Vltavy pod Lenorou	374
2509	Studená Vltava, Černý Kříž	1259
2507	Volarský potok, Volary pod	761
<b>3209_1</b>	<b>příčinek mezipovodí Vltavy od Lenory po Pěknou</b>	<b>-365</b>
suma= měřené množství P-PO <sub>4</sub> v profilu Vltava Pěkná		3831

Ze základního součtového schéma vidíme, že vlivem redukce P-PO<sub>4</sub> není možné zjistit příčinek mezipovodí Vltavy od Lenory po Pěknou prostým odečtem přítoků od množství v závěrovém profilu, protože výsledek by byl záporný. Hledáme tedy koeficienty redukce pro jednotlivá dílčí subpovodí podle rovnice:

<sup>13</sup> Do porovnání celkové bilance vypočtené a měřené nelze počítat mezipovodí LB a mezipovodí PB, protože tyto části nemají a v podstatě ani nemohou mít validní monitoring. Jde o relativně rozsáhlé plochy břehů nádrže často bez stálých vodotečí.

$$\sum LO_i * k_i + LO_{3209} = LO_{3209 \text{ měřený}}$$

Kde:

$LO_i$  – měřený látkový odnos v závěrových profilech pracovních jednotek subpovodí

$K_i$  – koeficient redukce P-PO<sub>4</sub> pro pracovní jednotku subpovodí

$LO_{3209}$  – příčinek mezipovodí Vltavy od Lenory po Pěknou zjištěný součtem jednotlivých zdrojů fosforečnanového fosforu (vypouštění ČOV, difuzní zdroje, chov zvířat, odlehčovací komory, domovní ČOV a přirozené pozadí)

$LO_{3209 \text{ měřený}}$  – látkový odnos fosforečnanového fosforu podle monitoringu v profilu Vltava Pěkná

Suma jednotlivých zdrojů fosforečnanového fosforu mezipovodí Vltavy od Lenory po Pěknou je:

Zdroje fosforečnanového fosforu	LO P-PO <sub>4</sub> vypočtený kg/rok
Difuzní	33,6
Vypouštění ČOV	0
Chov zvířat	20
Přirozené pozadí	372
Odlehčovací komory	0
Domovní ČOV	18,4
<b>Celkem</b>	<b>444</b>

Suma látkových odnosů z jednotlivých pracovních jednotek subpovodí odečtená od látkového odnosu měřeného v profilu Vltava Pěkná by tedy měla skončit výsledkem 444 kg/rok. Postupnou iterací za předpokladu, že subpovodí bližší závěrovému profilu má vyšší hodnotu koeficientu redukce, byly zjištěny následující hodnoty koeficientů redukce P-PO<sub>4</sub>.

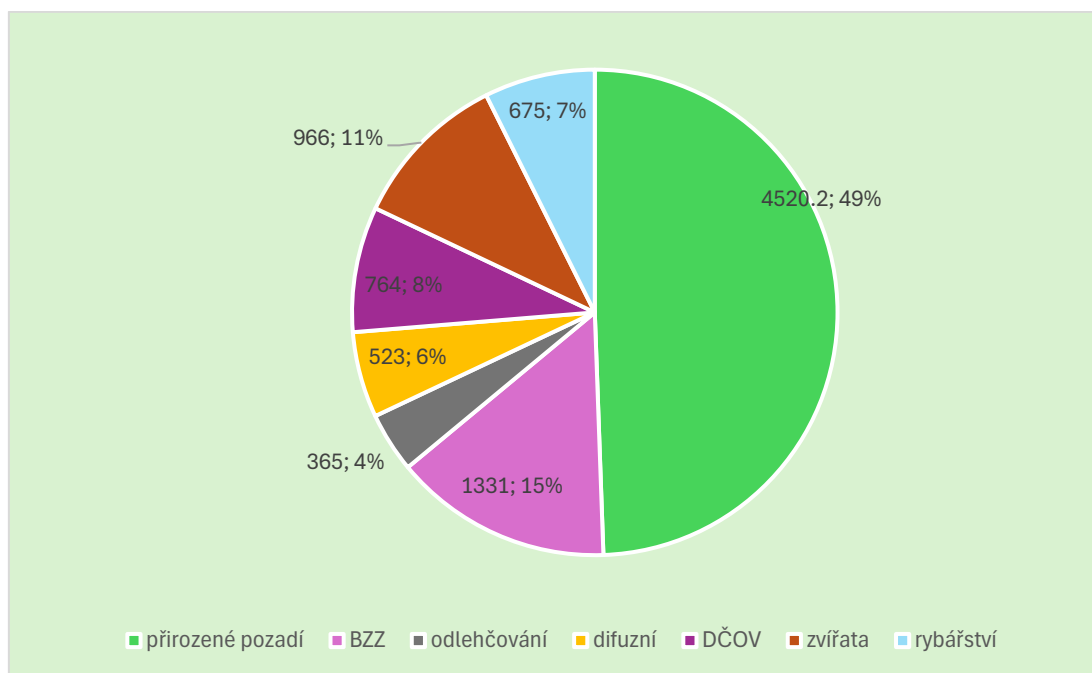
Číslo profilu	Název pracovní jednotky subpovodí	Množství P-PO <sub>4</sub> podle monitoringu, kg/rok	Koeficient redukce P-PO <sub>4</sub>	Redukovaný LO P-PO <sub>4</sub> , kg/rok
2501	Teplá Vltava, Kvilda	83	0,65	54
2504_1	Teplá Vltava, nad Lenorou	1118	0,67	749
2505	Řasnice	633	0,9	570
2555	Houženský potok	51	0,82	42
2557_1	příčinek mezipovodí Vltavy pod Lenorou	374	0,82	307
2509_1	mezipovodí Studená Vltava, Černý Kříž	358	0,82	294
2144	Studená Vltava, Nové Údolí	706	0,72	508
2145	Světlá	195	0,72	140
2507	Volarský potok, Volary pod	761	0,95	723
3209_1	příčinek mezipovodí Vltavy od Lenory po Pěknou	536	1	<b>444</b>
suma= měřené množství P-PO <sub>4</sub> v profilu Vltava Pěkná		3831		3831

Teprve se započtením redukce P-PO<sub>4</sub> můžeme sestavit bilanci P-PO<sub>4</sub> v povodí VN Lipno.

Tabulka 6.1.2 Souhrn celkové bilance vnosu P-PO<sub>4</sub> v povodí VN Lipno

Významnost z celkové sumy LO [%]	Název povodí	LO P <sub>celk</sub> vypočtený [kg/rok]	LO P <sub>celk</sub> měřený [kg/rok]	Validita měřených dat	Odchylka LO vypočteného vůči měřeného [%]
<b>43</b>	Vltava	<b>3 918</b>	3 832	vysoká	-2
<b>39,8</b>	mezipovodí LB	<b>1 847</b>	NA		
	mezipovodí PB	<b>899</b>	NA		
	Olšina	<b>459</b>	513	vysoká	11
	Jezerní potok	<b>420</b>	432	vysoká	3
<b>15</b>	Hamerský potok	<b>288</b>	269	nízká	-7
	Černý potok (Vřesná)	<b>165</b>	165	vysoká	0
	Lukavický potok	<b>122</b>	99	střední	-23
	Pernecký potok	<b>143</b>	137	střední	-5
	Náhlovský potok	<b>66</b>	53	nízká	-24
	Ostřice	<b>95</b>	115	střední	18
	Pestřice	<b>91</b>	95	nízká	4
	Smrčinský potok	<b>91</b>	101	střední	10
	Bezejmenný, Maňava	<b>35</b>	21	nízká	-66
	Slatinný potok	<b>62</b>	47	nízká	-32
	Výtoňský potok	<b>118</b>	126	střední	6
	Černý potok (Černá v Pošumaví)	<b>25</b>	19	nízká	-31
	Lipový potok	<b>68</b>	68	nízká	1
	<b>2,3</b>	bezejmenný, Horní Planá	<b>42</b>	53	střední
bezejmenný Bližná		<b>20</b>	21	střední	4
Bělský potok		<b>28</b>	39	střední	28
bezejmenný, pod biologickým rybníkem, dětský tábor		<b>34</b>	18	střední	-86
Slupečný potok		<b>9</b>	15	střední	37
bezejmenný, Lojzovy Paseky II		<b>62</b>	23	střední	<b>-169</b>
bezejmenný, Lojzovy Paseky I		<b>7</b>	5	střední	-40
Bezejmenný, Karlovy Dvory		<b>4</b>	3	střední	-27
Bezejmenný, Posudov		<b>3</b>	2	střední	-30
	<b>Celkem</b>	9 144 (6 373)	6 271		

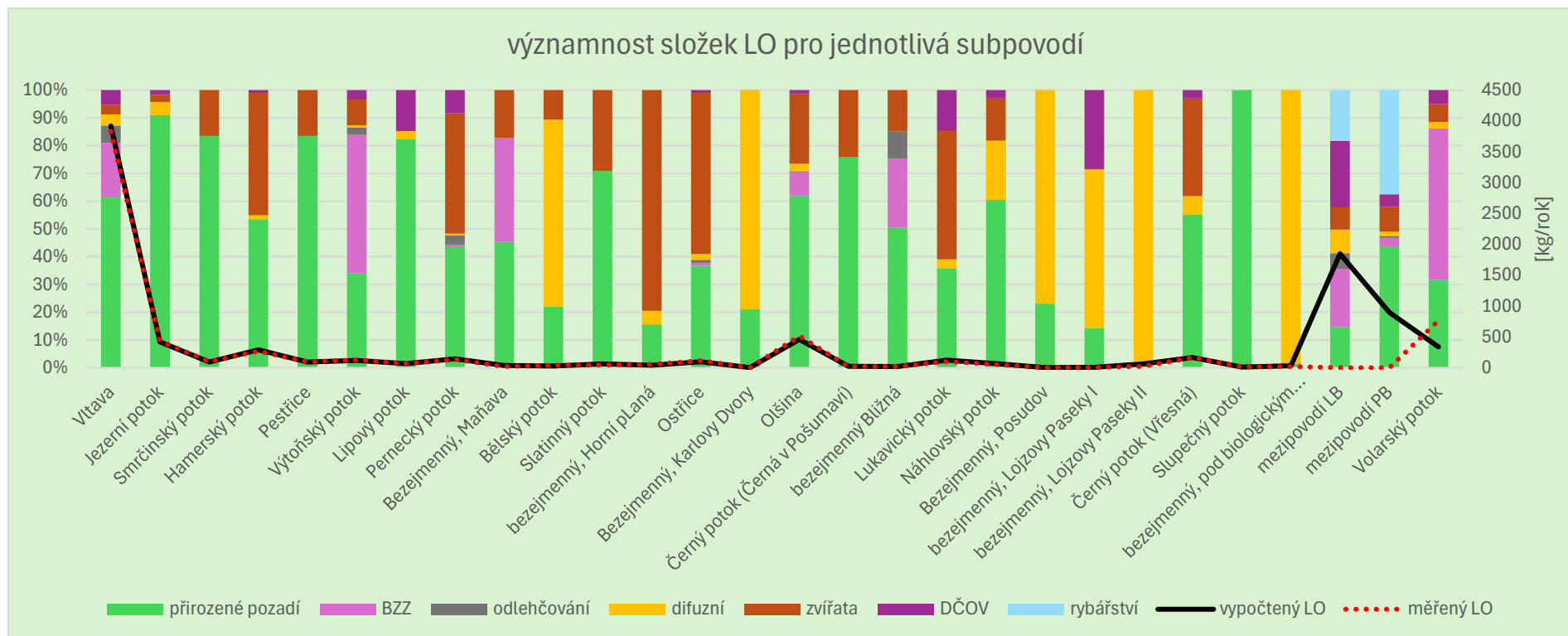
Jednotlivé typy zdrojů znečištění jsou podle celkové bilance zastoupeny následovně.



Obrázek 6.1.3 Podíl jednotlivých zdrojů na celkovém množství (kg/rok) pro ukazatel fosforečnanový fosfor

Oproti celkovému fosforu klesá význam přirozeného pozadí na úkor antropogenních vlivů. Přirozené pozadí představuje přibližně 49 % vnosu celkového fosforu do nádrže. Komunální zdroje, evidovaná vypouštění, odlehčování, nepřipojení uživatelé a známé domovní ČOV v součtu představují asi 33 % celkového vnosu, 10 % pak pochází z chovu dobytka. Rybářství se podílí asi ze 7 %. Jak jsou složky významné v rámci jednotlivých subpovodí, ukazuje následující graf. Zde je nutné zopakovat, že odhad vnosu živin z chovu dobytka je zatížen ze všech řešených typů zdrojů největší nejistotou. Tuto nejistotu je potřeba snížit správně zacíleným monitoringem.

Z evidovaných komunálních vypouštění připadá 419 na ČOV, které vypouštějí přímo do nádrže, nebo v její těsné blízkosti.



Obrázek 6.1.4 Význam jednotlivých složek LO fosforečnanového fosforu pro jednotlivá subpovodí

## 6.2 Diskuse nad výsledky celkové bilance

### 6.2.1 Vliv chovu dobytka

Významnost chovu dobytka na bilanci jak celkového, tak fosforečnanového fosforu je velmi překvapivá. Významnost tohoto vlivu se projevila až v pozdějších fázích zpracování studie, proto průzkumný monitoring nereflektuje potřebu sledovat specificky vliv chovu dobytka a většina povodí s významným zastoupením chovu dobytka je zatížena velkou nejistotou. Produkováno množství fosforu je údaj s vysokou validitou, naproti tomu významně nízkou validitu mají parametry přenosu do vodních toků.

Přenos živin produkovaných dobyt看em na pastvinách bude záležet na lokálních (vzdálenost od vodoteče, sklon svahu, hydrologické vlastnosti půdy) i aktuálních podmínkách (nasycenost půdy, mráz, vegetační pokryv). Mimořádně rizikový pravděpodobně bude pobyt dobytka na pastvině v zimním a brze jarním období, kdy na pastvině je minimální vegetační pokryv, půda může být promrzlá s nízkou schopností vsaku. Oteplení a tání případně podpořené deštěm potom zvýší podíl produkovaných živin, který je do vodních toků transportován. Obdobně může k rizikové situaci dojít v reakci na srážku s vysokou intenzitou, která výrazně zvýší povrchový i mělký podpovrchový (hypodermický) odtok. Přímý vstup dobytka do potoka je další rizikový faktor, ovšem ten se ve většině povodí nepotvrdil. Výše popsané rizikové situace jsou jen hypotézy, které je potřeba ověřit monitoringem. Že k těmto situacím může docházet, ukazuje z dosavadních dostupných dat monitoringu jediná situace z dubna 2013 na Hamerském potoce – viz 6.2.5.

**Z důvodu potřeby snížení nejistot a lepší kalibrace vlivu chovu dobytka bylo s objednatelem studie dohodnuto, že průzkumný monitoring zaměřený speciálně na vliv chovu dobytka bude pokračovat i v průběhu zpracování návrhové části v roce 2026.**

### 6.2.2 Vltava

Přibližně 75 % vnosu celkového fosforu je tvořeno přirozeným pozadím. Významný vliv představují také vypouštění ČOV, a také chov dobytka. Největší vnos je odhadován ze subpovodí Teplé Vltavy nad Lenorou.

Tabulka 6.2.1 Rozbor zdrojů  $P_{\text{celk}}$  v subpovodích Vltavy nad VN Lipno

	Teplá Vltava, Kvilda	Teplá Vltava, nad Lenorou	Řasnice	Houženský potok	Teplá Vltava, pod Lenorou	Volarský potok, Volary pod	Studená Vltava, Nové Údolí	Světlá	Studená Vltava, Černý Kříž	Vltava, Pěkná	mezipovodí, Vltava pod Chlumským potokem
Zdroje	2501	2504	2505	2555	2557	2507	2144	2145	2509	3209	10001
difuzní	3,2	92	32	9	2	17	6	0	58	42	34

	Teplá Vltava, Kvilda	Teplá Vltava, nad Lenorou	Řasnice	Houženský potok	Teplá Vltava, pod Lenorou	Volarský potok, Volary pod	Studená Vltava, Nové Údolí	Světlá	Studená Vltava, Černý Kříž	Vltava, Pěkná	mezipovodí, Vltava pod Chlumským potokem
Zdroje	2501	2504	2505	2555	2557	2507	2144	2145	2509	3209	10001
Vypouštění ČOV	0	254	190	0	120	304	324	0	5,4	0	41
Chov zvířat	9	88	41	41	2	98	1	0	3	22	17
Přirozené pozadí	144	1389	1213	86	30	693	768	316	436	1295	744
Odlehčovací komory	0	24	8	0	15	260	0	0	3	0	1,74
Domovní ČOV	0	208	0,1	6	0	19,5	18,4	0	13	23	8
Měřená hodnota, kg/rok	165	2213	1477	123	327	1588	1263	328	810	1471	NA
Podíl zdroje/ měřeno, %	94,67	92,86	100,4	115,4	51,68	87,63	88,47	96,34	64	93,95	NA

Studená Vltava Černý Kříž, odchylka je přibližně 36 %. Z antropogenních zdrojů připadá v úvahu ČOV Stožec, obec je odkanalizovaná oddílnou kanalizací a ČOV vykazuje velmi nízké množství vypouštěného  $P_{\text{celk}}$ . V Černém Kříži je jen několik obydlených budov, z toho pro 2 existuje povolení k DČOV, Penzion Černý Kříž má DČOV s kapacitou 25EO, při špatném provozu může jít o významný zdroj, České Žleby jsou rozvíjející se lokalitou, kde jsou ubytovací kapacity a vznikají další, obec má částečně vybudovanou kanalizaci bez zakončení centrální ČOV. Jde o značně rizikové schéma z pohledu vnosu fosforu do povodí. Hlavní ubytovací kapacity jsou Hotel České Žleby, Wellness hotel Florián nebo Penzion farma Žleby. Odhady vnosu z těchto difuzních zdrojů mohou být podhodnocené.

Stejný rozbor, ale pro fosforečnanový fosfor, je níže. Tabulka obsahuje vnos zdrojů do subpovodí, porovnávány s měřeným LO jako příčinky mezipovodí. Hodnoty tedy nejsou redukovány koeficientem redukce P-PO<sub>4</sub> (viz kapitola 6.1.2).

Tabulka 6.2.2 Rozbor zdrojů P-PO<sub>4</sub> v subpovodích Vltavy nad VN Lipno

	Teplá Vltava, Kvilda	Teplá Vltava, nad Lenorou	Řasnice	Houženský potok	Teplá Vltava, pod Lenorou	Volarský potok, Volary pod	Studená Vltava, Nové Údolí	Světlá	Studená Vltava, Černý Kříž	Vltava, Pěkná	mezipovodí, Vltava pod Chlumským potokem
Zdroje	2501	2504	2505	2555	2557	2507	2144	2145	2509	3209	10001
difuzní	2,56	73,6	25,6	7,4	1,6	13,6	4,8	0	46,4	33,6	27,2
Vypouštění ČOV	0	203	152	0	96	204	259	0	3,5	0	32
Chov zvířat	8	44	37	0	1	88	1	0	2	20	15
Přirozené pozadí	79	762	424	34,6	12,5	118	457	189	259	372	260
Odlehčovací komory	0	24	8	0	15	260	0	0	3	0	1,74
Domovní ČOV	0	166,4	0,08	4,8	0	15,6	14,72	0	10,4	18,4	6,4
Měřená hodnota, kg/rok	83	1118	633	51	374	761	706	195	358	460	NA
Podíl zdroje/ měřeno, %	107,9	113,8	102,1	91,76	33,72	91,88	104,3	96,92	90,59	96,52	NA

Teplá Vltava pod Lenorou je zatížena nejistotou. LO v tomto mezipovodí je potřeba vyjádřit odečtem LO z povodí Teplé Vltavy nad Lenorou, Řasnice a Houženského potoka od LO zjištěného pod Lenorou. Profil pod Lenorou je monitoring jen za 2 roky. Vypočtený LO je výrazně vyšší než součet LO z vypočtených zdrojů, proto je odchylka vysoká; zdroje P<sub>celk</sub> dosáhnou jen asi 48 % měřeného LO, pro P-PO<sub>4</sub> je odchylka dokonce 66 %.

Studená Vltava Nové Údolí má nejistotu v kategorii odlehčovací komory, respektive z německé strany povodí tato data úplně chybí. Přitom platí, že význam ČOV Haidmühle je mezi BZZ největší. Odchylka v tomto subpovodí může být způsobena právě touto mezerou.

Nejvýznamnější bodové zdroje jsou ČOV Haidmühle, Volary a Kvilda. Volary jsou velmi významné také z pohledu vnosu z odlehčovaných odpadních vod, na základě měrné kampaně odlehčovacích komor ve Volarech se odhaduje roční vnos OK kanalizačního systému Volar na 260 kg, což převyšuje vnos volarské ČOV. O vnosu z odlehčování z ČOV na Bavorské straně povodí Vltavy nemáme dostatek podrobných informací.

Difuzní zdroje nemají žádné zřetelné ohnisko, jsou rovnoměrně, a ne příliš hustě rozmístěné v celém povodí Vltavy nad Pěknou. Výraznější shluky můžeme najít v Zátoni, Českých Žlebech, Hliništi, nebo na Nových Hutích.

Význam antropogenních zdrojů pro celkovou dotaci fosforečnanového fosforu do VN Lipno je oproti hodnotám v tabulce mírně snížen v závislosti na vzdálenosti a koeficientu redukce P-PO<sub>4</sub>. Nejvíce se to týká zdrojů v povodí Vltavy nad Lenorou, nad Kvildou nebo v horním povodí Studené Vltavy.

### 6.2.3 Jezerní potok

Vnos fosforu je převážně tvořen přirozeným pozadím, v povodí se nevyskytují BZZ, vliv difuzních zdrojů je minimální. Vliv chovu dobytka je nízký, pastviny lokalizovány v dolní části povodí.

### 6.2.4 Smrčinský potok

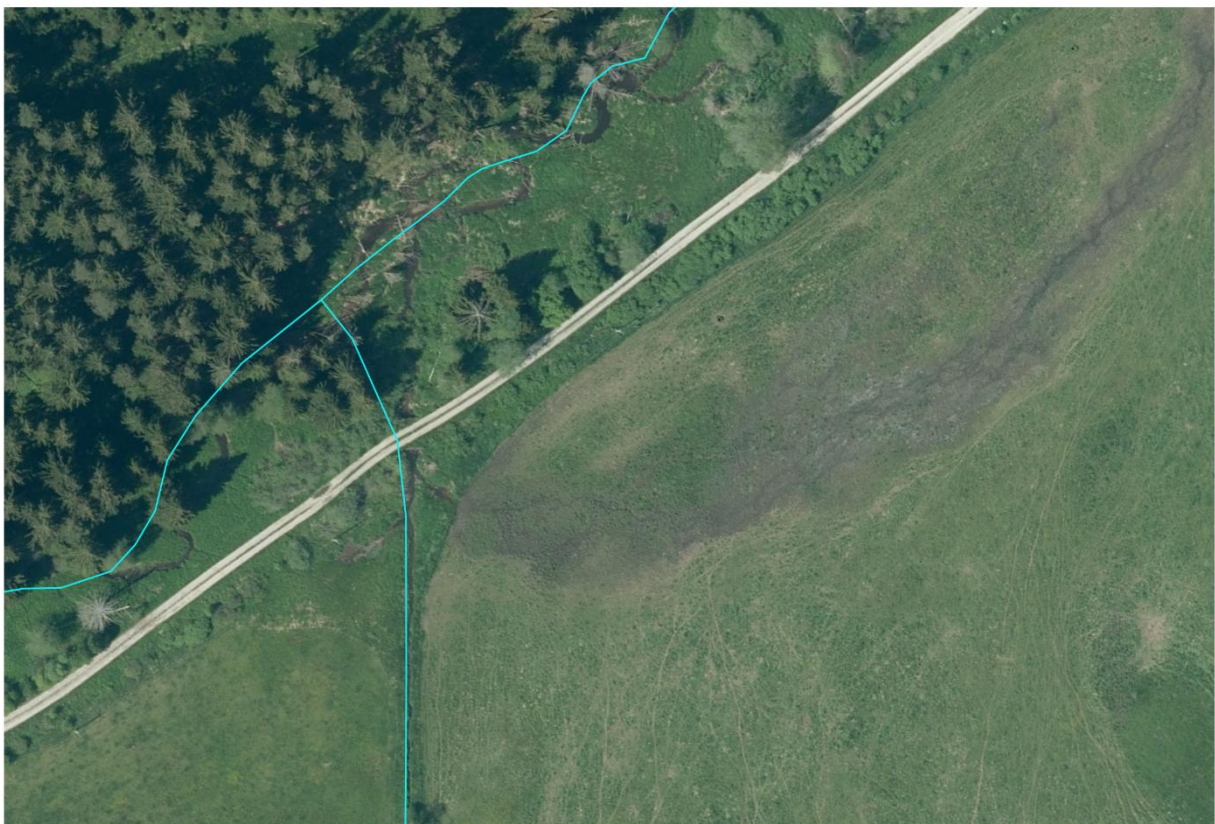
Vnos fosforu je převážně tvořen přirozeným pozadím, v povodí se nevyskytují BZZ, vliv difuzních zdrojů nebyl zjištěn. Vliv chovu dobytka je nízký, pastviny lokalizovány v dolní části povodí.

### 6.2.5 Hamerský potok

Obsahuje nejistoty. Dominantní antropogenní vliv je chov dobytka. Vysoká hodnota vnosu fosforu z Hamerského potoka vychází z vysokého počtu evidovaných DJ v katastru Zvonková. Tento katastr zasahuje do celého povodí Hamerského potoka. Přepočty produkce na vnos vychází z empirických odhadů a během kalibrace byly ještě úměrně sníženy, i tak je ale suma vnosu celkového fosforu značně vysoká. Zda jsou vypočtené hodnoty reálné, by bylo vhodné v budoucnu dále sledovat monitoringem. Vypočtenou hodnotu porovnááme s hodnotou měřenou, ovšem validita měřených hodnot z průzkumu 2012 je obecně nízká. Látkový odnos zjištěný měřením je založen na 4 vzorcích, vzorek z dubna 2013 má vysoké hodnoty průtoku (643 l/s při průměrné hodnotě 300 l/s) a zvýšenou koncentraci (0,063 mg/l), původně bylo uvažováno tento vzorek z celkové bilance vyřadit, nicméně analyzované vlivy ukazují, že by nemuselo jít o chybu. Zvýšený průtok mohl způsobit intenzivnější smyv včetně smyvu znečištění produkovaného dobytkem. BZZ v povodí nejsou, difuzní zdroje mají minimální vliv.



Obrázek 6.2.1 Pastviny v povodí Hamerského potoka



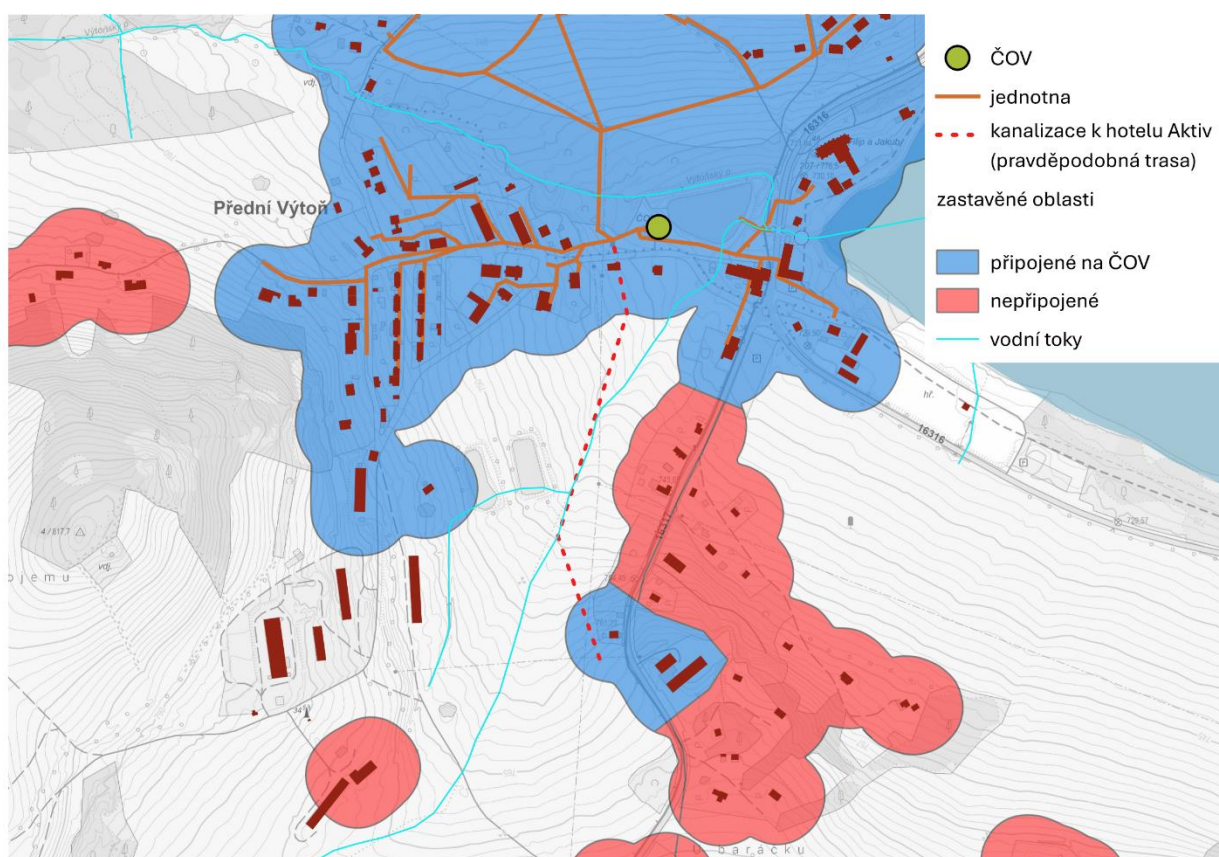
Obrázek 6.2.2 Další pastviny v povodí Hamerského potoka

### 6.2.6 Pestřice

Vnos fosforu je převážně tvořen přirozeným pozadím, v povodí se nevyskytují BZZ. Vliv difuzních zdrojů nebyl zjištěn. Vliv chovu dobytka je nízký, pastviny lokalizovány ve střední části povodí, možnost přímého vstupu dobytka do vodního toku není patrná.

### 6.2.7 Výtoňský potok

Podíl přirozeného pozadí je nízký. Celková hodnota vypočteného vnosu je představuje asi 82 % množství zjištěného průzkumným monitoringem. V kapitole 4.1 byla pro ČOV přední Výtoň uvedena poznámka k validitě dat. Skutečný vnos  $P_{\text{celk}}$  z ČOV Přední Výtoň je průměrně 74 kg/rok, nikoliv 2,5 jak uvádí provozní evidence. Kanalizace v Přední Výtoni pravděpodobně nadměrně zatížena balastní vodou zejména ve stoce, která přivádí odpadní vodu z hotelu Aktiv. Kanalizace není součástí kanalizace obce, její trasa na obrázku níže byla přibližně zakreslena po konzultaci se starostou. Trasa vede souběžně v blízkosti potoka, riziko vnosu balastních vod je vysoké.



Obrázek 6.2.3 Odkanalizování obce Přední Výtoň

### 6.2.8 Lipový potok

Vnos fosforu je téměř výhradně tvořen přirozeným pozadím, v povodí se nevyskytují BZZ, vliv difuzních zdrojů je zanedbatelný. Vliv chovu dobytka nebyl zjištěn.

### 6.2.9 Pernecký potok

Podíl přirozeného pozadí je nízký, z antropogenních zdrojů je dominantní chov dobytka. Pastviny jsou identifikovány téměř v celé ploše povodí. Vodní toky jsou před vstupem dobytka zajištěné podle informací pracovníků NP Šumava. Vliv BZZ a difuzních zdrojů spíše nízký. Nad vlivem ČOV převyšuje odhadovaný vnos z odlehčování.



Obrázek 6.2.4 Pastviny v povodí Perneckého potoka



Obrázek 6.2.5 Další pastviny v povodí Perneckého potoka

#### 6.2.10 Bezejmenný potok (Maňava)

Obsahuje nejistoty. Podíl přirozeného pozadí je nízký, z antropogenních zdrojů je dominantní chov dobytka. Pastviny jsou identifikovány téměř v celé ploše povodí. Významný je vliv vypouštění ČOV. Vnos zjištěný na základě monitoringu z průzkumu 2012 má nízkou validitu.

#### 6.2.11 Bělský potok

Přirozené pozadí, difuzní zdroje a chov dobytka se podílejí přibližně stejným dílem na celkovém vnosu. BZZ se v povodí nevyskytují.

#### 6.2.12 Slatinný

Z antropogenních zdrojů je dominantní chov dobytka. Pastviny jsou identifikovány téměř v celé ploše povodí. Vliv BZZ a difuzních zdrojů nebyl zjištěn.



Obrázek 6.2.6 Pastviny v povodí Slatinného potoka

#### 6.2.13 Bezejmenný, Horní Planá

Zastavěné území je připojené na kanalizaci s ČOV, která ústí přímo do VN a je tedy součástí subpovodí mezipovodí LB; proto není součástí rozboru tohoto subpovodí. Na ostatní ploše tohoto povodí je vliv difuzních zdrojů nízký, vstup dobytka do vodních toků nebyl zjištěn.

#### 6.2.14 Ostřice

Z antropogenních zdrojů je dominantní chov dobytka. Pastviny jsou identifikovány po celé ploše povodí s výjimkou lesů. Vliv BZZ, odlehčování i difuzních zdrojů je zanedbatelný.



Obrázek 6.2.7 Pastviny v povodí Ostřice

#### 6.2.15 Bezejmenný, Karlovy Dvory

Obsahuje nejistoty. Výpočet difuzních zdrojů působí nadhodnoceně. Povodí je převážně zastavěno individuální zástavbou bez připojení na kanalizaci a ČOV. S ohledem na výsledek monitoringu byl odhad vnosu z difuzních zdrojů upraven, uvažuje se způsob nakládání septik/jímka v nové zástavbě, s redukcí 60 %, Autokemp Karlovy Dvory má jímku s vývozem. Informaci potvrdil provozovatel kanalizace.

#### 6.2.16 Olšina

Obsahuje nejistoty. Povodí je specifické vysokými koncentracemi přirozeného pozadí. Ty byly zjištěné v profilu 2980 (pravidelný monitoring PVL; data dostupná za rok 2020 a 2023). Vliv BZZ je nízký, ale ne zanedbatelný. Nejistoty jsou v hospodaření s nádrží, protože koncentrace pod nádrží jsou vyšší než v profilu nad nádrží. Je zjevné, že nádrž sama je zdrojem fosforu.

### 6.2.17 Černý potok (Černá v Pošumaví)

Obsahuje nejistoty. Z antropogenních vlivů je dominantní chov dobytka, pastviny jsou lokalizovány po celé ploše povodí, vstup dobytka do vodních toků nebyl zjištěn. K.ú. Černá v Pošumaví eviduje přes 700 DJ, nicméně katastrální území je rozlehlé a dělení DJ do jednotlivých pastvin a subpovodí sebou nese nejistotu. Zastavěné území je odkanalizováno na ČOV Černá v Pošumaví, která vypouští přímo do VN, proto není součástí rozboru tohoto subpovodí, ale je součástí mezipovodí LB. Difuzní zdroje jsou zanedbatelné.

### 6.2.18 Bezejmenný, Bližná

Obsahuje nejistoty. Z antropogenních vlivů je dominantní chov dobytka, pastviny jsou lokalizovány po celé ploše povodí, vstup dobytka do vodních toků nebyl zjištěn. K.ú. Černá v Pošumaví eviduje přes 700 DJ, nicméně katastrální území je rozlehlé a dělení DJ do jednotlivých pastvin a subpovodí sebou nese nejistotu. Vzhledem k ploše povodí a celkovému vnosu je významné také vypouštění ČOV a odlehčování. Difuzní zdroje nebyly zjištěny.

### 6.2.19 Lukavický potok

V letech 2023 a 2024 byl proveden monitoring kvality vody a sedimentů Pláničského rybníku, monitoring i vyhodnocení provedl Povodí Vltavy, státní podnik s cílem posoudit aktuální stav kvality vody a míru vlivu realizovaného rybářského hospodaření s ohledem na výskyt kriticky ohroženého druhu stulíku malého. Monitoring probíhal po dobu dvou let, jedenkrát měsíčně v profilech rybník-hráz, Lukavický potok-odtok, Lukavický potok-přítok, přítok „od jámy“, přítok od Muckova, přítok od Malého Kozího rybníku.

Ze závěrů monitoringu vyplývá<sup>14</sup>, že na základě zjištěné koncentrace hlavních živin, zejména pak celkového fosforu, se Pláničský rybník aktuálně nachází ve stavu pokročilé eutrofie. Průměrná koncentrace  $P_{\text{celk}}$  v sezóně 2023 byla 0,10 mg/l a v sezóně 2024 byla 0,08 mg/l. Průměrná koncentrace  $P_{\text{celk}}$  v Lukavickém potoce pod rybníkem byla v sezóně 2023 0,13 mg/l, resp. 0,09 mg/l v sezóně 2024. Koncentrace v rybníku i na odtoku jsou nižší než koncentrace v přítocích. Mezi zdroje, které zatěžují povodí živinami, tedy patří sám Pláničský rybník. Z přítoků do rybníka vycházel podle závěrů monitoringu nejhůře přítok od Muckova. Průměrná koncentrace byla 0,098 mg/l (2023), resp. 0,12 mg/l (2024). Maximální koncentrace byly 0,21 mg/l a 0,26 mg/l. Velmi vysoké byly i koncentrace fosforečnanového fosforu (průměrné 0,04 mg/l a 0,072 mg/l; maximální 0,064 mg/l a 0,13 mg/l). Mírně zvýšené byly také koncentrace amoniakálního dusíku, což napovídá, že zdrojem mohou být komunální odpadní vody z obce Muckov, případně plošné splachy z pastvin.

Ostatní přítoky, jakými jsou Lukavický potok a přítok od Jámy, měly ve srovnání s přítokem od Muckova a Malého Kozího rybníku průměrné koncentrace živin na přijatelné úrovni.

### 6.2.20 Náhlavský potok

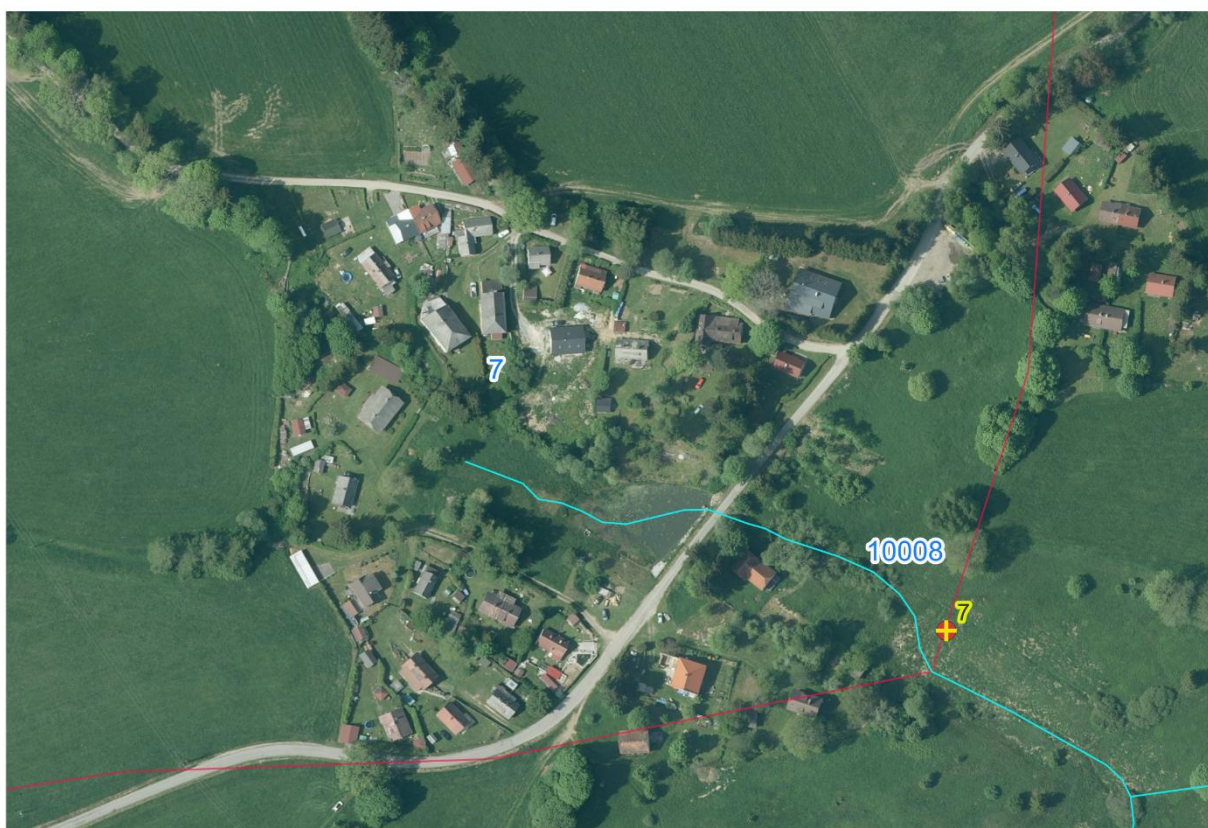
Obsahuje nejistoty. Dominantní antropogenní vliv je chov dobytka, významné jsou také difuzní zdroje. Nejistoty v určení vlivu chovu dobytka vychází z distribuce do jednotlivých pastvin. K.ú. Frymburk eviduje vůbec nejvyšší počet DJ (přes 1200); zároveň jde o rozlehlé k.ú., zahrnující několik

<sup>14</sup> Souhrn hlavních výsledků zjištěných v rámci monitoringu kvality vody a sedimentů Pláničského rybníku v letech 2023–2024, Ing. Jan Potužák, Ph.D., Povodí Vltavy, státní podnik, České Budějovice, 2024

subpovodí. Pastviny jsou v povodí Náhlovského potoka identifikovány po celé ploše. Nebyly zjištěny významné projevy vstupu dobytka do vodních toků, i když vyloučit je nelze. Vnos zjištěný monitoringem je na základě průzkumného monitoringu 2012, tedy má nízkou validitu.

### 6.2.21 Bezejmenný Posudov

Nebyly zjištěny pastviny v okolí vodního toku, dominantní antropogenní vliv jsou difuzní zdroje. Vypočtené hodnoty značně převyšují vnos zjištěný na základě monitoringu. Vliv může mít malá vodní nádrž mezi zastavěným územím a profilem monitoringu (viz Obrázek 6.2.8). Charakter zástavby nedává důvod předpokládat, že individuální nakládání s odpadní vodou by bylo nějak významně účinné. Rozdíl mezi vypočtenou a naměřenou hodnotou připisujeme retenci v nádrži.



Obrázek 6.2.8 Difuzní zdroj znečištění nepřípojené zástavby s možnou redukcí v návesním rybníku (Posudov)

### 6.2.22 Bezejmenný, Lojzovy Paseky I

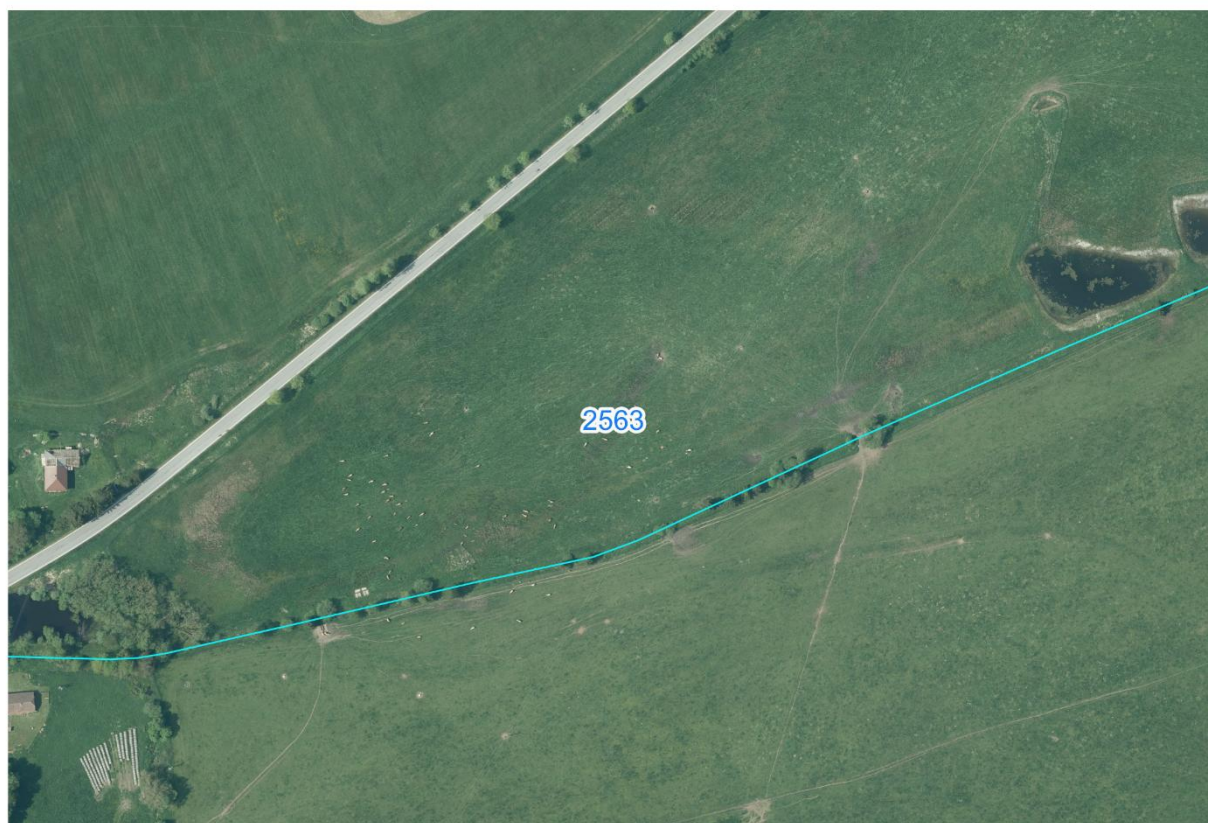
Obsahuje nejistoty. Malé, ale hustě zastavěné povodí v bezprostřední blízkosti nádrže; osu zástavby tvoří vodní tok, což představuje maximální riziko. Vypočtené hodnoty vnosu difuzního znečištění značně převyšují hodnoty zjištěné na základě průzkumného monitoringu 2024. Nicméně v případě sousedního povodí Lojzovy Paseky II vykazují hodnoty vypočtené a měřené poměrně dobrou shodu. Situaci lze vysvětlit buď výrazně vyšší kázní uživatelů v povodí Lojzovy Paseky I, nebo epizodním charakterem vypouštění zařízení pro individuální nakládání s odpadní vodou. V prvním případě by vypočtená hodnota skutečně měla odpovídat hodnotě na základě měření. V druhém případě je vypočtená hodnota reálná a pouze nebyla prokázána měřením.

### 6.2.23 Bezejmenný, Lojzovy Paseky II

Malé, ale hustě zastavěné povodí v bezprostřední blízkosti nádrže; osu zástavby tvoří vodní tok, což představuje maximální riziko. Vypočtené hodnoty se dobře shodují s hodnotami zjištěnými měřeními. Jde o značně vysoké hodnoty. Příčinou může být komplex apartmánů JAF Lipno Bungalovs, u kterého nejsou známy žádné informace o nakládání s odpadní vodou. Právě tak ale může jít o sumu vlivů z jednotlivých objektů individuální rekreaci.

### 6.2.24 Černý potok (Vřesná)

Významný vliv chovu dobytka může být nadhodnocen. Nejistotou je distribuce evidovaných DJ v katastru Frymburk do jednotlivých pastvin. Nicméně pastviny jsou evidované ve velkých blocích střední části povodí. Vliv BZZ není, vliv difuzních zdrojů je středně významný.



Obrázek 6.2.9 Pastviny v povodí Černého potoka (Vřesná)

### 6.2.25 Slupečný potok

Povodí tvoří zastavěná oblast obce Lipno nad Vltavou. V povodí se nachází ČOV Lipno nad Vltavou, ČOV vypouští přímo do VN, proto je vnos z BZZ započten do mezipovodí LB. Ostatní vlivy v povodí Slupečného potoka nejsou významné.

### 6.2.26 Bezejmenný, pod biologickým rybníkem dětského tábora (Nová Pec)

Kromě vodní nádrže neobsahuje povodí žádné antropogenní vlivy. Nádrž ale slouží jako biologický rybník k dočišťování odpadních vod z dětského tábora Přátelé dětí z.s. s kapacitou 240 lůžek v k.ú. Nová Pec. Naměřené koncentrace v období červenec až prosinec 2024 byly průměrně 0,31 mg/l s maximem 0,64 mg/l v srpnu a poklesem na 0,08 mg/l v prosinci. Čištění odpadní vod je v septicích s odtokem do tohoto biologického rybníka, ze kterého voda přepadá do vodoteče protékající lužním

lesem a končící v mokřadních pozemcích u nádrže mezi ústím Smrčinského potoka a náspem bývalé železnice vedoucí podél pobřeží nádrže. Vegetace na ovlivněných pozemcích sice nevykazuje výrazné známky znečištění či eutrofizace, ale s ohledem na bezprostřední blízkost VN je tento způsob čištění pro takto významný zdroj nevhodný.

### 6.2.27 Mezipovodí nádrže – levý břeh

Do této plochy řadíme mimo lokalizovaných difuzních zdrojů a oblastí s chovem dobytka také všechna evidovaná vypouštění, která vypouštějí přímo do VN Lipno. Jsou to následující vypouštění:

Tabulka 6.2.3 Přehled BZZ a odlehčování v mezipovodí LB

Název vypouštění	Průměrný vnos $P_{\text{celk}}$ [kg/rok] vypouštěním ČOV	Odhadovaný vnos $P_{\text{celk}}$ [kg/rok] odlehčováním
ČOV Lipno nad Vltavou	147,9	0
ČOV Horní Planá	185,5	70,91
ČOV Hůrka nádraží	11,8	NA
ČOV Černá v Pošumaví	56,5	21,21
ČOV Kovářov Junák	23,6	0,05
ČOV Frymburk	136	28,2
FONTÁNA HOTEL Hotel Fontána Hrdoňov	31,5	NA
LIPNO INVEST V Lakeside Village ČOV	24	0,13
Celkem	617	120,5

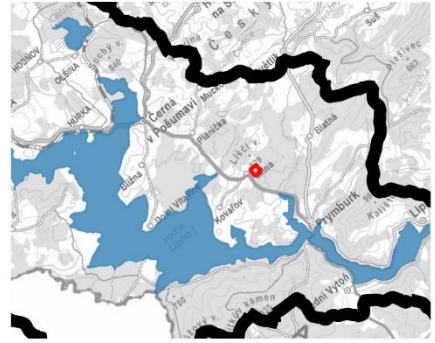
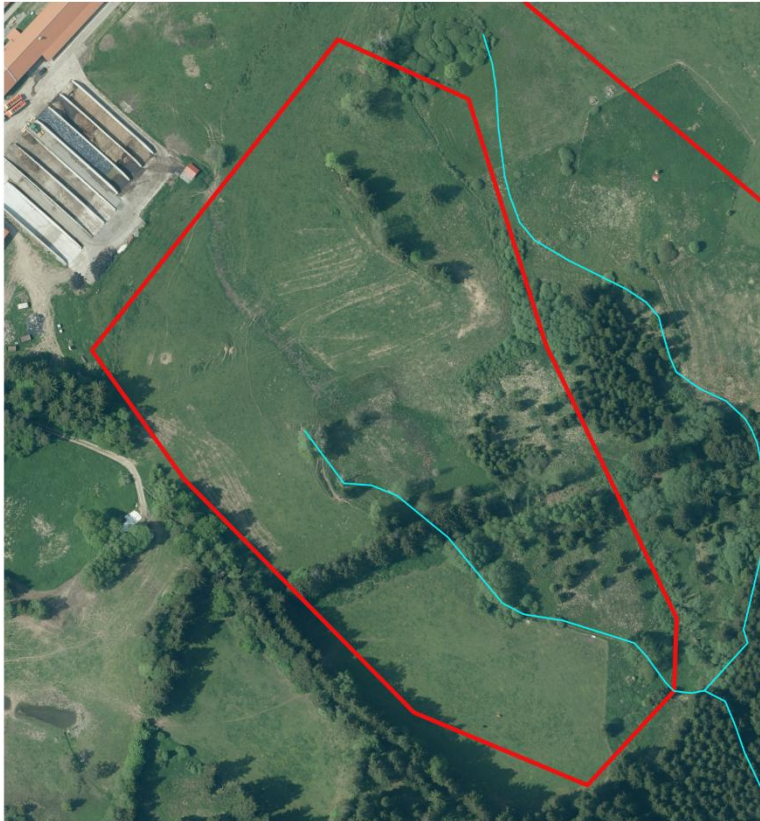
Významný vliv představuje také chov dobytka, i když tento vliv je zatížen značnou nejistotou, jednotlivá subpovodí levého břehu Lipna byla analyzována nad ortofotomapou a byly vybrány hlavní rizikové pastviny; rizikovost je závislá na poloze pastviny vůči vodnímu toku a projevech pohybu dobytka zjevných z ortofotomapy.



katastrální území Čerá v Pošumaví  
číslo polygonu 2



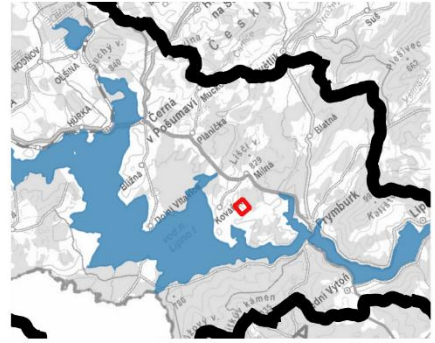
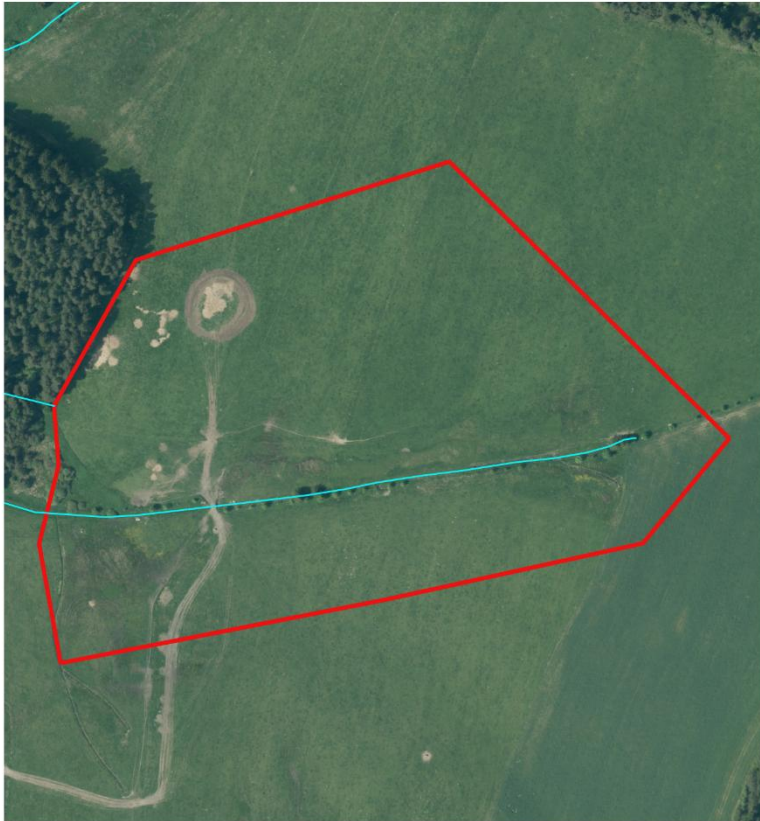
katastrální území Frymburk  
číslo polygonu 1



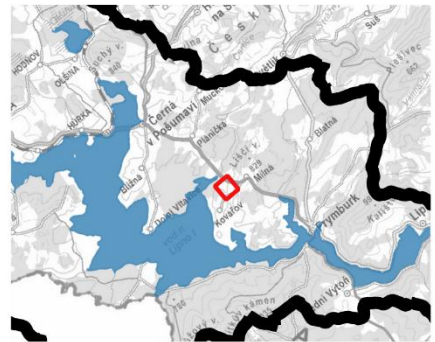
katastrální území Frymburk  
číslo polygonu 2



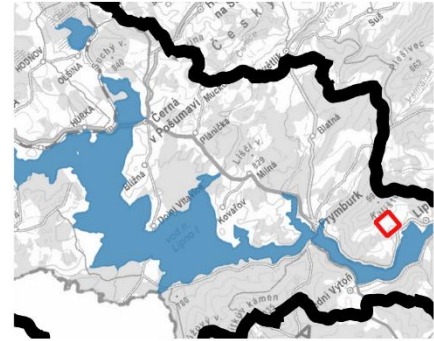
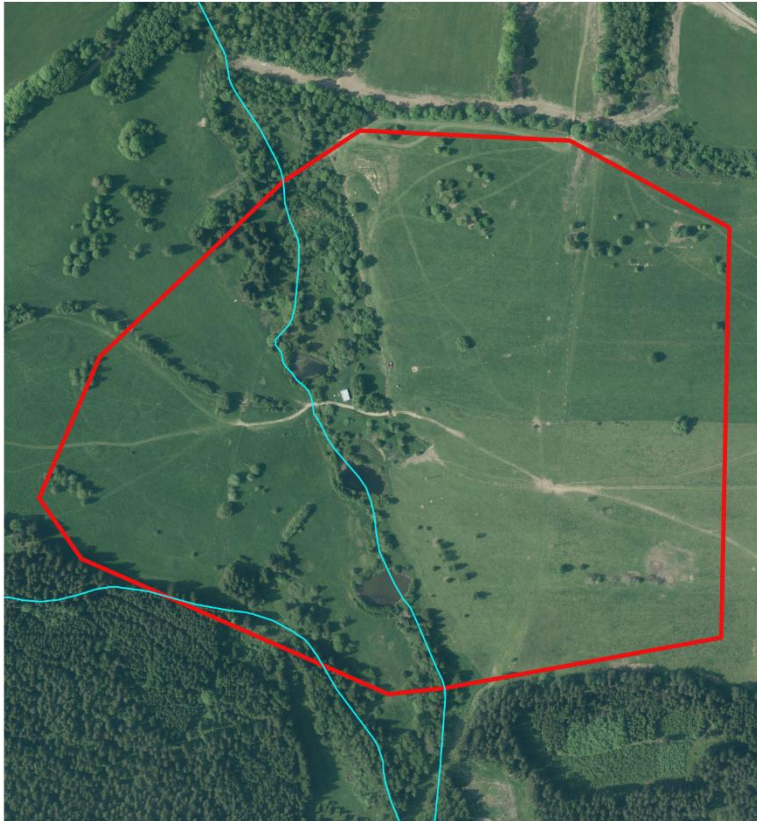
katastrální území Frymburk  
číslo polygonu 3



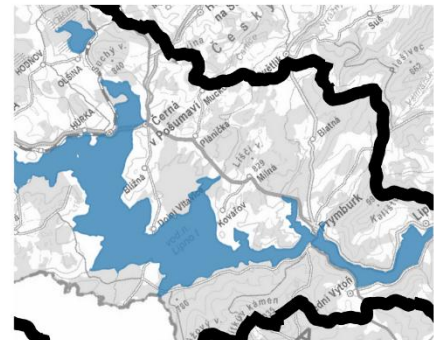
katastrální území Frymburk  
číslo polygonu 4



katastrální území Frymburk  
číslo polygonu 5



katastrální území Lipno nad Vltavou  
číslo polygonu 1



katastrální území Pernek  
číslo polygonu 1

Obrázek 6.2.10 Pastviny a pastviny s projevy rizikového hospodaření v mezipovodí LB

### Difuzní zdroje

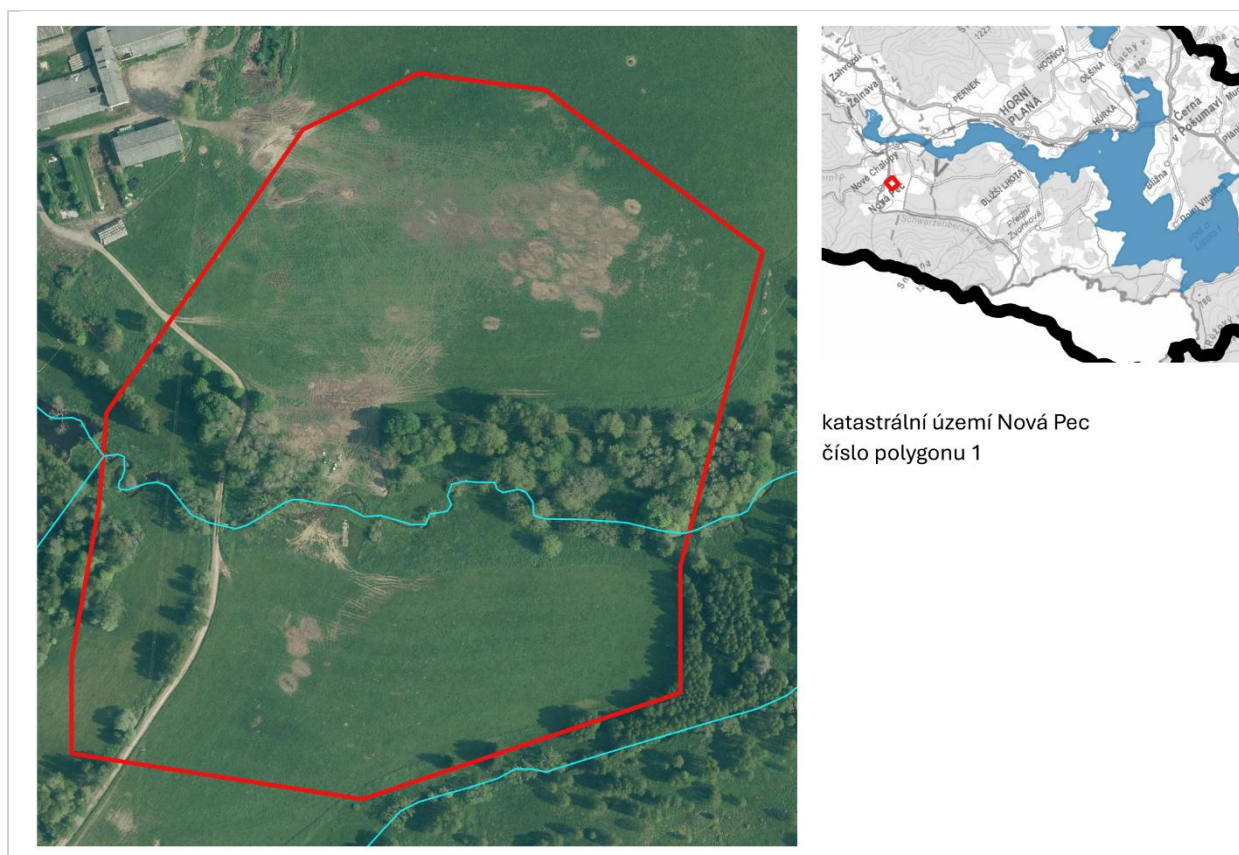
Difuzní zdroje v bezprostředním okolí nádrže hrají významnou roli zejména z hlediska biologicky dostupné formy fosforu. Maximální produkce živin z těchto zdrojů se navíc odehrává v letních

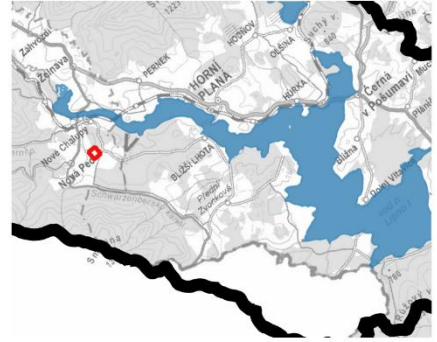
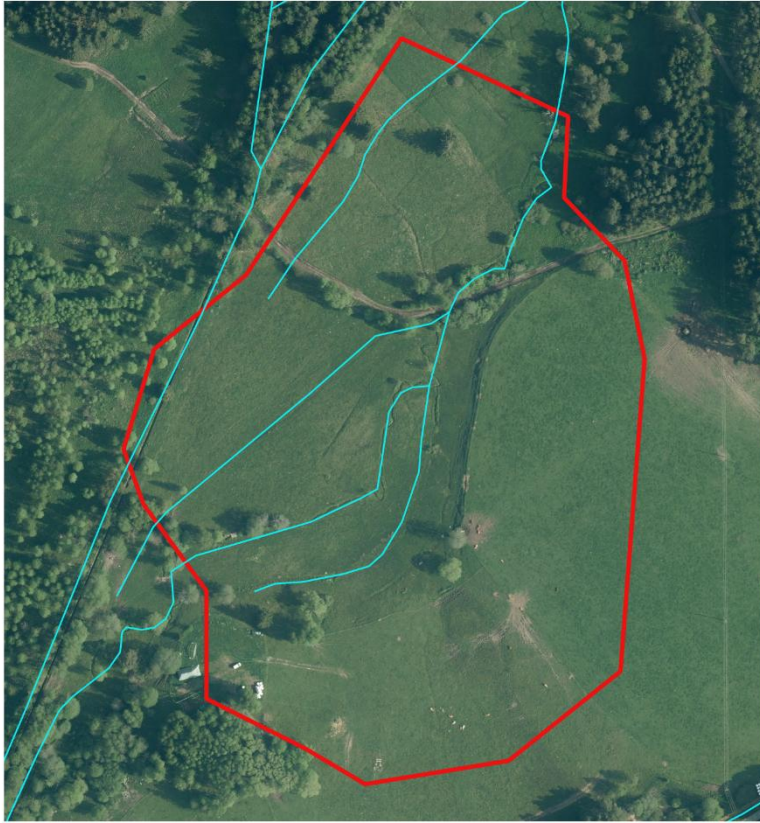
měsících, kdy v nádrži panují optimální podmínky pro rozvoj růstu sinic. Nejvýznamnější ohniska difuzního zatížení jsou Lojzovy Paseky, Radslav, Dolní Vltavice, Kovářovský kopec, Jenišov. Největší vnos byl vypočten ze subpovodí mezipovodí LB, Hrdoňov, Frymburk (přibližně 40 kg/rok), mezipovodí LB, Hůrka, Malé Lipno (asi 28 kg/rok).

#### 6.2.28 Mezipovodí nádrže – pravý břeh

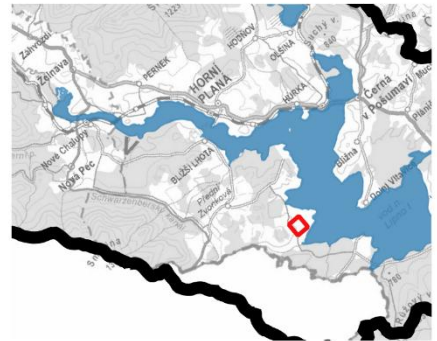
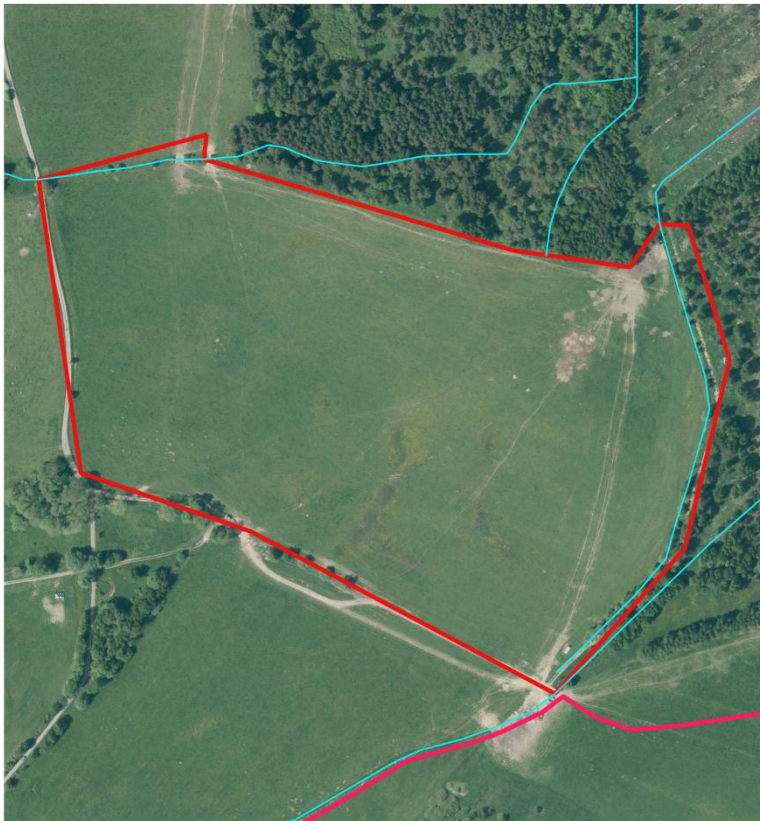
Z celkového vnosu je dominantní zdroj z přirozeného pozadí, v některých subpovodích je možné sledovat významný vliv chovu dobytka. Jedná se o Novopectký potok, mezipovodí, PB, Šešovec Bližší Lhota, mezipovodí PB, Račín. Subpovodí byla analyzována nad ortofoto mapou a byly lokalizovány hlavní rizikové pastviny. Rizikovost se odvíjí od polohy pastviny vůči vodnímu toku a stop dobytka vůči vodnímu toku.

Difuzní a bodové zdroje jsou zanedbatelné vzhledem k velikosti subpovodí.

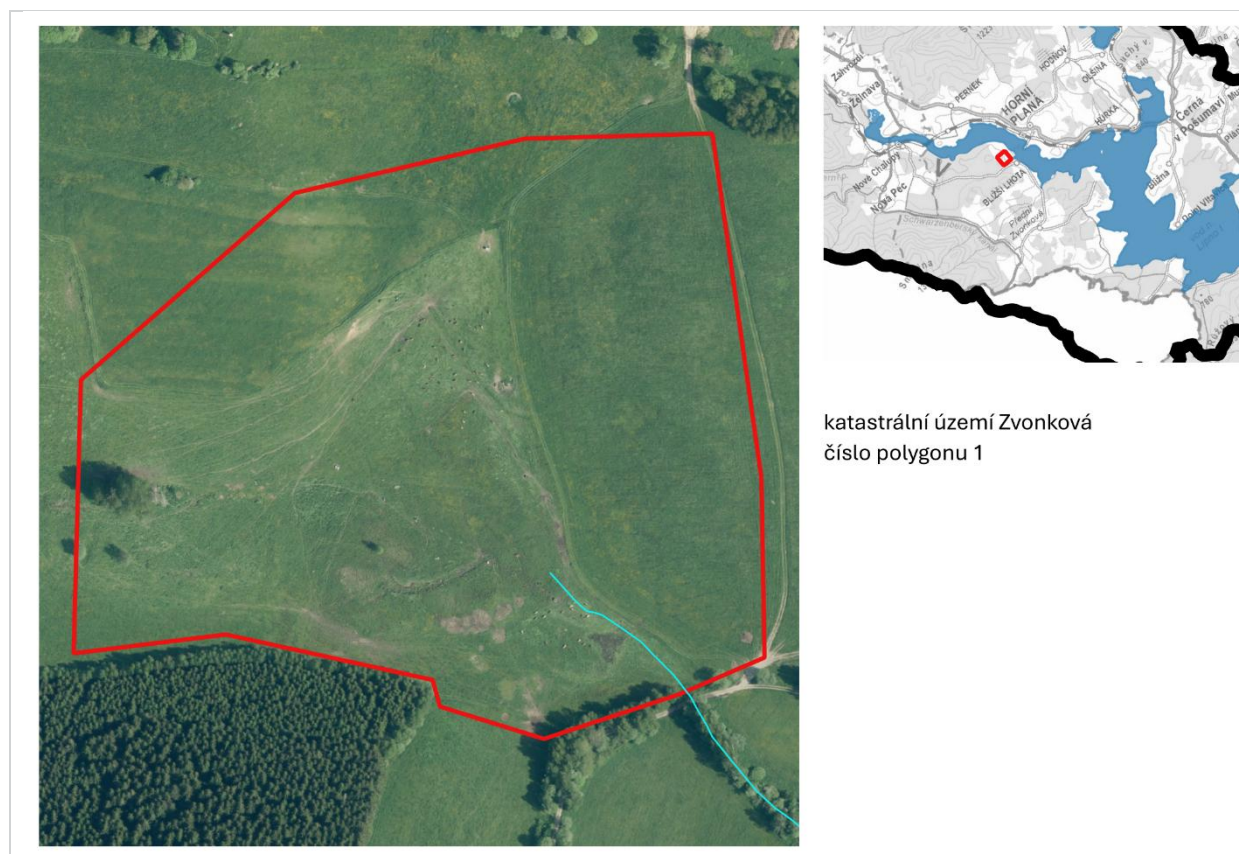




katastrální území Nová Pec  
číslo polygonu 2



katastrální území Pestřice  
číslo polygonu 1



Obrázek 6.2.11 Pastviny s projevy rizikového hospodaření v mezipovodí PB

## 7 Bilance výhledových zdrojů

Výhledovými zdroji rozumíme výhledové zdroje znečištění. Oblast bezprostředního okolí VN Lipno stejně jako širší oblast jejího povodí jsou žádaným rozvojovým územím. Stanovit počet stálých obyvatel a kapacitu rekreačních ubytování je zásadní otázkou pro stanovení výhledové bilance živin v nádrži. Druhý stejně důležitý cíl je zjistit, zda současná kapacita zejména čistíren stačí, nebo případně o kolik a kde je potřeba navýšit.

### 7.1 Podklady a metodika

Metodika předpokládá stanovení výhledových kapacit bydlení a ubytování na základě dvou hlavních parametrů. Za prvé rozloha rozvojových plocha (ha), za druhé hustota obyvatel nebo rekreačních na rozvojové ploše (obyv./ha). Vynásobením obou parametrů získáme výslednou hodnotu kapacit bydlení a ubytování v jednotlivých plochách.

#### 7.1.1 Odhad výhledových kapacit bydlení a ubytování podle regulativů v ÚP

Pro stanovení výhledových kapacit bydlení a ubytování v okolí vodní nádrže Lipno vycházíme z informací obsažených v územních plánech jednotlivých obcí. Klíčové je získání vrstvy zastavitelných ploch z územních plánů. K zastavitelným plochám je podle hlavních výkresů ÚP přiřazena agregovaná dílčí plocha. Rozlišujeme základní funkce zastavitelných ploch:

- Bydlení individuální
- Bydlení hromadné
- Rekreace individuální

- Rekreace hromadná
- Občanská vybavenost

Informaci o typu plochy z ÚP zachováme pro další použití.

### Regulativy v územních plánech

I když struktura územních plánů není vždy stejná, obvykle ÚP specifikuje podmínky využití zastavitelných ploch. Klíčový je regulativ **zastavitelnost**. Ta udává, jakou část plochy je možné zastavět nezpevněnými plochami a budovami. Druhý klíčový regulativ je **počet podlaží**. Tabulka 7.1.1 je výstupem rešerše územních plánů, zastavitelnost i počet podlaží neobsahují všechny sledované ÚP. Průměrně se zastavitelnost pohybuje okolo 40 až 50 %. Počet podlaží je obvykle omezen na 1 až 2, výjimkou je Lipno nad Vltavou, které dovoluje zástavbu vyšší.

Tabulka 7.1.1 Rešerše regulativů z ÚP

obec	kód využití plochy	limit podlaží	podkroví	maximální zastavitelnost	poznámka
Frymburk	SU	2	ano	50%	
	SV	2	ano	50%	
	SX	2	ano	50%	
	BI	1	ano	50%	
	BX	1	ano	50%	
	RU	2	ano	60%	
	RH	2	ano	40%	
	RI	1	ano	40%	
Horní Planá	OV				ÚP neuvádí specifikaci, nejspíš se jedná o ZŠ
	PR1	2	ne	15%	
	PR2	1	ano	25%	
	PR3	2	ano	35%	
	PR4	3	ne	35%	
	PR8	4	ne	100%	
Černá v Pošumaví	OU	2	ano	45%	
	BU	2	ano	35%	
	BU2	1	ano	35%	
	SU	2	ano	35%	
	RU	1	ano	35%	
Lenora	Bn	1	ano	35%	ÚP neuvádí, dle ÚP Stožec nejbliže "bydlení venkovské" 35%
	Sbo	1	ano	35%	ÚP neuvádí, dle ÚP Stožec nejbliže "smíšené obytné venkovské" 35%
	Sbp	1	ano	35%	ÚP neuvádí, dle ÚP Stožec nejbliže "smíšené obytné venkovské" 35%
	Rv	1	ano	45%	ÚP neuvádí, dle ÚP Stožec nejbliže "rekreace hromadná" 45%

obec	kód využití plochy	limit podlaží	podkroví	maximální zastavitelnost	poznámka
	Pz	0	ne		
	On	1	ano	30%	
	Os	0	ne	90%	ÚP neuvádí, dle ÚP Stožec "občanské vybavení sport" 90% (nejspíš by mohlo být pouze venkovní hřiště = 0% zastavitelnost?)
Stožec	SV	1	ano	35%	
	BV	1	ne	35%	v ÚP "Výšková hladina zástavby - výška objektu od terénu k okapní linii optimálně 2,7 m, max, 3,0 m", NP ani podkroví není specifikováno
	OS	1	ano	90%	
	OV	2	ano	45%	
	OK	2	ano	45%	
Lipno nad Vltavou	PR1	1	ano	15%	
	PR2	2	ano	20%	
	PR3	2	ano	25%	
	PR3*	1	ano	25%	
	PR4	3	ano	35%	
	PR5	4	ne	75%	
	PR6	4	ano	100%	
Nová Pec	bydlení v RD	2		35%	
	Občanské vybavení				
	rekreace pro sport				
Volary	B	2	ano	60%	
	O	1	ano	70%	
	Ox	2	ano	60%	
	S	2	ano	60%	

### Parametry pro odhad kapacit bydlení a ubytování

Tabulka 7.1.2 Základní parametry pro odhad kapacit bydlení a ubytování

Funkce plochy	zastavěná plocha využitelná k ubytování nebo bydlení [%]	plocha 1 ubytovací jednotky [m <sup>2</sup> ]	osob ubytovací jednotku
bydlení individuální	50 %	150	3,5
občanské vybavení	50 %	specifické	specifické
rekreace hromadná	60 %	40	5
rekreace individuální	60 %	70	5
bydlení hromadné	60 %	70	3,5

## Metoda výpočtu

Počet obyvatel nebo ubytovaných na jednotlivých plochách zjistíme výpočtem počtu bytů nebo ubytovacích jednotek.

1. Zastavitelnou plochu nejprve násobíme zastavitelností (dle ÚP), následně uvažujeme pouze část zastavěného území vhodnou pro pobyt osob (zastavěná plocha využitelná k ubytování). Tuto obytnou plochu násobíme počtem podlaží, kde podkroví uvažujeme jako 0,5 podlaží,
2. Výslednou obytnou plochu dělíme plochou ubytovací jednotky, tím zjistíme počet bytů, nebo ubytovacích jednotek.
3. Nakonec vynásobíme počet bytů počtem osob na ubytovací jednotku.

### 7.1.2 Limity z hlediska nakládání s OV

Nejvýznamnější rozvojové lokality jsou ve správních územích obcí Frymburk, Horní Planá, Černá v Pošumaví a Lipno nad Vltavou. Níže je uvedeno, co lze dohledat v textových částech územních plánů v souvislosti s limity nebo podmínkami výstavby na rozvojových plochách s ohledem na nakládání s OV.

#### ÚP Frymburk

Výstavbu v plochách Z.9.1a, Z.9.2 a Z.9.3a lze realizovat až po výstavbě a zahájení provozu ČOV pro sídlo Hrdoňov, včetně souvisejících sítí technické infrastruktury.

Pro plochy Z.13a a Z.13b je sice uvedena jiná podmínka (biologické hodnocení nebo posouzení vlivů na životní prostředí – EIA), ale není zde zmíněna ČOV.

#### ÚP Horní Planá

ÚP Horní Planá zmiňuje výstavbu nových ČOV, ale nespecifikuje podmínky výstavby limitované realizací a uvedením do provozu ČOV. Dokument uvádí záměr převedení odpadních vod z lokalit Stará Hůrka, Nová Hůrka a Karlovy Dvory na centrální ČOV v Horní Plané, přičemž stávající ČOV v některých osadách mají být zrušeny a nahrazeny přečerpávacími stanicemi. Dále se plánuje výstavba nové ČOV v Perneku a Hodňově a intenzifikace stávající ČOV Horní Planá. Pro oblasti Bližší Lhota a Přední Zvonková jsou navrženy lokální ČOV. Tyto záměry jsou však prezentovány jako součást koncepce technické infrastruktury, nikoli jako závazné podmínky pro zahájení výstavby v dotčených lokalitách.

#### ÚP Černá v Pošumaví

Pro plochy nové zástavby obecně platí, že stavby musí být napojeny na kanalizaci pro veřejnou potřebu, pokud je to technicky možné a ekonomicky přijatelné.

V lokalitě Z.9 (BU, SU, OS a PU) bude regulačním plánem stanoveno:

Bude stanovovat podmínku napojení na centrální kanalizaci a vodovod. Tato podmínka se týká nově navrhované výstavby, kde je požadováno, aby byla zajištěna technická infrastruktura včetně kanalizace a ČOV.

Pro plochu Z:34-OU, stanovuje podmínku napojení na kanalizační systém obce, řešeno regulačním plánem.

RP.4 (Radslav), stanovuje podmínku odkanalizování na velkou obecní ČOV v Černé v Pošumaví.

Muckov, výstavba nové ČOV v jižní části sídla.

Černá v Pošumaví (jižní část) Nová ČOV, stávající ČOV přeměněna na čerpací stanici.

Obecně lze po prostudování příslušných územních plánů konstatovat, že podmínky výstavby by měly být přesnější, co se týče nakládání s odpadní vodou. Více preferovat centralizaci čištění odpadních vod a omezovat počet menších vypouštění u kterých je obtížnější kontrola i vymahatelnost potřebné kvality odtoku. Rozvojové lokality by měly ve větší míře mít zpracované regulační plány. Tuto problematiku bude nutné řešit v návrhové části.

### 7.1.3 Odhad výhledových kapacit bydlení a ubytování podle vzorových lokalit

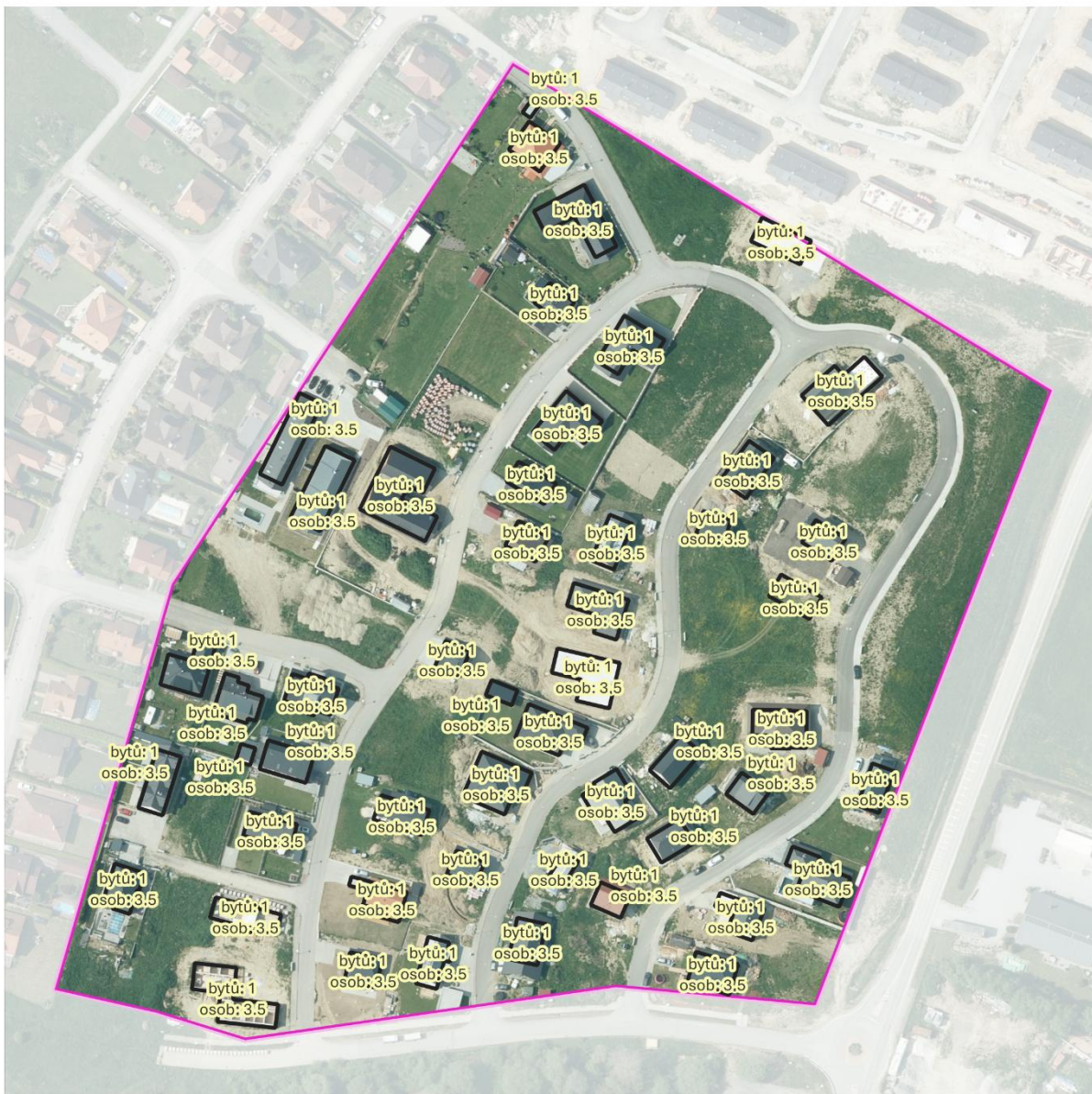
V okolí VN Lipno byly vybrány vzorové lokality s existující zástavbou, výběr lokalit byl proveden tak aby pokud možno zahrnoval různé typy zástavby, individuální bydlení, hromadné bydlení, hromadná rekreace. Vzorové lokality byly vybírány mezi novou zástavbou, tedy do výběru nejsou zařazeny lokality chatových osad, protože tento typ zástavby je dnes již zastaralý. Plocha s funkcí rekreace individuální nebyla nikde identifikována, ukázalo se, že mnohem reálnější je zástavba pro individuální bydlení s častým výskytem budov poskytujících ubytování. Pro každou vzorovou lokalitu sledujeme celkovou plochu, plochu zastavěnou budovami k bydlení nebo rekreaci. Počet ubytovacích jednotek a osob bydlících nebo ubytovaných je sledován pro každou budovu: Následně jsou data vyhodnocována pro jednotlivé vzorové plochy.



vzorová lokalita	<b>Černá v Pošumaví</b>
funkce lokality	<b>bydlení individuální</b>
plocha lokality [ha]	<b>3.5</b>
plocha budov [m2]	<b>5222.1</b>
zastavěnost [%]	<b>15</b>
průměrný počet NP	<b>1.5</b>
průměrná plocha budovy [m2]	<b>111.1</b>
obyvatel na ha	<b>47.3</b>



vzorová lokalita	<b>Frymburk I</b>
funkce lokality	<b>bydlení individuální</b>
plocha lokality [ha]	<b>2.1</b>
plocha budov [m2]	<b>2818.5</b>
zastavěnost [%]	<b>13.2</b>
průměrný počet NP	<b>1</b>
průměrná plocha budovy [m2]	<b>148.3</b>
obyvatel na ha	<b>31.1</b>



vzorová lokalita	<b>Frymburk II</b>
funkce lokality	<b>bydlení individuální</b>
plocha lokality [ha]	<b>6.3</b>
plocha budov [m2]	<b>7625.5</b>
zastavěnost [%]	<b>12.1</b>
průměrný počet NP	<b>2</b>
průměrná plocha budovy [m2]	<b>149.5</b>
obyvatel na ha	<b>28.4</b>



vzorová lokalita	<b>Frymburk III</b>
funkce lokality	<b>bydlení individuální</b>
plocha lokality [ha]	<b>4.5</b>
plocha budov [m2]	<b>5920.7</b>
zastavěnost [%]	<b>13.2</b>
průměrný počet NP	<b>1.5</b>
průměrná plocha budovy [m2]	<b>116.1</b>
obyvatel na ha	<b>39.7</b>





vzorová lokalita	<b>Kobylnice</b>
funkce lokality	<b>bydlení individuální s apartmány</b>
plocha lokality [ha]	<b>3</b>
plocha budov [m2]	<b>8744.5</b>
zastavěnost [%]	<b>29.2</b>
průměrný počet NP	<b>1</b>
průměrná plocha budovy [m2]	<b>106.6</b>
obyvatel na ha	<b>109.4</b>



vzorová lokalita	<b>Větrník</b>
funkce lokality	<b>rekreace hromadná</b>
plocha lokality [ha]	<b>3</b>
plocha budov [m2]	<b>4638.4</b>
zastavěnost [%]	<b>15.3</b>
průměrný počet NP	<b>1.5</b>
průměrná plocha budovy [m2]	<b>84.3</b>
obyvatel na ha	<b>128.6</b>



vzorová lokalita	<b>Lipno Marína</b>
funkce lokality	<b>bydlení hromadné</b>
plocha lokality [ha]	<b>3.7</b>
plocha budov [m2]	<b>6297.7</b>
zastavěnost [%]	<b>17.2</b>
průměrný počet NP	<b>3</b>
průměrná plocha budovy [m2]	<b>1049.6</b>
obyvatel na ha	<b>78.7</b>

Z analýzy vzorových lokalit vyplývá, že zastavitelnost budovami pro bydlení obvykle nepřesáhne 20 %. Skutečná zástavba obvykle nevyužívá maximum dovoleného územním plánem. Počet obyvatel v plochách pro bydlení je volen 3,5. V budovách, které nabízejí ubytování je ubytovací kapacita vyšší až 6 osob na byt. Tyto informace lze veřejně zjistit například na stránkách mapy.com.

Ze vzorových lokalit byl stanoven parametr osob/ha následujícím způsobem:

Bydlení individuální, jako průměr z ploch Frymburk I, II, III, Černá v Pošumaví

Funkce	Vzorové plochy	Osob/ha
Bydlení individuální	průměr z ploch Frymburk I, II, III, Černá v Pošumaví	<b>36,3</b>
Bydlení individuální s apartmány	Průměr ploch Kobylnice, Frymburk IV	<b>98,4</b>
Rekreace hromadná	Jako plocha Větrník, Lipno Marína	<b>103,6</b>
Bydlení hromadné	Jako Frymburk IV, Lipno Marína	<b>83</b>

#### 7.1.4 Výsledek odhadu výhledových kapacit bydlení a ubytování

Obec	odhad podle regulativů ÚP	Odhad podle vzorových lokalit
Černá v Pošumaví	2 039	3 111
Frymburk	10 210	3 467
Horní Planá	2 832	4 363
Lenora	444	798
Lipno nad Vltavou	10 554	3 973
Loučovice	381	676
Nová Pec	1 803	2 544
Přední Výtoň	533	702
Stožec	194	348
Volary	958	980
Želnavá	210	378
<b>Celkem</b>	<b>30 158</b>	<b>21 340</b>

#### 7.1.5 Odhad vlivu výhledových kapacit bydlení a ubytování na vnos fosforu do povodí VN Lipno

Maximální kapacity bydlení a ubytování představují výhledové navýšení produkce fosforu v povodí VN Lipno. Stejně jako u stávajících zdrojů nebudeme uvažovat stálou plnou naplněnost. Předpokládáme maximální naplněnost 90 % a měsíční nerovnoměrnost zjištěnou podle spotřeby vody v referenční RVS (viz 4.5.2). Produkce fosforu je stejně jako u stávajících zdrojů uvažována 2,4 g/EO/den.

Vnos celkového fosforu je redukován o účinnost uvažovaného způsobu nakládání s odpadní vodou. ve významných rozvojových plochách na levém břehu nádrže. Lokality Kovářov, Dolní Vltavice, Radslav, Bližná, Mokrá a Karlovy Dvory patří k nejvýznamnějším rozvojovým plochám a nejsou prozatím připojené na žádnou z existujících ČOV. Můžeme předpokládat 2 možnosti:

**1. možnost** předpokládá řešení ploch domovními ČOV nebo lokálními ČOV pro dílčí lokality, ale bez zajištění odborného provozu nebo srážení fosforu, přitom ale plně v souladu s platnou legislativou. Uvažovaná účinnost na  $P_{\text{celk}}$  50 %.

**2. možnost** uvažuje s připojením hlavních rozvojových ploch v mezipovodí LP na některou ze stávajících ČOV účinnost na  $P_{\text{celk}}$  je mezi 90 a 95 %. Mimo povodí těchto stávajících centrálních ČOV předpokládá nastavení takových podmínek, které nepřipustí výstavbu bez zajištění minimální účinnosti odstraňování fosforu 90 %.

Ostatní rozvojové plochy jsou připojené na některou ze stávajících ČOV, nebo je uvažováno s individuálním nakládáním s OV.

Tabulka 7.1.3 Navýšení kapacit ubytování a bydlení, navýšení LO  $P_{\text{celk}}$  a  $P\text{-PO}_4$  za předpokladu horší účinnosti odstraňování fosforu v rozvojových lokalitách

Název povodí	výhledový nárůst kapacity bydlících a ubytovaných (osob)	vnos $P_{\text{celk}}$ (kg/rok)	vnos $P\text{-PO}_4$ (kg/rok)
Vltava	3 166	639	500
mezipovodí LB	11 286	1 435	1 115
mezipovodí PB	2 332	346	260
Olšina	196	36	28
Jezerní potok	552	111	87
Hamerský potok	66	13	11
Černý potok (Vřesná)	54	17	14
Lukavický potok	261	66	53
Pernecký potok	25	5	4
Náhlovský potok	185	12	9
Ostřice	160	25	20
Pestřice	7	2	1
Smrčinský potok	0	0	0
Bezejmenný, Maňava	49	4	3
Slatinný potok	106	6	4
Výtoňský potok	376	36	24
Černý potok (Černá v Pošumaví)	368	13	9
Lipový potok	134	27	22
bezejmenný, Horní Planá	360	22	14
bezejmenný Bližná	27	1	0
Bělský potok	183	54	44
bezejmenný, pod biologickým rybníkem, dětský tábor	0	0	0
Slupečný potok	1 176	23	15
bezejmenný, Lojzovy Paseky II	21	4	4
bezejmenný, Lojzovy Paseky I	0	0	0
Bezejmenný, Karlovy Dvory	499	30	19
Bezejmenný, Posudov	18	4	3
<b>celkem</b>	<b>21 607</b>	<b>2 931</b>	<b>2 262</b>

Tabulka 7.1.4 Navýšení kapacit ubytování a bydlení, navýšení LO  $P_{\text{celk}}$  a  $P\text{-PO}_4$  za předpokladu lepší účinnosti odstraňování fosforu v rozvojových lokalitách

Název povodí	výhledový nárůst kapacity bydlících a ubytovaných (osob)	vnos $P_{\text{celk}}$ (kg/rok)	vnos $P\text{-PO}_4$ kg/rok
Vltava	3 166	196	144
mezipovodí LB	11 286	533	383
mezipovodí PB	2 332	120	86
Olšina	196	8	6
Jezerní potok	552	32	24
Hamerský potok	66	3	2
Černý potok (Vřesná)	54	3	3
Lukavický potok	261	13	11
Pernecký potok	25	2	1
Náhlovský potok	185	9	6
Ostřice	160	8	6
Pestřice	7	0	0
Smrčinský potok	0	0	0
Bezejmenný, Maňava	49	2	1
Slatinný potok	106	6	4
Výtoňský potok	376	29	18
Černý potok (Černá v Pošumaví)	368	19	12
Lipový potok	134	6	4
bezejmenný, Horní Planá	360	21	14
bezejmenný Bližná	27	1	0
Bělský potok	183	11	9
bezejmenný, pod biologickým rybníkem, dětský tábor	0	0	0
Slupečný potok	1 176	45	29
bezejmenný, Lojzovy Paseky II	21	1	1
bezejmenný, Lojzovy Paseky I	0	0	0
Bezejmenný, Karlovy Dvory	499	30	19
Bezejmenný, Posudov	18	1	0
<b>celkem</b>	<b>21 607</b>	<b>1 098</b>	<b>784</b>

## 8 Závěr analytické části

Nádrž Lipno lze z hlediska kvality vody charakterizovat jako mezotrofní až eutrofní nádrž s pravidelným výskytem vodního květu sinic v letním období. Limitujícím prvkem pro růst fytoplanktonu je fosfor a zejména fosfor v biologicky dostupné formě  $P\text{-PO}_4$ .

Kvalita vody se během sledovaných let 2000–2025, ze kterých jsou dostupné validní údaje, měnila jen velmi málo. V rozhodujících parametrech (koncentrace  $P_{\text{celk}}$ , koncentrace chlorofylu-a a průhlednost) jsou patrné nevýrazné dlouhodobé změny, ale značné sezónní cyklické kolísání. Koncentrace  $P_{\text{celk}}$  měly nejnižší průměrné roční hodnoty v letech 2005 až 2009 (0,021–0,030 mg/l), kdežto v obdobích dříve i později byly vyšší (0,031–0,038 mg/l). Koncentrace chlorofylu-a dosahovaly relativně nejnižších hodnot mezi roky 2009–2014, kdežto předtím a v následných letech byly vyšší, s maximálními ročními hodnotami až nad 40  $\mu\text{L}$ . Průhlednost, která je úměrná jednak barvě vody dané množstvím huminových látek původem z povodí, a jednak množstvím fytoplanktonní biomasy, byla nejvyšší v letech 2006 až 2011 (roční průměry 1,9 až 2,1 m), předtím i potom byla nižší (roční průměry 1,3 až 1,9 m).

Biomasa fytoplanktonu i koncentrace chlorofylu-a v lipenské nádrži v posledních dvou dekadách soustavě rostou, což naznačuje rostoucí trofii, kterou dále umocňuje vliv klimatické změny. Sinice, tvořící většinu biomasy v letních a podzimních měsících, stále častěji zahrnují potenciálně toxické druhy. Všechny monitorovací programy, tj. PVL, KHES JČK a HBÚ, potvrzují v období 2006–2024 nárůst trofických parametrů a pokles průhlednosti vody, což znamená zvýšené riziko rozvoje vodních květů, zejména s ohledem na oteplování a delší stratifikaci.

Přísun celkového fosforu do nádrže Lipno z povodí byl v období 2019–2024 cca 22,3 tun za rok. Toto množství je tvořeno přibližně ze 70 % (15 562 kg) přirozeným pozadím. 8 % (1 733 kg) přisuzujeme vlivu chovu dobytka, 9 % (2 049 kg) vypouštění z centrálních ČOV v celém povodí. 7 % (1 742 kg) přisuzujeme difuzním zdrojům a domovním ČOV. Přibližně 2 % (454 kg) odlehčování kanalizační sítě. Sportovní rybolov se podílí z asi 3 % (750 kg). Z hlediska živinového potenciálu pro vodní květ podstatný fosforečnanový fosfor má roční vnos do nádrže stanoven na 9 144 kg. Přitom přirozené pozadí ho tvoří z asi 49 % (4 520 kg). 11 % (966 kg) přisuzujeme vlivu chovu dobytka, 15 % (1 331 kg) vypouštění z centrálních ČOV v celém povodí. 14 % (1 287 kg) přisuzujeme difuzním zdrojům a domovním ČOV. Přibližně 4 % (365 kg) odlehčování kanalizační sítě. Sportovní rybolov se podílí z asi 7 % (675 kg). Fosforečnanový fosfor má během transportu povodím tendenci přecházet do jiných (méně reaktivních forem fosforu); patrné to je na součtovém schématu povodí Vltavy nad Lipnem. Bilance celkového fosforu je stabilní. Pro vnos celkového fosforu proto nehraje zásadní roli, zda je zdroj blízko nádrže nebo dál v povodí. Pro vnos fosforu ve fosforečnanové formě je vzdálenost důležitá a podtrhuje význam zdrojů v blízkosti nádrže.

Vedle externích zdrojů fosforu je během letního období významným zdrojem fosforu i uvolňování fosforu ze sedimentů v nádrži. V letním období dochází k vytvoření anoxických podmínek nade dnem, které umožňují uvolňování fosforu ze sedimentů do vodního sloupce. Množství uvolněného fosforu ze sedimentu odhadujeme na 4–8 t za letní období.

Význam vlivu chovu dobytka je překvapivý, nicméně prozatím je potřeba tato čísla brát jako neověřená. Produkce živin dobyt看em v povodí VN Lipno je prokazatelně vysoká, nejistoty panují na straně přenosu živin z pastviny do vodního prostředí. Průzkumný monitoring zaměřený na vliv chovu dobytka bude pokračovat i během zpracování návrhové části a výsledky celkové bilance budou průběžně aktualizovány během roku 2026.

Evidované bodové zdroje znečištění (vypouštění z ČOV) se v celkové bilanci projevuje devíti procenty, tj. vypouštějí cca 2,05 tuny celkového fosforu ročně. Je to výrazně méně, než kolik by ČOV vypouštěly, kdyby se striktně řídily jen plněním legislativních povinností. Zejména velké obecní ČOV vypouštějí ří vody přímo do nádrže dosahují výrazně lepší účinnosti, než požadují legislativní povinnosti. Přesto

množství vypuštěného fosforu je pro celkovou bilanci důležité a bude složité a velmi nákladné hledat prostor pro další snížení vnosu z tohoto typu zdroje.

Vliv difuzních zdrojů (zastavěných oblastí s objekty nepřipojenými na kanalizaci) nelze přesně měřit; přísun fosforu z těchto zdrojů je na základě ve zprávě popsané metodiky odhadnut na 692 kg za rok, přičemž největší část pochází z objektů v bezprostřední blízkosti nádrže. Lze pouze konstatovat, že většina z nich neodstraňuje odpadní vody v souladu s předpisy.

Vliv domovních ČOV je odhadnut 1 050 kg za rok. Průzkumný monitoring prokázal, že v některých lokalitách odtékají odpadní vody do nádrže Lipno prakticky bez čištění. Jako důležitý rizikový faktor se pro oba typy nevidovaných komunálních zdrojů ukazuje přítomnost vodního toku, drenáže, zatrubněného vodního toku nebo jiné preferenční cesty, která může urychlit transport uniklých odpadních vod do nádrže.

Vývozy odpadních vod z jímek v celém povodí nádrže Lipno dosahují pouze 12 000 m<sup>3</sup> odpadní vody za rok, což je maximálně 12 % předpokládané produkce (103 423 m<sup>3</sup>), respektive 4,2 % pokud odhadovanou produkci odpadních vod porovnáváme pouze s objemem externích vod vyvezených na ČOV v bližším okolí nádrže. Z této základní rozvahy lze usuzovat, že většina vyprodukovaných odpadních vod není vyvezena na žádnou ze spádových ČOV. Téměř ve všech drobných přítocích do nádrže Lipno jsou koncentrace  $P_{\text{celk}}$  řádově vyšší než v přítocích Vltavy nad nádrží. Kontaminace odpadní vodou byla prokázána monitoringem ve studních.

Z bilance výhledových zdrojů vyplývá, že Lipensko se bude dále stavebně rozvíjet a produkce odpadních vod bude narůstat. Rozvojové plochy v územních plánech obcí v blízkosti nádrže dovolují vznik tisíců nových kapacit pro bydlení a ubytování. Analogií se stávající zástavbou a na základě v územních plánech uvedených regulativů lze v rozvojových plochách očekávat okolo 20 tisíc nových kapacit pro bydlení nebo ubytování. Reálně dosažitelné číslo bude pravděpodobně nižší, protože prosazování záměrů v CHKO podléhá přísným pravidlům, nicméně samotná rozloha součtu všech rozvojových ploch je velmi významný ukazatel a bude klást velké nároky na povolovací činnost stavebních a vodoprávních úřadů. Stavební záměry musí mít zajištěno čištění odpadních vod s minimální účinností 90 % odstraňování fosforu se zajištěním odborného provozu a fungujícím systémem kontrol.

Rámcová vodní směrnice stanovuje pro všechny vodní útvary ve členských zemích dva cíle, zaprvé nezhoršení, za druhé dosažení dobrého ekologického potenciálu. Přitom ekologický potenciál je hodnocen na základě mediánové hodnoty tříletého monitorovacího cyklu. V návrhové části studie bude nezbytné navrhnout opatření, která zabrání zhoršování ekologického stavu nádrže, tedy zabrání zvyšování koncentrace celkového fosforu i fosforu v biologicky dostupné formě ve všech sledovaných profilech

Podle cílů přijatých Českou republikou podle RSV je dobrý ekologický potenciál VN Lipno vyjádřen hodnotou 0,015 mg/l. Snížit průměrnou koncentraci v nádrži na tuto hodnotu by podle modelované predikce znamenalo snížit vnos fosforu do nádrže o 2,9 t/rok, přičemž nejistota predikovaného množství je až 900 kg/rok. Je proto potřeba tuto hodnotu vnímat spíše jako směrnou než přesnou hodnotu. Jde o obtížný a nákladný úkol s nejistým výsledkem. Je proto na místě si pokládat otázku, zda je dosažení dobrého stavu reálně možné. Zda je to možné alespoň v teoretické rovině, bude řešeno v návrhové části této studie.

Nemožnost dosažení dobrého ekologického potenciálu je podle RSV nutno řešit výjimkou. Splnění cílů dobrého ekologického stavu nebo potenciálu mělo být pro všechny vodní útvary ve členských státech dosaženo k roku 2015, po tomto roce mají všechny nesplněné cíle navrženou takzvanou výjimku. Pro VN Lipno připadá v úvahu výjimka podle článku 4(4) prodloužení lhůt s odůvodněním přírodních podmínek. Zejména z důvodu náročnosti navrhovaných opatření a nutnosti realizovat opatření po etapách, ale také z důvodu vysokého vnitřního zatížení nádrže sedimentem, vysokého přirozeného pozadí a dlouhé setrvačnosti ekosystému nádrže. Další možností je výjimka podle článku 4(5), méně přísný cíl, s odůvodněním technické neproveditelnosti, pokud se ukáže, že ani při maximálním úsilí technickém a ekonomickém nelze požadovaného cíle dosáhnout.

Nakonec, lze uvažovat také o změně typologie nádrže s ohledem na hraniční nadmořskou výšku okolo 700 m n.m. a hraniční kritérium hloubky.

## 9 Literatura

Borovec J., Hejzlar J., Znachor P., Nedoma J., Čtvrtlíková M., Blabolil P., Říha M., Kubečka J., Ricard D., Matěna J., 2013: Metodika pro hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých vodních útvarů – kategorie jezero. Biologické centrum AV ČR, v.v.i., České Budějovice, 35 s.

Brandl Z., 1973a: Relation between the amount of net zooplankton and depth of station in the shallow Lipno Reservoir. In: Hydrobiological Studies 3, J. Hrbáček, M. Straškraba, Eds., Academia, Prague 1973, str. 7–51.

Brandl Z., 1973b: Horizontal distribution of some chemical and physical characteristics in Lipno Reservoir. In: Hydrobiological Studies 3, J. Hrbáček, M. Straškraba, Eds., Academia, Prague 1973, str. 53–89.

Chapra, S. C., 1975: Comment on 'An empirical method of estimating the retention of phosphorus in lakes', by W. B. Kirchner and P. J. Dillon. *Water Resources Research* 2, 1033–1034.

Hejzlar J., Galindo F., Krolová M., Znachor P., Žaloudík J., 2013: Problematika jakosti vody a ekologického potenciálu nádrže Lipno v období 1991-2012. Studie pro Povodí Vltavy, státní podnik. Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav, České Budějovice, 40 s. + 4 příl.

Hejzlar J., Znachor P., Sobolíková Z., Rohlík V., 2016: Vysoká eutrofizační účinnost fosforu z odpadních vod v nádrži Lipno. *Vodní hospodářství* 66 (6): 8–12.

Hendrixson H. A., Sterner R. W., Kay A. D., 2007: Elemental stoichiometry of freshwater fishes in relation to phylogeny, allometry and ecology. *Journal of Fish Biology* 70, 121–140.

Hillebrand H., Durselen C. D., Kirschtel D., Pollingher U., Zohary T., 1999: Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal of Phycology* 35, 403–424.

Hobday A.J., Alexander L.V., Perkins S.E., Smale D.A., Straub S.C. et al., 2016: A hierarchical approach to defining marine heatwaves. *Progress in Oceanography* 141, 227–238.

Kopáček J., Hejzlar J., Kaňa J., Porcal P., Turek J., 2018: Fluxes of ecologically important solutes in the Plešné catchment–lake system from 2000–2017. *Silva Gabreta* 24, 115–147.

Palarea-Albaladejo J., Martín-Fernández J.A., 2013: Values below detection limit in compositional chemical data. *Analytica Chimica Acta* 764, 32–43.

Potužák J., Račanský J., Hudák M., Hejda V., Vlček L., 2025: Vliv odlehčovaných odpadních vod na kvalitu vody VN Lipno – příkladová studie obce Volary. In: Sborník konference Vodní nádrže 2025, J. Kučerová a kol. Eds., Povodí Moravy, s.p., Brno, ISBN 978-80-907141-7-5, str. 88–94.

Proctor C.M., Hood A.R., 1954: Determination of phosphate in sea water by an isobutanol extraction procedure. *J. Marine Research* 13, 122–132.

Procházková L., 1959: Bestimmung der Nitrate im Wasser. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 167, 254–260.

Reckhow K.H., Chapra S.C., 1983: Engineering Approaches for Lake Management, Volume 1: Data Analysis and Empirical Modeling. Butterworth Publ., Woburn, MA 01801, 340 pp.

Rider F.B., Mellon N.G., 1946: Colorimetric determination of nitrites. *Ind. Eng. Chem. anal. Edit.* 18: 96–98.

Rosendorf P., Fiala D., Beneš J., Duras J., Potužák J., Liška M., 2017: Komplexní analýza emisí fosforu ze všech obcí v povodích Lomnice, Skalice, Loděnice a Želivky a jejich vliv na stav vodních útvarů. In: Sborník konference Vodní nádrže 2017, D. Kosour a kol. Eds., Povodí Moravy, s.p., Brno, ISBN 978-80-905368-5-2, str. 52–59.

Rothschein J., Zelinka M., Helan J., 1983: Kolobeh fosforu a ryby ve vodárenských nádržiach. *Vodní hosp.* B33 (1), 9–13.

Sas H., 1989: Lake Restoration by Reduction of Nutrient Loading, Expectations, Experiences, Extrapolations. Academia Verlag, Richarz., pp.497.

Sterner R. W., George N. B., 2000: Carbon, nitrogen, and phosphorus stoichiometry of cyprinid fishes. *Ecology* 81, 127–140.

Tanner D. K., Brazner J. C., Brady V. J., 2000: Factors influencing carbon, nitrogen, and phosphorus content of fish from a Lake Superior coastal wetland. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57, 1243-1251.

## 10 Příloha

Tabulka P1 Odtok  $P_{celk}$  (kg/rok) z čistíren odpadních vod a nevidovaných komunálních zdrojů (difuzních zdrojů) v povodí nádrže Lipno.

Rok	Lipno n/Vit.	Frymburk	Černá v P.	Horní Planá	Frydava	Kovářov	Hrdoňov	Pennek	Nová Hůrka	Stará Hůrka	Hůrka - nádraží	Bližná	Přední Výtoň	Nová Pec	Želnavá	Volary	Lenora - sklárna	Lenora - pošta	Borová Lada	Kvílda	nevidované zdroje
1991	327	440	273	974	5	40	18	13	2	6	44	27	156	458	34	2683	59	79	123	116	3545
1992	303	409	254	909	5	40	18	13	2	6	44	27	155	399	42	2548	55	73	91	108	3414
1993	285	384	212	837	5	40	18	13	2	6	44	27	148	377	43	2377	51	68	83	101	3283
1994	234	561	226	671	5	40	18	13	2	6	44	27	150	296	43	1917	63	54	66	79	2950
1995	253	322	312	427	4	32	14	10	2	5	44	27	144	276	43	1260	38	50	62	71	2862
1996	257	283	228	675	4	32	14	10	2	5	44	27	142	265	41	298	37	49	62	67	2823
1997	206	348	148	524	4	32	14	10	2	5	44	27	121	266	40	279	36	48	62	62	2817
1998	74	284	99	538	4	32	14	10	2	5	44	27	118	262	40	248	50	70	60	74	2786
1999	64	435	62	375	4	32	14	10	4	5	44	31	131	261	41	243	50	70	63	74	2861
2000	67	111	35	435	3	24	14	8	1	5	44	24	124	258	39	427	33	59	57	54	2757
2001	122	128	55	175	3	24	14	9	1	4	44	23	126	250	37	329	32	57	56	68	2740
2002	161	143	107	391	3	24	14	10	1	4	44	29	113	275	35	219	35	63	61	75	2861
2003	38	135	75	350	5	9	14	7	1	4	44	20	114	262	36	285	34	95	80	76	2798
2004	173	121	65	360	2	19	14	13	7	4	24	20	112	248	37	302	33	105	64	95	2760
2005	63	49	72	215	2	15	14	12	1	4	49	15	104	229	36	282	17	37	58	65	2719
2006	101	75	32	80	2	16	10	13	2	4	33	14	99	137	37	296	41	33	128	38	2284
2007	74	73	49	163	5	14	15	11	2	4	30	10	55	135	35	303	15	85	65	38	2286
2008	115	85	52	150	2	10	15	19	2	5	24	9	52	133	38	214	32	99	98	40	2308
2009	103	87	62	139	3	9	15	14	2	4	24	11	54	129	39	350	40	96	90	43	2308
2010	123	158	51	197	5	16	15	28	2	3	27	15	57	125	36	184	77	46	74	43	2308
2011	127	177	34	148	21	22	15	18	3	1	20	10	54	120	32	260	53	36	47	42	2308
2012	207	207	53	180	6	24	15	18	1	3	20	8	55	115	31	115	112	36	63	40	2308
2013	162	115	51	167	4	53	15	33	1	2	17	12	55	133	31	171	116	25	86	46	2409
2014	169	97	56	191	6	23	15	29	1	3	21	10	87	100	31	186	152	73	48	53	2509
2015	152	97	56	191	6	9	15	29	1	3	19	10	86	93	30	201	133	23	103	67	2609
2016	147	97	56	191	6	27	15	29	1	3	19	10	98	85	29	203	134	16	61	80	2660
2017	125	97	56	191	6	11	15	29	1	3	19	10	97	78	30	122	128	43	16	94	2710
2018	129	97	56	191	6	34	15	29	1	3	20	10	95	71	28	203	157	43	41	108	2760
2019	88	97	56	191	6	18	15	29	1	3	19	10	91	63	31	208	203	66	73	122	2810
2020	147	113	35	207	7	8	15	29	1	2	21	8	88	56	31	149	0	21	79	129	2810
2021	204	127	51	152	7	24	15	29	1	3	8	4	83	50	32	262	82	22	74	163	2810
2022	157	153	77	207	8	24	15	29	1	3	8	2	77	50	36	246	127	32	21	250	2810
2023	121	133	68	237	1	38	15	29	1	4	12	12	79	50	36	379	100	40	48	207	2810
2024	131	119	78	204	6	28	15	30	1	2	16	16	76	50	36	337	100	40	35	228	2810