VÝZKUMNÝ ÚSTAV
VODOHOSPODÁŘSKÝ
T. G. MASARYKA
veřejná výzkumná instituce

SS01010248

Studie vnosu pesticidů a dalších mikropolutantů do vodárenských nádrží v povodí Moravy a Dyje

Souhrnná výzkumná zpráva o řešení projektu za období 2020 až 2023

Ing. Tomáš Mičaník, Ph.D. a kol.

Zadavatel: Technologická agentura ČR

Praha listopad 2023

VÚV TGM

SS01010248

Studie vnosu pesticidů a dalších mikropolutantů do vodárenských nádrží v povodí Moravy a Dyje

Souhrnná výzkumná zpráva o řešení projektu za období 2021 až 2023

Ing. Tomáš Mičaník, Ph.D. a kol.

Praha, listopad 2023 *počet stran 192*

Název a sídlo organizace:

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.
Podbabská 30, 160 00 Praha 6

Ředitel:

Ing. Tomáš Fojtík

Zadavatel:

Technologická agentura ČR

Aplikační garant:

Mgr. Martin Udatný, Ph.D., odbor ochrany vod MŽP

Zahájení a ukončení úkolu:

1. května 2020 – 31. května 2023

Místo uložení zprávy:

SVTI VÚV TGM, v.v.i.

Náměstek ředitele pro výzkumnou a odbornou činnost:

Ing. Libor Ansorge, PhD.

Vedoucí odboru:

RNDr. Přemysl Soldán, PhD.

Hlavní řešitel:

Ing. Tomáš Mičaník, PhD.

Spoluřešitelé:

Ing. František Sýkora, Ing. Alena Kristová, Mgr. David Chrastina, Ing. Nikola Verlíková (roz. Cielecká), Žaneta Dudová, Ing. Danica Pospíchalová, RNDr. Diana Marešová, Ph.D., Mgr. Jana Soldánová, Mgr. Pavla Kovaláková, Ph.D., Ing. Eva Bohadlová, Ing. Veronika Kucharczyková (roz. Žvaková), Mgr. Marek Hradil, Ing. Marie Vojtíšková, Ph.D., Radim Kabeláč, Jan Racek, Ing. Jiří Rešl, Ing. Jiří Picek

Obsah

1 Představení projektu 5
2 Popis řešení projektu 6
2.1 Výběr polutantů pro screening pasivními vzorkovači 6
2.2 Přehled aplikovaných membrán a technika pasivního vzorkování 9
2.3 Postupy extrakce exponovaných membrán pasivních vzorkovačů 11
2.4 Vývoj a optimalizace analytických metod organické stopové analýzy – cílená analýza 14
2.5 Vodárenská nádrž Vír I – provedené činnosti a výsledky 17
2.6 Vodárenská nádrž Opatovice – provedené činnosti a výsledky 55
2.7 Vodárenská nádrž Ludkovice – provedené činnosti a výsledky 75
2.8 Vodárenská nádrž Hubenov – provedené činnosti a výsledky 89
2.9 Vodárenská nádrž Mostiště – provedené činnosti a výsledky 114
2.10 Přepočet množství pesticidů v pasivních vzorkovačích na průměrnou koncentraci v toku 151
2.11 Analýza přítomnosti mutagenních látek Amesovým bakteriálním testem 155
2.12 Necílená organická analýza 157
3 Prezentace a tvorba výstupů projektu 161
3.1 Prezentace projektu 161
3.2 Výstupy projektu 162
4 Zhodnocení čerpání nákladů 171
4.1 Zdůvodnění čerpání nákladů na řešení projektu 171
5 Závěry a doporučení 175
6 Poděkování 182
7 Použité zdroje 183
8 Seznam zkratek 186
9 Přílohy 189

1 Představení projektu

V rámci SS-Programu aplikovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací v oblasti životního prostředí – Prostředí pro život, Podprogramu 1 – Operativní výzkum ve veřejném zájmu, bylo od 1. 5. 2020 v souladu se schváleným návrhem zahájeno řešení projektu *„Studie vnosu pesticidů a dalších mikropolutantů do vodárenských nádrží v povodí Moravy a Dyje“*, akronym PESPOM. Jeho řešení probíhalo do 31. května 2023. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce (VÚV TGM, v.v.i.) byl jediným řešitelem tohoto projektu. Projekt naplňuje hlavní prioritní výzkumný cíl 2.6 Zvýšení znalostí o zdrojích emisí, budoucím vývoji emisí, tvorba emisních scénářů.

Cílem řešení navrhovaného projektu bylo posoudit časoprostorovou dynamiku vnosu vybraných pesticidů a dalších mikropolutantů, zvláště farmak, do pěti vodárenských nádrží v povodí Moravy a Dyje a na nátoku surové vody do úpravny (případně v nádrži v blízkosti hráze) během celé vegetační sezóny (8 měsíců) použitím technik pasivního vzorkování vod. Vodárenské nádrže (VN) byly vybrány ve spolupráci s pracovníky podniku Povodí Moravy, s.p. na základě reálných potřeb správce vodních toků a vodních děl. Nádrže jsou lokalizovány v území významně antropogenně využívaném s převládající zemědělskou činností. Základní charakteristika vodárenských nádrží (dále VN) je uvedena v následující tabulce.

TABULKA 1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA VODÁRENSKÝCH NÁDRŽÍ ŘEŠENÝCH V PROJEKTU

Název VN	Hlavní povodí	Dílčí povodí	Objem VN*	Plocha povodí*
Vír I	Dyje	Svratka	56,193 mil. m^2	410,35 km^2
Mostiště	Dyje	Oslava	11,937 mil. m^2	222,94 km^2
Hubenov	Dyje	Maršovský potok	3,385 mil. m^2	19,93 km^2
Opatovice	Morava	Malá Haná	10,634 mil. m^2	43,87 km^2
Ludkovice	Morava	Ludkovický potok	0,69 mil. m^2	13,1 km^2

*Celkový objem nádrže a plocha povodí po hráz VN (data Povodí Moravy, s.p.)

Cílem řešení navrhovaného projektu bylo posoudit časoprostorovou dynamiku vnosu vybraných pesticidů a dalších mikropolutantů do pěti vodárenských nádrží v povodí Moravy a Dyje a na nátoku surové vody do úpravny (případně v nádrži v blízkosti hráze) během celé vegetační sezóny (8 měsíců) použitím technik pasivního vzorkování vod. Předmětem ověření byly polární organické látky (polární pesticidy, vybraná farmaka, endokrinní disruptory) a nepolární látky (polyaromáty, organochlorové pesticidy, polychlorované bifenyly).

Dílčími cíli řešení projektu byly:

a) výběr profilů na přítocích do VN ve spolupráci s pracovníky Povodí Moravy, s.p.
b) realizace pasivního vzorkování přítoků vodárenských nádrží a odtoku z VN,
c) extrakce exponovaných membrán pasivních vzorkovačů (několik typů a postupů),
d) analytické zpracování extraktů metodami organické stopové analýzy,
e) screening vytipovaných významných zdrojů znečištění v povodí VN,
f) vyhodnocení výsledků,
g) tvorba výstupů projektu.

2 Popis řešení projektu

2.1 Výběr polutantů pro screening pasivními vzorkovači

Polární organické látky – pesticidy

Výběr účinných látek rostlino-lékařských přípravků byl proveden podle spotřeb evidovaných Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským (ÚKZÚZ) na úrovni okresů. [1] Pro tento výběr byly plochy povodí vodárenských nádrží přiřazeny k jednotlivým okresům. V případě VN Vír I a VN Mostiště se povodí nachází ve více správních okresech (Tabulka 2). Pro další posouzení byly vybrány účinné látky s roční spotřebou (za rok 2018) nad 900 kg/rok u velkých VN a 300 kg/rok v případě malé VN Ludkovice.

TABULKA 2 ZASTOUPENÍ OKRESŮ V POVODÍ VODÁRENSKÝCH NÁDRŽÍ V %

Okres	VN Vír I	VN Mostiště	VN Hubenov	VN Opatovice	VN Ludkovice
Žďár n. S.	59,9				
Svitavy	37,1				
Chrudim	3,0				
Třebíč		37,6			
Pelhřimov		5,8			
Jihlava		56,6	100		
Vyškov				100	
Zlín					100

Dalším kritériem výběru bylo zhodnocení výsledků monitoringu pesticidních látek v povrchových vodách realizovaných správcem povodí za období 2017 až 2019. V případě pozitivních nálezů byly tak vybrány i účinné látky s nižší spotřebou nebo látky, jejichž použití je již zakázáno, ale jejich zastoupení ve vodách je relevantní. S ohledem na finanční a možnosti projektu bylo vyspecifikováno 36 účinných látek, včetně metabolitů jde celkem o 50 látek. Jejich seznam je uveden v Tabulce 3. Tabulka obsahuje informaci, zda byla daná látka v povrchových vodách potvrzena monitorovacími programy Povodí Moravy, s.p.

TABULKA 3 SEZNAM PESTICIDŮ VYBRANÝCH PRO SCREENING

Název látky	PMO	Název látky	PMO
2,4-D	X	METAZACHLOR ESA	X
ACETOCHLOR	X	METAZACHLOR OA	X
ACETOCHLOR ESA	X	PETHOXAMID	
ACETOCHLOR OA	X	PROPAMOKARB-HYDROCHLORID	
ALACHLOR	X	PROPIKONAZOL	X
ALACHLOR ESA	X	S-METOLACHLOR	X
ALACHLOR OA	X	S-METOLACHLOR ESA	X
ATRAZIN	X	S-METOLACHLOR OA	X
ATRAZIN-DESETHYL		SIMAZIN	X
ATRAZIN-2-HYDROXY	X	SPIROXAMIN	
AZOXYSTROBIN		SULKOTRION	
BENTAZON	X	TEBUKONAZOL	X
DIMETHENAMID-P		TERBUTHYLAZIN	X

Název látky	PMO	Název látky	PMO
EPOXYKONAZOL	X	TERBUTHYLAZIN-DE-2-H	
GLYFOSÁT	X	TERBUTHYLAZIN-2-HYDRO	
AMPA	X	TERBUTHYLAZIN-DESETYL	X
HEXAZINON	X	TERBUTRYN	X
CHLORPYRIFOS	X	THIOFANÁT-METHYL	
CHLORSULFURON		ACLONIFEN	X
CHLORTOLURON	X	DIMETHACHLOR	X
ISOPROTURON	X	DIMETHACHLOR ESA	X
LINURON	X	KLOTHIANIDIN	X
MCPA	X	METHIOCARB	X
METALAXYL-M		METRIBUZIN	X
METAZACHLOR	X	NICOSULFURON	X

PMO Povodí Moravy, s.p.

Polární organické látky – farmaka a endokrinní látky

Z databáze 6 197 chemických látek [2], pro které na základě dokumentu Evropské komise [3] byly k jednotlivým látkám doplněny dostupné údaje o jejich ekotoxických a toxických vlastností, byla v tomto projektu PESPOM pro screening pasivním vzorkováním v přítocích do vodárenských nádrží vybrána ta farmaka, která vykazovala jednu a více následujících nebezpečných vlastností: perzistence, bioakumulace, toxicita, karcinogenita, mutagenita, toxicita pro reprodukci a účinky na endokrinní systém (viz Tabulka 4). Ve sloupci „RISK“ je uvedeno i celkové skóre prioritizace látky z hlediska její nebezpečnosti pro ŽP zohledňující podle [3] rovněž množství produkce v tunách (v EU) a způsob užití (exposure score). V tabulce jsou uvedena farmaka s celkovým skóre rizika (final risk score) 1 (velmi vysoké), 2 (vysoké) a 3 (střední). Z několika set používaných léčivých přípravků byly vybrány ty, které na základě dostupných dat vykazují ekotoxické nebo toxické účinky.

Dalším kritériem výběru byla míra spotřeby léčiv v ČR. Byla posuzována léčiva s hodnotou 1,0 a vyšší DDD/1000 obyv./den dle evidence Státního ústavu pro kontrolu léčiv (evidence SÚKL v 1. Q 2019 [4]).

V posledních třech sloupcích tabulky je uvedena klasifikace vlastností perzistence (P), bioakumulace (B) a toxicity (T) podle dokumentu „Environmentally Classified Pharmaceuticals, Stockholm Country Council“, zaměřeného na vyhodnocení rizika pro životní prostředí [5].

Celkem bylo vybráno 29 farmak a 3 hormony.

TABULKA 4 SEZNAM FARMAK VYBRANÝCH PRO SCREENING

Název	Charakteristika	RISK	P*	B*	T*
17A-ETHYNILESTRADIOL	hormon	T, ED	3	3	3
17-ALPHA-ESTRADIOL	hormon	ED	3	3	3
ATORVASTATIN	hypolipidemikum	FS=5, S=63,4	3	0	1
BEZAFIBRÁT	fibrát	P, T, FS=3	3	0	2
BISOPROLOL	beta blocker	P, T, FS=3, S=14,9	3	0	1
CITALOPRAM	antidepresant	T, C, FS=4, S=8,7	3	0	3
KLARITHROMYCIN	antibiotikum	P, T, FS=2, S=3,1	3	0	3
CYKLOFOSFAMID	chemoterapeutikum	C, M, ED, FS=2			
DESLORATADIN	antialergikum	T, C, FS=4, S=14,5	3	0	2

Název	Charakteristika	RISK	P*	B*	T*
DEXAMETHAZON	glukokortikoid	T, C, FS=4			
DIKLOFENAK	NSAID (nesteroidní protizánětlivý lék)	S=9	3	0	1
ESTRON	hormon	ED, FS=2			
FUROSEMID	diuretikum	T, C, FS=4, S=32,3	3	0	1
GEMFIBROZIL	fibrát	P, B, T, C, FS=2	3	0	2
HYDROCHLOROTHIAZID	diuretikum	T, C, M, FS=2, S=2,1	3	0	1
IRBESARTAN	antihypertenzivum	P, T, FS=2, S=3,3	3	0	1
KARBAMAZEPIN	antiepileptikum	T, C, FS=3, S=1	3	0	1
LOSARTAN	antihypertenzivum	S=14,6, FS=3	3	0	0
METFORMIN	antidiabetikum	P, B, ED, FS=2, S=28,9	3	0	1
METOPROLOL	betablokátor	P, T, FS=3, S=19,2	3	0	1
MIRTAZAPIN	antidepresivum	P, T, C, FS=3, S=4,9	3	0	2
NAPROXEN	NSAID (nesteroidní protizánětlivý lék)	T, C, FS=3, S=2,7	3	0	1
OMEPRAZOL	inhibitor protonové pumpy pro léčení vředové choroby žaludku	T, M*, R*, FS=3, S=48	3	0	1
OXKARBAZEPIN	antiepileptikum	P, T, FS=3	3	0	1
RAMIPRIL	antihypertenzivum	P, B, FS=3, S=57,7	3	3	0
SERTRALIN	antidepresivum	B, FS=3, S=16,1	3	0	3
SIMVASTATIN	antilipidemikum	P, B, T, C, FS=2, S=5	3	0	1
TELMISARTAN	antihypertenzivum	P, T, FS=3, S=32,3	3	0	2
TIAMULIN	antibiotikum (veterinární)	B, FS=3			
VALSARTAN	antihypertenzivum	S=8,3	3	0	1
VERAPAMIL	antihypertenzivum	P, T, FS=3, S=3,5	3	0	1
XYLOMETAZOLIN	antialergikum	P, T, FS=4, S=13,3	3	3	1

Vysvětlivky:

S míra spotřeby DDD/1000 obyv./den
FS final risk score prioritizace EU 1 až 5 (1 = nejvyšší rizikovost)
P, B, T perzistentní, bioakumulativní, toxická
M, R, C mutagenní, toxická pro reprodukci, karcerogenní
ED endokrinní látka

Nepolární organické látky

Pasivní monitoring se zaměřil také na nepolární látky (celkem 44 látek), které se do povrchových vod dostávají z historických aplikací perzistentních pesticidů, komunálními odpadními vodami, ale i prostřednictvím atmosférické depozice. Jedná se o organochlorové pesticidy (OCP), polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) a polychlorované bifenyly (PCB). Jejich seznam je uveden v Tabulce 5.

TABULKA 5 SEZNAM NEPOLÁRNÍCH ORGANICKÝCH LÁTEK VYBRANÝCH PRO PASIVNÍ VZORKOVÁNÍ

α-HCH	Fenanthren
β-HCH	Anthracen
γ-HCH (Lindan)	Fluoranthen
δ-HCH	Pyren
ε-HCH	Chrysen
Heptachlorbenzen	Benzo(a)antracen
Heptachlor	Benzo(b)fluoranten
Heptachlor endo	Benzo(k)fluoranten
Heptachlor exo	Benzo(a)pyren
Aldrin	Indeno(1,2,3-cd)pyren
Dieldrin	Benzo(g,h,i)perylen
Endrin	Dibenzo(a,h)antracen
Isodrin	Mirex
Endosulfan I	Chlordan cis
Endosulfan II	Chlordan trans
o,p´-DDE	PCB28
p,p´-DDE	PCB52
o,p´-DDD	PCB101
p,p´-DDD	PCB118
o,p´-DDT	PCB153
p,p´-DDT	PCB138
Metoxychlor	PCB180

2.2 Přehled aplikovaných membrán a technika pasivního vzorkování

Pro záchyt výše uvedených látek byly v pasivním monitoringu použity následující druhy membrán:

1. Silicone rubber (SR), materiál SSP-M823, o aktivních rozměrech 2,7 x 92 cm a tloušťce 0,25 mm, pro záchyt nepolárních látek. Jedná se o jednofázový vzorkovač.
2. Polar organic chemical integrative sampler se sorbentem „hlb“ 220 mg (POCIS-hlb) pro záchyt polárních organických látek (pesticidů a farmak).
3. Polar organic chemical integrative sampler se sorbentem „hlb“ s PRC (POCIS-hlb PRC), obsahující referenční látku atrazin desisopropyl (DIA-d5) pro záchyt polárních organických látek (pesticidů a farmak).
4. Polar organic chemical integrative sampler se sorbentem „MIP“ (molecularly imprinted polymers) (POCIS-Gly) pro záchyt silně polárních organických látek (glyfosát a jeho metabolit AMPA).
5. Polar organic chemical integrative sampler (POCIS-EDs) pro záchyt endokrinních látek.

Membrány POCIS-hlb PRC a POCIS-EDC od firmy Affinisep (FR) jsou novinkou, které jsou v projektu PESPOM testovány a získávány s nimi zkušenosti. Byly nasazeny pouze v omezeném rozsahu. Membrány POCIS jsou kryty polyethersulfonovou membránou (PES), liší se pouze druhem použitého sorbentu, vypadají tedy stejně. Vzorkovače POCIS-hlb a SR byly vyrobeny a dodány fy E&H services, a.s. (ČR).

Membrány SR jsou před vnějšími vlivy proti poškození chráněny nerezovým vzorkovacím košem klasickým pro aplikaci v dostatečně hlubokých vodách nebo podlouhlým pro aplikaci v mělkých tocích. Podle použitého koše je silikonová guma napnuta do příslušného typu držáku. (Obr. 1)

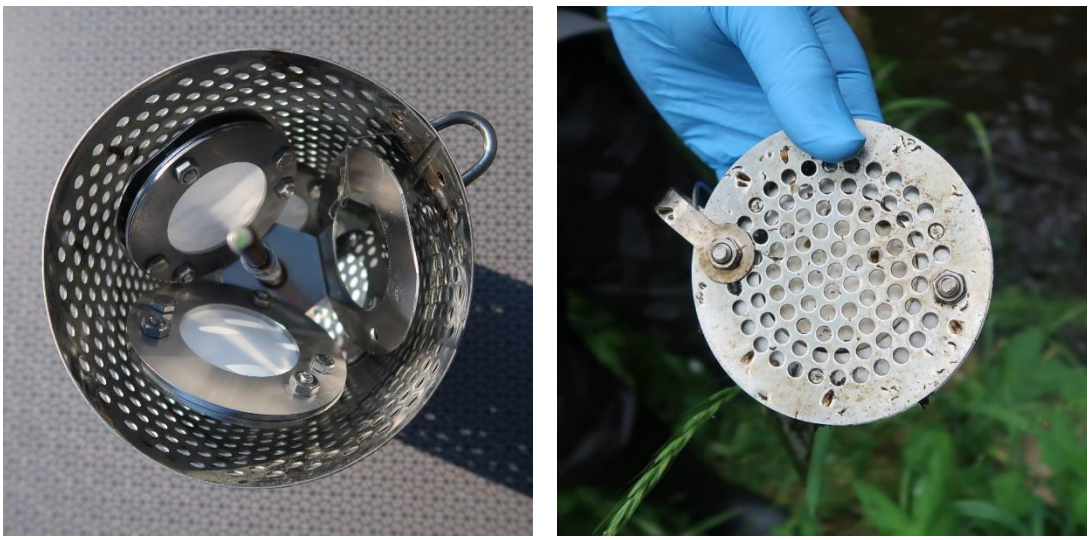
V případě membrán POCIS jsou tyto fixovány v trojnožce nebo pokud jsou v mělkých tocích umístěny samostatně, jsou opatřeny chráničkou. (Obr. 2)

Na hlavním přítoku a na odtoku z vodárenské nádrže byly vzorkovací koše opatřeny dataloggerem pro kontinuální záznam teploty a intenzity osvitu. (Obr. 3)

Pro ověření srovnatelnosti sorpce byly v některých vzorkovacích kampaních na zvolené lokalitě stejné typy pasivních vzorkovačů zdvojeny a byla hodnocena srovnatelnost výsledků.

Pasivní vzorkování bylo prováděno podle ČSN EN ISO 5667-23 Jakost vod – Odběr vzorků – Část 23: Návod pro pasivní odběr vzorků v povrchových vodách. Vzorkovací koše s pasivními vzorkovači byly po vložení do povrchových vod fixovány nerezovým lankem k příbřežní vegetaci. Ukázky aplikací jsou u vybraných přítoků v následujícím textu.

OBR. 1 ZPŮSOB UCHYCENÍ MEMBRÁNY SILICONE RUBBER



OBR. 2 ZPŮSOB UCHYCENÍ MEMBRÁN POCIS

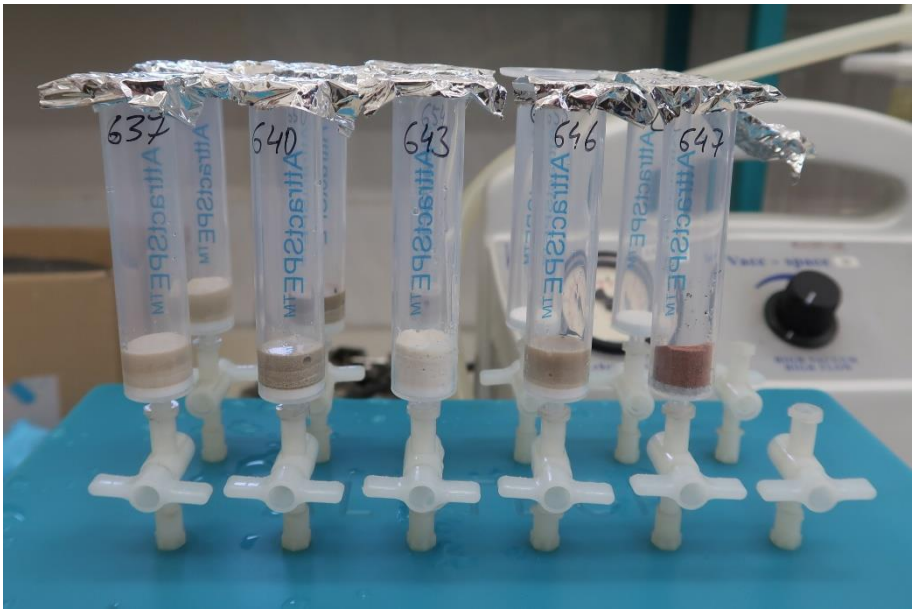
OBR. 3 DATALOGGER HOBO PENDANT TYP MX 2201 A MX 2202 (VODĚODOLNÝ DO 30 M HLOUBKY, DOBA SNÍMÁNÍ 1 AŽ 2 ROKY DLE ZVOLENÉHO INTERVALU MĚŘENÍ, BLIŽŠÍ SPECIFIKACE VIZ [6])

Membrány byly po expozici transportovány do laboratoře při teplotě +3°C a do jejich zpracování byly uchovávány při teplotě -18°C.

2.3 Postupy extrakce exponovaných membrán pasivních vzorkovačů

POCIS-hlb

Před extrakcí byly membrány vyjmuty z mrazničky a vytemperovány na laboratorní teplotu (cca 1 hod). Zůstávaly přitom stále uzavřené v původním obalu, aby se zamezilo jejich druhotné kontaminaci z okolního prostředí. Poté byly membrány POCIS-hlb opatrně vyjmuty z transportního obalu a v případě potřeby dočištěny deionizovanou vodou. V dalším kroku byly na aluminiové folii opatrně rozebrány (uvolnění kovového okruží). Sorbent umístěný mezi PES membránami byl opatrně kvantitativně převeden na SPE kolonky k následné eluci potřebným objemem methanolu (Obr. 4).



OBR. 4 PŘÍPRAVA EXPONOVANÉHO SORBENTU ZE VZORKOVAČŮ POCIS-HLB K ELUCI ORGANICKÝM ROZPOUŠTĚDLEM

Eluát byl zahuštěn na objem cca 2 ml. Před zahuštěním byl do něj přidán interní standard. Eluát byl rozdělen na dvě rovnocenné poloviny pro analýzu pesticidů a farmak, u některých kampaní na ověření ekotoxicity, a uskladněn pří teplotě -18°C. Při zpracování exponovaných

membrán byly využity poznatky jiných pracovišť [7]. Analýza pesticidů probíhala na kapalinových chromatografech s hmotnostně spektrometrickou detekcí (LC-MS/MS):

a) Exion LC (Shimadzu) s binárním čerpadlem a degaserem, chlazeným autosamplerem a termostatem kolon, hmotnostní detektor Sciex Triple Quad™ 7500 s ionizací elektroprejem v kladném (metabolity) a záporném (pesticidy) modu. (Obr. 5)

b) Kapalinový chromatograf Agilent 1290 s „high speed“ čerpadlem, degaserem, termostatovaným autosamplerem, termostatem kolon a hmotnostním detektorem Sciex QTOF X500R. (Obr. 6)

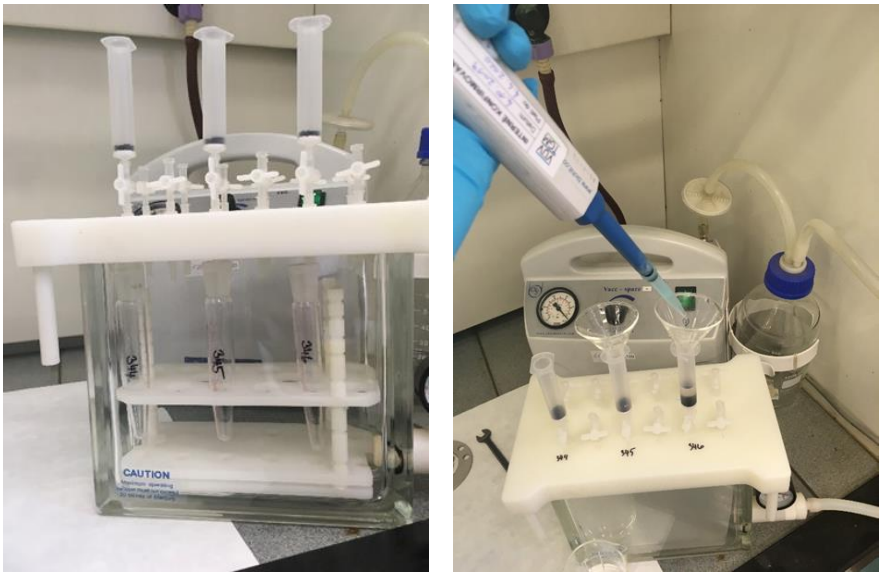
Výsledné koncentrace jsou vztaženy na membránu (1 ml extraktu).

OBR. 5 ANALYTICKÁ SESTAVA EXION LC (SHIMADZU) S SCIEX TRIPLE QUADTM 7500

OBR. 6 ANALYTICKÁ SESTAVA AGILENT 1200RR + SCIEX QTOF 500R

POCIS-Gly

Postup extrakce byl zaveden podle postupu publikovaného Claude B. (2017) [8]. Po převedení sorpční náplně MIP ultračistou vodou na fritu, byl sorbent sušen pod vakuem po dobu 30 min. Poté bylydo cejchovaných zkumavek jímány extrakty opět pod vakuem pomocí zařízení vacc-space. Extrakce byla prováděna 8 ml 0,1M kyseliny chlorovodíkové (Obr. 7). Získaný extrakt byl opatrně odpařen pod proudem dusíku na objem 2 ml a doplněn 2 ml methanolu. Extrakt byl naspikován 40 µl interního standardu glyfosátu. Takto byl extrakt připraven k organické stopové analýze.



OBR. 7 PŘEVEDENÍ SORPČNÍ NÁPLNĚ MIP NA PE FRITU A JÍMÁNÍ EXTRAKTU

Stanovení herbicidu glyphosát a jeho metabolitu AMPA bylo prováděno metodou kapalinové chromatografie s hmotnostní detekcí (LC/MS/MS). Stanovení je založeno na separaci glyphosátu a AMPA kapalinovou chromatografií, jejich ionizací elektrosprejem v negativním modu a detekcí hmotnostním detektorem na principu trojitého kvadrupólu. K chromatografickému dělení analytů byla použita kolona Aclaim Trinity Q1, která umožňuje stanovení polárních látek, jelikož poskytuje současně vlastnosti reverzní fáze, anexu i katexu. Mez stanovitelnosti dosažená v matrici vodného extraktu z pasivního vzorkovače POCIS-Gly činila 1,1 $ng.ml^{-1}$ pro glyfosát a 2 $ng.ml^{-1}$ pro metabolit AMPA.

SR (Silicone Rubber)

Pro stanovení nepolárních organických látek ze silikonových gum byly porovnávány dva extrakční postupy dle F. Smedese [9].

Postup A – studená extrakce

Silikonové membrány byly vyjmuty z obalu, rozvinuty a opláchnuty z obou stran deionizovanou vodou k odstranění mechanických nečistot. Poté byly osušeny buničinou, umístěny do Erlenmayerovy baňky a zality 150 ml methanolu. Membrány byly naspikovány interními standardy. Baňky byly třepány 24 hodin na třepačce. Poté byl methanolový extrakt slit do baňky s kulatým dnem a extrakce se opakovala s novým podílem 150 ml methanolu po dobu 8 hodin. Methanolový extrakt byl přidán k prvnímu podílu v baňce. Zakoncentrování extraktu a rozdělení na dva podíly je shodný s postupem B.

Postup B – Soxhletova extrakce

Silikonové membrány byly vyjmuty z obalu, rozvinuty a opláchnuty z obou stran deionizovanou vodou k odstranění mechanických nečistot. Poté byly osušeny buničinou a umístěny do extrakční patrony v Soxhletově extraktoru. Membrány byly před extrakcí naspikovány interními standardy. Do extraktoru bylo přidáno 200 ml methanolu, extrakce probíhala 8 hodin. Poté byl extrakt převeden do baňky s kulatým dnem a odpařen pomocí vakuové rotační odparky na objem 1 – 2 ml. Extrakt byl převeden do zkumavky. Baňka byla vypláchnuta dvěma podíly methanolu a podíly byly přidány k extraktu. Extrakt byl odpařen proudem dusíku k suchu, převeden do hexanu a rozdělen na dva alikvotní podíly. Ty byly před analýzou ještě přečištěny na SPE kolonkách se silikagelem. V jednom podílu byly stanovovány organochlorové pesticidy (OCP) a polychlorované bifenyly (PCB), druhý podíl byl převeden do acetonitrilu pro stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU).

Vzorky připravené oběma extrakčními postupy byly analyzovány shodnými laboratorními postupy. Oba extrakční postupy dávaly srovnatelné výsledky, proto byla pro zpracování dalších vzorků zvolena studená extrakce, zejména pro možnost zpracování většího počtu vzorků najednou. Příklady stanovení některých polyaromatických uhlovodíků oběma postupy zobrazuje Tabulka 6.

TABULKA 6 POROVNÁNÍ SOXHLETOVY A STUDENÉ EXTRAKCE PAU SE SILIKONOVÝCH MEMBRÁN (SR)

Označení analytu	**FRT**	**BaA**	**CHRY**	**BbF**	**BaP**	**BghiP**	**IcdP**
Označení vzorku	**ng/SR**	**ng/SR**	**ng/SR**	**ng/SR**	**ng/SR**	**ng/SR**	**ng/SR**
KV 50 ng/SR – studená extrakce	42,7	58,3	51,5	56,2	47,2	49,1	45,5
KV 50 ng/SR – Soxhletova extrakce	45,3	60,9	53,1	63,2	46,0	51,0	43,3
Svratka nad VN (Dalečín) – studená extrakce	214	71,9	41,3	47,9	13,9	16,2	14,2
Svratka nad VN (Dalečín) – Soxhletova extrakce	225	70,5	41,4	52,3	13,2	16,1	15,3

KV = kontrolní vzorek

Pozn.: FRT – fluoranthen, BaA – benzo(a)anthracen, CHRY – chrysen, BbF – benzo(b)fluoranthen, BaP – benzo(a)pyren, BghiP – benzo(g,h,i)perylen, IcdP – indeno(1,2,3-cd)pyren

Analytické metody použité v tomto projektu nejsou akreditovány. Hydrochemické laboratoře se ale v roce 2021 přihlásily do mezinárodní srovnávací studie Quasimeme Laboratory Performance Studies – Passive Sampling Development Exercise. Vzorky byly zpracovávány v počátečních měsících 2022. Shoda byla potvrzena pro BbF, BkF, BaP, CHRY, FLU a PYR, vyšší odlehlost výsledků pro ANT, BaA, FRT, DBaA, NFT, FEN.

2.4 Vývoj a optimalizace analytických metod organické stopové analýzy – cílená analýza

Některé analytické postupy musely být vyvinuty nebo optimalizovány. V roce 2020 byly připraveny metody analytického stanovení pro výše vybrané pesticidy a jejich metabolity. Jsou popsány v průběžné zprávě za rok 2020. U části analytů se v roce 2021 situace změnila nákupem nové analytické techniky, kterou tvoří:

- Kapalinový chromatograf Exion LC (Shimadzu) s binárním čerpadlem a degaserem, chlazeným autosamplerem a termostatem kolon,
- Hmotnostní detektor Sciex Triple Quad^{TM} 7500 s ionizací elektroprejem v kladném (metabolity) a záporném (pesticidy) modu.

Tato nová technika (Obr. 5) umožnila stanovení vybraných pesticidů a metabolitů pesticidů sjednotit ze dvou do jediné analytické metody. Metoda je popsána v následujícím textu.

Stanovované látky:

- pesticidy: bentazon, 2,4-D, MCPA
- metabolity: alachlor OA, alachlor ESA, acetochlor OA, acetochlor ESA, dimethachlor ESA, metolachlor OA, metolachlor ESA, metazachlor OA, metazachlor ESA.

Příprava vzorků k analýze:

Vzorky vod byly dodány do laboratoře zmrazené ve skleněných vzorkovnicích. Rozmrazené vzorky byly po filtraci filtrem z regenerované celulózy o porozitě 0,22 µm a přídavku vnitřních standardů připraveny k analýze.

K 1 ml methanolového extraktu z pasivního vzorkovače POCIS-hlb byly před analýzou pouze přidány vnitřní standardy.

Chromatografické podmínky analýzy.

Kolona Atlantis T3 3,0 x 100 mm, 3 µm, předkolona Atlantis T3 2,1 x 5 mm, 3 µm

Mobilní fáze A: 2,5 mM CH_3COONH_4 , 0,05 % CH_3COOH

Mobilní fáze B: Acetonitril, 0,05 % CH_3COOH

Objem nástřiku: 50 µl vzorku vody
5 µl methanolového extraktu

Průtok mobilní fáze: 0,4 ml/min.

TABULKA 7 GRADIENT MOBILNÍCH FÁZÍ

Čas	Mobilní fáze A (%)	Mobilní fáze B (%)
0	80	20
8	0	100
12	0	100
12,01	80	20
16	20	80

Uvedenou chromatografickou metodou lze dobře separovat všechny sledované látky, detekce metabolitů byla ale lepší při teplotě kolony 65°C, při které se stanovované pesticidy již začínají rozkládat. Proto byla analýza rozdělena do dvou nástřiků a kapalinová chromatografie pesticidů byla prováděna při teplotě kolony 40°C.

Detekce, identifikace a kvantifikace sledovaných látek byla prováděna na hmotnostním spektrometru SCIEX 7500. Zpracování chromatogramů a vyhodnocení analýz se provádí v SW Sciex OS s použitím lineární kalibrace metodou vnitřního standardu (bentazo-D6, butachlor ESA). S každou měřenou sérií vzorků byla proměřena kalibrační křivka v rozsahu 5 – 200 $ng.l^{-1}$ pro stanovení ve vzorcích povrchových vod a 0,1 – 100 $ng.ml^{-1}$ pro stanovení v methanolovém extraktu z pasivních vzorkovačů.

Nastavení parametrů hmotnostního detektoru pro analyzované látky je uvedeno v Tabulkách 7 a 8. Meze stanovitelnosti metody pro jednotlivé analyty jsou uvedeny v Tabulce 9.

TABULKA 8 METABOLITY – MRM PŘECHODY A NASTAVENÍ DETEKTORU

Název látky	Přechod		Nastavení detektoru			
	Q1	Q3	EP	CE	CXP	Q_0D
Alachlor OA	234,1 234,1	188,1 160,1	10 10	18 22	20 20	36 36
Acetochlor OA	220,1 220,1	174,1 146,0	10 10	15 24	19 21	35 35
Metolachlor OA	280 280	248,2 146,1	10 10	17 31	31 17	20 20
Alachlor ESA	284,1 284,1	162,1 134,1	10 10	28 36	19 17	45 45
Acetochlor ESA	270,1 270,1	148,1 120,0	10 10	27 38	18 15	50 50
Metolachlor ESA	330 330	298,2 202,1	10 10	21 38	36 22	35 35
IS - Butachlor ESA	284,1	162,1	10	26	20	45
Dimethachlor ESA	302 302	270,1 174,1	10 10	21 37	31 20	34 34
Metazachlor ESA	324 324	134,1 69,0	10 10	32 14	16 8	12 12
Metazachlor OA	274,1 274,1	134,1 162,1	10 10	23 12	16 21	22 22
2,4-D	219 221	161 163	-40 -45	-10 -10	-18 -20	-9 -14
MCPA	199 201	141 143	-45 -45	-10 -10	-20 -20	-9 -12
Bentazon	239 239	132 197	-70 -70	-10 -10	-36 -30	-7 -11
Bentazon-D6	245	132	-65	-10	-37	-15

Vysvětlivky:

Q1 prekurzor
Q3 produktový ion
DP deklastrační potenciál
EP vstupní potenciál
CE kolizní energie
CXP výstupní potenciál na kolizní cele
Q_0D disociační potenciál

TABULKA 9 MEZE STANOVITELNOSTI

Název látky	Meze stanovitelnosti	
	Voda [ng.l^{-1}]	Extrakt [ng.ml^{-1}]
Bentazon	0,7	0,03
2,4-D	2,0	0,08
MCPA	1,5	0,04
Acetochlor ESA	4,7	0,05
Acetochlor OA	6,0	0,10
Alachlor ESA	5,0	0,05
Alachlor OA	10,0	0,10
Metolachlor ESA	3,0	0,04
Metolachlor OA	5,0	0,06
Dimethachlor ESA	3,5	0,08
Metazachlor ESA	4,5	0,02
Metazachlor OA	4,5	0,05

2.5 Vodárenská nádrž Vír I – provedené činnosti a výsledky

VN Vír I byla zprovozněna v roce 1957. Účelem bylo zajištění minimálních průtoků, vodárenský odběr, provozní odběr, výroba elektrické energie, protipovodňová ochrana a nadlepšení průtoků pro závlahy pod Brnem. Celkový objem nádrže činí 56,193 mil. m^3. Nejvýznamnějším přítokem do VN je řeka Svratka. Její délka nad VN Vír I činí 53,3 km. Hlavními přítoky Svratky jsou Fryšávka ústící do Svratky v městyse Jimramov (ř. km 125,3) a Bílý potok ústící do Svratky v k. ú. obce Borovnice (ř. km 131,5). Celková plocha povodí nad nádrží činí 410,35 km^2. Spadá do Hornosvratecké vrchoviny a chráněné krajinné oblasti CHKO Žďárské vrchy v nadmořské výšce 470 až 836 m n.m. Terén je kopcovitý se střídajícími se partiemi lesního porostu, luk a zemědělsky využívaných ploch. Největším sídlem v povodí VN Vír I je město Polička nacházející se v samé horní části Bílého potoka. Území kolem Poličky je intenzívně zemědělsky využíváno.

Pasivní monitoring přítoků do VN Vír I byl zahájen 30. 3. 2021 první vzorkovací kampaní. Poslední 8. vzorkovací kampaň byla ukončena 2. 12. 2021. Expozice pasivních vzorkovačů probíhala v rozmezí 29 až 33 dní. Přehled vzorkovacích kampaní včetně druhů aplikovaných membrán pasivních vzorkovačů je uveden v následující tabulce 10. Ve všech kampaních byly tyto membrány nasazeny na hlavním přítoku Svratka-nad VN a na odtoku Svratka-pod VN. Na ostatních přítocích byly nasazeny s různou četností podle významnosti přítoku (pro každou kampaň byl zpracován samostatný vzorkovací plán).

Přehled lokalit pasivního vzorkování je uveden v Tabulce 11. Ačkoliv byl jejich seznam uveden i v průběžné zprávě řešení za rok 2021, je uveden znovu z důvodu mírného posunutí některých profilů zapříčiněných intenzívní těžbou kolem VN Vír I nebo pro nalezení vhodnějšího místa, které zajišťovalo trvalé ponoření pasivního vzorkovače a jeho nenápadnost z důvodu minimalizace rizika zcizení nebo poškození. Říční kilometráž je počítána od středu VN. V roce 2021 probíhala intenzívní těžba kůrovcem napadených smrkových monokultur v bezprostřední oblasti na pravém břehu VN Vír I. Levobřežní partie po kalamitní těžbě dřeva jsou na Obr. 8.

TABULKA 10 PŘEHLED VZORKOVACÍCH KAMPANÍ A DRUHŮ INSTALOVANÝCH MEMBRÁN

Kampaň	Expozice	Instalace	Deinstalace	Druhy aplikovaných membrán			
				SR	POCIS-hlb	POCIS-Gly	POCIS-EDs
1/21	dubnová	30. 3. 2021	30. 4. 2021	X	X	X	
2/21	květnová	30. 4. 2021	31. 5. 2021	X	X	X	X
3/21	červnová	31. 5. 2021	29. 6. 2021	X	X	X	
4/21	červencová	29. 6. 2021	2. 8. 2021	X	X	X	X
5/21	srpnová	2. 8. 2021	2. 9. 2021	X	X	X	
6/21	zářijová	2. 9. 2021	4. 10. 2021	X	X	X	X
7/21	říjnová	4. 10. 2021	3. 11. 2021	X	X	X	
8/21	listopadová	3. 11. 2021	2. 12. 2021	X	X	X	X

TABULKA 11 LOKALIZACE PROFILŮ PRO PASIVNÍ VZORKOVÁNÍ V POVODÍ VN VÍR I

P. č.	Název profilu	VN	ř. km	OPVZ	Souřadnice WGS84
1	Chlumský potok	Vír I	0,45	II	N 49°34.36048', E 16°18.94725'
2	Nyklovický potok	Vír I	1,85	II	N 49°34.80723', E 16°18.90397'
3	Korouhvický potok	Vír I	0,95	II	N 49°35.08207', E 16°18.48168'
4	Potok od obce Hluboké	Vír I	1,0	II	N 49°34.84252', E 16°17.84438'
5	Veselský potok	Vír I	0,3	I	N 49°34.74648', E 16°16.15395'
6	Svratka-nad VN	Vír I	116,25	I	N 49°35.63343', E 16°15.13443'
7	Janovický potok	Vír I	0,15	I	N 49°35.32045', E 16°15.39032'
8	Písečenský potok	Vír I	0,3	II	N 49°34.63557', E 16°15.62497'
9	Karasínský potok	Vír I	0,2	II	N 49°34.31208', E 16°16.02312'
10	Svratka pod hrází VN - náhon	Vír I	108,05	-	N 49°33.71338', E 16°18.52368'
11	Fryšávka - ústí	Vír I	0,95	-	N 49°38.18183', E 16°12.99002'
12	Černý potok – nad ústím do Bílého potoka	Vír I	0,35	-	N 49°42.50098', E 16°13.42180'
13	Bílý potok - nad ústím Černého potoka	Vír I	6,4	-	N 49°42.36620', E 16°13.80095'

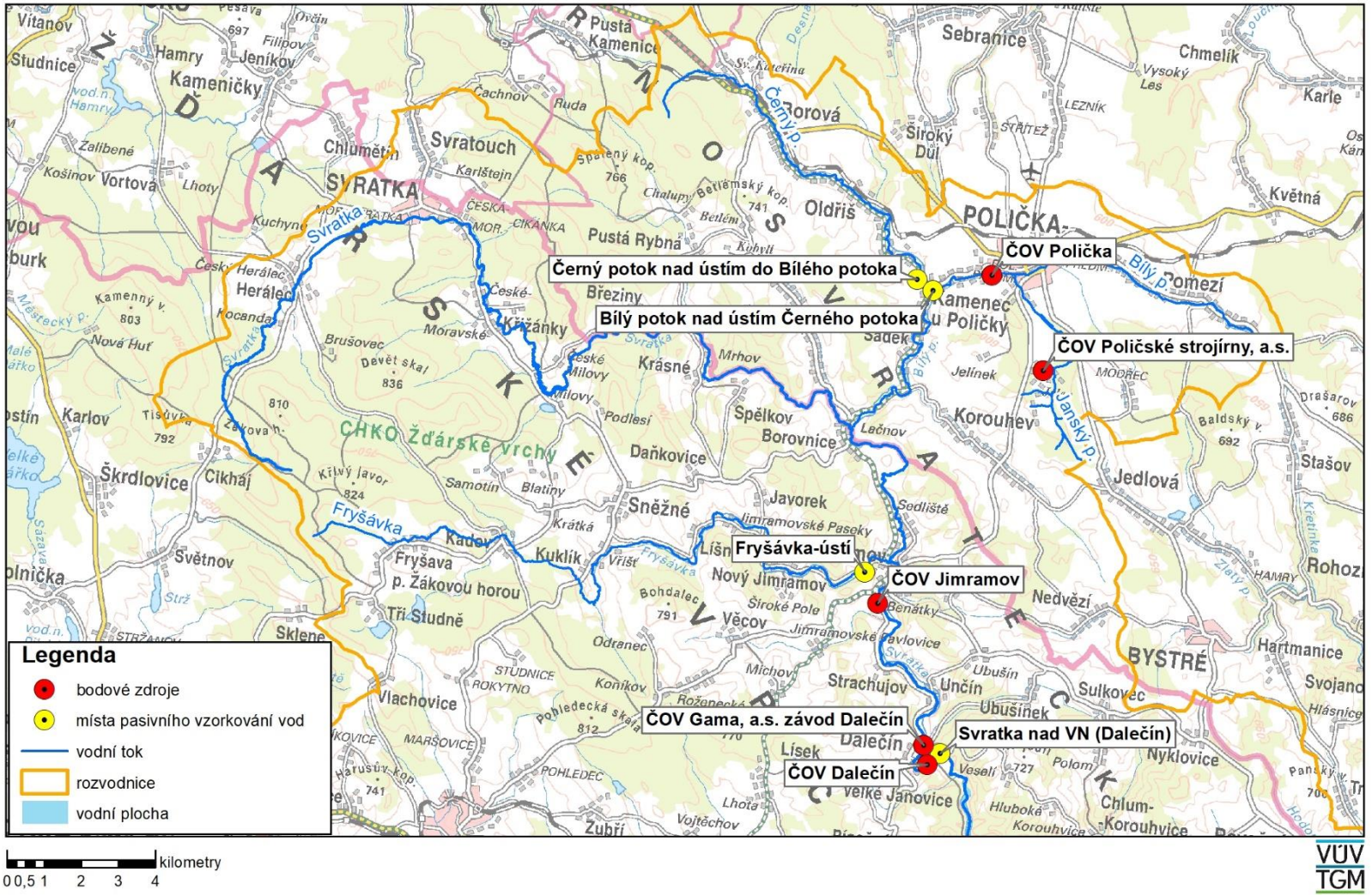
OBR. 8 LEVOBŘEŽNÍ PARTIE VN VÍR I PO KALAMITNÍ TĚŽBĚ DŘEVA

Vzorkovací místa jsou pomocí SW ArcMap 10.8.1 zakreslena v mapách na Obr. 9 a Obr. 10.

Povodí vodárenské nádrže Vír I – vzorkovací a odběrová místa

OBR. 9 MÍSTA PASIVNÍHO VZORKOVÁNÍ A ODBĚRU ODPADNÍCH VOD V POVODÍ VN VÍR I

Povodí vodárenské nádrže Vír I – vzorkovací a odběrová místa

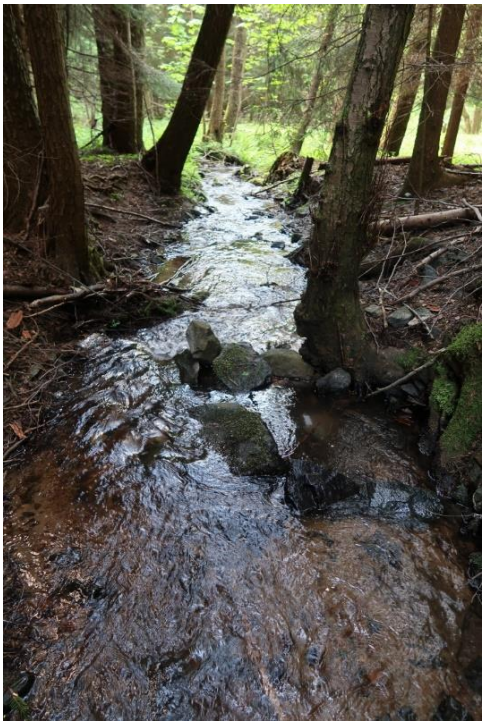


OBR. 10 MÍSTA PASIVNÍHO VZORKOVÁNÍ A ODBĚRU ODPADNÍCH VOD V POVODÍ VN VÍR I

Charakteristika vzorkovacích lokalit

Chlumský potok (Obr. 11) o délce menší než 1 km je nejkratším ze sledovaných přítoků do VN Vír I. Vyvěrá pod obcí Chlum formou odtoku z malého rybníčku. Obec má 45 obyvatel (2014) a nemá kanalizaci. V blízkosti prameniště se nachází areál zemědělského družstva. V povodí převládají louky (pastviny), ve střední části orná půda, v dolní části se k vodárenské nádrži přimyká pás smíšeného lesa s převahou listnatých stromů. Pasivní vzorkovače byly instalovány v dolní zalesněné části nad ústím do VN v částečně upravené tůni.

OBR. 11 CHLUMSKÝ POTOK



Nyklovický potok (Obr. 12) je svými 5,2 ř. km nejdelším levostranným přítokem VN Vír I a také nejvodnatější, pokud pomineme hlavní přítok, Svratku. V jeho povodí není situována žádná obec (obec Nyklovice spadá do jiného povodí mimo VN Vír I). Z 80 % převládá lesnatý porost s převahou listnatých stromů. V době vzorkování probíhala částečná těžba dřeva menšího rozsahu. Pouze v horní části povodí se nacházejí louky a orná půda.

OBR. 12 NYKLOVICKÝ POTOK PŘED A PO VÝZNAMNÉ EROZI

Během 6. vzorkovací kampaně došlo v povodí Nyklovického potoka k významné erozi půdy, která způsobila výrazné „zabahnění“ koryta (viz Obr. 8). Jednalo se pravděpodobně o důsledek lokální srážky, která proběhla buď 15. 9. 2021 podle srážkoměrné stanice Povodí Moravy, s.p. v Jimramově (23 mm) nebo 17. 9. 2021 podle srážkoměrné stanice Povodí Moravy, s.p. v obci Vír (2,9 mm). Na ostatních přítocích do VN Vír I nebyl tento fenomén zaznamenán.

Korouhvický potok (Obr. 13) je levostranným přítokem do VN Vír I o délce cca 3 ř. km. V říčním km 1,05 se k němu připojuje Polomský potok, pojmenovaný podle stejnojmenné obce. Obec Polom správně spadá pod obec Sulkovec, lokalizované mimo povodí VN Vír I. Počet obyvatel v obci je odhadován na 70 (včetně obce Sulkovec 183 obyv.). U obce je situováno menší zemědělské družstvo. Louky a orná půda v povodí Korouhvického potoka převládají (cca 70 %). Jehličnany v dolní části povodí byly v době vzorkování intenzívně káceny kvůli napadení kůrovcem. Proto byly pasivní vzorkovače instalovány nad tuto oblast (z důvodu přejíždění těžké techniky přes potok v lokalitě těžby a zároveň z důvodu možného ovlivnění výsledků pasivního vzorkování). Na rozdíl od předchozích dvou potoků je patrný vyšší podíl jílovitého sedimentu v korytě.

OBR. 13 KOROUHVICKÝ POTOK

Potok od obce Hluboké je svou délkou 1,2 ř. km druhým nejkratším přítokem do VN Vír I. Obec Hluboké spadá správně pod obec Dalečín. Má převážně rekreační charakter, stálých obyvatel je pouze 40 (2021). Obec nedisponuje kanalizací a centrálním čištěním odpadních vod. Povodí je v horní části tvořeno loukami a malý podílem orné půdy (cca 10 %). U obce je situováno menší zemědělské družstvo zaměřené na chov skotu. Louky jsou využívány pro chov dobytka. Pasivní vzorkovače byly situovány v horní části potoka kolem ř. km 1,0, kde byl stupeň a vyhloubená tůň (Obr. 14). V dolní části povodí převládají lesy. V dolní části toku před samotným ústím do VN je situována malá vodní nádrž, která však nebyla pro pasivní vzorkování využita z důvodu její nízké průtočnosti.

OBR. 14 POTOK OD OBCE HLUBOKÉ

Veselský potok (1,4 ř. km) pramení v horní části obce Veselí z malé vodní nádrže. V povodí se další obec nenachází. Obec správně spadá pod obec Dalečín. Stálých obyvatel je 80 (2021). Obec nedisponuje kanalizací a centrálním čištěním odpadních vod. V horní části povodí převažují louky a pastviny, ve střední části louky a lesní porost, v dolní část přimykající k VN je, zalesněna. V době pasivního vzorkování probíhala v dolní části povodí intenzívní těžba dřeva po kůrovcové kalamitě. Asi 300 m od ústí do přehrady se do Veselského potoka vlévá další potok, který je mírně delší (2,15 ř. km). Pasivní vzorkovače byly umístěny cca 50 metrů pod spojením obou potoků (Obr. 15).

OBR. 15 VESELSKÝ POTOK S UMÍSTĚNÝM PASIVNÍM VZORKOVAČEM

Svratka nad VN v katastru obce Dalečín je hlavním přítokem do vodárenské nádrže Vír I. Délka Svratky nad VN činí 53 ř. km s pramenem v CHKO Žďárské vrchy. Jejími dalšími významnými přítoky jsou Fryšávka na 125,3 ř. km a Bílý potok na 131,5 ř. km. K nejvýznamnějším lidským sídlům náleží obce Herálec (1 095 obyv.), Svratka (1 407 obyv.), Jimramov (1 157 obyv.) a Polička (8 808 obyv.). Bezprostředně nad VN Vír I se nachází obec Dalečín (535 obyv.).

OBR. 16 SVRATKA NAD VN VÍR I

Obce Dalečín, Jimramov a Polička disponují kanalizační sítí zakončenou čistírnou odpadních vod. K čistění odpadních vod dochází v obci Dalečín i v průmyslovém podniku Gama, a s. – závod Dalečín, který vyrábí zdravotnické potřeby. Stejnojmenný podnik se nachází rovněž v městyse Jimramov, jehož průmyslové odpadní vody jsou napojeny na městskou ČOV.

Pasivní vzorkovače byly umístěny cca 500 m pod výpustí městské ČOV Dalečín nad vzdutím vodárenské nádrže.

Janovický potok o délce 6,2 ř. km je nejdelším pravobřežním přítokem do VN Vír I. Protéká jedinou obcí v povodí Velké Janovice (119 obyv.). Pod obcí je menší zemědělské družstvo. V horní polovině povodí ze 2/3 plochy převládají louhy a zemědělsky obhospodařované plochy. Zbytek tvoří les. V dolní úzké části povodí převládají lesy s převahou jehličnanů. V době pasivního vzorkování zde probíhala v menším rozsahu těžba dřeva vlivem kůrovcové kalamity. Pasivní vzorkovače byly umístěny 150 m nad ústím do VN Vír I.

OBR. 17 JANOVICKÝ POTOK NEDALEKO ÚSTÍ DO VN VÍR I

Písečenský potok o délce 3,05 ř. km pramení na horním konci obce Písečné. Obec se 197 obyvateli nemá vybudovanou kanalizační síť. V obci se nachází zemědělské družstvo a menší průmyslový areál (dřevovýroba). Většinu povodí tvoří louky a zemědělská půda, pouze v dolní části je území zalesněno. V době pasivního vzorkování zde probíhala intenzívní těžba dřeva vlivem kůrovcové kalamity především na svažitých pozemcích přimykajících k VN (Obr. 18). Proto byla lokalita pro umístění pasivních vzorkovačů zvolena výše po toku (0,3 ř. km) v místě neovlivněném těžbou.

OBR. 18 TĚŽBA DŘEVA ZASAHUJÍCÍ DO POVODÍ PÍSEČENSKÉHO POTOKA, PÍSEČENSKÝ POTOK

Karasínský potok (Obr. 15) je posledním významnějším pravostranným přítokem do VN Vír I. Jeho povodí má obdobný charakter, jako v případě Písečenského potoka. V povodí se nachází dvě obce: Vítochov se 127 obyvateli (stav 2001) a Karasín s 92 obyvateli (stav 2011). Obec Karasín je lokalizována mimo Karasínský potok na samé rozvodnici. Přibližně 1/3 povodí v jeho nejvrchnější a dolní části je zalesněna. V průběhu pasivního vzorkování i zde počínala intenzívní těžba dřeva po kůrovcové kalamitě.

OBR. 19 KARASÍNSKÝ POTOK A MÍSTO ULOŽENÍ PASIVNÍCH VZORKOVAČŮ

Kromě výše uvedených přímých přítoků do VN Vír I byly ve spolupráci s Povodím Moravy, s.p. vytipovány profily pro pasivní vzorkování nad vodárenskou nádrží a vzhledem k velikosti povodí Svratky nad VN mohou přispět k objasnění původu znečištění. Za tím účelem byly vybrány říční profily Fryšávka-ústí, Bílý potok nad Černým potokem, do nějž jsou zaústěny čištěné odpadní vody z města Polička a Černý potok-ústí do Bílého potoka.

Fryšávka se do řeky Svratky vlévá v horní části městyse Jimramov. Její délka činí 23,5 ř. km. Jedná se o štěrkonosný tok. K nejvýznamnějším obcím v povodí náleží Fryšava pod Žákovou horou (343 obyv.), městys Šněžné (573 obyv.) a obec Daňkovice (133 obyv.). Převážnou část povodí tvoří louky a lesy, cca 1/3 tvoří zemědělsky obhospodařované pozemky. Pasivní vzorkovače byly umístěny nad městysem Jimramov, aby se zabránilo případnému ovlivnění z individuální zástavby.

OBR. 20 FRYŠÁVKA NAD MĚSTYSEM JIMRAMOV

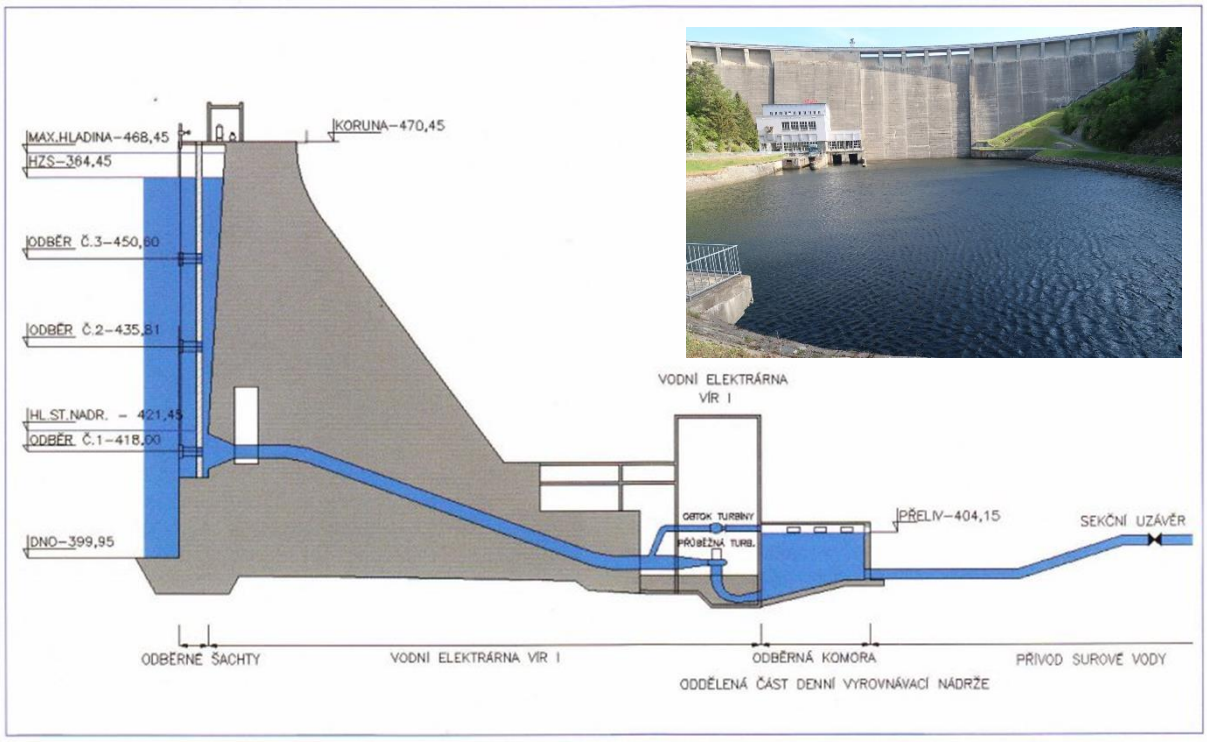
Bílý potok, v mapách též nazývaný Polička, se do Svratky vlévá u obce Borovnice. Jeho délka činí 16,3 ř. km. Pramení na horním konci Pomezí nad městem Polička. Až na malý úsek před ústím do Svratky protéká lidskými sídly Sádek (531 obyv.), Kamenec u Poličky (545 obyv.), Polička (8 808 obyv.) a Pomezí (1 249 obyv.). Jedná se i silně antropogenně ovlivněný tok. Je do něj zástěna odpadní vody z městské ČOV Polička, kvalitu povrchové vody však spíše zhoršují individuálně připojené domy Kamence u Poličky. Místo pro pasivní vzorkování bylo zvoleno v Kamenci u Poličky před ústím Černého potoka (Obr. 21).

OBR. 21 BÍLÝ POTOK NAD ÚSTÍM ČERNÉHO POTOKA

Černý potok, který rovněž prakticky celou svojí délkou 12,5 ř. km protéká lidskými sídly Borová (1 011 obyv.), Oldřiš (649 obyv.), se v k. ú. obce Kamenec u Poličky (545 obyv.) vtéká do Bílého potoka. Jedná se tedy také o antropogenně silně ovlivněný tok. V povodí obou toků podstatnou část území tvoří zemědělsky využité plochy. Pasivní vzorkovače byly umístěny 350 m nad jeho ústím do Bílého potoka. (Obr. 22).

OBR. 22 ČERNÝ POTOK

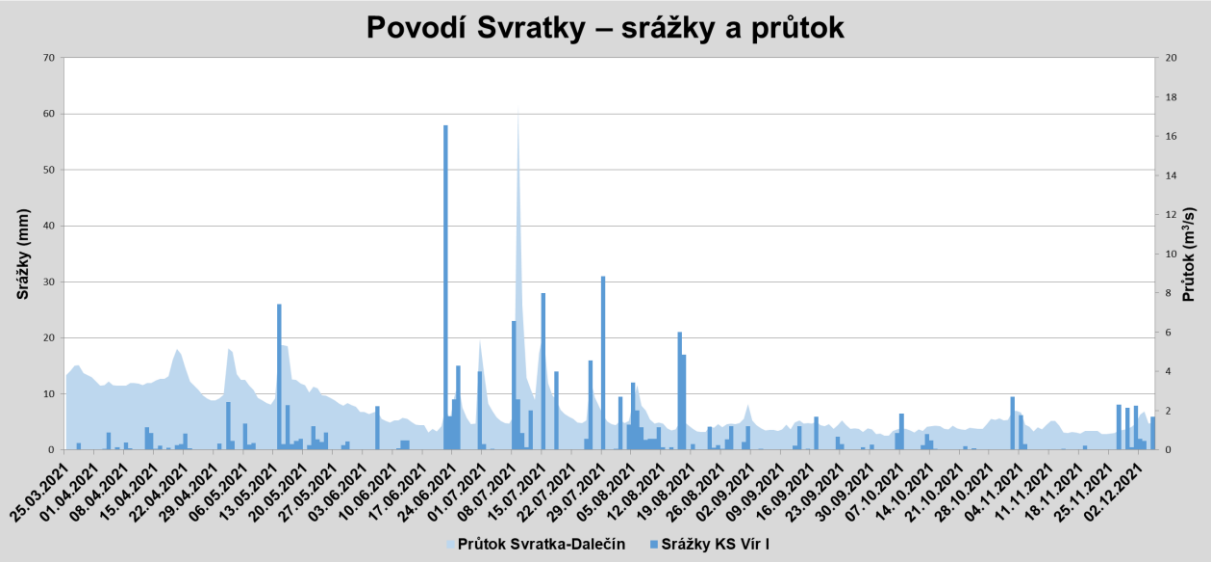
Vzorkovacím místem byl i odtok z vodárenské nádrže. Surová voda na úpravně vody nemohla být vzorkována z důvodu diskontinuálního režimu úpravy surové vody. Nicméně surová voda je odebírána z vyrovnávací nádrže pod hrází VN (Obr. 23). Proto byly pasivní vzorkovače umístěny do odtokového kanálu z této nádrže, který je veden souběžně s řekou Svratkou.



OBR. 23 SCHÉMA ODBĚRNÉHO SYSTÉMU SUROVÉ VODY Z VN VÍR I **ZDROJ: [10]**

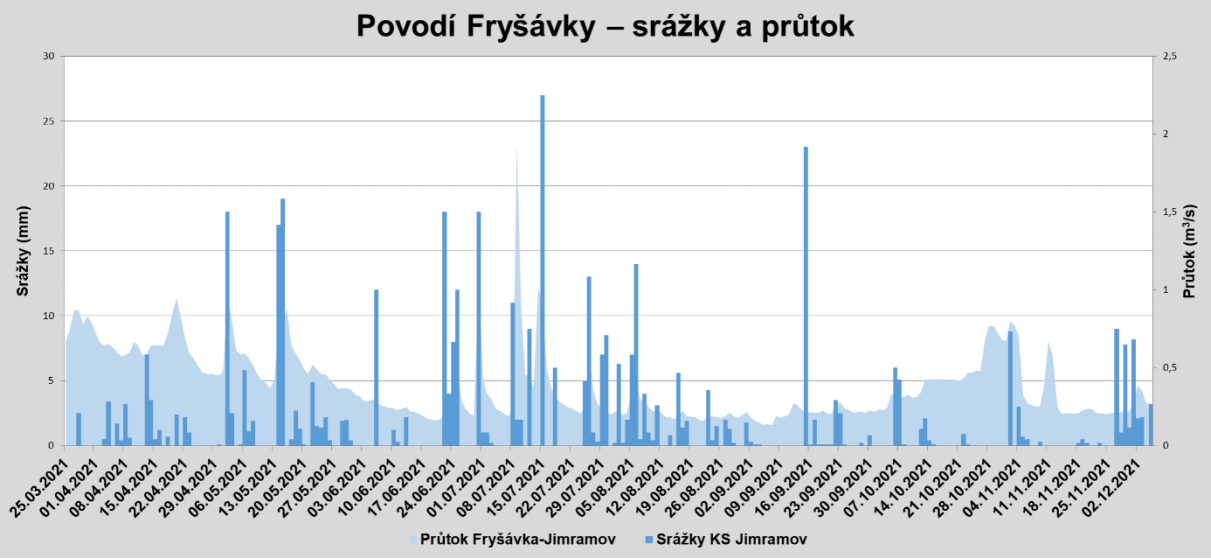
Záznam hydrologických a klimatologických dat

Po celou dobu pasivního vzorkování byla zaznamenávána hydrologická data v hodinovém kroku od 25. 3. 2021 do 5. 12. 2021 z limnigrafických stanic Svratka-Dalečín a Fryšávka-Jimramov. Po tuto dobu byly v denním kroku zaznamenávány srážkové úhrny ze stanic KS Jimramov a KS Vír. Data o průtocích a srážkách byla zpracována do grafů (Obr. 24 a 25).



OBR. 24 SRÁŽKY Z KS VÍR I A PRŮTOK VE SVRATCE-DALEČÍN V OBDOBÍ 25. 3. AŽ 5. 12. 2021

Patrně do konce dubna převládaly zvýšené průtoky ve Svratce vlivem postupného tání sněhové pokrývky s mírnou dotací srážek. První významnější srážka nastala 14. 5. (26 mm). Největší srážkový úhrn byl zaznamenán 22. 6. (58 mm). Vlivem srážky 8. 7. (23 mm) patrně z důvodu nasycenosti povodí a mohutností přívalové srážky v povodí nad VN Vír I došlo ke skokovému zvýšení průtoku v profilu Svratka-Dalečín z 1,33 na 16,59 $m^3.s^{-1}$ (průměrný denní průtok), hodinové maximum 8. 7. činilo 22,9 $m^3.s^{-1}$. Během letních měsíců následovaly ještě 3 významnější srážko-odtokové epizody: 15. 7 (28 mm), 29. 7. (31 mm) a 16. až 17. 8. (38 mm). Poté nastoupilo srážkově chudé období, které přetrvalo až do konce listopadu.



OBR. 25 SRÁŽKY Z KS JIMRAMOV A PRŮTOK VE FRYŠÁVCE-JIMRAMOV V OBDOBÍ 25. 3. AŽ 5. 12. 2021

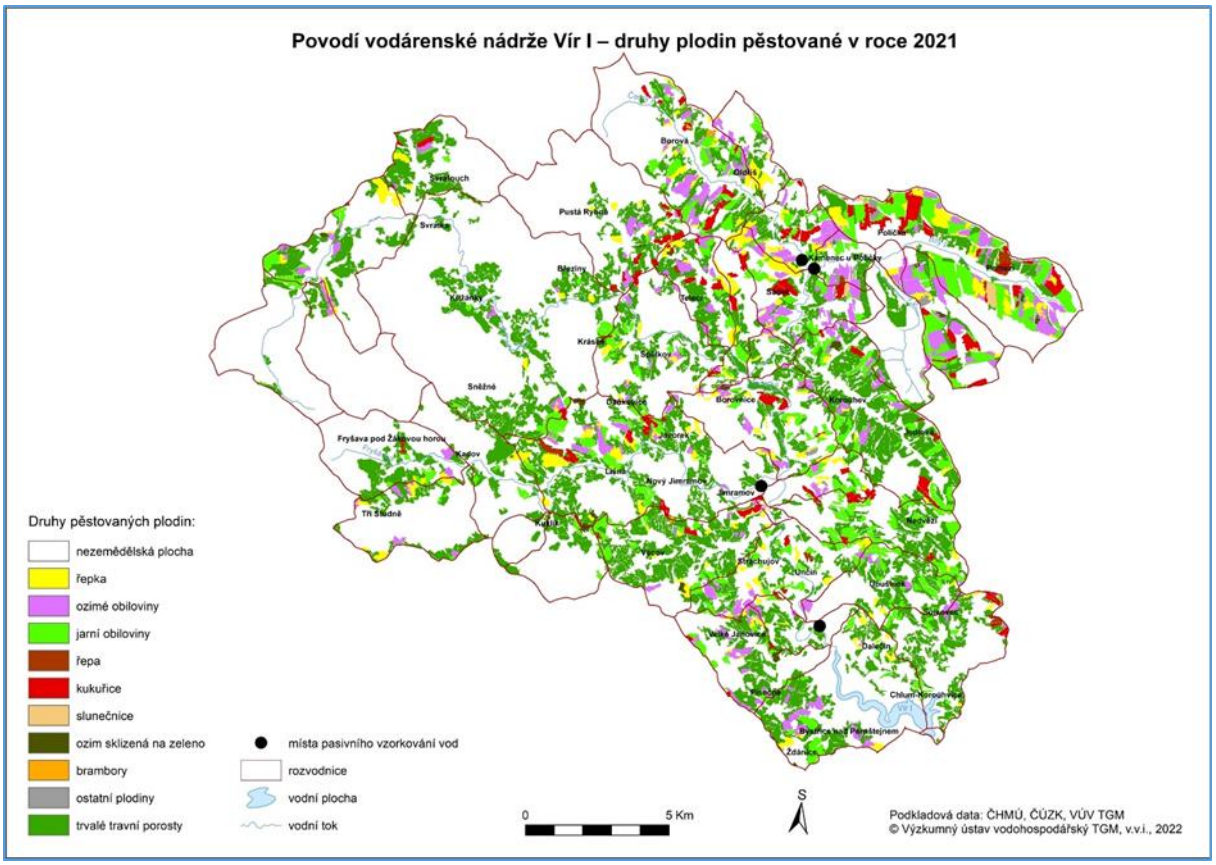
V povodí Fryšávky byla srážková činnost bohatší. První významná srážka nastala 2. 5 (18 mm) následovaná vydatnými srážkami 14. až 15 5 (36 mm). Srážkově bohaté období převážně vlivem bouřkové činnosti panovalo od 22. 6. do 6. 8. Také v tomto povodí se 8. 7. projevila srážková činnost (11 mm) významným vzestupem průtoku z 0,19 na 1,93 $m^3.s^{-1}$ (průměrný denní průtok), hodinové maximum 8. 7. činilo 3,31 $m^3.s^{-1}$. Srážka 15. 9. (23 mm) nebyla provázena zvýšením průtoku vlivem předcházejícího suchého období a vysokého výparu. Zvýšení průtoku 28. 10. podle záznamu v KS Jimramov nebylo zapříčiněno srážkovou

činností. Příčinou může být srážková činnost ve vyšších partiích povodí Fryšávky nebo vypouštění z rybníků.

Výsledky analýz extraktů z pasivních vzorkovačů a povrchových vod – pesticidy

Jsou prezentovány výsledky z 8 vzorkovacích kampaní, které na sebe navzájem navazovaly. Méně významné málo vodné přítoky do VN Vír I byly vzorkovány s nižší četností (převedším ty levostranné). Na hlavním přítoku do VN Vír I a na odtoku z VN byly během každé kampaně odebírány bodové vzorky povrchové vody. Graficky jsou ve zprávě prezentovány jen nejvýznamnější výsledky.

Informace o druhu pěstovaných plodin a rozloze v zájmových povodích vznikla klasifikací multitemporálních snímků dálkového průzkumu Země (DPZ). Jejich zastoupení v povodí VN Vír I dokumentuje Obr. 26 a Tabulka 12. Převažuje nezemědělské využití. Z plodin jsou nejvíce zastoupeny obiloviny, v menší míře řepka a kukuřice. Intenzívní zemědělská činnost probíhá především v povodích levostranných přítoků Svratky, Bílého potoka a Černého potoka a jejich přítoků.



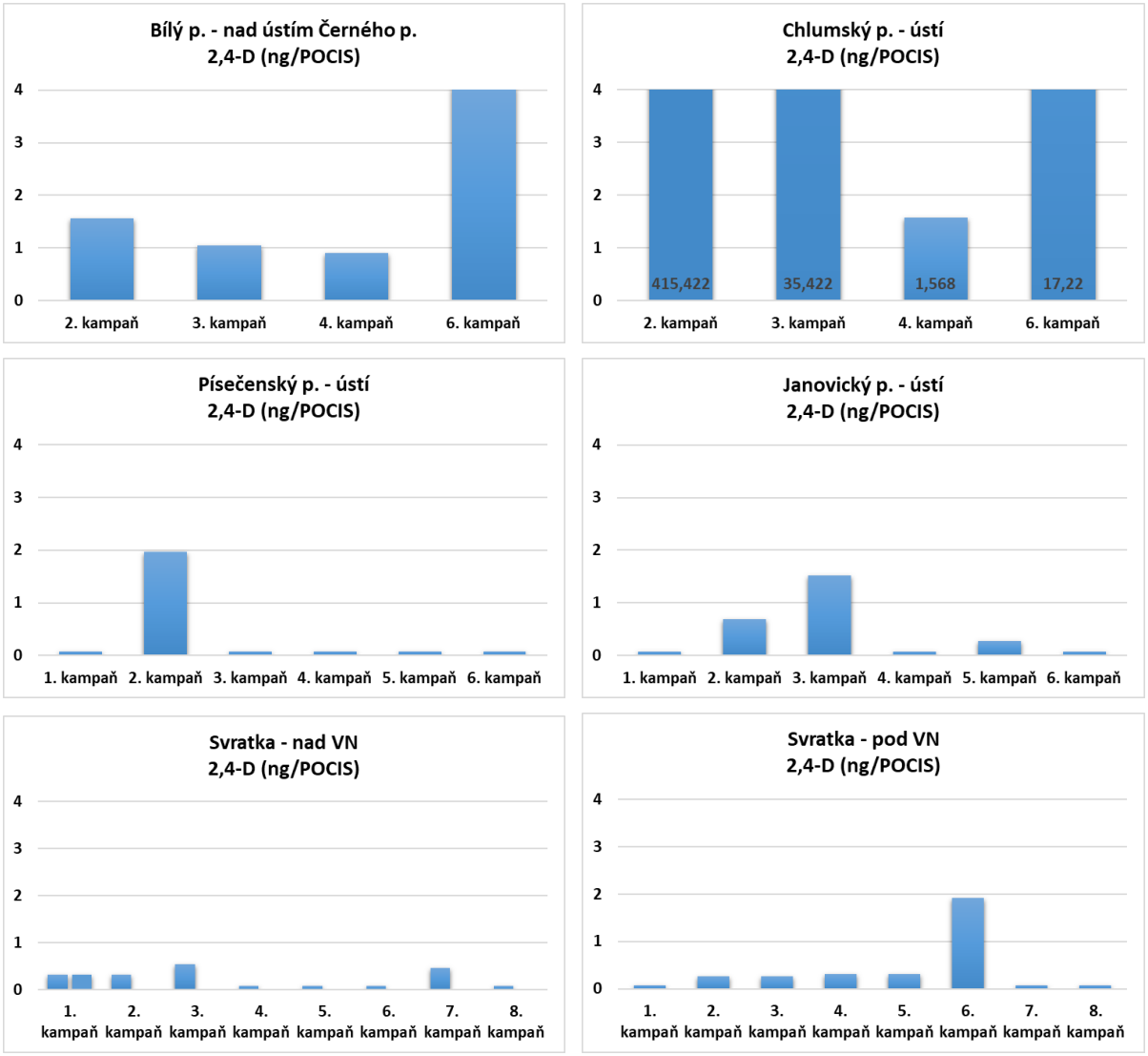
OBR. 26 DRUHY PĚSTOVANÝCH PLODIN V POVODÍ VN VÍR I V ROCE 2021 (ZDROJ: ČHMÚ)

TABULKA 12 ZASTOUPENÍ PĚSTOVANÝCH PLODIN V POVODÍ VN VÍR I V ROCE 2021 DLE DPZ

Způsob využití území	[m^2]	[%]	Způsob využití území	[m^2]	[%]
nezemědělská plocha	257527500	63,0	slunečnice	440625	0,1
řepka	11126875	2,7	ozim sklizená nazeleno	822500	0,2
ozimé obiloviny	16793125	4,1	brambory	110000	<0,1
jarní obiloviny	26411875	6,5	ostatní plodiny	1363125	0,3
řepa	1237500	0,3	trvalé travní porosty	85560625	20,9
kukuřice	7603750	1,9			

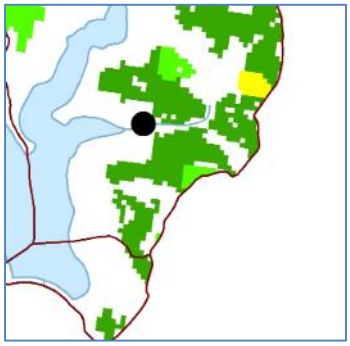
2,4-D

Chlororganický selektivní herbicid kyselina dichlorfenoxyoctová (2,4-D) byla obdobně jako bentazon potvrzena v Bílém potoce s maximem v 6. kampani a s masivním výskytem v Chlumském potoce s maximem v 2. vzorkovací kampani. Z ostatních přítoků do VN se herbicid 2,4-D v malém množství projevil v Janovickém potoce (do 3. vzorkovací kampaně) a v Písečenském potoce (jen ve 2 vzorkovací kampani) (Obr. 27).



OBR. 27 KONCENTRACE 2,4-D V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

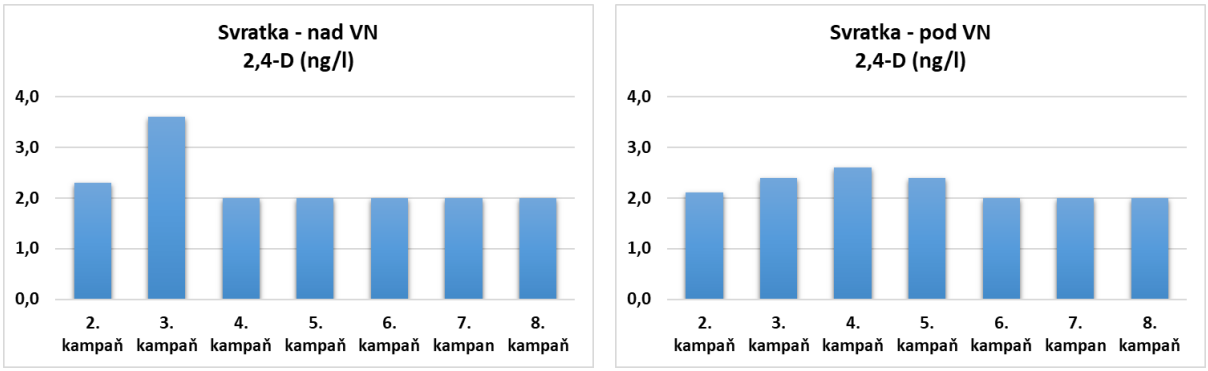
Svratkou byl potvrzen prakticky neznatelný nebo jen minimální vnos do VN, ale na výtoku z nádrže se výskyt mírně projevil v 6. vzorkovací kampani. 2,4-D je aplikován na obiloviny.



V povodí Chlumského potoka byly pěstovány v roce 2021 jarní obiloviny (světlé zelené plochy na Obr. 28).

V bodových vzorcích byl ve Svratce nad VN 2,4-D potvrzen ve velmi nízké koncentraci na konci 3. vzorkovací kampaně. Pouze nepatrný vzestup jeho koncentrace nad MS pod nádrží se projevil na konci 3. až 5. kampaně (Obr. 29).

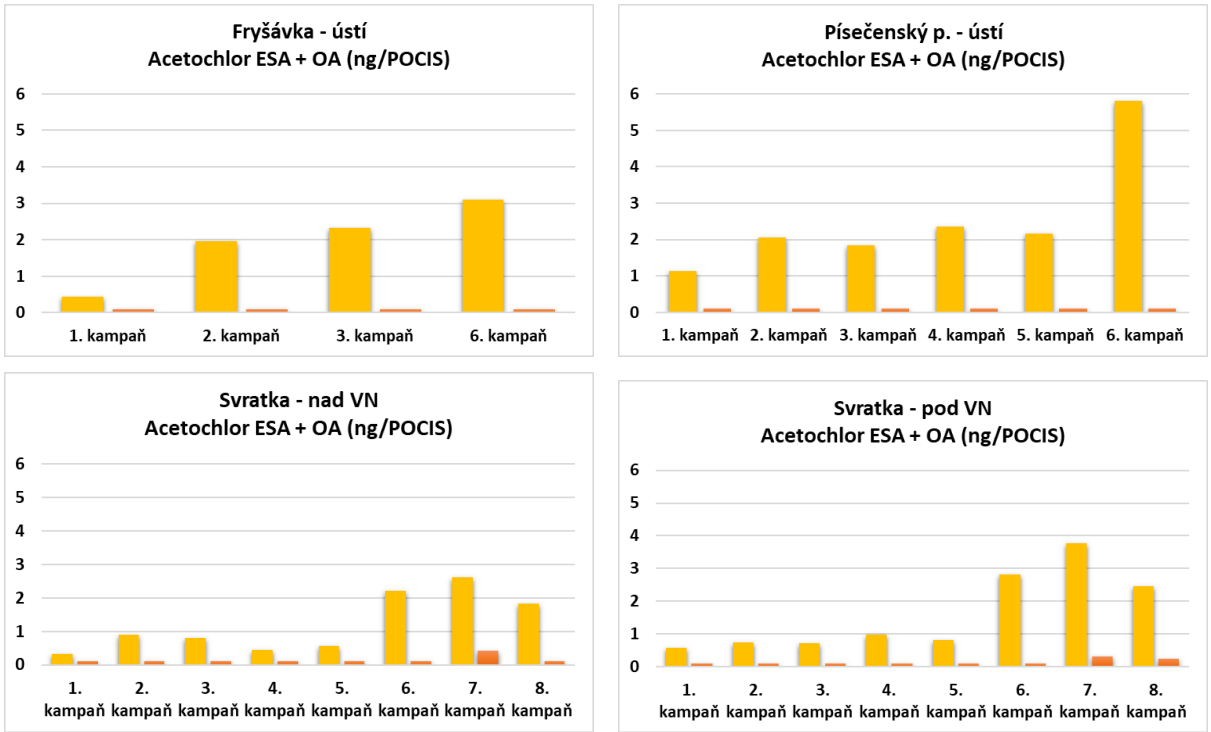
OBR. 28 DRUHY PĚSTOVANÝCH PLODIN V POVODÍ CHLUMSKÉHO POTOKA V ROCE 2021



OBR. 29 KONCENTRACE 2,4-D V POVRCHOVÉ VODĚ NA PŘÍTOKU A ODTOKU VN VÍR I V R. 2021

Acetochlor

Chloracetanilidový herbicid acetochlor byl v Evropské unii zakázán v roce 2012 z důvodu podezření na jeho karcinogenní účinky. Jeho metabolity ESA a OA se v životním prostředí nadále vyskytují, což bylo potvrzeno i v povodí VN Vír I. Koncentrace se vyskytly pouze v jednotkách ng na POCIS-hlb ve Fryšávce, Písečenském potoce a mírně v Janovickém potoce a Karasínském potoce. Koncentrace metabolitu ESA měla v období roku vzrůstající tendenci. Metabolit OA se vyskytl v nepatrné koncentraci nad mezí stanovitelnosti pouze ve Svratce nad VN a na odtoku z nádrže Vír I (Obr. 30). V povrchové vodě na přítoku a odtoku z VN nebyly bodovými odběry metabolity acetochloru ESA a OA potvrzeny.



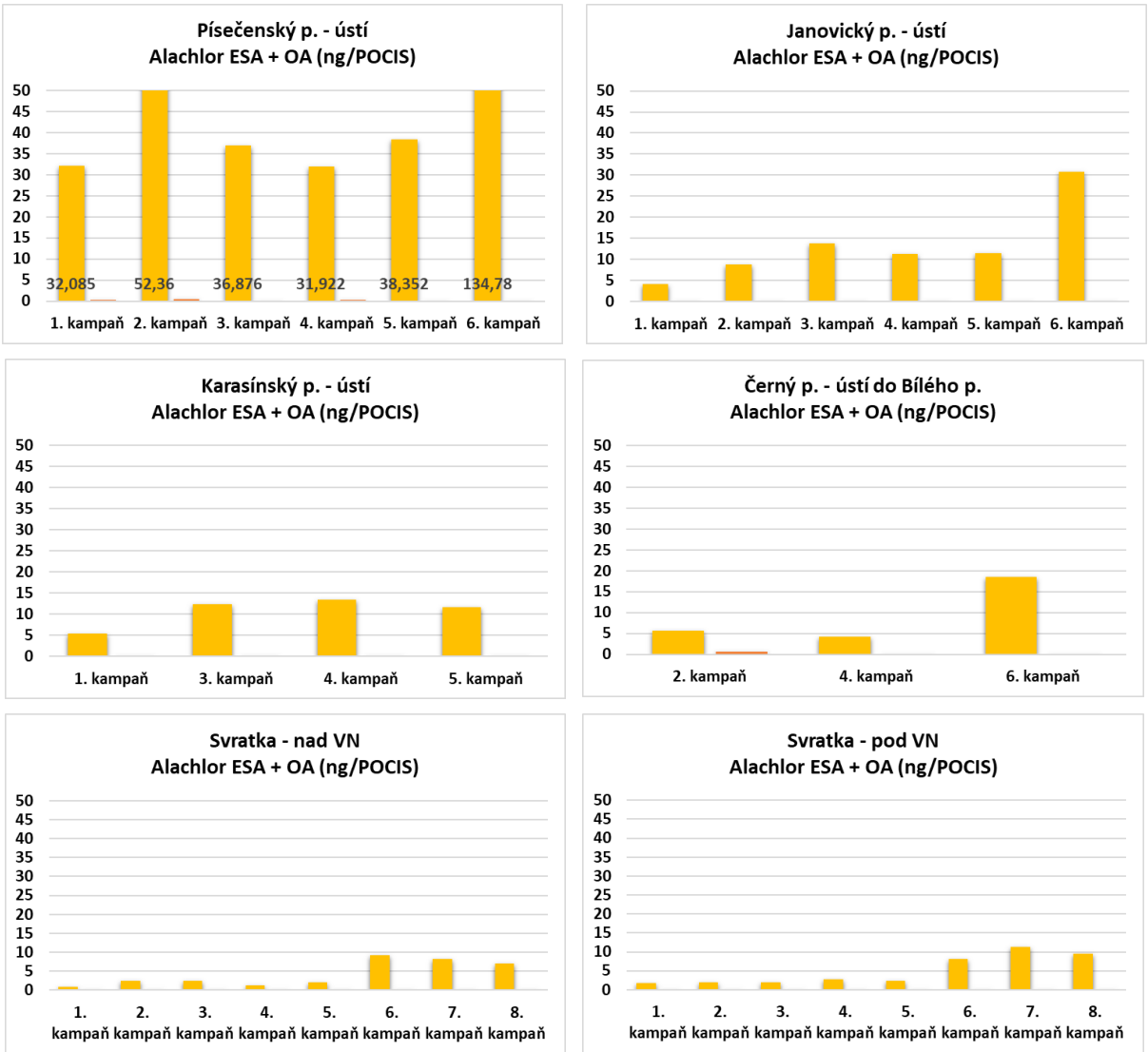
OBR. 30 KONCENTRACE ACETOCHLORU ESA A OA V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

Alachlor

Aplikace rostlino-lékařských přípravků s obsahem alachloru jako účinné látky bylo povoleno do roku 2008. Byl používán na olejniny a kukuřici. V pasivních vzorkovačích byla jeho koncentrace oproti acetochloru výrazně vyšší. Platí pro především pro pravostranné přítoky do VN: Janovický potok, Písečenský potok a Karasínský potok. (Obr. 31) Z levostranných

přítoků byl jednorázově potvrzen alachlor ESA ve Veselském potoce v 6. vzorkovací kampani (15 ng na POCIS-hlb). Nejvíce kontaminován byl Písečenský potok s maximem 134 ng na POCIS-hlb v 6. vzorkovací kampani. Ve většině případů nasorbovaná koncentrace alachloru ESA v pasivních vzorkovačích v průběhu roku stoupala s maximem v 6. vzorkovací kampani (možná spojitost s přívalovou srážkou 15. 9.), na odtoku z nádrže v 7. vzorkovací kampani. Výskyt metabolitu alachloru OA nebyl potvrzen nebo jen občas v minimálním množství.

V povrchové vodě na přítoku do VN byla bodovými odběry zjištěna přítomnost metabolitu alachloru ESA mírně nad mez stanovitelnosti (10 ng.l^{-1}) s maximem 18 ng.l^{-1} na konci 2. až 7. vzorkovací kampaně. Obdobné, mírně nižší koncentrace alachloru ESA, byly potvrzeny na odtoku z VN rovněž na konci 2. až 7. vzorkovací kampaně. Určitou anomálií je jednorázová vysoká koncentrace alachloru OA na konci 5. vzorkovací kampaně na odtoku z VN Vír I (79 ng.l^{-1}).

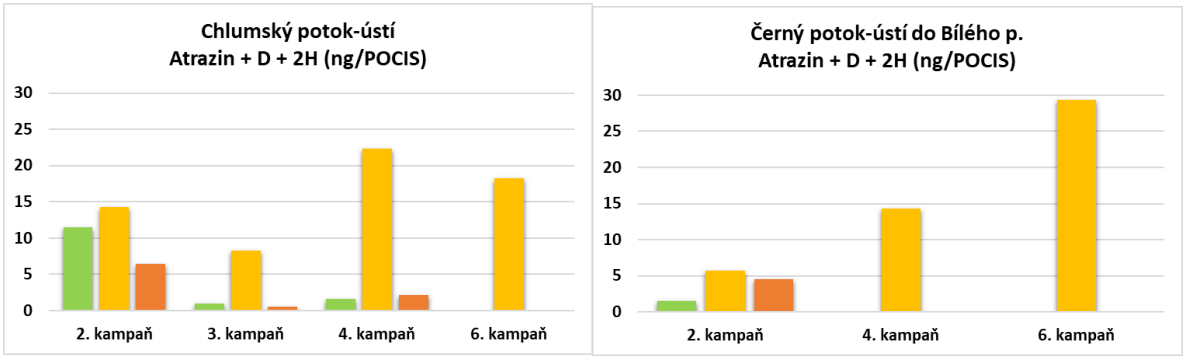


OBR. 31 KONCENTRACE ALACHLORU ESA A OA V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

Atrazin

Použití triazinového herbicidu atrazin k hubení dvouděložných plevelů je v Evropské unii od roku 2005 zakázáno. Přesto byly jeho metabolity atrazin-desethyl (D) a atrazin-2-hydroxy (2H) v přítocích do VN Vír I potvrzeny. V ojedinělých případech byla v pasivních vzorkovačích

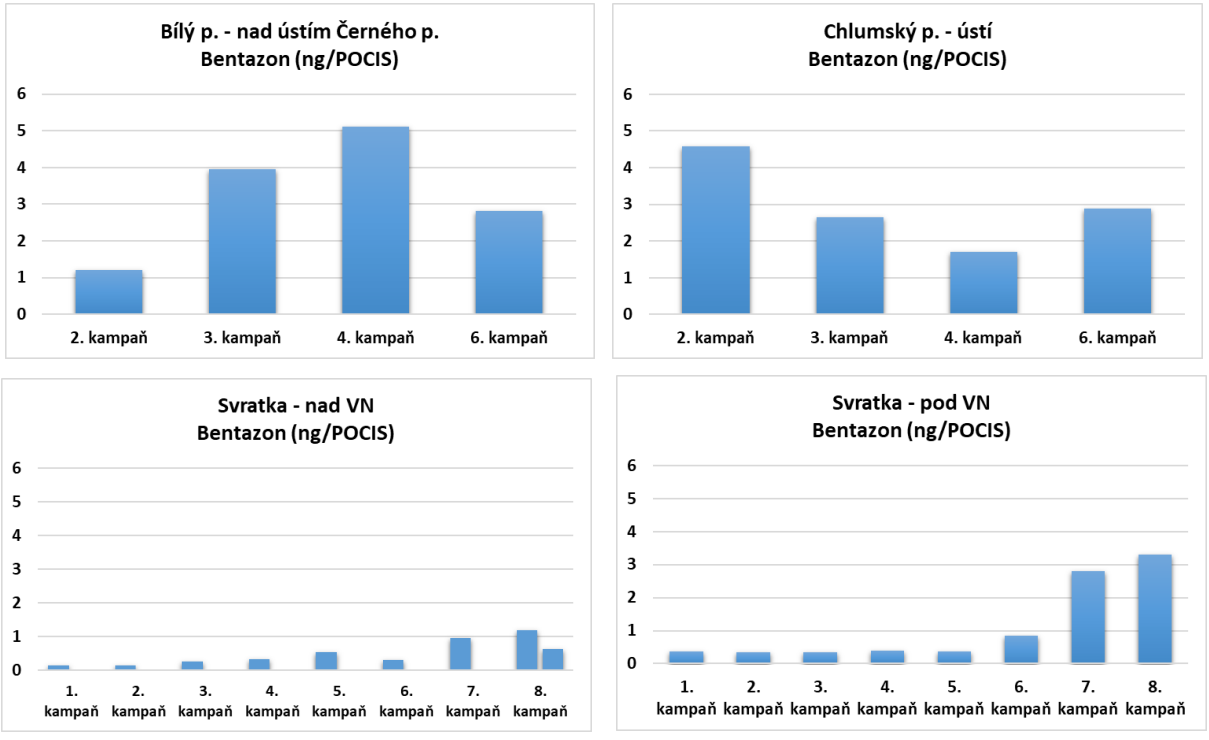
zachycena i mateřská látka. Nálezy jsou spíše ojedinělé jen v některých vzorkovacích kampaních. Nejvyšší a nejpočetnější zastoupení bylo zjištěno v potoce od obce Chlum a v Černém potoce v horní části povodí Svratky pod městem Polička (Obr. 32). Ve Svratce byly v malém množství nalezeny jen metabolity atrazinu, a to pouze ve 2. květnové vzorkovací kampani.



OBR. 32 KONCENTRACE ATRAZINU A JEHO METABOLITŮ V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

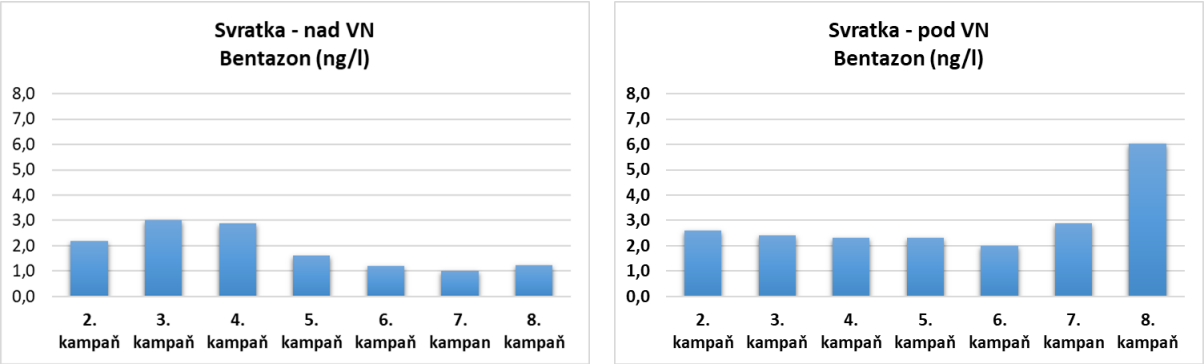
Bentazon

Pasivním vzorkováním byly potvrzeny poměrně nízké koncentrace bentazonu, triazinového herbicidu proti vybraným plevelům. Výskyt byl relevantní v povodí Bílého potoka, Černého potoka s maximem nasorbované koncentrace při 4. vzorkovací kampani a v povodí Chlumského potoka s maximem ve 2. vzorkovací kampani. Ve Svratce nad VN se to projevilo jen velice mírným vzestupem při 6. a 7. vzorkovací kampani, na odtoku z VN pak v 7. a 8. vzorkovací kampani (Obr. 33). V ostatních přítocích do VN se pasivním vzorkováním bentazon nepotvrdil, ačkoliv použitá metoda organické stopové analýzy je velmi citlivá. Bentazon se používá na ošetření obilnin, luskovin, brambor, pícnin, v menší míře olejnin.



OBR. 33 KONCENTRACE BENTAZONU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

V bodových vzorcích byl ve Svratce nad VN Vír I bentazon potvrzen ve velmi nízkých koncentracích v počátečních kampaních. Mírný vzestup jeho koncentrace pod nádrží se projevil na konci 8. kampaně (Obr. 34).

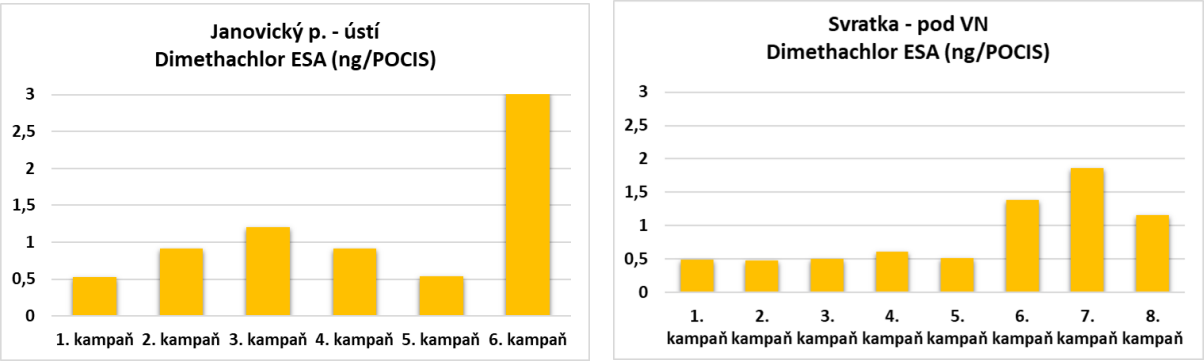


OBR. 34 KONCENTRACE BENTAZONU V POVRCHOVÉ VODĚ NA PŘÍTOKU A ODTOKU VN VÍR I V R. 2021

Dimethachlor

Spotřeba rostlino-lékařských přípravků s dimethachlorem jako účinnou látkou je podle evidence ÚKZÚZ [1] v zájmové oblasti nízká. Tomu odpovídají i koncentrační nálezy metabolitu dimethachloru ESA v pasivních vzorkovačích, které nepřekročily 3 ng na POCIS-hlb. Nálezy se v podstatě omezují na pravobřežní přítoky do VN Vír I na hranici detekce s maximem v 6. vzorkovací kampani, ve Svratce pod VN se mízně zvýšené koncentrace nad MS objevují v 6. až 8. kampani (Obr. 35). Dimethachlor je aplikován na olejniny.

V bodových vzorcích vody na přítoku do VN a odtoku z VN byl metabolit dimethachlor ESA taktéž nalezen.

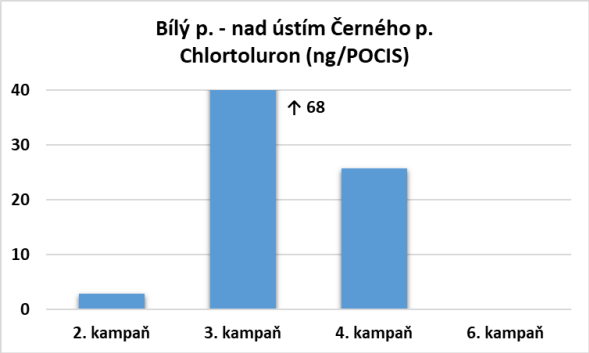


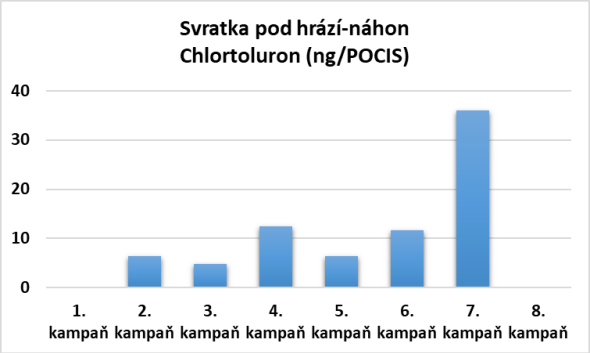
OBR. 35 KONCENTRACE DIMETHACHLORU ESA V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

Chlortoluron

Fenylmočovinový herbicid chlorotoluron se používá na ošetření obilovin a máku.

V povodí VN Vír I bylo jeho zastoupení v pasivních vzorkovačích nízké nebo nebylo prokázáno vůbec. Výjimkou je Bílý potok v horní části pod Poličkou, kde byly ve 3. a 4. vzorkovací kampani prokázány desítky ng/POCIS. Spotřeba chlorotoluronu v okrese Svitavy, kam povodí Bílého potoka patří, v roce 2021 činila 1 643 kg/rok. Ve Svratce nad nádrží se to projevilo jen občasným nálezem v jednotkách ng/POCIS, ale v nádrži dochází ke kumulaci této účinné látky a v 7. říjnové vzorkovací kampani patrně vlivem podzimní cirkulace byl potvrzen zvýšený výskyt (Obr. 36).

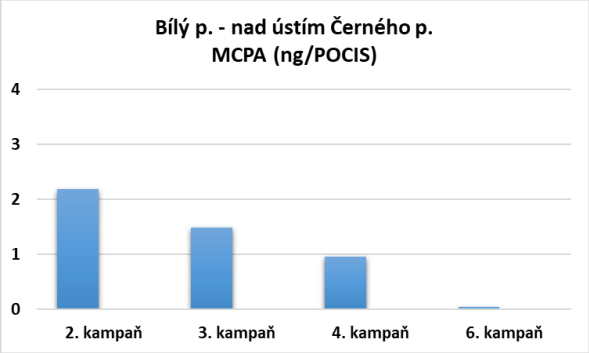


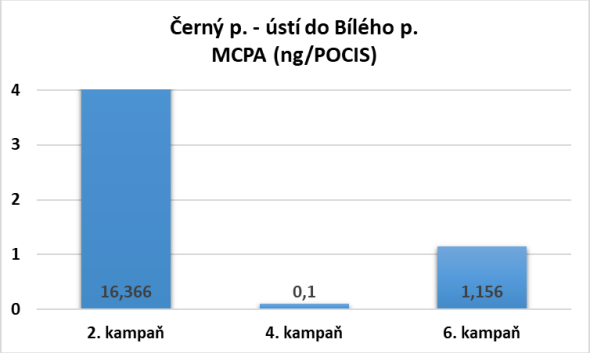


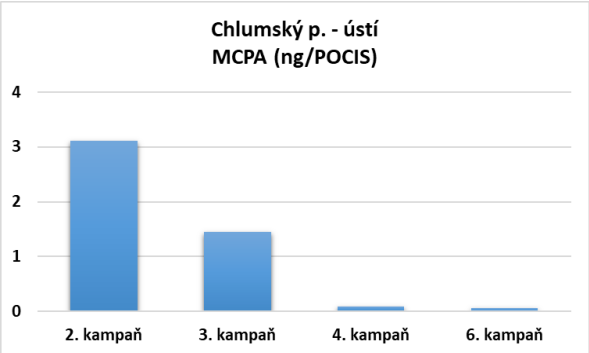
OBR. 36 KONCENTRACE CHLOROTOLURONU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

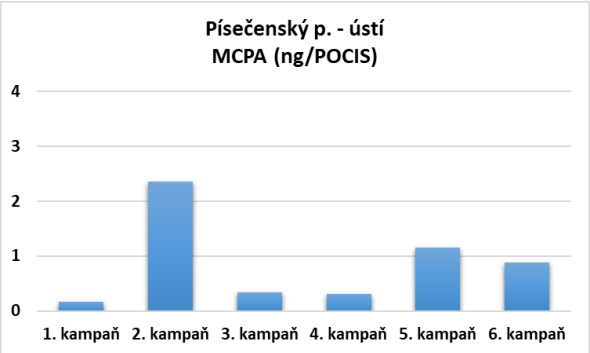
MCPA

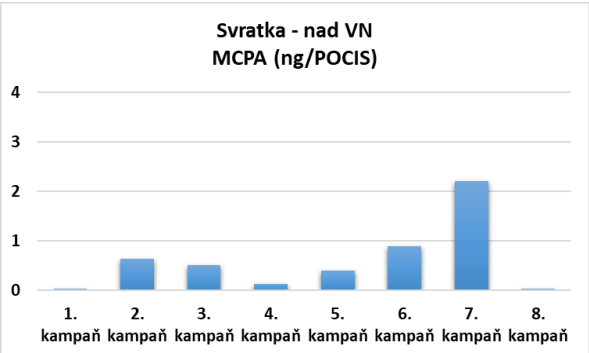
Selektivní herbicid na širokolisté plevely kyselina 4-chloro-o-tolyloxyoctová (MCPA) se používá na obilniny a pícniny. Jeho výskyt v přítocích do VN se projevil nejvíce ve 2. vzorkovací kampani v Bílém, Černém, Chlumském a Písečenském potoce a poté v dalších kampaních postupně klesal (Obr. 37).

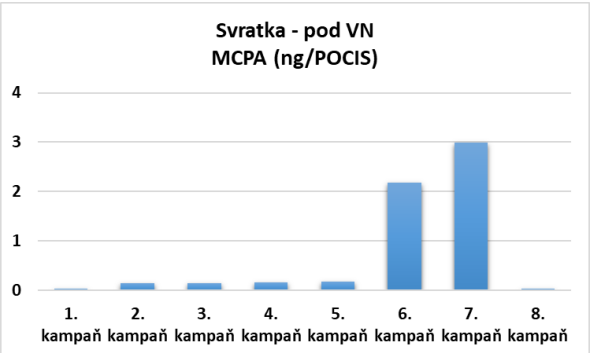






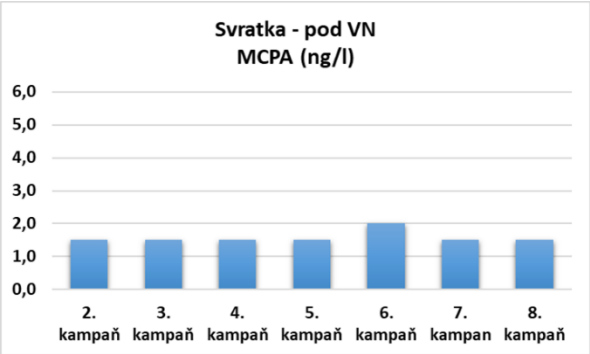






OBR. 37 KONCENTRACE MCPA V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

Na přítoku do VN Vír I se projevil více až v 7. kampani, na odtoku z nádrže v 6. a 7. kampani. Koncentrace v membránách byly ovšem nízké, v jednotkách ng na POCIS-hlb vyjma Černého potoka (16 ng/POCIS).

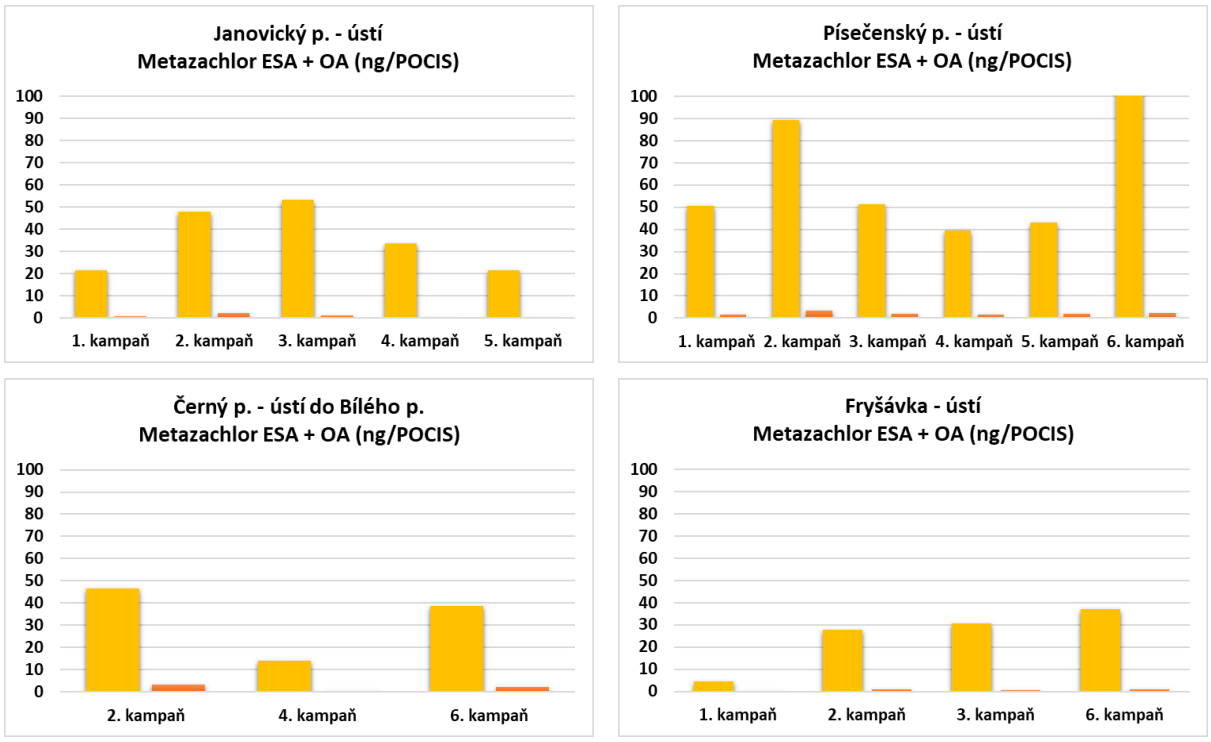


V bodových vzorcích byl ve Svratce nad VN herbicid MCPA nalezen pouze na konci 5. vzorkovací kampaně v koncentraci 5,2 ng.l^{-1}. Na odtoku z nádrže byl potvrzen ve stabilních nízkých koncentracích těsně nad mezí stanovitelnosti (Obr. 38).

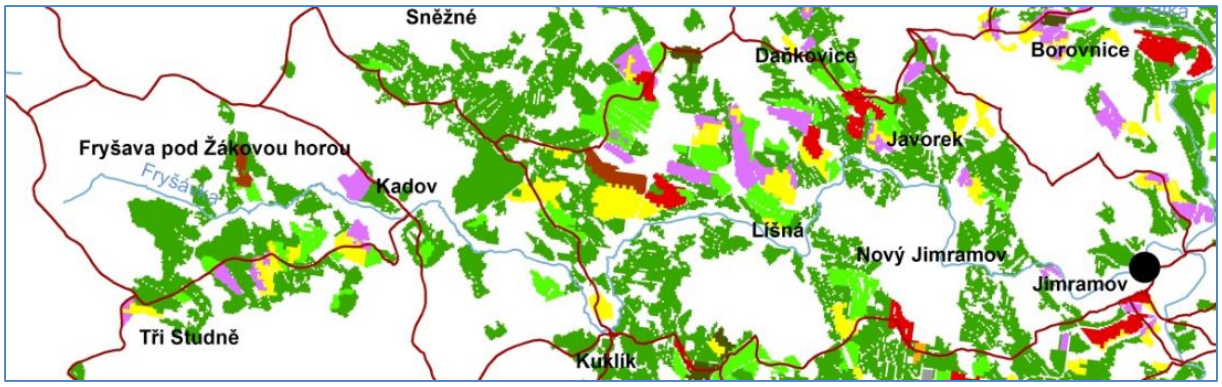
OBR. 38 KONCENTRACE MCPA V POVRCHOVÉ VODĚ NA ODTOKU VN VÍR I V R. 2021

Metazachlor

Opačná situace byla zjištěna v případě metabolitů metazachloru. Tento chloracetanilidový herbicid je velmi hojně používaný a jeho spotřeba v povodí vodárenské nádrže Vír I pro ošetření olejnin byla dle evidence ÚKZÚZ (na okresy) vysoká. Opět dominují všechny pravostranné přítoky do VN Vír I a v o něco menších koncentracích Černý potok a Fryšávka (Obr. 39 a 40). V povodí Písečenského potoka nebyly olejniny v roce 2021 pěstovány.

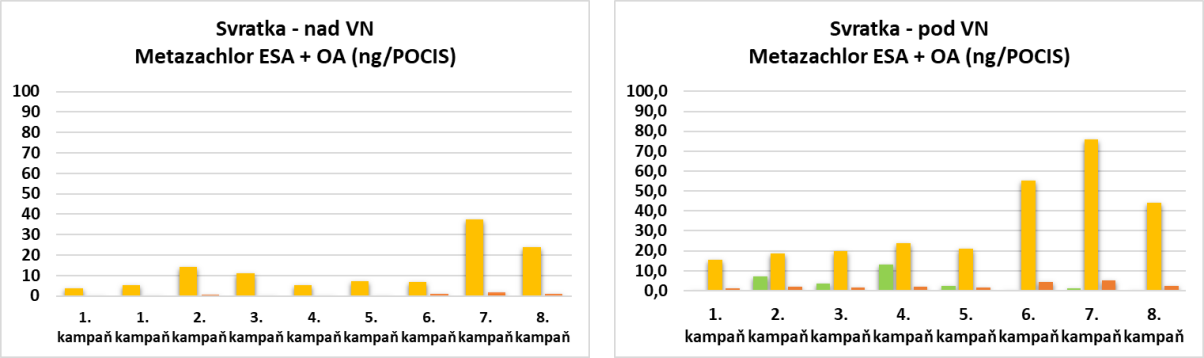


OBR. 39 KONCENTRACE METAZACHLORU ESA A OA V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021



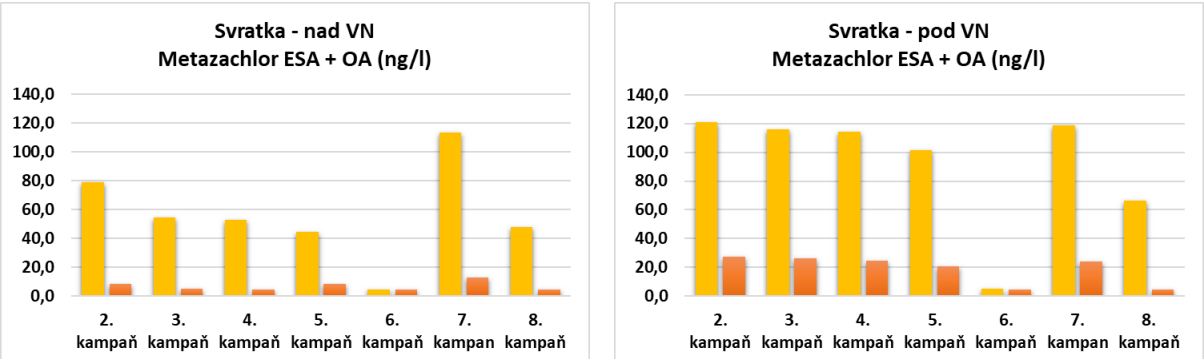
OBR. 40 PLODINY PĚSTOVANÉ V POVODÍ FRYŠÁVKY V R. 2021 (OLEJNINY ZNÁZORNĚNY ŽLUTĚ)

V levostranných přítocích do VN Vír I nebyly metabolity metazachloru zjištěny. Přitom v povodí Veselského potoka byly olejniny pěstovány. Pouze v Nyklovickém potoce v 6. vzorkovací kampani byl pozitivní nález v koncentrace 8,8 ng na POCIS-hlb. Ve Svratce na přítoku do nádrže byly zvýšené koncentrace metabolitu ESA potvrzeny v posledních dvou vzorkovacích kampaních, na odtoku z nádrže pak ve třech posledních kampaních. Je pozoruhodné, že mateřská sloučenina byla potvrzena pouze na odtoku z VN (Obr. 41).



OBR. 41 KONCENTRACE METAZACHLORU ESA A OA V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH NA PŘÍTOKU A ODTOKU VN VÍR I V R. 2021

V bodových vzorcích vody na přítoku do VN a odtoku z VN Vír I byl vždy kromě 6. kampaně metabolit metazachlor ESA potvrzen ve zvýšených koncentracích, metabolit OA se ve větší míře vyskytoval na odtoku z nádrže (Obr. 42).



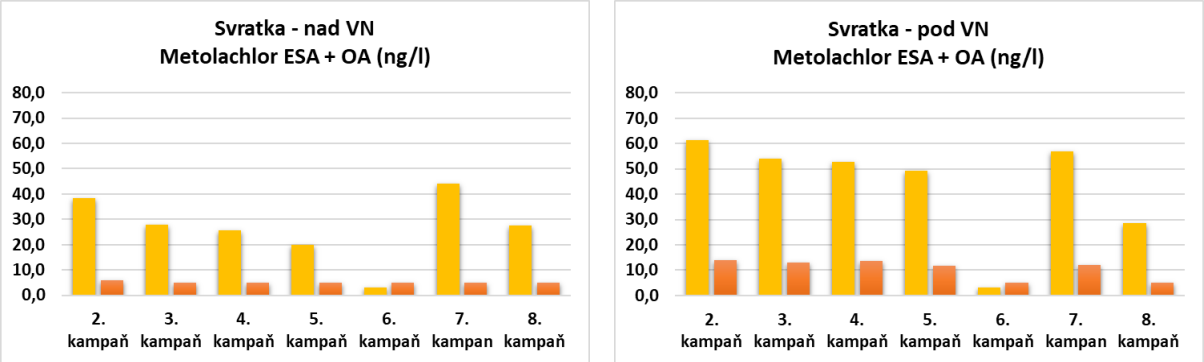
OBR. 42 KONCENTRACE METAZACHLORU ESA A OA V POVRCHOVÉ VODĚ PŘÍTOKU A ODTOKU VN VÍR I V R. 2021

S-metolachlor

Herbicid proti travinám, S-metolachlor je běžně a hojně používanou účinnou látkou s aplikací na kukuřici. Tomu odpovídají i nálezy v pasivních vzorkovačích. Na výsledcích je zřetelně vidět, v kterém dílčím povodí byl aplikován a v kterém nikoliv. Koncentrace mateřské látky i metabolitu ESA jsou v desítkách ng na POCIS-hlb. V levostranných přítocích do VN byl potvrzen prakticky jen v Nyklovickém potoce, více pak v pravostranných přítocích a především v hlavním přítoku Svratce. (Obr. 43).

OBR. 43 KONCENTRACE METOLACHLORU ESA A OA V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

V bodových vzorcích vody na přítoku do VN a odtoku z VN byl metabolit metolachlor ESA významně přítomen vyjma odběru na konci 6. vzorkovací kampaně. Metabolit metolachlor OA byl potvrzen pouze na odtoku z nádrže (Obr. 44). Kukuřice je pěstována na četných místech v povodí VN (Obr. 26), např. kolem Poličky, Jimramova a v horní části Nyklovického potoka.

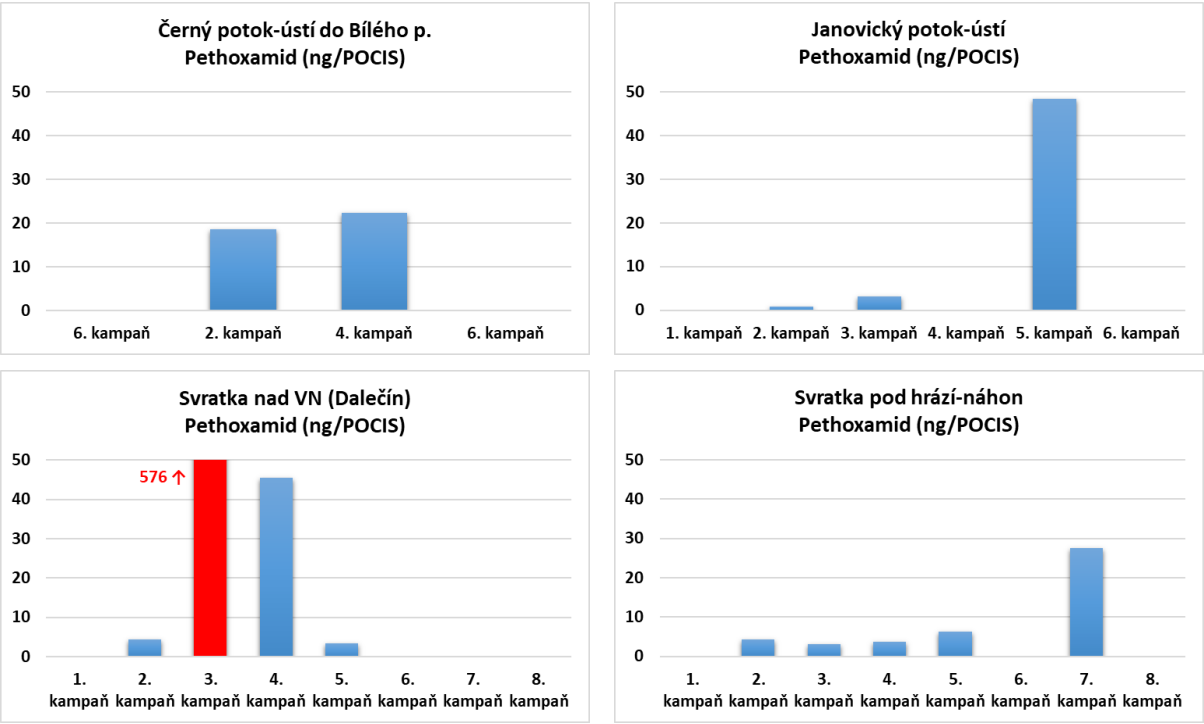


OBR. 44 KONCENTRACE METOLACHLORU ESA A OA V POVRCHOVÉ VODĚ NA PŘÍTOKU A ODTOKU VN VÍR I V R. 2021

Pethoxamid

Aplikuje se samostatně nebo ve směsi s terbuthylazinem. Je aplikován na kukuřici. Spotřeba účinné látky je vysoká: v okrese Svitavy činila v roce 2021 3 529 kg a v okrese Žďár nad Sázavou 1 362 kg. Aplikace se provádí do 3 dnů po zasetí.

V povodí VN Vír I byly pozitivní nálezy v pasivních vzorkovačích umístěných v Černém potoce (přítok Bílého potoka), Janovickém potoce a významně ve Svratce nad vodárenskou nádrží (Obr. 45). V povodí Černého potoka byla kukuřice v roce 2021 pěstována, během 2. vzorkovací kampaně nastala významná srážko-odtoková situace 14. 5. 2021 (26 mm) srážek). Pole osázená kukuřicí se nacházela i jižně od Jimramova nad profilem Svratka-Dalečín. Dne 22. 6. 2021 při 3. vzorkovací kampani nastala v této oblasti nejvýznamnější srážka roku (58 mm). Při podzimní cirkulaci v nádrži se pak pethoxamid projevil zvýšenou koncentrací i ve Svratce pod VN Vír I. Pro koncentrační pík v Janovickém potoce v 5. vzorkovací kampani není uspokojivé vysvětlení, kukuřice v tomto povodí nebyla v roce 2021 pěstována.



OBR. 45 KONCENTRACE PETHOXAMIDU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

Spiroxamin

Fungicid spiroxamin je široce používanou látkou. Spotřeba účinné látky v okrese Svitavy v roce 2021 činila 1 265 kg a v okrese Žďár nad Sázavou 725 kg. Na obiloviny je aplikován vždy v kombinaci s dalšími účinnými látkami (tebukonasolem, propikonasolem, fluopyranem, bixafenem). V pasivních vzorkovačích v povodí VN VíR I se nacházel jen v nízkých koncentracích, nejvíce v Bílém potoce a Černém potoce do 4 ng/POCIS. V polovičních koncentracích byl potvrzen v Písečenském potoce a Janovickém potoce.

Tebukonasol

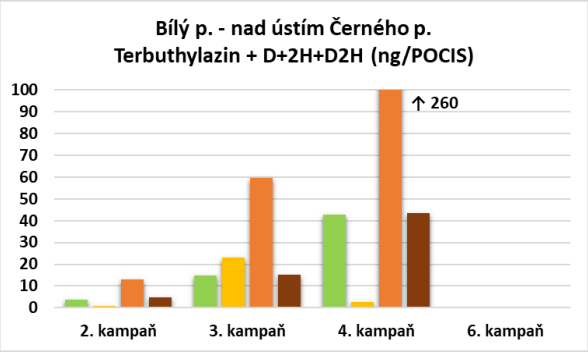
Fungicid tebukonasol je součástí široké řady přípravků na ochranu rostlin. Aplikuje se na obiloviny a olejniny (řepku jarní i ozimou). V povodí VN Vír I byla pasivními vzorkovači zachycena pouze ve 2. květnové vzorkovací kampani ve významnějším množství v Bílém potoce (29 ng/POCIS), nepatrně pak v potoce od obce Chlum a ve Svratce nad a pod vodárenskou nádrží. Spotřeba účinné látky je přitom značná: v roce 2021 v okrese Svitavy činila 3 574 kg a v okrese Žďár nad Sázavou 1 474 kg.

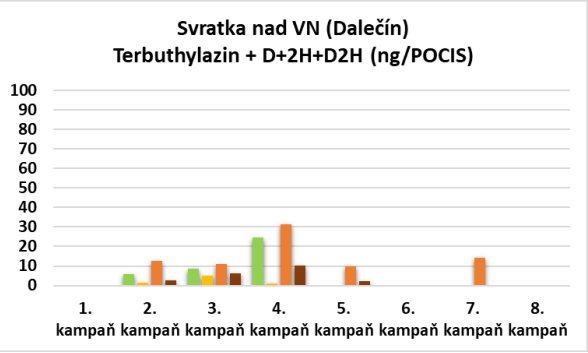
Terbuthylazin

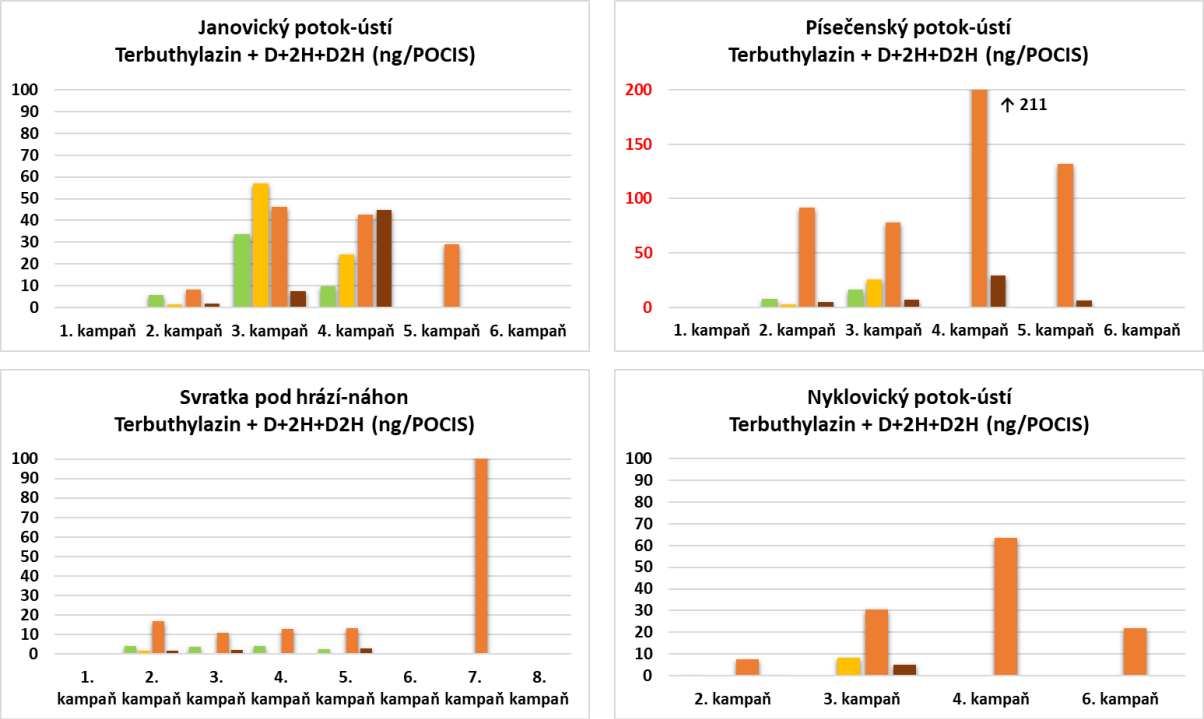
Chemicky je příbuzný atrazinu, na rozdíl od něj je ale hojně používán. Je aplikován na kukuřici. Spotřeba terbuthylazinu v okrese Žďár n. S. v roce 2021 činila 2 362 kg, v okrese Svitavy 1 191 kg. Terbuthylazin ve vodním prostředí nacházíme rovněž v četných formách metabolizován jako terbuthylazin-desethyl, terbuthylazin-2-hydroxy a terbuthylazin-desethyl-2-hydroxy. Tam, kde byl aplikován, se vesměs potvrdila jak mateřská látka, tak i jeho metabolity.

Na Obr. 26 je patrné, že kukuřice byla v roce 2021 pěstována v horních a středních částech povodí VN Vír I (červené plochy). Tomu odpovídají nálezy v Bílém potoce pod Poličkou, ve Svratce nad vodárenskou nádrží je již obsah terbuthylazinu a metabolitů naředěn, ale kumuluje se ve formě metabolitů. Ve Svratce pod VN Vír I v 7. říjnové vzorkovací kampani koncentrace terbuthylazunu-2-hydroxy enormně vzrostla, což může souviset s podzimní cirkulací v nádrži.

Překvapující jsou obsahy terbuthylazinu a jeho metabolitů v pravostranných přítocích do VN Vír I (Janovický a Písečenský potok), kde nebyla kukuřice v roce 2021 pěstována. Patrně tak půjde o zátěž z aplikací v předchozích letech. Naopak v horní části Nyklovického potoka byla kukuřice v roce 2021 pěstována a došlo zde k významné erozi půdy vlivem přívalových srážek v letních měsících. (Obr. 46)





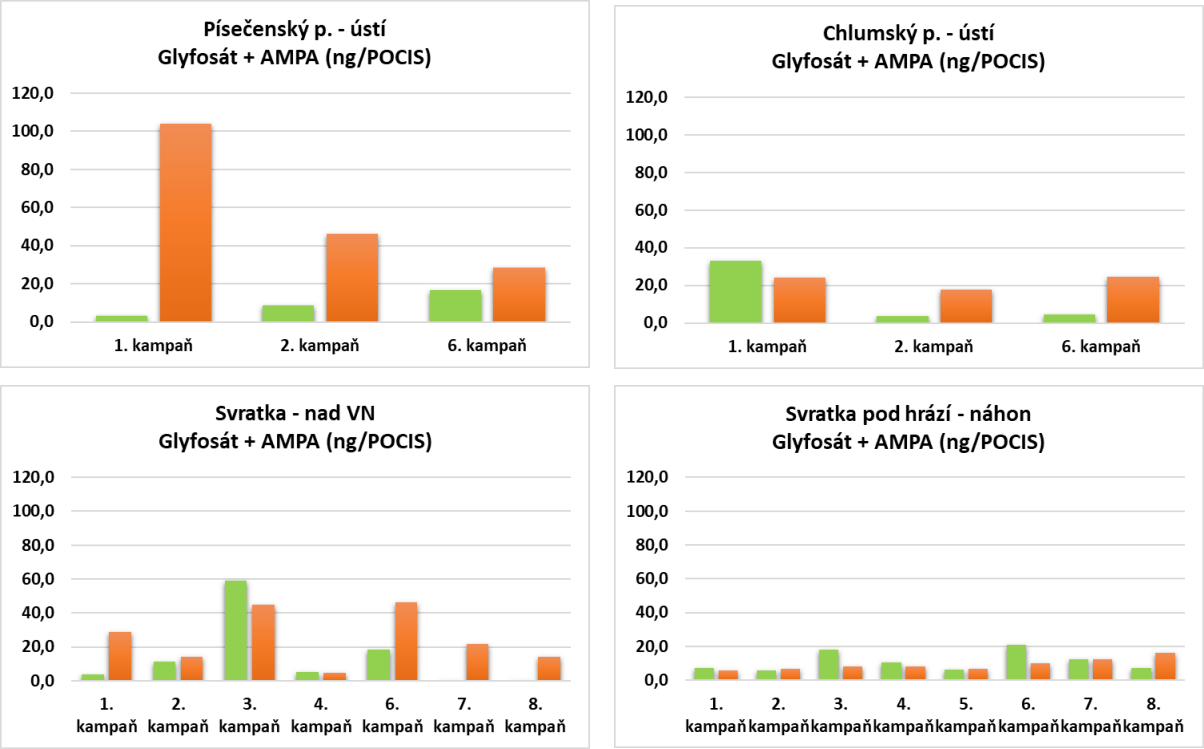


OBR. 46 KONCENTRACE TERBUTHYLAZINU A JEHO METABOLITŮ V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

Glyfosát

Specifickým herbicidem je glyfosát, jehož spotřeba je dlouhodobě v rámci celé ČR nejvyšší. Jedná se o silně polární látku, kterou lze technikami pasivního vzorkování zachytit specifickým vzorkovačem POCIS-Glyphosate (na POCIS-hlb není sorbován). Ten je rovněž schopen zachytit metabolit tohoto herbicidu – kyselinu aminomethylfosfonovou (AMPA). Kinetika transformace za různých podmínek jeho úbytek vymezuje v intervalu 1,5 až 53,5 dní pro DT_{50} a 8 až 280 dní pro DT_{90}. Metabolit AMPA je stabilnější, jeho perzistence je 11 až 21x větší. [11] Vždy záleží na konkrétních podmínkách a dokonce i druhu pěstovaných plodin. [12] Glyfosát je používán k likvidaci plevelů před jarní a podzimní setbou. K dozrávání plodin (jde o tzv. desikaci) je jeho použití pro většinu plodin zakázáno. Celoročně se pak s jeho užitím můžeme setkat na zahrádkách nebo pro ošetření chodníků ve městech. Z přítoků dominuje vnos metabolitu AMPA do VN Vír I z Písečenského potoka. Zajímavý je pozitivní nález v potoce od obce Hluboké, kde nebyly zatím potvrzeny žádné nálezy ostatních pesticidů.

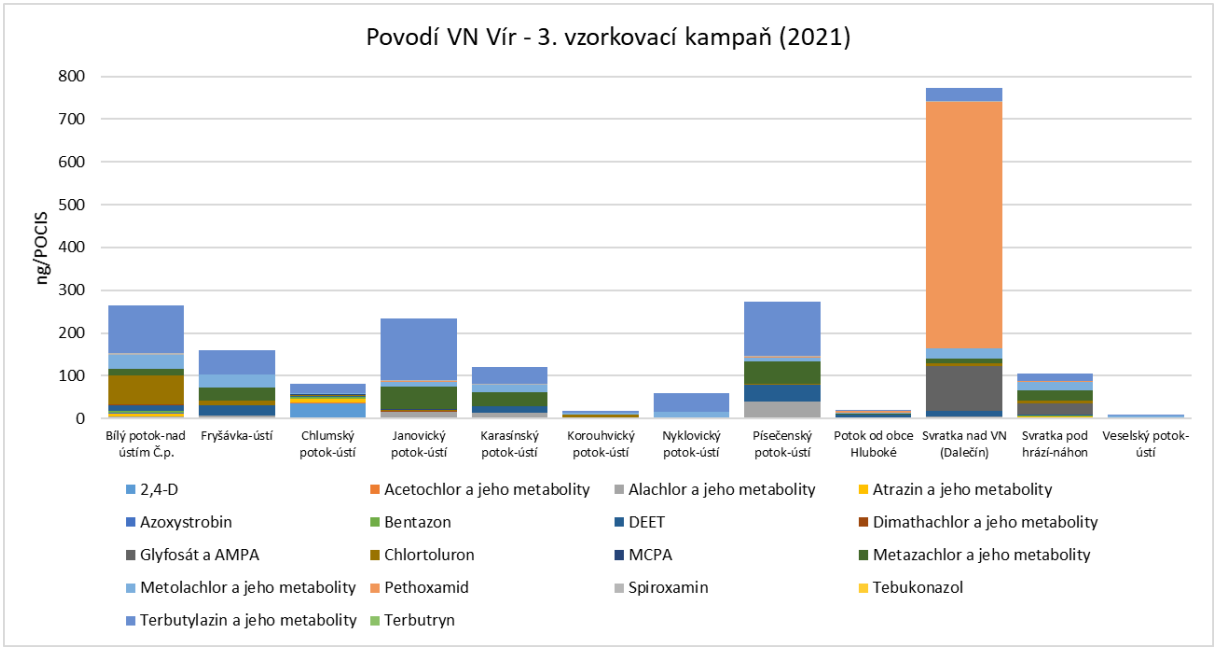
Glyfosát je snadno degradovatelnou látkou, což je patrné i z grafů na Obr. 47. Kromě Fryšávky, Korouhvického potoka a Nyklovického potoka byly pozitivní nálezy ve všech ostatních přítocích do VN. V Písečenském potoce vysoký jarní nález pouze metabolitu AMPA (dubnová kampaň) patrně souvisí s aplikací glyfosátu v předchozím roce. Naopak v povodí Chlumského potoka byl glyfosát aplikován před jarní setbou. Zajímavý je nález glyfosátu na odtoku z VN. V nádrži není zcela degradován a patrně v hlubších vrstvách vodního sloupce je jeho degradace výrazně potlačena.



OBR. 47 KONCENTRACE GLYFOSÁTU A METABOLITU AMPA V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

Celkové zatížení pesticidy v povodí VN Vír I

Ve výše uvedeném textu byly prezentovány nejvýznamnější pesticidy z hlediska jejich potvrzení v pasivních vzorkovačích. Na Obr. 48 je provedeno srovnání zjištěné zátěže pesticidy mezi jednotlivými přítoky do VN Vír I v 3. vzorkovací kampani (červen). Květnová a červnová vzorkovací kampaň náležely k obdobím s významnými nálezy účinných látek rostlino-lékařských přípravků.



OBR. 48 KONCENTRACE PESTICIDŮ V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V 3. VZORKOVACÍ KAMPAŇ R. 2021

Z výše prezentovaných výsledků je zřejmé, že pravostranné přítoky do VN Vír I jsou výrazně více zatíženy pesticidy než levostranné přítoky. Z levostranných přítoků je nejvíce pesticidy zatížen Chlumský potok. V povodí Nyklovického potoka a Veselského potoka patrně vlivem přívalové srážky došlo k vyplavení metabolitů metolachloru ESA, OA resp. alachloru ESA, OA. Rovněž Černý potok a Bílý potok jsou zatíženy vybranými pesticidy nebo jejich metabolity. Koncentrace pesticidů v pasivních vzorkovačích ve Svratce na přítoku do VN byla sice nižší, ale bilančně bude tento přísun znečištění do VN nejvýznamnější. Patrně dobou zdržení a procesy biotické degradace a fotodegradace je obsah metabolitů OA vyšší pouze v nádrži, což se projevuje na odtoku. V přítocích je obsah metabolitů OA nulový nebo velmi nízký.

Teoretická doba zdržení vody ve VN Vír I je při průměrném dlouhodobém průtoku Svratky (3,7 m^3) 154 dní (5,14 měs.), pokud uvažujeme objem nádrže 49,342 mil. m^3 (po kótu přelivu) a 138 dní (4,59 měs.), pokud uvažujeme objem nádrže 44,056 mil m^3 (zásobní hladina). V době pasivního vzorkování (od 30. 3. do 2. 12. 2021) byl průměrný průtok ve Svratce-Dalečín nižší (měsíční v rozmezí 1,11 až 3,44 $m^3.měs.^{-1}$) – za tuto dobu do VN přiteklo Svratkou 44,1 mil m^3 vody, což odpovídá objemu nádrže při zásobní hladině.

Výsledky analýz povrchových vod – farmaka

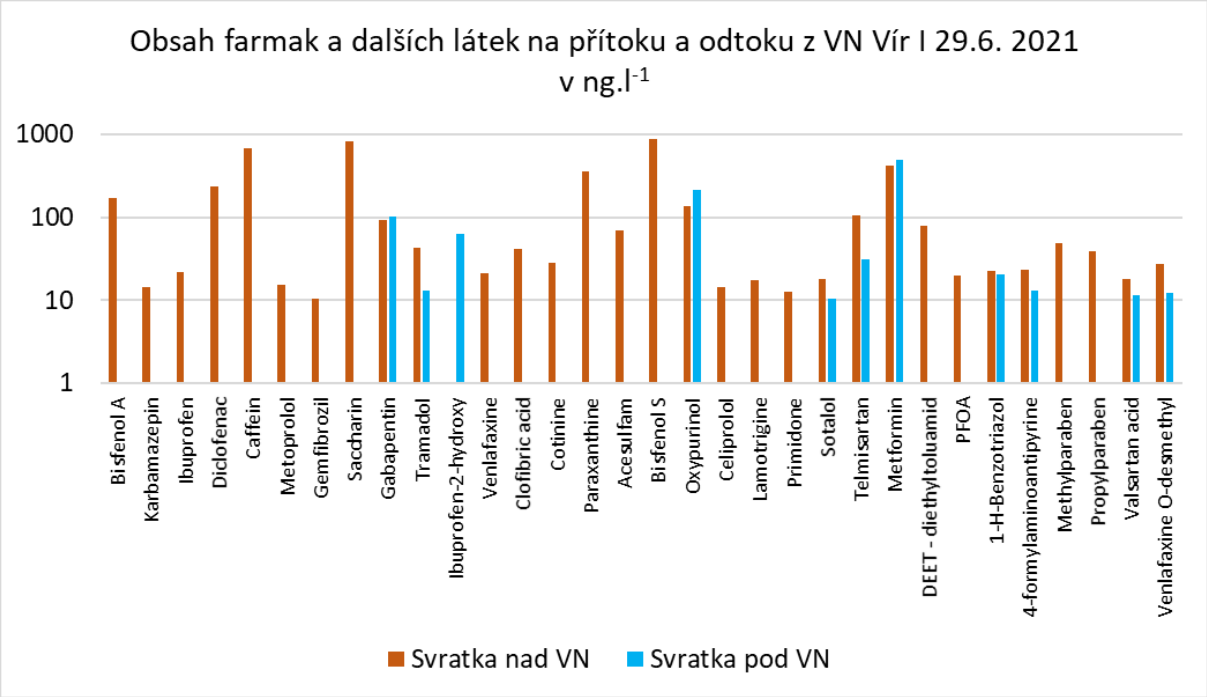
V roce 2021 byly odebrány v létě a na podzim vzorky povrchové vody na přítoku a odtoku z VN Vír I pro screening farmak, hormonů a některých dalších látek (řešeno subdodávkou). Z celkem 125 analyzovaných látek bylo na přítoku do VN potvrzeno celkem 31 látek (první odběr 29. 6.) a 33 látek (druhý odběr 3. 11.). Na odtoku z nádrže vlivem naředění znečištění bylo potvrzeno 11 látek nad mezí stanovitelnosti (první odběr 29. 6.) a 14 látek (druhý odběr 3. 11.). Výsledky jsou zpracovány graficky na Obr. 49 a 50.

Nejvyšší koncentrace (nad 100 $ng.l^{-1}$) byly potvrzeny pro:

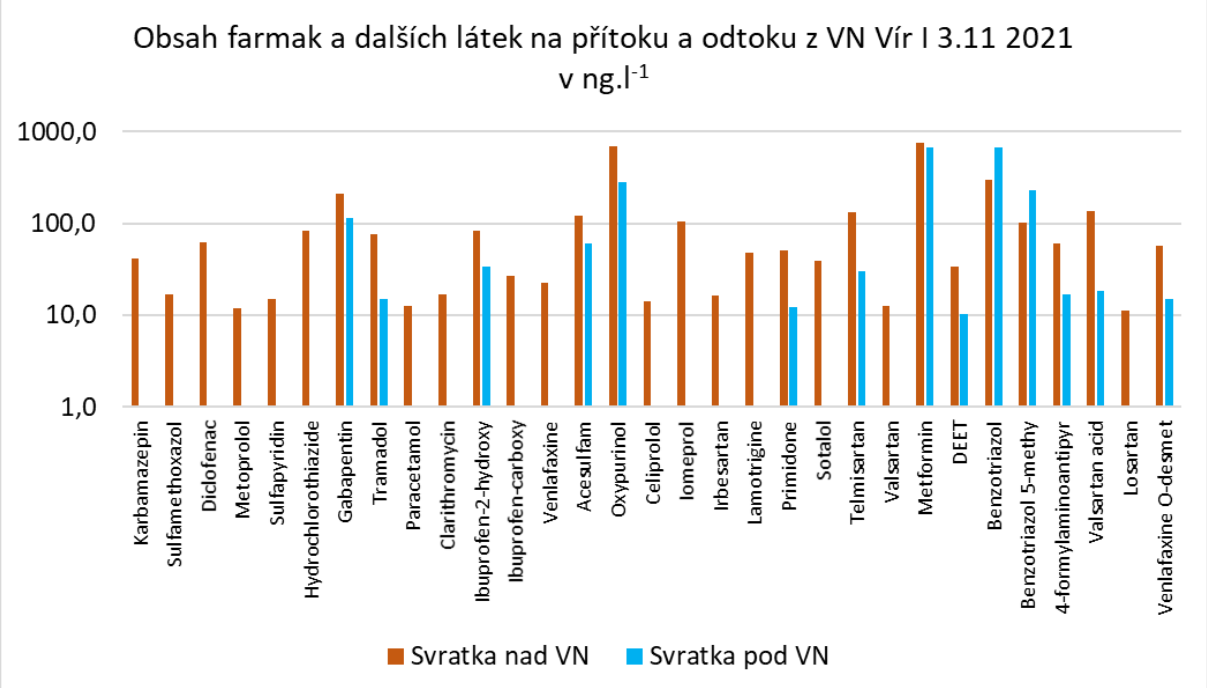
1. Bisfenol A – změkčovadlo plastických hmot, termopapír, jedná se o endokrinní disruptor (nátok do VN 171 $ng.l^{-1}$). Na odtoku z VN nepotvrzen.
2. Bisfenol S – je náhradou bisfenolu A, shodné použití, podle vědeckých studií rovněž ovlivňuje hormonální systém organismů (nátok do VN 864 $ng.l^{-1}$). Na odtoku z VN nepotvrzen.
3. Diklofenak – nesteroidní protizánětlivý lék, (nátok do VN 63 a 236 $ng.l^{-1}$). Na odtoku z VN nepotvrzen.
4. Kofein – alkaloid, přirozený pesticid, stimulant, součást nápojů, (nátok do VN 665 $ng.l^{-1}$). Na odtoku z VN nepotvrzen.
5. Paraxantin – metabolit kofeinu v játrech (nátok do VN 355 $ng.l^{-1}$). Na odtoku z VN nepotvrzen.
6. Sacharin – náhradní sladidlo, (nátok do VN 828 $ng.l^{-1}$). Na odtoku z VN nepotvrzen.
7. Gabapentin – antiepileptikum a analgetikum pro periferní neuropatické bolesti, (nátok do VN 93 a 211 $ng.l^{-1}$). Potvrzen i na odtoku z VN (101 a 116 $ng.l^{-1}$).
8. Oxypurinol – snižuje produkci kyseliny močové, (nátok do VN 136 a 694 $ng.l^{-1}$). Potvrzen i na odtoku z VN (214 a 278 $ng.l^{-1}$).
9. Telmisartan – na léčbu vysokého krevního tlaku (nátok do VN 104 a 133 $ng.l^{-1}$). Potvrzen i na odtoku z VN (30 až31 $ng.l^{-1}$).
10. Metformin – antidiabetikum, (nátok do VN 414 a 762 $ng.l^{-1}$). Potvrzen i na odtoku z VN (488 a 664 $ng.l^{-1}$).
11. 1,2,3-Benzotriazol – inhibitor koroze, obsažen v nemrznoucích a hydraulických kapalinách, (nátok do VN 295 $ng.l^{-1}$). Potvrzen i na odtoku z VN (664 $ng.l^{-1}$). Obdobnou

látkou je 5-methyl-1H-benzotriazol, (nátok do VN 102 ng.l^{-1}). Potvrzen i na odtoku z VN (231 ng.l^{-1}).

12. Valsartan – na léčbu vysokého krevního tlaku (nátok do VN 18 a 138 ng.l^{-1}). Potvrzen i na odtoku z VN (11 a 19 ng.l^{-1}).

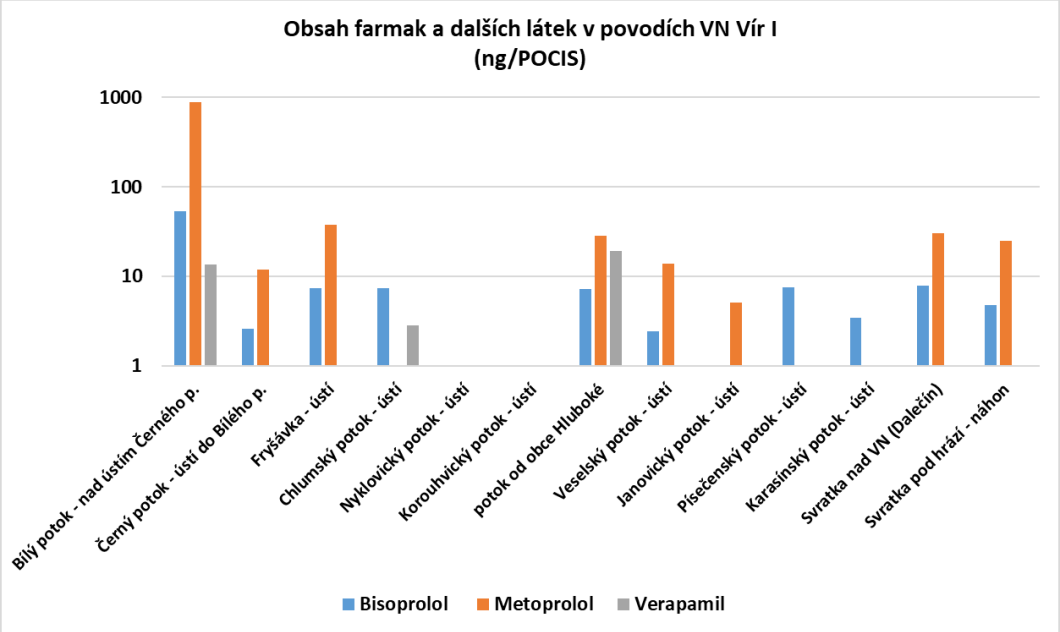


OBR. 49 KONCENTRACE FARMAK A DALŠÍCH LÁTEK V PŘÍTOKU A ODTOKU VN VÍR I 29. 6. 2021

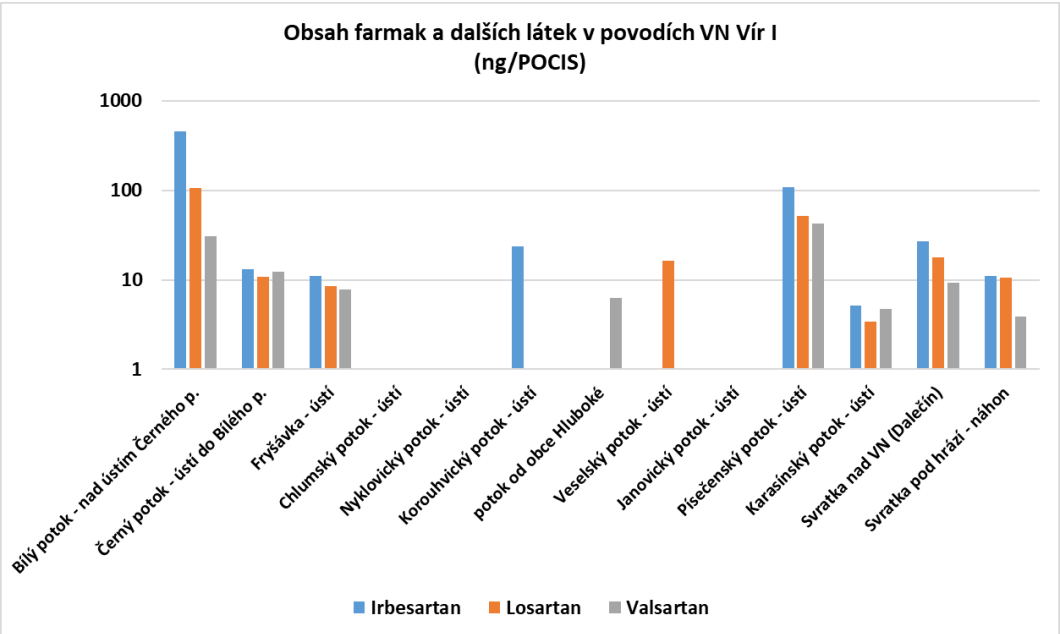


OBR. 50 KONCENTRACE FARMAK A DALŠÍCH LÁTEK V PŘÍTOKU A ODTOKU VN VÍR I 3. 11. 2021

Farmaka byla sledována také pomocí pasivních vzorkovačů POCIS-hlb na všech přítocích do VN Vír I, u drobnějších přítoků s nižší četností. Zatížení povrchových vod farmaky se projevilo tak, kde se nacházejí lidská sídla včetně těch, kde není vybudován sběrný systém kanalizace a čistírna odpadních vod, což se týká malých obcí kolem vlastní VN. V následujících grafem jsou znázorněny maximální naměřené koncentrace ze všech vzorkovacích kampaní (rok 2021). Na Obr. 51 jsou vyhodnoceny přípravky na léčbu vysokého krevního tlaku (bisoprolol, verapamil) a poruch srdečního rytmu (metoprolol). Nejzatíženější je Bílý potok pod Poličkou. Ve Svratce dochází k naředění znečištění, ale další vnos Fryšávkou a ČOV Jimramov. Všechny tři druhy léčiv bylo možno nalézt v potoce od obce Hluboké, která nemá kanalizaci.

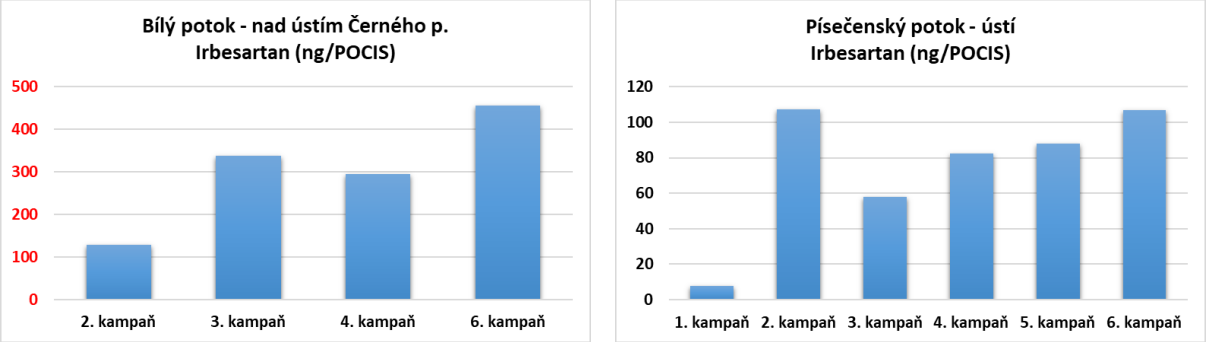


OBR. 51 KONCENTRACE VYBRANÝCH FARMAK V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021



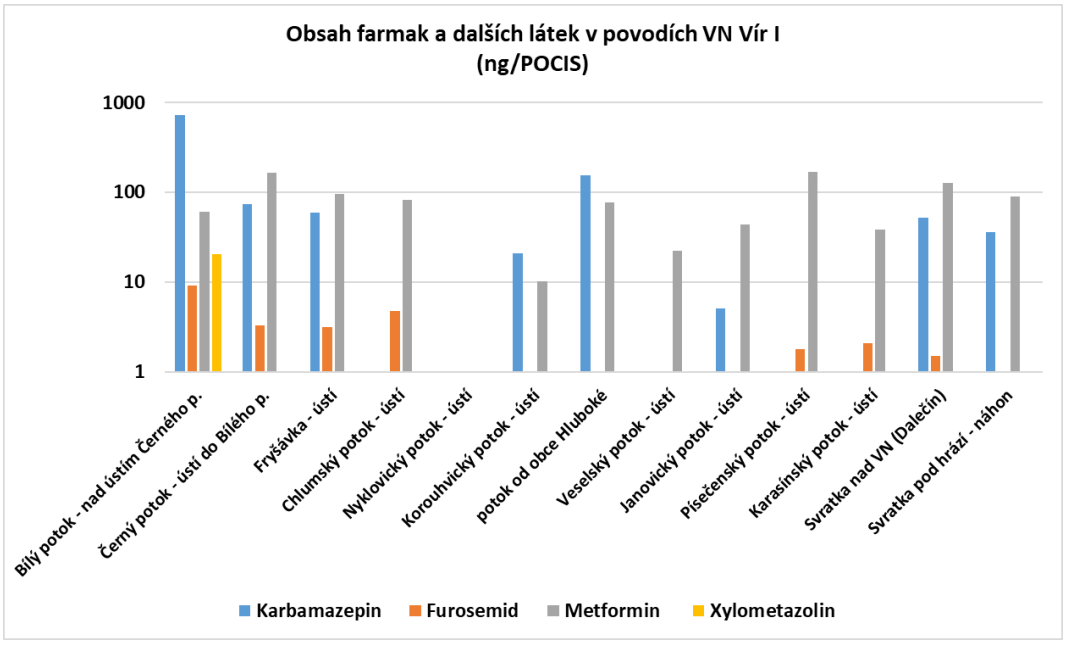
OBR. 52 KONCENTRACE VYBRANÝCH FARMAK V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

Další léčiva na vysoký krevní tlak byla potvrzena i v Písečeském potoce (Obr. 52) Dynamika koncentrací během vzorkovacích kampaní se různí. Např. u irbesartanu docházelo k postupnému nárůstu během roku (Obr. 53). Jeho koncentrace ve Svratce nad VN byla až na výjimky konstantní kolem hodnoty 20 ng/POCIS. Losartan ve Veselském potoce a verapamil v potoce od obce Hluboké vykazovaly opačný trend koncentrace (maximum v 2. vzorkovací kampani).



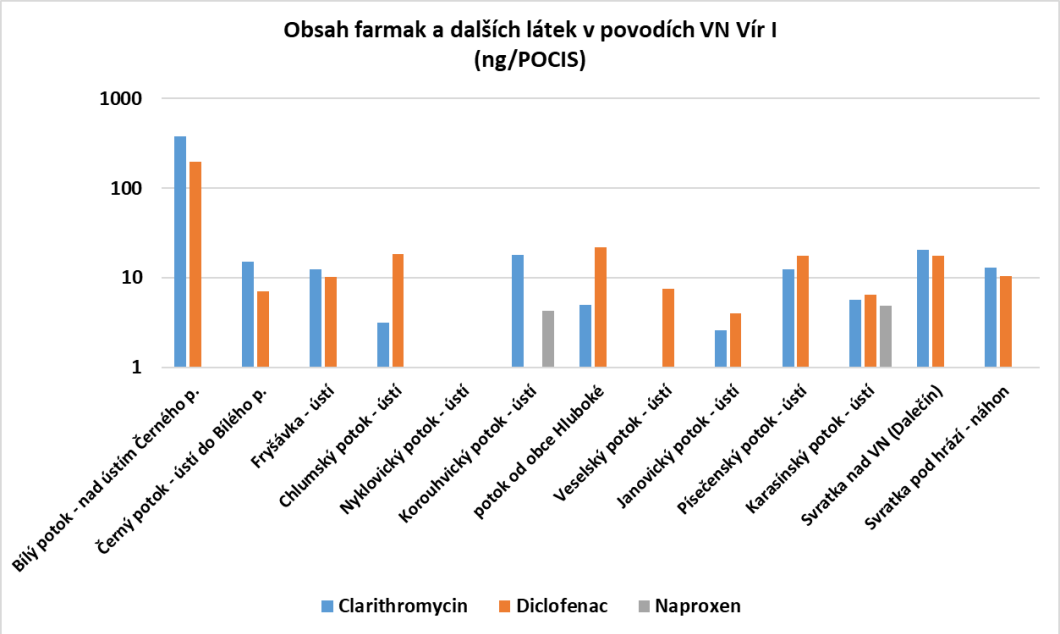
OBR. 53 KONCENTRACE IRBESARTANU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

Karbamazepin je určen k léčbě epilepsie, ale používá se rovněž pro léčbu neuropatické bolesti. V Bílém potoce pod Poličkou měl stejnou dynamiku koncentrací jako irbesartan s maximem v 6. vzorkovací kampani (719 ng/POCIS). Vysoká koncentrace karbamazepinu byla nalezena v potoce od obce Hluboké, která se ve třech po sobě jdoucích kampaních pohybovala kolem 130 ng/POCIS. Diuretikum furosemid nebyl v povrchových vodách příliš zastoupen (Obr. 54). Opakem je metformin pro léčbu cukrovky, který byl přítomen téměř ve všech přítocích. Xylomethazolin, účinná látka obsažená v nosním spreji ke zmírnění otoku, byl zjištěn pouze v Bílém potoce.



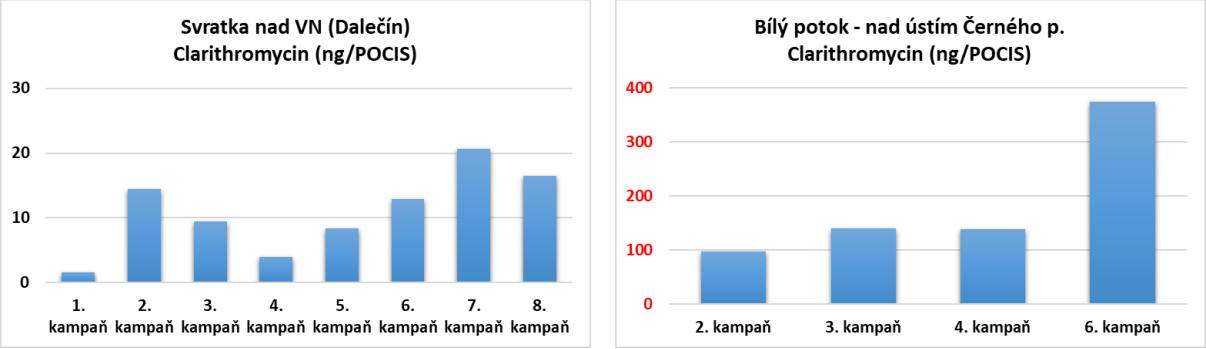
OBR. 54 KONCENTRACE VYBRANÝCH FARMAK V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

Z analgetik s protizánětlivým účinkem byl v povrchových vodách hojně zastoupen diclofenak (Obr. 55). Obdobné léčivo naproxen byl potvrzen jen zřídka v nízkých koncentracích (většinou pod 1 ng/POCIS).



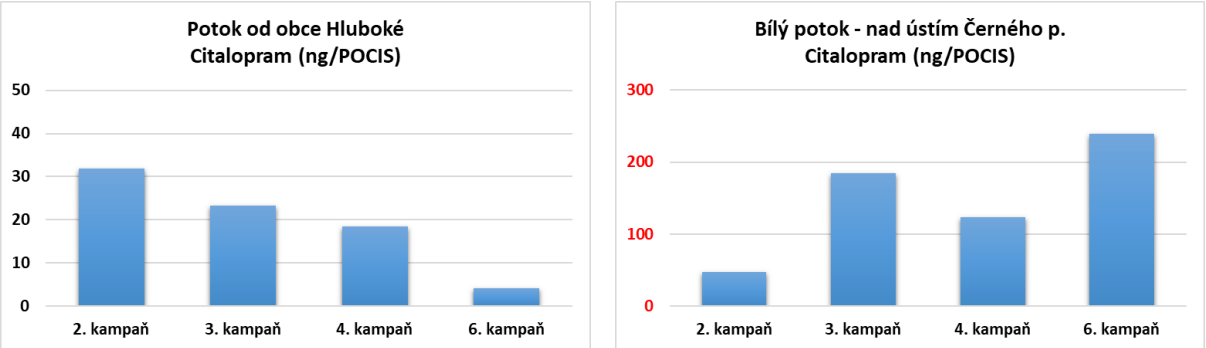
OBR. 55 KONCENTRACE VYBRANÝCH FARMAK V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

Z antibiotik byl sledován klarithromycin, který je používán nejčastěji k léčbě bakteriálních zánětů horních cest dýchacích, dále pak na kožní infekce a lymskou boreliózu. Jeho zastoupení v povrchových vodách je hojné. Pokud byl nalezen, dala se vysledovat určitá sezonalita koncentrací. (Obr. 56)



OBR. 56 KONCENTRACE KLARITHROMYCINU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

Z antidepresiv, které jsou hojně užívány, byly vybrány citalopram, sertralin a mertazapin. Ve většině profilů byl nalezen první z jmenovaných. Jeho maximální koncentrace byly zachyceny v jarních měsících, pouze v Bílém potoce byla dynamika koncentrací opačná. (Obr. 57)

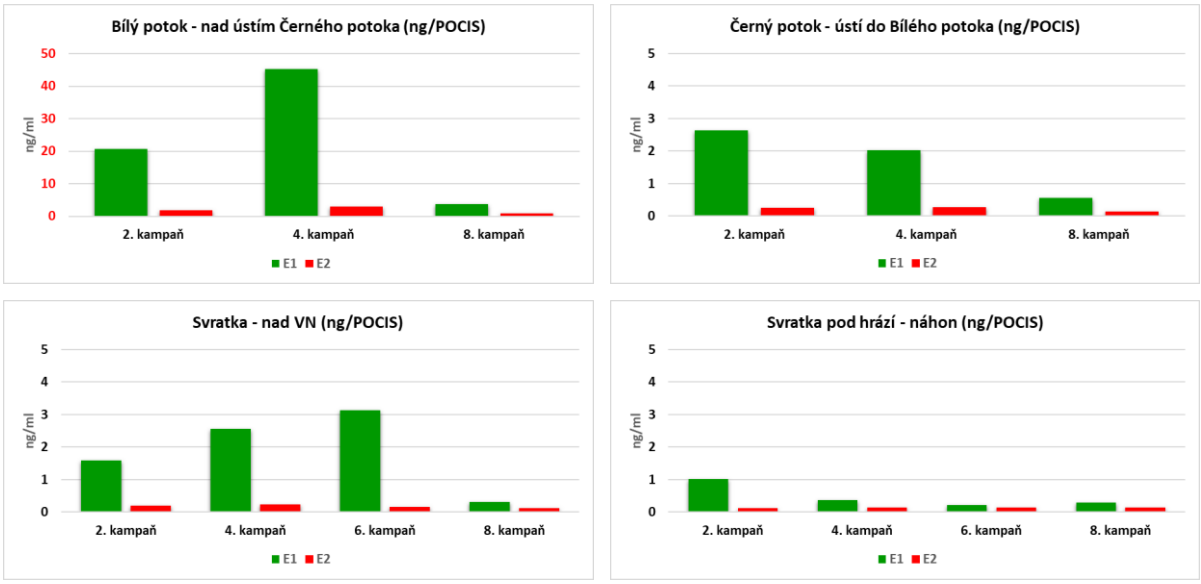


OBR. 57 KONCENTRACE CITALOPRAMU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

Výsledky analýz extraktů pasivních vzorkovačů – endokrinní látky

Endokrinní látky byly vzorkovány na speciální komerčně dostupný produkt vyvinutý fy Affinisep POCIS-EDs v každé sudé vzorkovací kampani (květen, červenec, září, listopad). Byly aplikovány pouze na hlavním přítoku do VN a na odtoku z VN. Analyzovány byly hormony: estron (E1), 17β-estradiol (E2) a 17α-ethynyl estradiol (EE2). Mez stanovitelnosti činila 0,1 ng/POCIS, v případě EE2 0,18 a 0,5 ng/POCIS.

EE2 nebyl potvrzen. Významné byly koncentrace estronu. Jeho nejvyšší koncentrace byly potvrzeny v Bílém potoce pod městem Polička. (Obr. 58) Dominantním zdrojem budou pravděpodobně splaškové odpadní vody se zbytkovou koncentrací E1 pocházející z hormonální antikoncepce a přirozené produkce pohlavních hormonů u žen, v menší míře u mužů. Zdrojem hormonů jsou i hospodářská zvířata a lesní zvěř. Hormon E2 je v játrech konvertován na E1. [13] Ve VN Vír I jsou tyto látky nařeďovány.



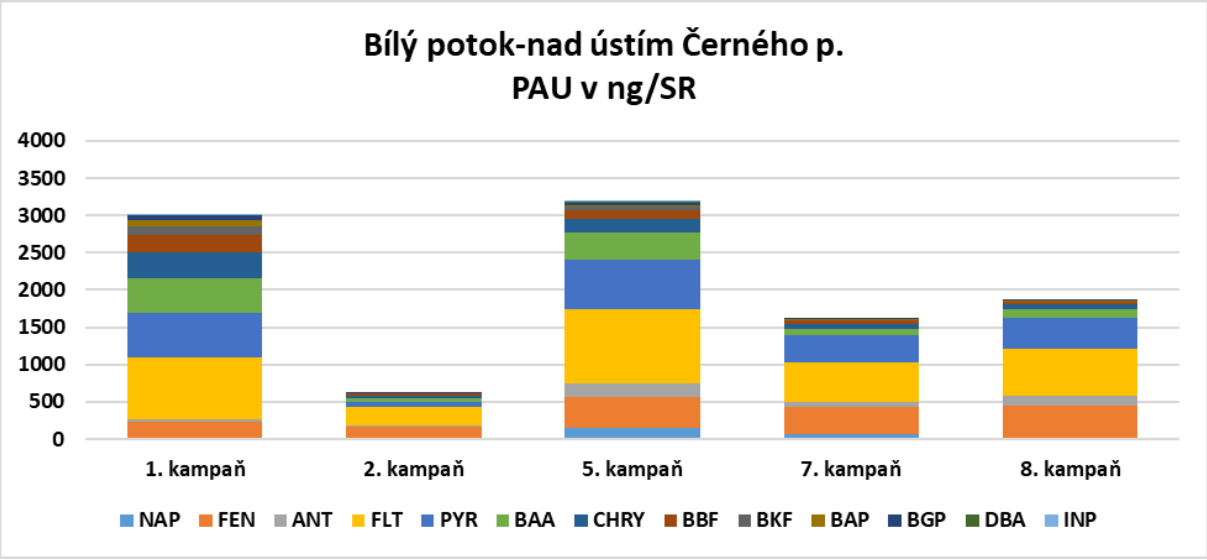
OBR. 58 KONCENTRACE ENDOKRINNÍCH LÁTEK V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

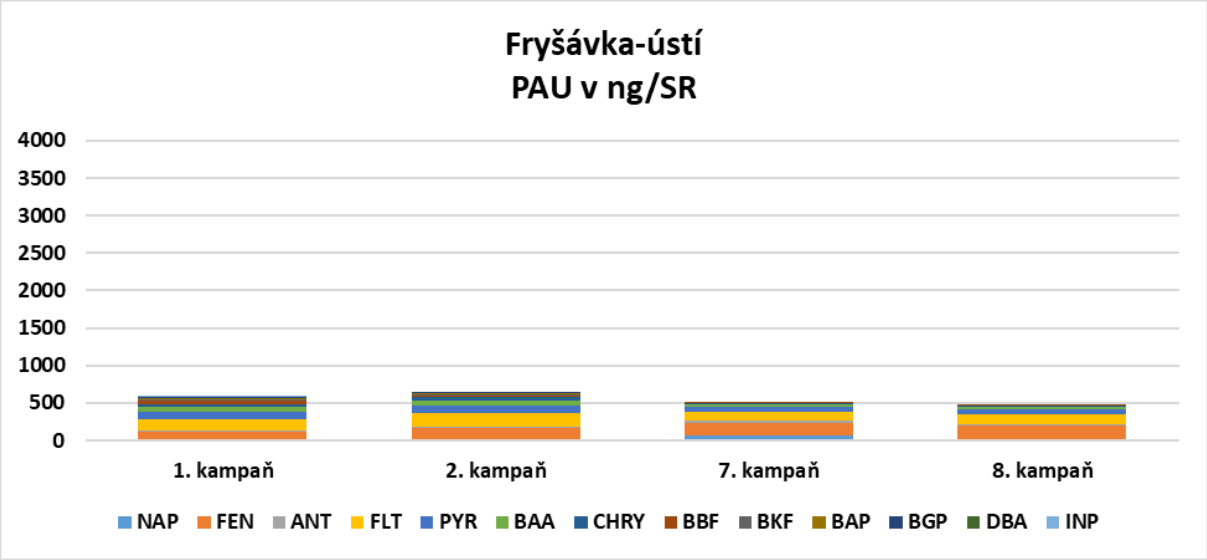
Výsledky analýz extraktů z pasivních vzorkovačů – PAU

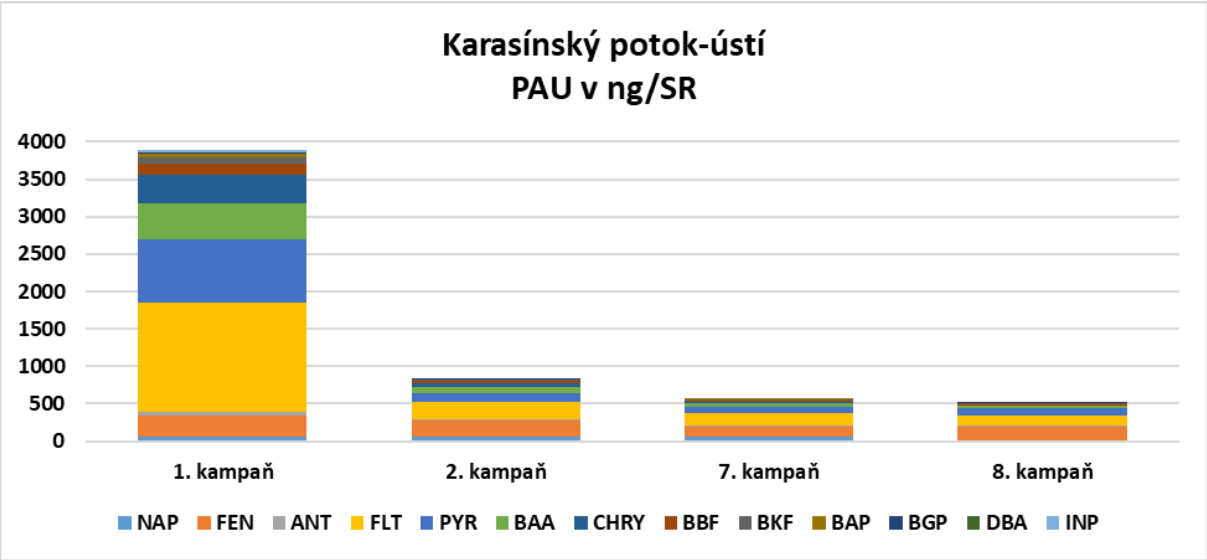
Nepolární organické látky vč. polycyklických aromatických uhlovodíků byly sorbovány na silikonové membrány. Doba jejich expozice ve vodě byla shodná se vzorkovači POCIS.

Nejvyšší zátěž PAU byla zjištěna v Bílém potoce pod Poličkou (Obr. 59). Dominantní bylo znečištění fenanthrenem, fluoranthenem a pyrenem. Nejméně zatíženým tokem byla Fryšávka. K málo zatíženým tokům PAU náležely i Korouhvický potok, Nyklovický potok a Chlumský potok. Jednorázově bylo zjištěno vysoké znečištění PAU v Karasínském potoce a Janovickém potoce.

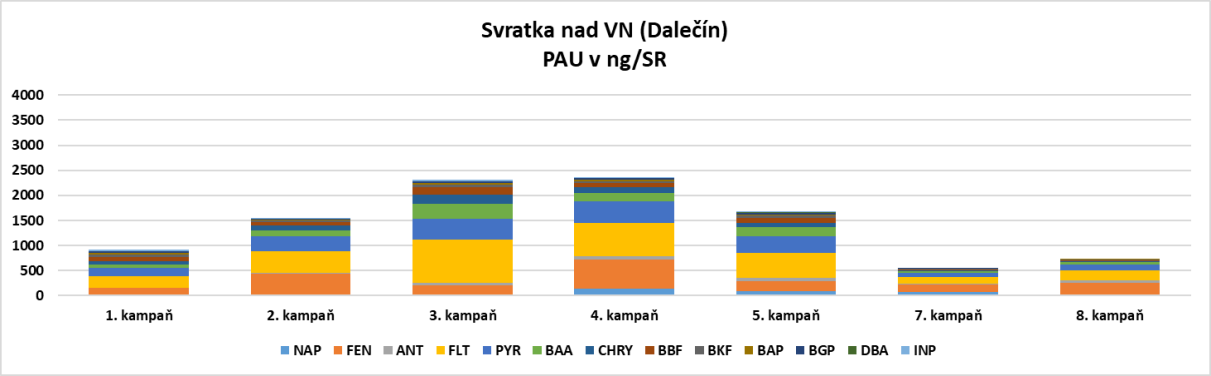
Zajímavá je dynamika zatížení ΣPAU hlavním přítokem do VN Vír I (Obr. 60). Maxima koncentrací se nevyskytla v chladném období roku, kdy bývají zdrojem PAU lokální topeniště. Vzestup koncentrací může souviset se zvýšenou erozí v teplém období roku vlivem přívalových srážek (PAU se váží na jemné půdní částice). Z poměru koncentrací fluoranthenu a pyrenu lze usuzovat na charakter znečištění. Pokud je vyšší než 1, jedná se o PAU ze spalovacích procesů. V případě Svratky-Dalečín (nad VN) se tento poměr pohyboval v rozmezí hodnot 1,4 až 2,1. Na odtoku z VN Vír I byly koncentrace ΣPAU nižší (PAU se váží na jemné částice říčního sedimentu, které v nádrži sedimentují) a více vyrovnané s opačnou dynamikou – v chladném období roku byly koncentrace vyšší. To může více souviset s podzimní cirkulací v nádrži.

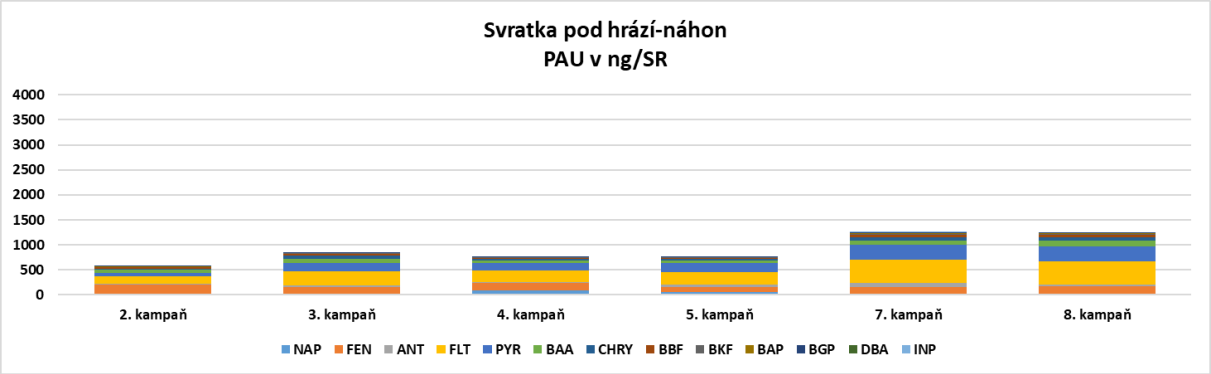






OBR. 59 KONCENTRACE PAU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021



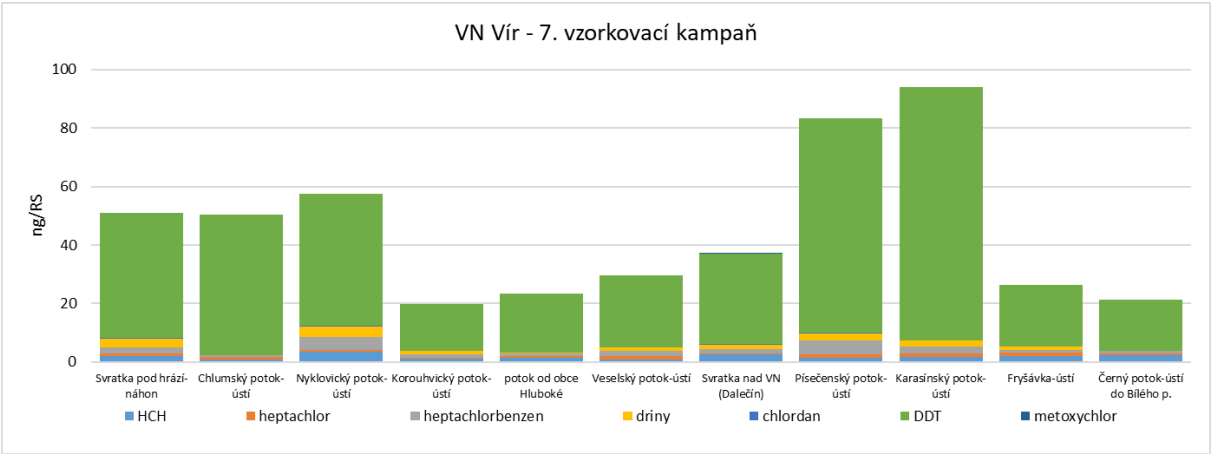


OBR. 60 KONCENTRACE PAU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH NA PŘÍTOKU A ODTOKU Z VN VÍR I V R. 2021

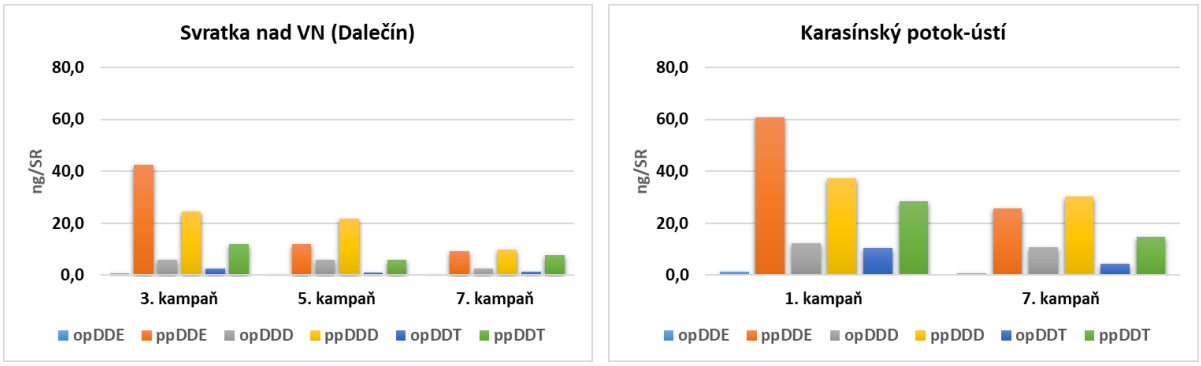
Výsledky analýz extraktů z pasivních vzorkovačů – OCP + PCB

Organochlorové pesticidy (OCP) a vybrané kongenery polychlorovaných bifenylů (PCB) byly vzorkovány na silikonové membrány (SR) s dobou expozice shodnou jako u vzorkovačů POCIS. SR membrány byly na hlavních přítocích a na odtoku z VN aplikovány s vyšší četností než na menších přítocích do VN. Přestože se tyto látky již mnoho desetiletí nesmí používat, vzhledem ke své perzistenci se v prostředí stále vyskytují a dostávají do povrchových vod.

Prezentace výsledků ze 7. vzorkovací kampaně, kdy byly membrány SR aplikovány ve všech profilech, zobrazuje graf na Obr. 61. Z OCP byly nejvíce zastoupeny DDT a jeho izomery. K nejvíce zatíženým náleží Písečenský a Karasínský potok. Nejvíce byly zastoupeny izomery p,p´-DDE a p,p´-DDD. (Obr. 62) Dynamika koncentrace v Písečenském potoce je obdobná.

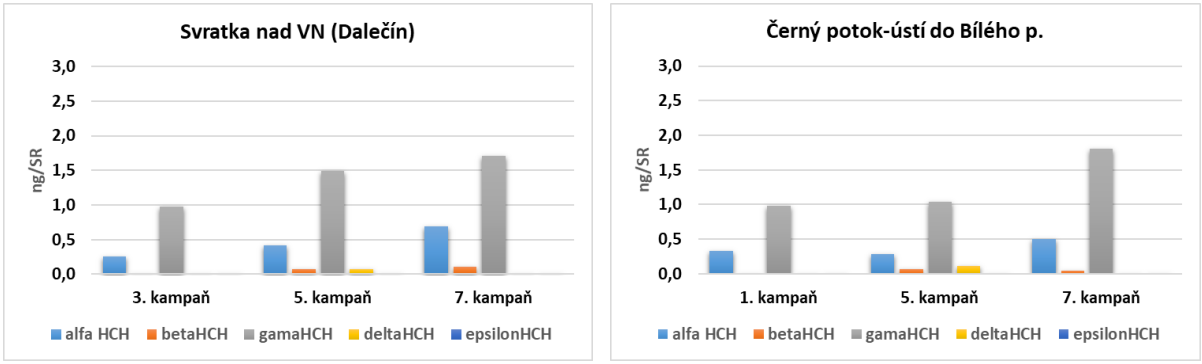


OBR. 61 KONCENTRACE OCP V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021



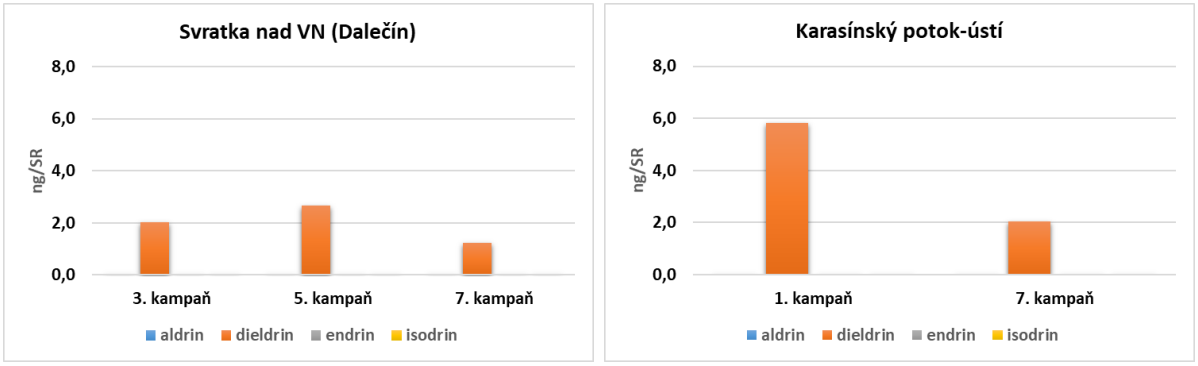
OBR. 62 KONCENTRACE DDT A JEHO METABOLITŮ V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

Z hexachlorcyhlohexanu byl nejvíce zastoupen γ-HCH (Lindan) (Obr. 63). Nejvyšší obsahy byly ve Svratce, v Černém potoce a v Nyklovickém potoce (do 2,3 ng/SR).



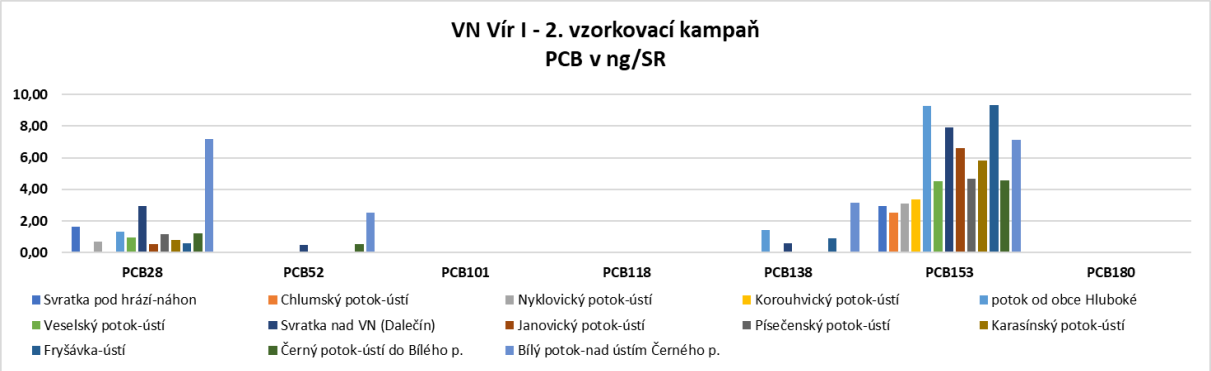
OBR. 62 KONCENTRACE HCH V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

Z drinů byl v pasivních vzorkovačích potvrzen pouze dieldrin. Nejvyšší koncentrace byly nalezeny v Karasínském potoce, Fryšávce a v Písečenském potoce. Ve Svratce pod VN Vír I byly koncentrace dieldrinu mírně vyšší do 3,7 ng/SR.



OBR. 63 KONCENTRACE DRINŮ V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

Z polychlorovaných bifenylů byly v SR membránách zpracovaných teplou soxhletovou extrakcí nejčastěji zjištěny pouze kongenery PCB28 a PCB153 (Obr. 64). Nejvyšší koncentrace byly zjištěny ve Fryšávce, v potoce od obce Hluboké a v Bílém potoce pod Poličkou.



OBR. 64 KONCENTRACE PCB V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

Ověřované bodové zdroje znečištění

Z bodových zdrojů znečištění byly v povodí VN Vír I provedeny odběry vypouštěných odpadních vod na vybrané mikropolutanty v ČOV Dalečín, ČOV Jimramov, ČOV Polička, ČOV Poličské strojírny a ČOV Gama, a.s. – závod Dalečín. V odpadních vodách byly ověřovány polycyklické aromatické uhlovodíky a endokrinní látky.

ČOV Dalečín bezprostředně nad VN Vír I čistí odpadní vody stejnojmenné obce (535 obyv.). Splaškové odpadní vody jsou na ČOV svedeny gravitačně a 7 čerpacími stanicemi. Hydraulická a látková kapacita ČOV činí 750 ekvivalentních obyvatel (EO) při specifické spotřebě vody 150 l na obyvatele za den. Jedná se o mechanicko-biologické čištění odpadní vody. Aktivační nádrž s vestavěnými dosazovacími nádržemi je kruhového tvaru, přemostěna žárově pozinkovanou lávkou. Aktivační nádrž je provzdušňována jemnobublinnými aeračními elementy v časově stanovených cyklech, aby v době bez provzdušňování probíhala denitrifikace. Srážení fosforu je realizováno dávkováním chloridu železitého do aktivační nádrže. Odpadní vody jsou vypouštěny do řeky Svratky pod obcí Dalečín v 116,6 ř. km. Odpadní vody byly odebrány jako 2 hod. slévaný vzorek 16. 8. a 18. 5. 2021.

OBR. 65 ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD V DALEČÍNĚ

Na horním okraji obce Dalečín se nachází menší průmyslový areál podniku Gama, a.s. – závod Dalečín. Předmětem výroby jsou zdravotnické potřeby převážně z plastů. V technologii výroby se používají vstřikovací lisy. Vznikají odpadní vody z chladících okruhů a splaškové vody, které jsou čištěny na vlastní mechanicko-biologické čistírně DČB-120. Za vstupní nádrží pro mechanické předčištění následuje aktivace, která je tvořena nádrží s rotačními biodisky, na kterých za pomocí mikroorganismů dochází ke snižování organického znečištění a dusíkatých látek. Poté odpadní voda přechází do dosazovací nádrže a přepadem do náhonu, který se po cca 100 m spojuje s řekou Svratkou na 118,5 ř. km. Vyčištěné odpadní vody byly odebrány jako bodový vzorek 2. 12. 2021.

OBR. 66 ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD PODNIKU GAMA, A.S. DALEČÍN

Městská ČOV Jimramov je mechanicko-biologická čistírna odpadních vod o velikosti 1 300 EO. Nachází se pod obcí Jimramov v blízkosti podniku Gama, a.s. Jimramov, jehož odpadní vody jsou svedeny na městskou ČOV. Za mechanickým předčištěním následují párové aktivační nádrže s jemnobublinnou aerací a míchadlem. Samozřejmostí je chemické srážení fosforu. Konečné dočištění probíhá v párových dosazovacích nádržích. Průměrné vypouštění dle vodoprávního rozhodnutí činí 2,38 $l.s^{-1}$, v maximu 10 $l.s^{-1}$. Vyčištěné odpadní vody jsou vypouštěny do Svratky na 123,8 ř. km. Vyčištěné odpadní vody byly odebrány jako 2 hod. slévaný vzorek 16. 8. a 18. 5. 2021.

OBR. 67 ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD JIMRAMOV (ZDROJ: MAPY.CZ)

Největším bodovým zdrojem v povodí Svratky nad VN Vír I s průměrným vypouštěním kolem 40 $l.s^{-1}$ je městská ČOV Polička (28 550 EO). Aby nedošlo k hydraulickému přetížení čistírny, dešťový oddělovač na vstupu průtoky nad 73 $l.s^{-1}$ převádí do obtoku. Vypouštění je realizováno do Bílého potoka v 8,4 ř. km. Z lapáku písku a mechanického předčištění jde odpadní voda do aktivace, jejíž součástí je nitrifikace, denitrifikace a je přidáván flokulant pro chemické srážení fosforu. Ze dvou dosazovacích nádrží byla v době vzorkování v provozu jedna nádrž.

Vzorky vyčištěné odpadní vody byly odebrány 2 hod. slévaným vzorkem 26. 5. a 24. 8. 2021. Průtok v době vzorkování byl 21 až 41 $l.s^{-1}$, resp. 37 až 47 $l.s^{-1}$.

OBR. 68 ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD POLIČKA (ZDROJ: MAPY.CZ)

Významným průmyslovým zdrojem v blízkosti Poličky jsou Poličské strojírny, a.s. nacházející se v lokalitě Bořiny. Vypouštění odpadních vod je realizováno do Jánského potoka v 3,6 ř. km. Jánský potok se vlévá do Bílého potoka v 8,9 ř. km. V podniku je realizována výroba dílů pro automobilový průmysl, měřící a čerpací techniky, opravy vojenské techniky a nakládání se střelivem (delaborace minuce). Odpadní vody jsou čištěny na mechanicko-biologické čistírně. Vzorky vyčištěné odpadní vody pro stanovení farmak a endokrinních látek byly odebrány 2 hod. slévaným vzorkem 26. 5. a 24. 8. 2021. Průtok v době vzorkování byl 2,1 až 2,3 $l.s^{-1}$.

OBR. 69 ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD POLIČSKÉ STROJÍRNY, A.S.: DOSAZOVACÍ NÁDRŽE A ODTOKOVÝ ŽLAB

Endokrinní látky byly sledovány v nejvýznamnějších komunálních odpadních vodách v povodí nad VN Vír I (Tabulka 13). Nálezy jsou oproti pasivním vzorkovačům POCIS-EDs, které tento druh znečištění dobře sorbuje, nízké.

TABULKA 13 VÝSLEDKY STANOVENÍ ENDOKRINNÍCH LÁTEK V ODPADNÍCH VODÁCH V POVODÍ VN VÍR I V NG.L^{-1}

Datum odběru	Název zdroje	E1	E2	EE2
18.05.2021	ČOV Dalečín 1	0,79	0,36	<0,2
16.08.2021	ČOV Dalečín 2	0,64	0,41	0,21
18.05.2021	ČOV Jimramov 1	<0,05	<0,1	<0,2
16.08.2021	ČOV Jimramov 2	0,86	0,84	0,33
26.05.2021	ČOV Polička 1	0,90	0,16	<0,2
24.08.2021	ČOV Polička 2	2,12	0,39	<0,2

Výsledky stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) v odpadních vodách jsou uvedeny v Tabulce 14.

TABULKA 14 VÝSLEDKY STANOVENÍ PAU V ODPADNÍCH VODÁCH V POVODÍ VN VÍR I V NG.L^{-1}

Název zdroje	NFT	FLU	FEN	ANT	FRT	PYR	BaA
ČOV Dalečín 1	<50	13	16	<5	39	27	25
ČOV Dalečín 2	88	<10	15	12	31	29	27
ČOV Jimramov 1	<50	<10	13	<5	12	8	8
ČOV Jimramov 2	<50	<10	<10	<5	5	5	<5
ČOV Polička 1	<50	<10	25	<5	<5	<5	<5
ČOV Polička 2	<50	<10	16	<5	<5	<5	<5
Poličské strojírny	<50	<10	<10	<5	10	9	9

(Pokračování Tabulky 14 na další stránce)

Název zdroje	CHRY	BbF	BkF	BaP	BghiP	DBaA	IcdP
ČOV Dalečín 1	11	14	7	11	15	<5	17
ČOV Dalečín 2	11	25	12	16	17	<5	19
ČOV Jimramov 1	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<10
ČOV Jimramov 2	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<10
ČOV Polička 1	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<10
ČOV Polička 2	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<10
Poličské strojírny	<5	6	<5	6	6	<5	<10

Vysvětlivky:

NFT	Naftalen	CHRY	Chrysen
FLU	Fluoren	BbF	Benzo(b)fluoranthen
FEN	Fenanthren	BkF	Benzo(k)fluoranthen
ANT	Anthracen	BaP	Benzo(a)pyren
FRT	Fluoranthen	BghiP	Benzo(g,h,i)perylen
PYR	Pyren	DBaA	Dibenzo(a,h)anthracen
BaA	Benzo(a)anthracen	IcdP	Indeno(1,2,3-c,d)pyren

Nejvyšší obsah PAU byl zaznamenán v ČOV Dalečín (ΣPAU = 195 a 302 ng.l^{-1}). Bodový zdroj PAU v obci Dalečín není zřejmý, podnik Gama Group, a.s. závod Dalečín má vlastní ČOV. Gama Group, a.s. má další závod v Jimramově, kde jsou odpadní vody zneškodňovány na městské ČOV v Jimramově, kde obsah PAU v odpadních vodách z této komunální ČOV je nízký. U ostatních ověřovaných zdrojů znečištění činila ΣPAU pod 50 ng.l^{-1}. Nízká hodnota PAU byla zjištěna i v odpadních vodách Poličských strojíren, a.s.

Z poměru koncentrací FRT a PYR lze odvodit původ znečištění. Pokud je poměr větší než 1, jsou původcem spalovací procesy. V případě květnového odběru odpadních vod v ČOV Dalečín poměr FRT : PYR = 1,4. Zdrojem tedy mohou být spalovací procesy. Nicméně v srpnovém odběru odpadní vody tento poměr činil 1,1 a hodnota ΣPAU byla o 1/3 vyšší, než v květnovém odběru.

2.6 Vodárenská nádrž Opatovice – provedené činnosti a výsledky

VN Opatovice byla do provozu uvedena v roce 1972. Hlavním účelem bylo zajištění zdroje pitné vody pro obyvatelstvo. Celkový objem nádrže činí 10,634 mil. m^3. Hlavním přítokem je Malá Haná. Větší část povodí nad nádrží zaujímá zalesněná část Drahanské vrchoviny, částečně zasahující v jižní části do Vojenského újezdu Březina. Horní část povodí Malé Hané je typické intenzívní zemědělskou činností. Plocha povodí činí 43,87 km^2. Nejbližším lidským sídlem je obec Ruprechtov (0,6 tis. obyv.).

Pasivní monitoring přítoků do VN byl zahájen 31. 3. 2021 první vzorkovací kampaní. Poslední 8. vzorkovací kampaň byla ukončena 1. 12. 2021. Expozice pasivních vzorkovačů činila 28 až 33 dní. Přehled vzorkovacích kampaní je uveden v Tabulce 15. Ve všech kampaních byly pasivní vzorkovače nasazeny na hlavním přítoku Malá Haná-nad VN a ve vodní nádrži u hráze. Na ostatních dvou lokalitách byly pasivní vzorkovače nasazeny s různou četností podle významnosti přítoku (pro každou kampaň byl zpracován samostatný vzorkovací plán).

TABULKA 15 LOKALIZACE PROFILŮ PRO PASIVNÍ VZORKOVÁNÍ V POVODÍ VN OPATOVICE

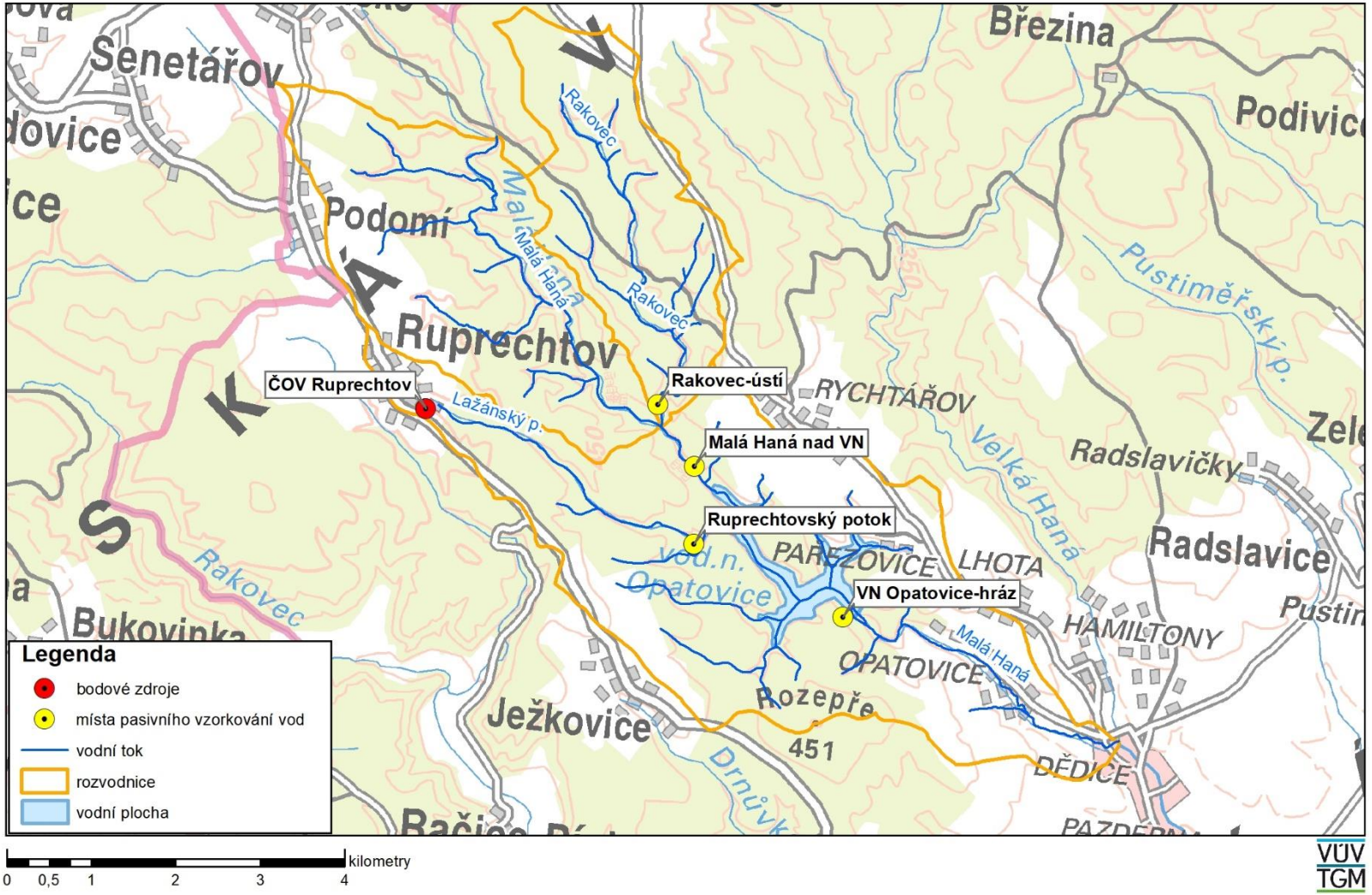
P. č.	Název profilu	VN	ř. km	OPVZ	Souřadnice WGS84
1	VN Opatovice-hráz	Opatovice	4,05	I	N 49°18.49668', E 16°55.77522'
2	Ruprechtovský (Lažánský) p.-ústí	Opatovice	0,6	II	N 49°18.86515', E 16°54.25118'
3	Malá Haná-nad VN	Opatovice	7,05	II	N 49°19.29190', E 16°54.12598'
4	Rakovec-ústí	Opatovice	0,45	II	N 49°19.75510', E 16°53.68760'

Lokality pasivního vzorkování jsou zakresleny v mapě na Obr. 71.

Vzhledem k tomu, že pasivní vzorkovače nebylo možno z technických důvodů instalovat na úpravně vody, byly instalovány přímo ve vodárenské nádrži v blízkosti odběrné věže závěsem z lávky (Obr. 70). Vzorkovací koš byl ponořen do dostatečné hloubky tak, aby byl minimalizován vliv slunečního záření a kolísání hladiny v nádrži po celou dobu vzorkování.

OBR. 70 VODÁRENSKÁ NÁDRŽ OPATOVICE A VZORKOVACÍ PROFIL VN OPATOVICE-HRÁZ

Povodí vodárenské nádrže Opatovice – vzorkovací a odběrová místa



OBR. 71 PROFILY PRO PASIVNÍ VZORKOVÁNÍ PŘÍTOKŮ VN OPATOVICE

TABULKA 16 PŘEHLED VZORKOVACÍCH KAMPANÍ A DRUHŮ INSTALOVANÝCH MEMBRÁN

Kampaň	Expozice	Instalace	Deinstalace	Typy aplikovaných membrán			
				SR	POCIS-hlb	POCIS-Gly	POCIS-EDC
1/21	dubnová	31. 3. 2021	3. 5. 2021	X	X	X	
2/21	květnová	3. 5. 2021	1. 6. 2021	X	X	X	X
3/21	červnová	1. 6. 2021	1. 7. 2021	X	X	X	
4/21	červencová	1. 7. 2021	3. 8. 2021	X	X	X	X
5/21	srpnová	3. 8. 2021	3. 9. 2021	X	X	X	
6/21	zářijová	3. 9. 2021	5. 10. 2021	X	X	X	X
7/21	říjnová	5. 10. 2021	4. 11. 2021	X	X	X	
8/21	listopadová	4. 11. 2021	1. 12. 2021	X	X	X	X

Ruprechtovský potok o délce 4,3 ř. km pramení pod obcí Ruprechrov (595 obyv.). Obec disponuje kanalizační sítí, která je zakončená čistírnou odpadních vod. Povodí Ruprechtického potoka je z 95 % zalesněno s převažujícím podílem listnatých stromů. V povodí v době vzorkování probíhala v menším rozsahu těžba dřeva (podíl smrčin nebyl významný). Pouze v samé horní části kolem obce jsou zemědělsky obhospodařované pozemky.

OBR. 72 RUPRECHTOVSKÝ POTOK-ÚSTÍ

Malá Haná je nejvýznamnějším a nejdelším přítokem do VN Opatovice. Její délka nad VN činí 10,5 ř. km. Povodí je zalesněno cca ze 70 %. V horní části povodí se nacházejí zemědělsky obhospodařované plochy. Nacházejí se zde obce Krásensko (420 obyv.) a Kulířov (178 obyv.). V povodí pozemky obhospodařuje ZD Kojál Krásensko a částečně ZD Agro Rozstání. Obec Krásensko je odkanalizovaná, odpadní vody jsou čištěny v čistírně odpadních vod. Během pasivního vzorkování probíhalo dotěžování smrkových porostů v dolní části povodí. Lokalita pro pasivní vzorkování byla vybrána cca 100 m nad vodoměrnou stanicí Povodí Moravy, s.p.

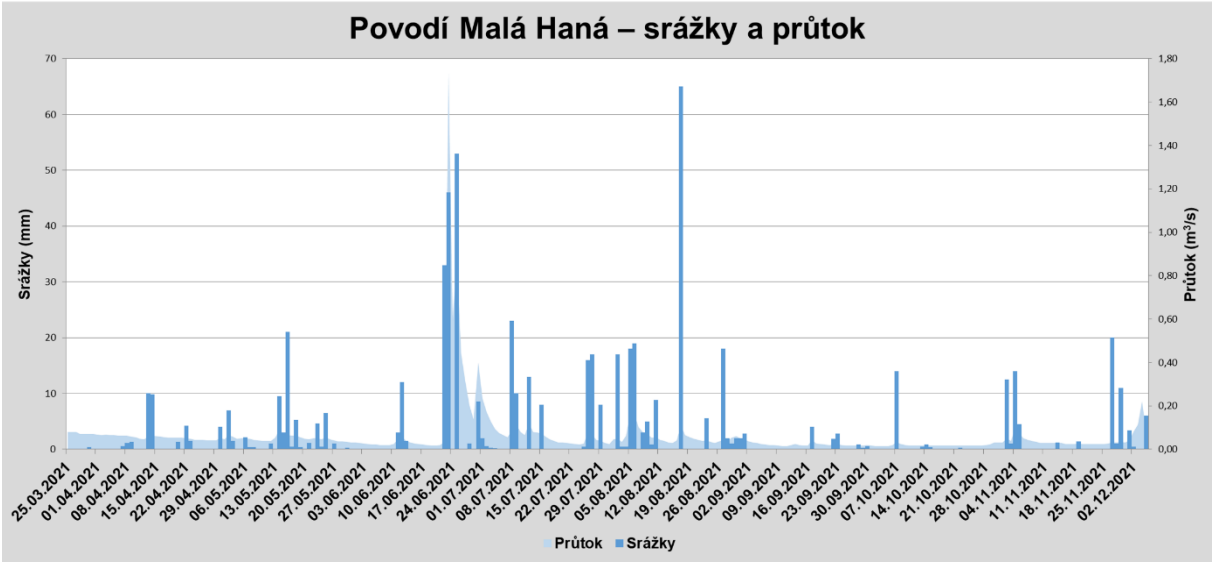
OBR. 73 MALÁ HANÁ NAD VN OPATOVICE

Potok Rakovec je levostranným přítokem do Malé Hané 1 km nad VN Opatovice. Od 2,6 ř. km výše protéká vojenským újezdem Březina (celková délka Rakovce činí 5,2 ř. k). Více než 95 % jeho povodí je tvořeno lesy s převahou listnatých stromů. Smrčiny jsou postupně odtěžovány kvůli napadení kůrovcem. V povodí se nenacházejí žádná sídla ani významné stavby.

OBR. 74 POTOK RAKOVEC

Záznam hydrologických a klimatologických dat

Po celou dobu pasivního vzorkování byla zaznamenávána hydrologická data v hodinovém kroku od 25. 3. 2021 do 5. 12. 2021 z limnigrafické stanice Opatovice-Malá Haná nad nádrží. Po tuto dobu byly v denním kroku zaznamenávány srážkové úhrny ze stanice KS Opatovice. Data o průtoku a srážkách byla zpracována do grafu (Obr. 75).



OBR. 75 SRÁŽKY Z KS OPATOVICE A PRŮTOK V MALÉ HANÉ NAD VN OPATOVICE V OBDOBÍ 25. 3. AŽ 5. 12. 2021

První významnější srážka nastala 16. 5. (21 mm), která se zvýšením průtoku neprojevila. Srážkově a průtokově nejexponovanější období nastalo od 22. 6. do 30. 6., kdy během prvních dvou dní tohoto období napršelo v úhrnu 79 mm srážek, 25. 6. pak dalších 53 mm. Dne 23. 6. byl za celé období pasivního vzorkování dosažen max. průtok v Malé Hané 1,73 $m^3.s^{-1}$. Vzhledem k nasycenosti povodí se srážka 8 mm 30. 6. rovněž projevila zvýšením průtoku. Poslední významná srážka nastala 17. 8. (65 mm), která nezpůsobila přílišné zvýšení průtoku nad VN Opatovice. Podzimní období bylo srážkově chudé.

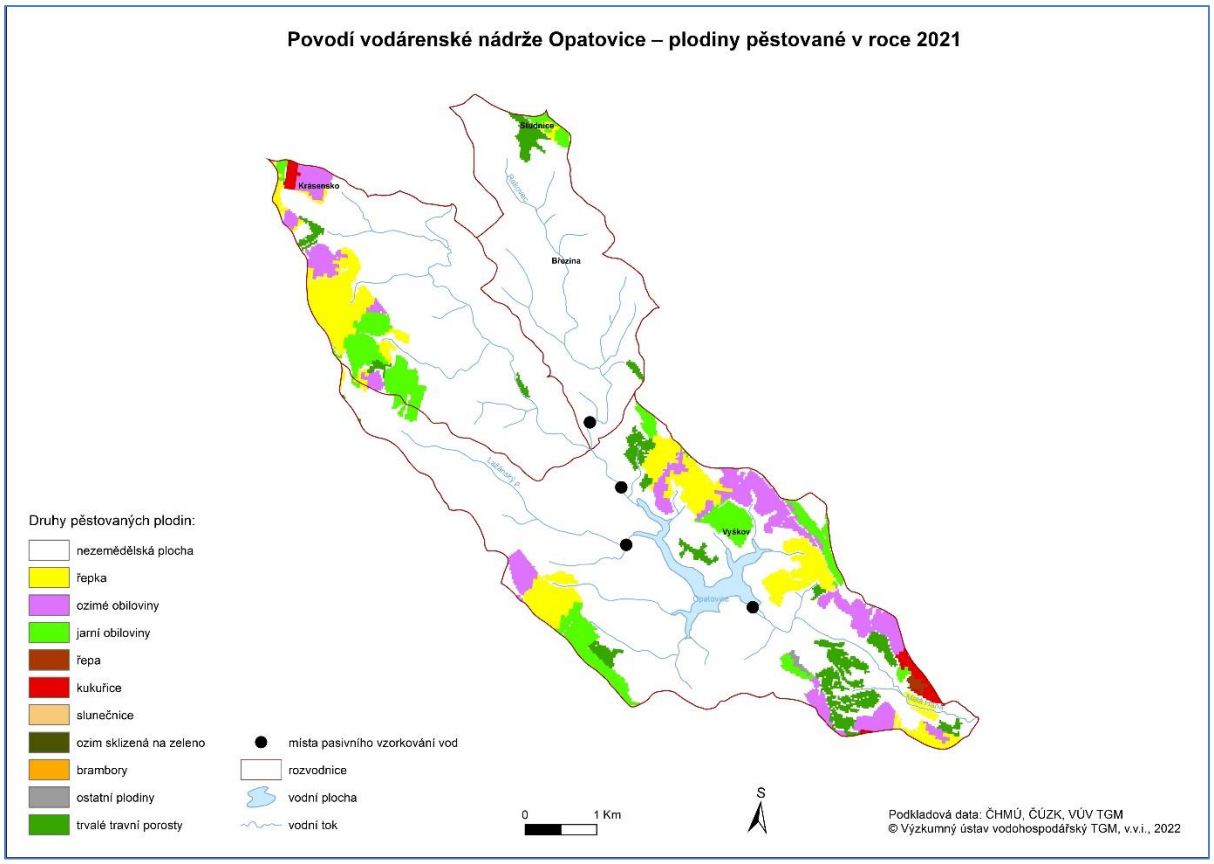
Výsledky analýz extraktů z pasivních vzorkovačů a povrchových vod – pesticidy

Jsou prezentovány výsledky z 8 vzorkovacích kampaní, které na sebe navzájem navazovaly. Méně významný málo vodný přítok Rakovec byl vzorkován s nižší četností. Na hlavním přítoku do VN Opatovice a na odtoku z VN byly během každé kampaně odebírány bodové vzorky povrchové vody. Graficky jsou ve zprávě prezentovány nejvýznamnější výsledky.

Informace o druhu pěstovaných plodin a rozloze v zájmových povodích vznikla klasifikací multitemporálních snímků dálkového průzkumu Země (DPZ). Jejich zastoupení v povodí VN Opatovice dokumentuje Tabulka 16 a Obr. 76. Převažuje nezemědělské využití. Z plodin jsou nejvíce zastoupeny obiloviny a řepka, v minimálním rozsahu kukuřice. Intenzívní zemědělská činnost probíhá v horních partiích povodí VN Opatovice.

TABULKA 17 ZASTOUPENÍ PĚSTOVANÝCH PLODIN V POVODÍ VN OPATOVICE V ROCE 2021 DLE DPZ

Způsob využití území	[m^2]	[%]	Způsob využití území	[m^2]	[%]
nezemědělská plocha	27038125	77,5	řepa	39375	0,1
řepka	2543125	7,3	kukuřice	204375	0,6
ozimé obiloviny	1986250	5,7	ostatní plodiny	31250	0,1
jarní obiloviny	1829375	5,2	trvalé travní porosty	1225625	3,5

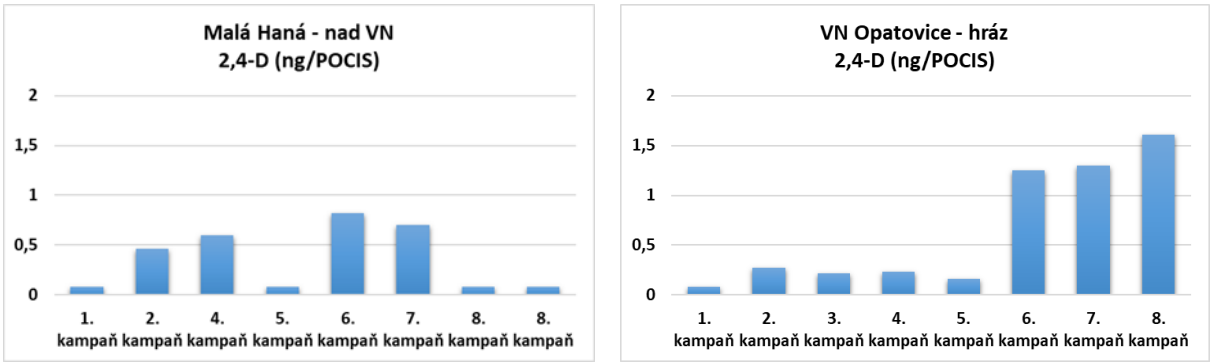


OBR. 76 DRUHY PĚSTOVANÝCH PLODIN V POVODÍ VN OPATOVICE V ROCE 2021 (ZDROJ: ČHMÚ)

Intenzívní zemědělské hospodaření na levém břehu VN Opatovice kolem obce Pařezovice nebylo pasivním vzorkováním podchyceno. Toky s občasnou vodností zde mají délku jen 0,2 až 0,5 m.

2,4-D

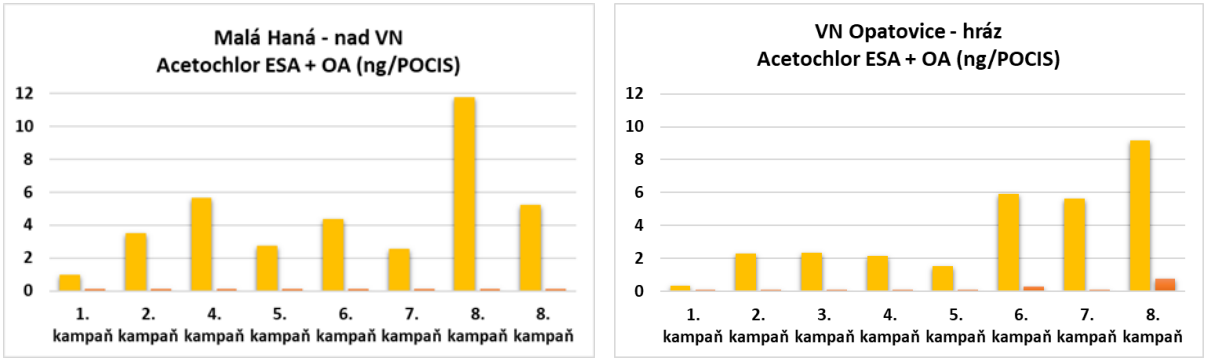
Chlororganický selektivní herbicid kyselina dichlorfenoxyoctová (2,4-D), který je aplikován na obiloviny, byla potvrzena častěji, nicméně stále ve velice nízkých koncentracích (Obr. 77). Jednorázově byla zjištěna v Ruprechtickém potoce jeho přítomnost v 2. vzorkovací kampani (1,3 ng/POCIS-hlb) a 2x těsně nad MS v Rakovci. V povrchové vodě, odebrané vždy na konci každé vzorkovací kampaně, byl 2,4-D potvrzen těsně nad mezí stanovitelnosti (2 $ng.l^{-1}$) při 2. a 3. vzorkovací kampani. Mírně vyšší koncentrace od 6. vzorkovací kampaně může souviset s podzimní cirkulací vody v nádrži.



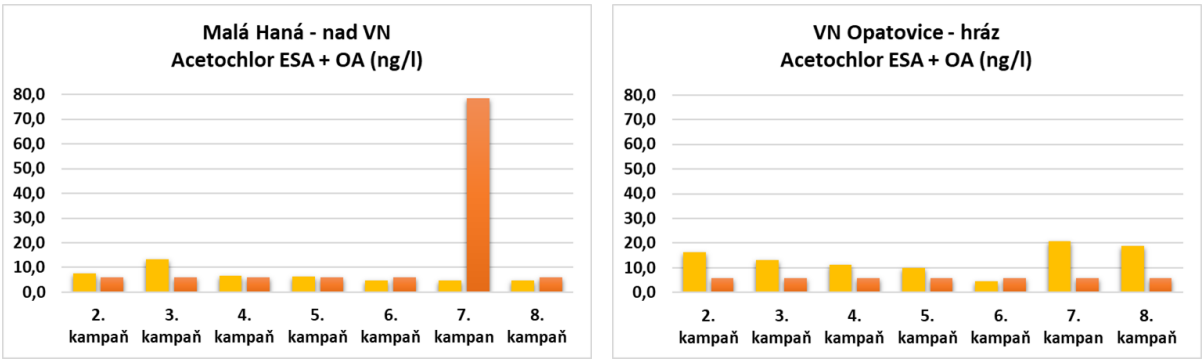
OBR. 77 KONCENTRACE 2,4-D V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH NA PŘÍTOKU A VE VN OPATOVICE V R. 2021

Acetochlor

Herbicid acetochlor byl v Evropské unii zakázán v roce 2012 z důvodu podezření na jeho karcinogenní účinky. Jeho metabolity ESA a OA se v životním prostředí nadále vyskytují a bylo to potvrzeno i v povodí VN Opatovice. Kromě 1. vzorkovací kampaně byl potvrzen ve všech ostatních kampaních v Malé Hané a ve vodárenské nádrži (Obr. 78). V Rakovci a Ruprechtickém potoce byla zjištěna pouze stopová množství těchto metabolitů, hlavním zdrojem je vlastní tok Malé Hané. Pozitivní nálezy byly potvrzeny i v povrchové vodě, kde je mez stanovitelnosti výrazně vyšší než v případě membrán pasivních vzorkovačů. Vysoká koncentrace metabolitu OA v bodovém odběru povrchové vody při 7. vzorkovací kampani (Obr. 79) bude patrně souviset s podzimní cirkulací vody v nádrži.



OBR. 78 KONCENTRACE METABOLITŮ ACETOCHLORU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH NA PŘÍTOKU A VE VN OPATOVICE V R. 2021

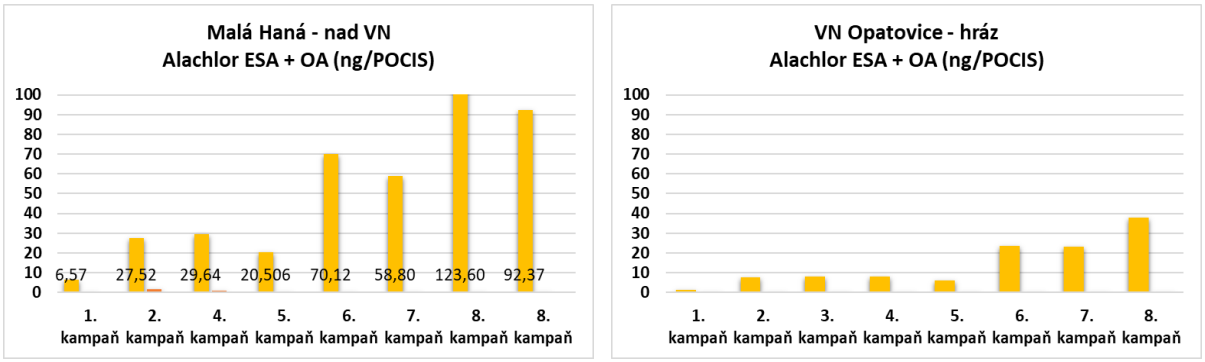


OBR. 79 KONCENTRACE METABOLITŮ ACETOCHLORU V POVRCHOVÉ VODĚ NA PŘÍTOKU A VE VN OPATOVICE V R. 2021

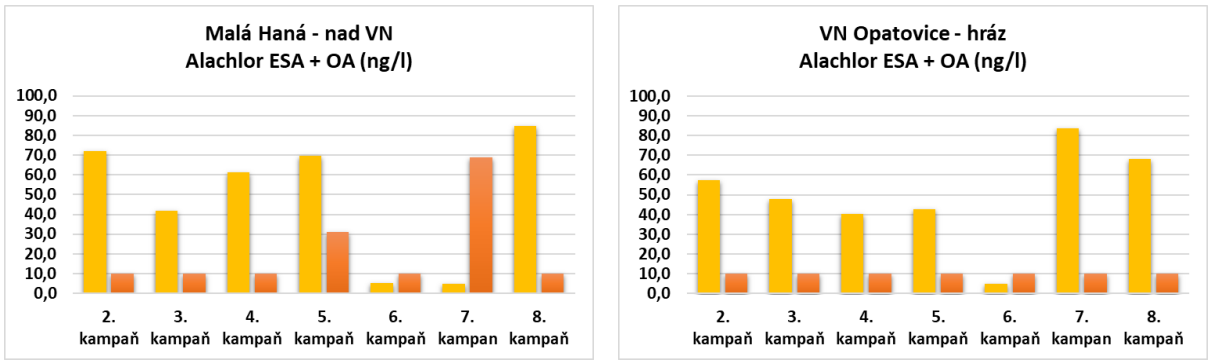
Alachlor

Aplikace rostlino-lékařských přípravků s obsahem alachloru jako účinné látky bylo povoleno do roku 2008. Metabolit alachlor ESA v Malé Hané přesto potvrzen ve vysokých koncentracích. V malém množství do 11 ng/POCIS byl alachloru ESA potvrzen rovněž v Ruprechtickém potoce. Metabolity alachloru se patrně vlivem eroze půdy při srážko-odtokových epizodách vyplavují do povrchových vod ve zvýšené míře v druhé polovině roku. (Obr. 80)

Metabolity alachloru byly ve vysokých koncentracích potvrzeny i v bodových vzorcích povrchové vody. (Obr. 81)



OBR. 80 KONCENTRACE METABOLITŮ ALACHLORU V POVRCHOVÉ VODĚ NA PŘÍTOKU A VE VN OPATOVICE V R. 2021



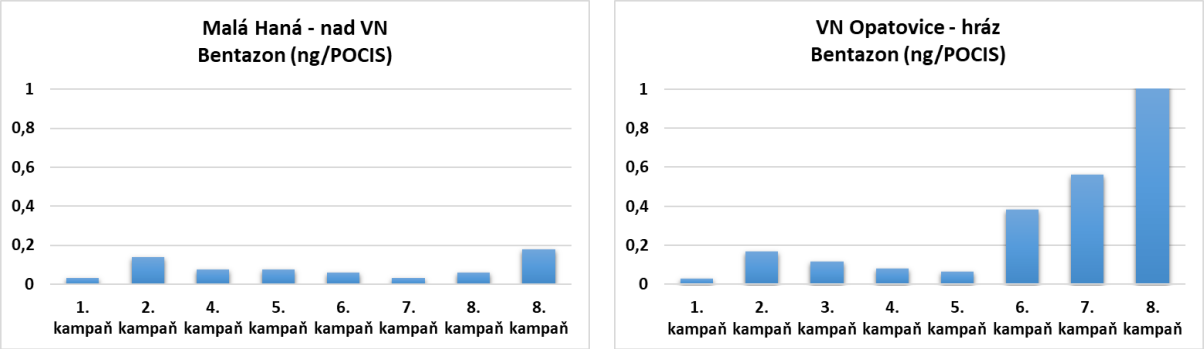
OBR. 81 KONCENTRACE METABOLITŮ ALACHLORU V POVRCHOVÉ VODĚ NA PŘÍTOKU A VE VN OPATOVICE V R. 2021

Atrazin

V povodí VN Opatovice byl potvrzen atrazin-2-hydroxy pouze ve 2. květnové vzorkovací kampani, a to jen v malém množství v hlavním přítoku Malá Haná a ve vlastní nádrži u hráze. Četnější byl výskyt tohoto metabolitu v Ruprechtovském potoce ve 4. a 5. vzorkovací kampani s maximem 38 ng/POCIS.

Bentazon

Výskyt bentazonu byl v stopovém množství potvrzen jen díky použití velice citlivé analytické metody ve spojení s technikou pasivního vzorkování, a to pouze na hlavním přítoku do VN Opatovice ve 2. a 8. vzorkovací kampani (max. 0,18 ng/POCIS). Ačkoliv ve VN Opatovice u hráze jeho nasorbované množství na pasivní vzorkovač v podzimních kampaních znatelně vzrůstalo, stále se jedná o velmi malé množství.

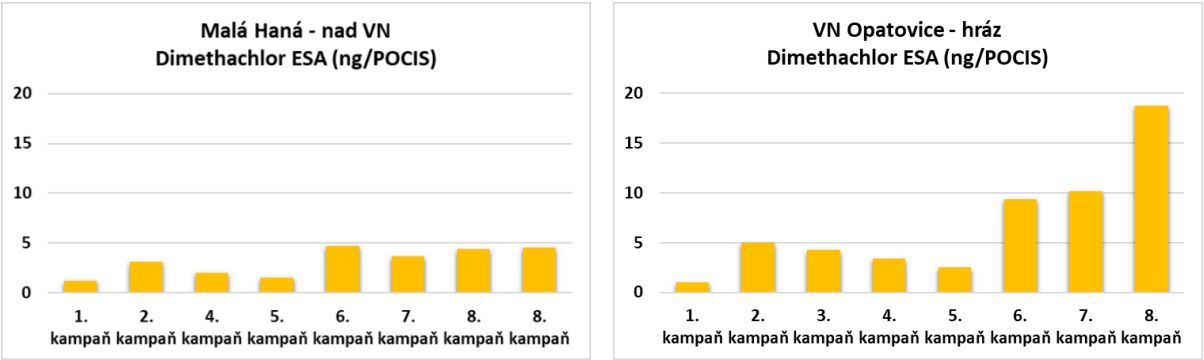


OBR. 82 KONCENTRACE BENTAZONU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH NA PŘÍTOKU A VE VN OPATOVICE V R. 2021

Pro interpretaci výsledků je potřeba na úvod zmínit teoretickou dobu zdržení vody ve VN Opatovice. Její objem po kótu přelivu činí 7,84 mil. m^3. Při průměrném průtoku hlavního přítoku Malá Haná (0,160 $m^3.s^{-1}$) teoretická doba zdržení v nádrži činí 567 dní, tj. 18,9 měsíců. Pokud tedy budeme srovnávat koncentrace znečišťujících látek na přítoku do VN a na odtoku, resp. v našem případě v blízkosti hráze, nelze je interpretovat v rámci námi realizovaného období pasivního vzorkování, které trvalo 8 měsíců.

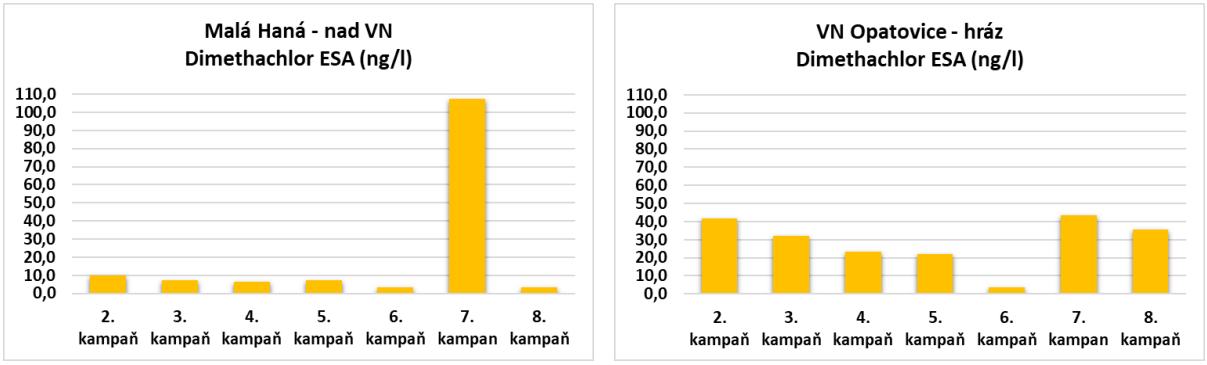
Dimethachlor

Dimethachlor je používán na řepku olejku a řepku olejku ozimou. Mateřská látka nebyla zjišťována. V Ruprechtickém potoce byly zjištěny stopové koncentrace metabolitu ESA, hlavním zdrojem znečištění tímto herbicidem byla Malá Haná. V Rakovci nebyl metabolit ESA potvrzen. (Obr. 83)



OBR. 83 KONCENTRACE DIMETHACHLORU ESA V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH NA PŘÍTOKU A VE VN OPATOVICE V R. 2021

V povrchové vodě byl dimethachlor ESA zjištěn ve významné koncentraci pouze na konci 7. vzorkovací kampaně (odběr 3. 11. 2021). Podařilo se jej zachytit po srážkové činnosti, která nastala 2. 11. s denním srážkovým úhrnem 12,5 mm (Obr. 84). Dimethachlor OA nebyl stanovován.



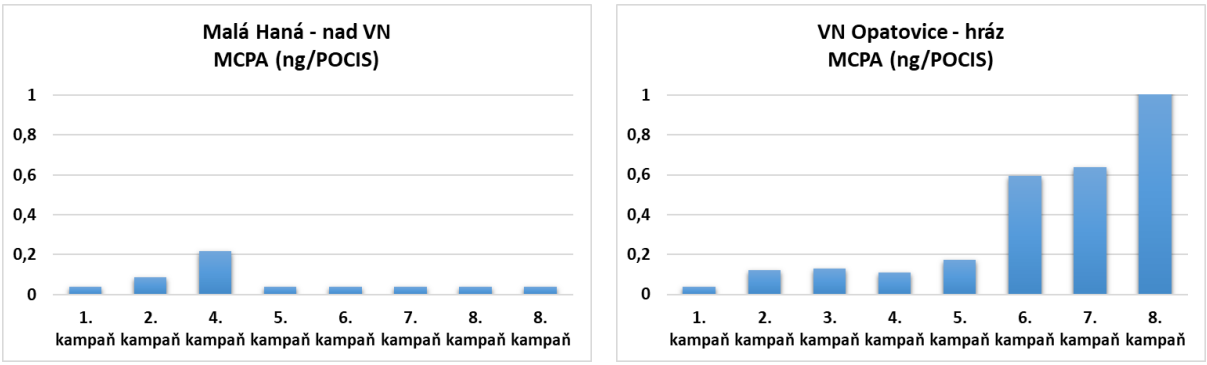
OBR. 84 KONCENTRACE DIMETHACHLORU ESA V POVRCHOVÉ VODĚ NA PŘÍTOKU A VE VN OPATOVICE V R. 2021

Chlortoluron

V povodí VN Opatovice přítomnost chlorotoluronu nebyla potvrzena, ve vlastní nádrži u hráze byl ve 2. a 3. vzorkovací kampani nalezen je ve stopovém množství do 2 ng/POCIS.

MCPA

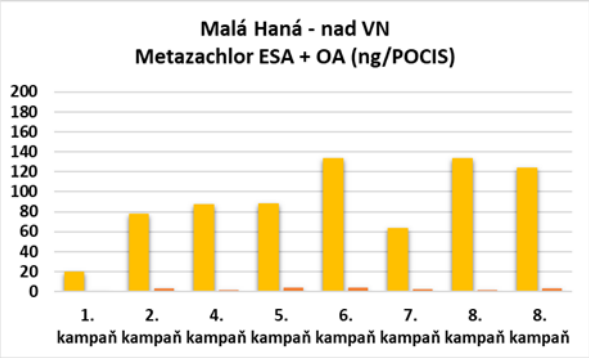
Herbicid kyselina 4-chloro-o-tolyloxyoctová (MCPA) je používán na obilniny a pícniny. Zatížení povodí VN Opatovice tímto herbicidem je obdobně jako u bentazonu velice nízké se stejnou dynamikou koncentrací v nádrži.

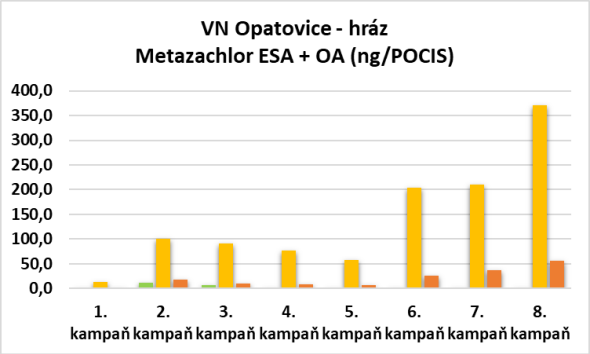


OBR. 85 KONCENTRACE MCPA V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH NA PŘÍTOKU A VE VN OPATOVICE V R. 2021

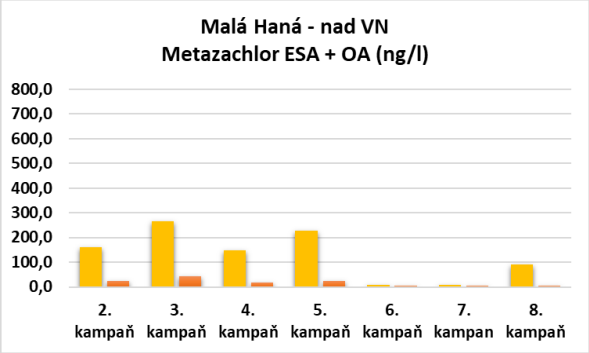
Metazachlor

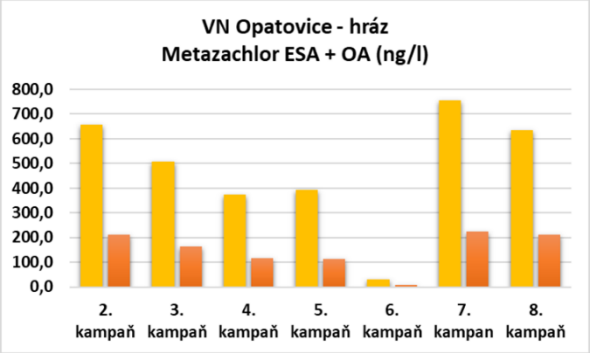
Metazachlor náležel dle evidence ÚKZÚZ v okrese Vyškov k velmi používaným (nad 13 tun v r. 2020). To se potvrdilo i v množství zachyceném pasivními vzorkovači (jeho metabolity). Opět lze konstatovat, že výhradní vnos tohoto herbicidu nebo jeho metabolitů do nádrže byl zprostředkován přítokem Malá Haná (Obr. 86). V Rakovci nebyly metabolity metazachloru nalezeny vůbec, v Ruprechtickém potoce metabolit ESA ve 4. a 5. vzorkovací kampani v malém množství (max. 18 ng/POCIS-hlb). Výsledky dobře korespondují s rozložením pěstování řepky olejné v povodí nad VN v roce 2021 (Obr. 76).





OBR. 86 KONCENTRACE METABOLITŮ METAZACHLORU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH NA PŘÍTOKU A VE VN OPATOVICE V R. 2021



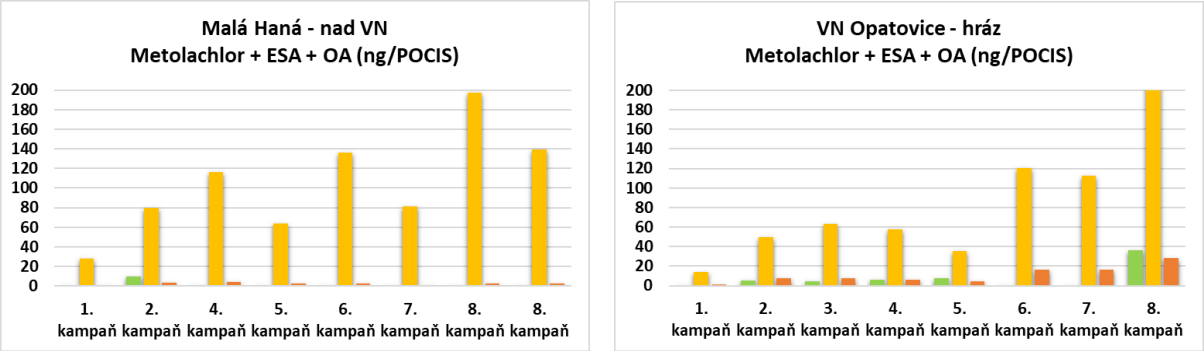


OBR. 87 KONCENTRACE METABOLITŮ METAZACHLORU V POVRCHOVÉ VODĚ NA PŘÍTOKU A VE VN OPATOVICE V R. 2021

V povrchové vodě na přítoku do VN byly nálezy metabolitu ESA potvrzeny do 265 ng.l^{-1}, nejvyšší koncentrace se však vyskytují v samotné nádrži: až 755 ng.l^{-1} metabolitu ESA a až 226 ng.l^{-1} metabolitu OA (Obr. 87). Tyto vysoké obsahy mohou souviset s velmi dlouhou teoretickou dobou zdržení povrchové vody v nádrži a jarní a podzimní cirkulací v ní. Metazachlor byl v předchozích letech v ZD Krásensko a Agro Rozstání používán pro ošetření řepky ozimé.

S-metolachlor

Herbicid proti travinám, S-metolachlor je běžně a hojně používanou účinnou látkou s aplikací na kukuřici. Tomu odpovídají i nálezy metabolitů mateřské látky v pasivních vzorkovačích, které jsou velmi vysoké a v průběhu roku vykazovaly stoupající trend. Metolachlor byl potvrzen i v Rakovci ve 2 a 3. vzorkovací kampani v množství do 15 ng/POCIS. V Ruprechtovském potoce byly jeho koncentrace ve formě metabolitů velice nízké do 2,8 ng/POCIS. Hlavním zdrojem znečištění tímto herbicidem zůstává Malá Haná (kukuřice byla v r. 2021 pěstována v horní části jejího povodí) (Obr. 88). Metabolity ve vysokých koncentracích byly potvrzeny rovněž v povrchové vodě (Obr. 89).



OBR. 88 KONCENTRACE METOLACHLORU A JEHO METABOLITŮ V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH NA PŘÍTOKU A VE VN OPATOVICE V R. 2021

OBR. 69 KONCENTRACE METABOLITŮ METOLACHLORU V POVRCHOVÉ VODĚ NA PŘÍTOKU A VE VN OPATOVICE V R. 2021

Pethoxamid

V povodí VN Opatovice byla jednorázově potvrzena nízká koncentrace pethoxamidu v Ruprechtovském potoce v 5. srpnové vzorkovací kampani (13 ng/POCIS). Kukuřice nebyla v jeho povodí v roce 2021 pěstována. V Malé Hané byl zaznamenán pouze jednorázový velice nízký záchyt pethoxamidu v 1. dubnové vzorkovací kampani (3 ng/POCIS). V malém rozsahu byla kukuřice pěstována na samém horním konci povodí u obce Krásensko.

Spiroxamin

V povodí VN Opatovice nebyl spiroxamin v pasivních vzorkovačích zachycen. V Malé Hané, hlavním přítoku do vodárenské nádrže byl v 2. květnové vzorkovací kampani v minimální koncentraci 0,8 ng/POCIS.

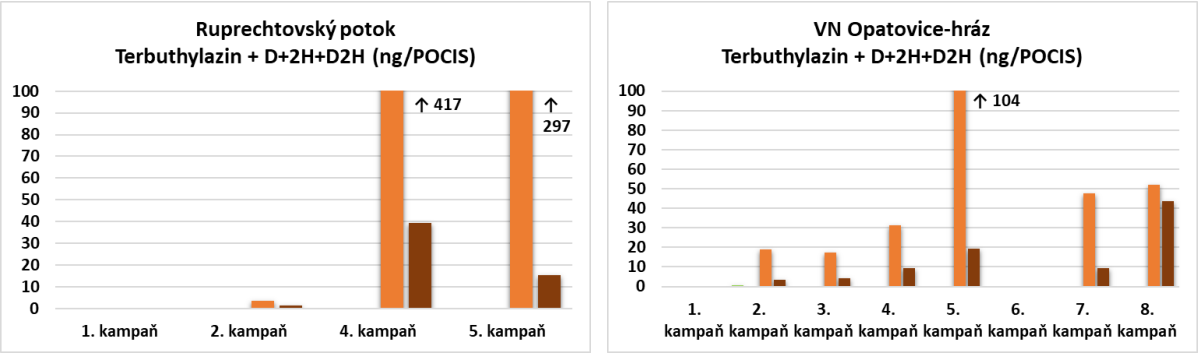
Tebukonasol

V povodí VN Opatovice nebyl tebukonasol pasivními vzorkovači zachycen, ačkoliv spotřeba v okrese Vyškov činila 3 290 kg. Příčinou může být jeho velice nízká rozpustnost ve vodě, která činí pouhých 36 $mg.l^{-1}$.

Terbuthylazin

V povodí VN Opatovice byla pasivním vzorkováním potvrzena přítomnost pouze dvou metabolitů terbuthylazin-2-hydroxy a terbuthylazin-desethyl-2-hydroxy od 4. vzorkovací kampaně v Ruprechtovském potoce (pasivní vzorkovače 3. červnové vzorkovací kampaně byly při přívalové srážce utrženy a strženy proudem vody). Kukuřice nebyla v povodí

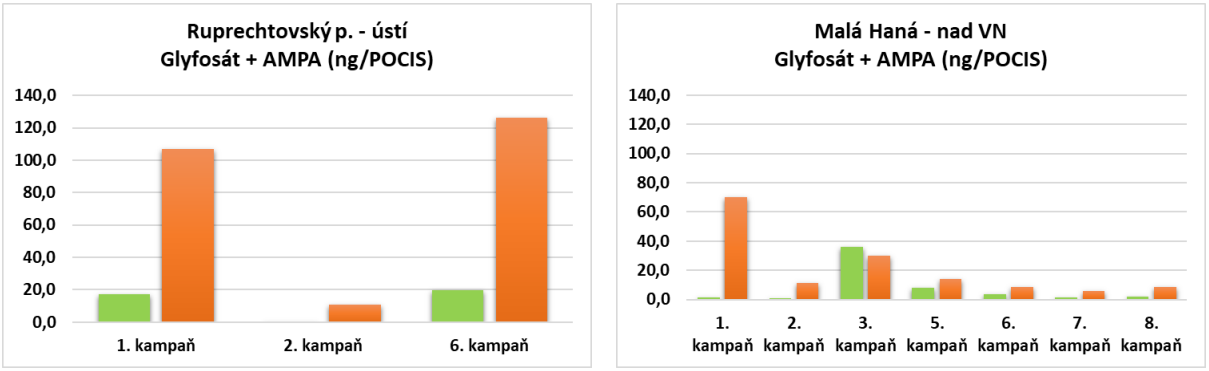
Ruprechtovského potoka pěstována, půjde zřejmě o zátěž z předchozích let. V Malé Hané byla zátěž metabolity tohoto herbicidu výrazně nižší. V Rakovci se výskyt nepotvrdil. Ve VN Opatovice byl trend koncentrace obou metabolitů postupně vzrůstající (Obr. 90).



OBR. 90 KONCENTRACE METABOLITŮ TERBUTHYLAZINU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN OPATOVICE V R. 2021

Glyfosát

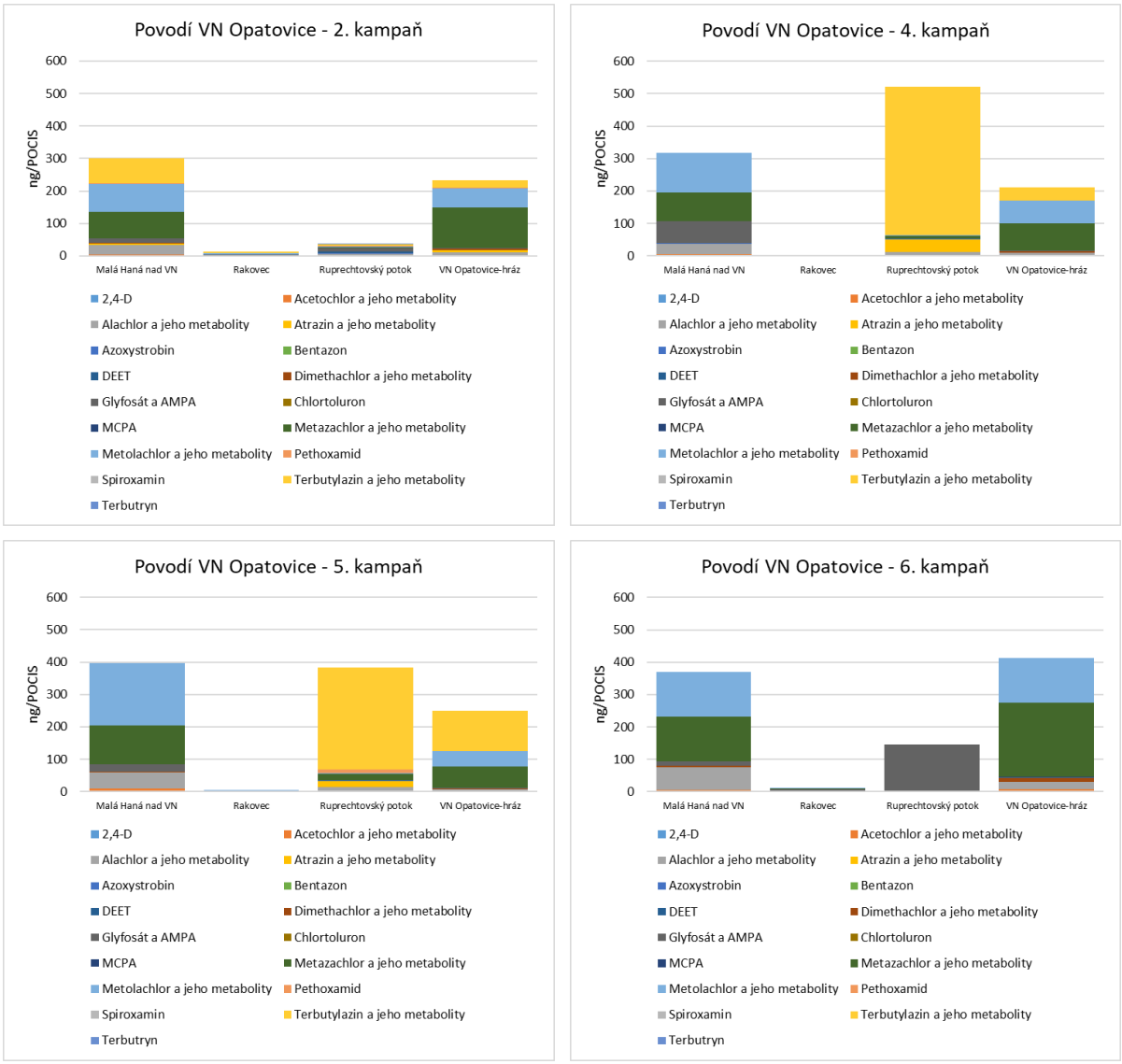
Specifickým herbicidem je glyfosát, jehož spotřeba je dlouhodobě v rámci celé ČR nejvyšší. Jedná se o silně polární látku, kterou lze technikami pasivního vzorkování zachytávat specifickým vzorkovačem POCIS-Glyphosate. Ten je rovněž schopen zachytit metabolit tohoto herbicidu – kyselinu aminomethylfosfonovou (AMPA). Glyfosát je snadno degradovatelnou látkou, což je patrné i z grafů na Obr. 91, kde je většinou v pasivních vzorkovačích zastoupen metabolit AMPA. Ta se patrně dále rozkládá, protože v nádrži již nebyly glyfosát a AMPA téměř potvrzeny. Rovněž v Rakovci nebyl zjištěn žádný glyfosát a AMPA.



OBR. 91 KONCENTRACE GLYFOSÁTU A METABOLITU AMPA V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH NA PŘÍTOCÍCH CO VN OPATOVICE V R. 2021

<u>Celkové zatížení pesticidy v povodí VN Opatovice</u>

Obrázek 92 názorně ukazuje srovnání zátěže povrchových vod pesticidy ve všech vzorkovaných profilech. Ačkoliv je zemědělská činnost realizována jen v horních partiích povodí vodárenského zdroje, znečištění povrchových vod je významná, a to prakticky po celou dobu vegetační sezóny. Zastoupení účinných látek rostlino-lékařských přípravků v přítocích Malá Haná a Ruprechtovský potok se liší. Rovněž v 7. a 8. vzorkovací kampani bylo ve VN Opatovice zachyceno pasivními vzorkovači velké množství pesticidů (v 8. kampani před 850 ng/POCIS). Výjimkou je tok Rakovec, ve kterém nebyly pesticidy zachyceny nebo jen v minimálním množství.



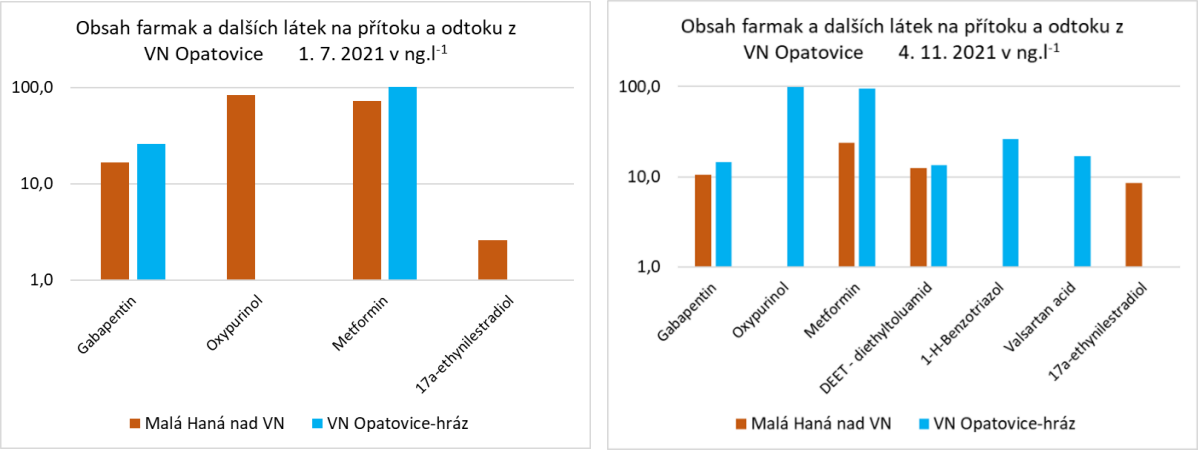
OBR. 92 KONCENTRACE PESTICIDŮ V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN OPATOVICE V 2. ,4. 5. A 6. VZORKOVACÍ KAMPANI V R. 2021

Výsledky analýz povrchových vod – farmaka

V roce 2021 byly v létě a na podzim odebrány vzorky povrchové vody na přítoku (Malá Haná) a z VN Opatovice-hráz pro screening farmak, hormonů a některých dalších látek (řešeno subdodávkou). Z celkem 125 analyzovaných látek byly na přítoku do VN potvrzeny celkem jen čtyři látky (první odběr 1. 7.) a rovněž čtyři látky (druhý odběr 4. 11.). Ve vlastní nádrži u hráze byly potvrzeny dvě látky nad mezí stanovitelnosti (první odběr 1. 7.) a šest látek (druhý odběr 4. 11.). Výsledky jsou zpracovány graficky na Obr. 93. Zátěž VN Opatovice farmaky byla nízká.

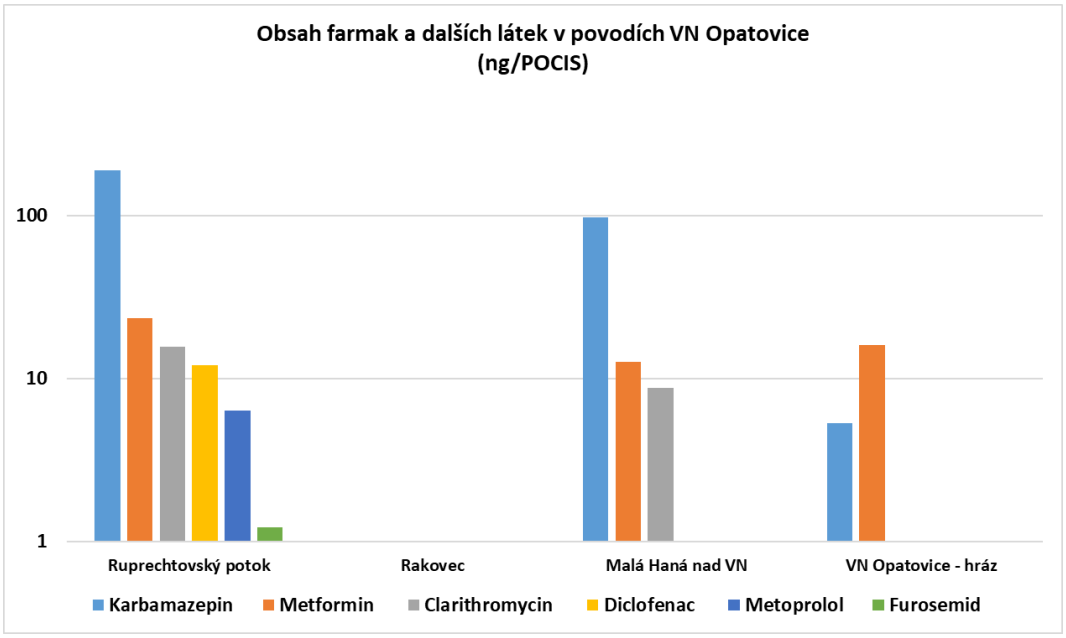
Nejvyšší koncentrace (100 ng.l^{-1}) byly potvrzeny pro:

1. Metformin – antidiabetikum, (nátok do VN 24 až 73 ng.l^{-1}). Potvrzen i ve VN (96 až 107 ng.l^{-1}).
2. Oxypurinol – snižuje produkci kyseliny močové, (nátok do VN 84 ng.l^{-1}). Potvrzen i ve VN (99 ng.l^{-1}).



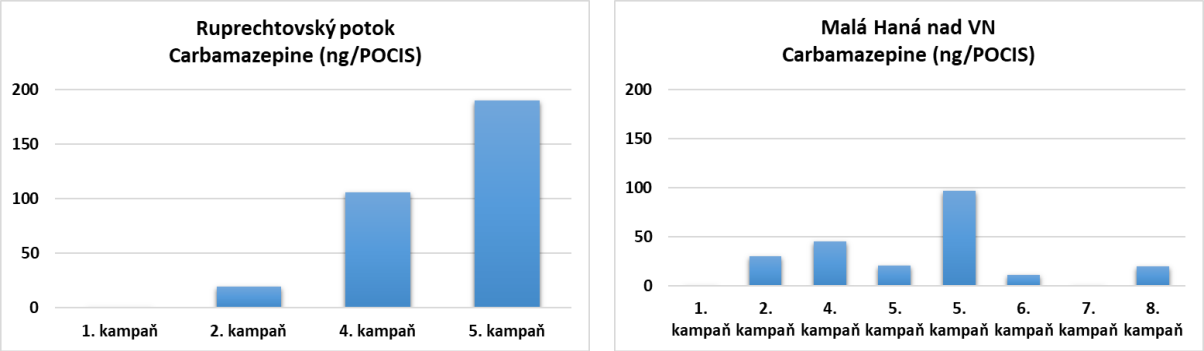
OBR. 93 KONCENTRACE FARMAK A DALŠÍCH LÁTEK V PŘÍTOKU A VE VN OPATOVICE V R. 2021

Farmaka byla sledována také pomocí pasivních vzorkovačů POCIS-hlb. Spektrum nalezených farmak je nízké, nízké je i zatížení povrchových vod. V následujících grafem jsou znázorněny maximální naměřené koncentrace ze všech vzorkovacích kampaní (rok 2021). V Rakovci nebyla nalezena žádné farmaka. Ruprechtický potok je více zatížen než hlavní přítok Malá Haná, což je dáno vypouštěním odpadních vod z ČOV Ruprechtov. ČOV Krásensko je dalším menším komunálním zdrojem znečištění. Nejhojněji byl zastoupen karbamazepin a lék na léčbu cukrovky metformin. (Obr. 94)



OBR. 94 KONCENTRACE VYBRANÝCH FARMAK V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN OPATOVICE V R. 2021

Dynamika koncentrací karbamazepinu byla shodná v Ruprechtickém potoce i v hlavním přítoku Malá Haná. (Obr. 95)

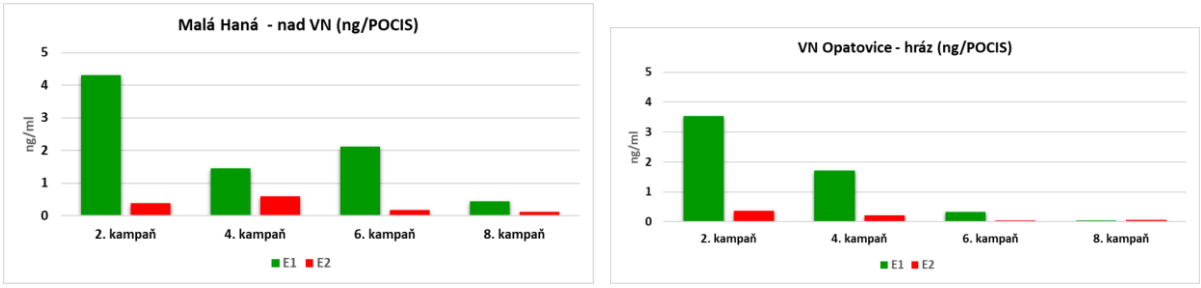


OBR. 95 DYNAMIKA KONCENTRACE KARBAMAZEPINU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN OPATOVICE V R. 2021

Výsledky analýz extraktů pasivních vzorkovačů – endokrinní látky

Endokrinní látky byly vzorkovány na speciální komerčně dostupný produkt vyvinutý fy Affinisep POCIS-EDs v každé sudé vzorkovací kampani (květen, červenec, září, listopad). Byly aplikovány pouze na hlavním přítoku do VN a na odtoku z VN. Analyzovány byly hormony: estron (E1), 17β-estradiol (E2) a 17α-ethynyl estradiol (EE2). Mez stanovitelnosti činila 0,1 ng/POCIS, v případě EE2 0,18 a 0,5 ng/POCIS.

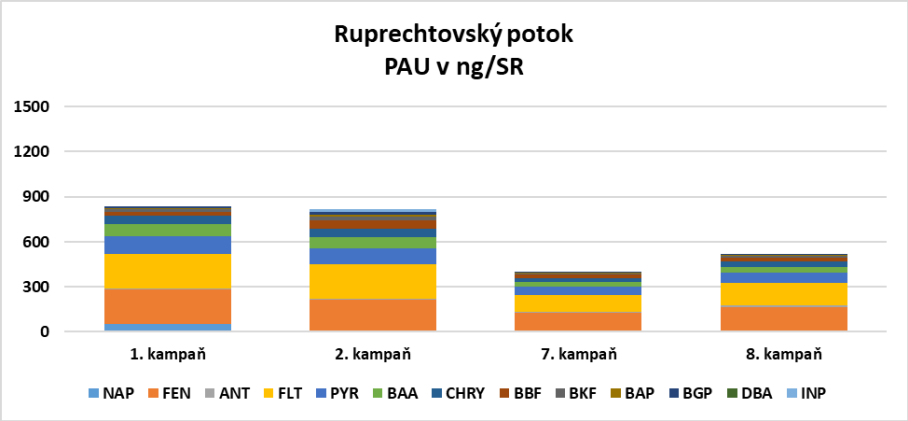
EE2 nebyl potvrzen. Významné byly koncentrace estronu. Jeho nejvyšší koncentrace byly potvrzeny v 2. vzorkovací kampani (květen), nejnižší v 8. vzorkovací kampani (listopad) (Obr. 96). Pro tuto dynamiku koncentrací není zatím spolehlivé vysvětlení (u ostatních posuzovaných vodárenských nádrží byla dynamika koncentrací odlišná).

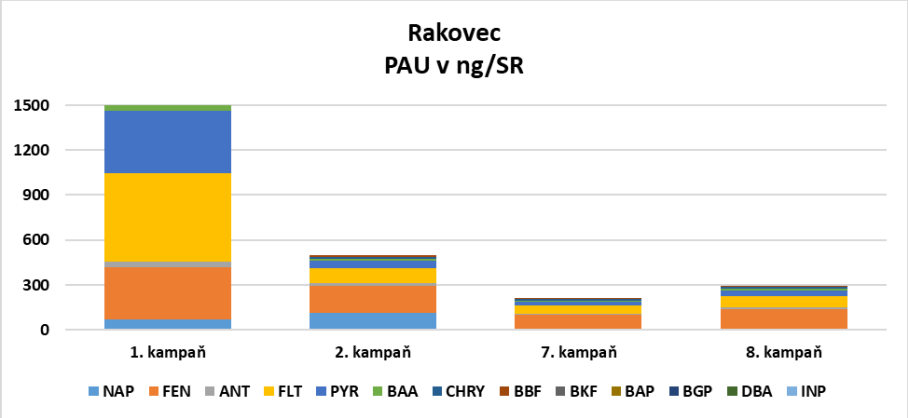


OBR. 96 KONCENTRACE ENDOKRINNÍCH LÁTEK V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN OPATOVICE V R. 2021

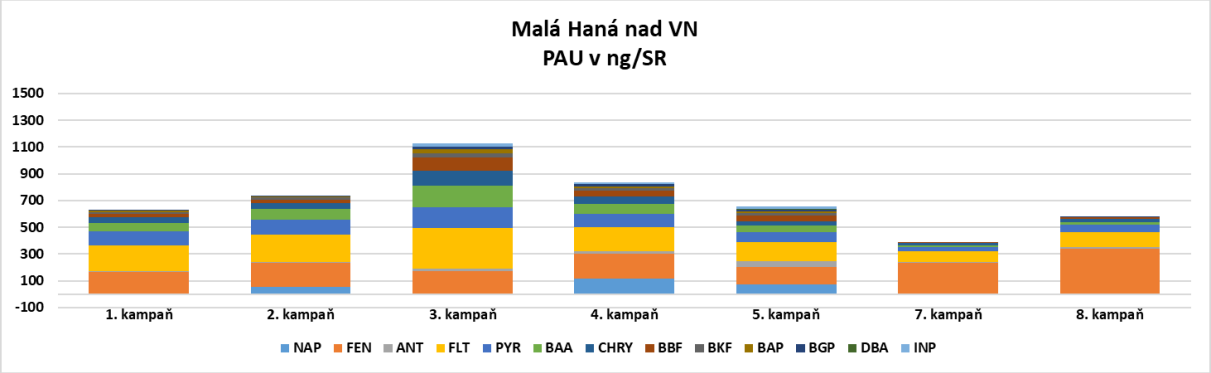
Výsledky analýz extraktů z pasivních vzorkovačů – PAU

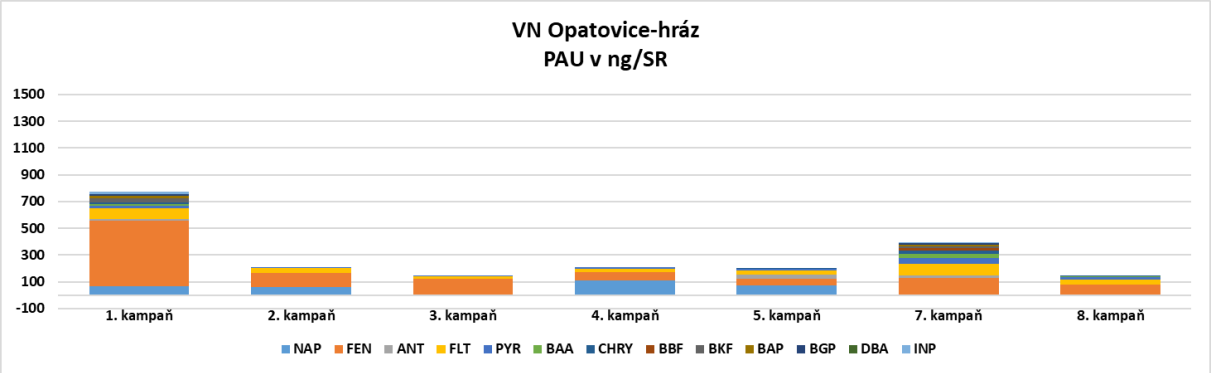
Nepolární organické látky vč. polycyklických aromatických uhlovodíků byly sorbovány na silikonové membrány. Doba jejich expozice ve vodě byla shodná se vzorkovači POCIS. Zátěž povrchových vod v povodí VN Opatovice byla ve srovnání s VN Vír I nižší. V dílčích povodích Ruprechtovského potoka a Rakovce byla zátěž ΣPAU vyšší v prvních dvou vzorkovacích kampaních (Obr. 97). V hlavním přítoku do VN (Malá Haná) byla potvrzena dynamika koncentrací shodná, jako v případě Svratky – maxima v teplém období roku. Příčinou je vnos PAU na erodovaných částicích při srážko-odtokových epizodách (Obr. 98).





OBR. 97 KONCENTRACE PAU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN OPATOVICE V R. 2021



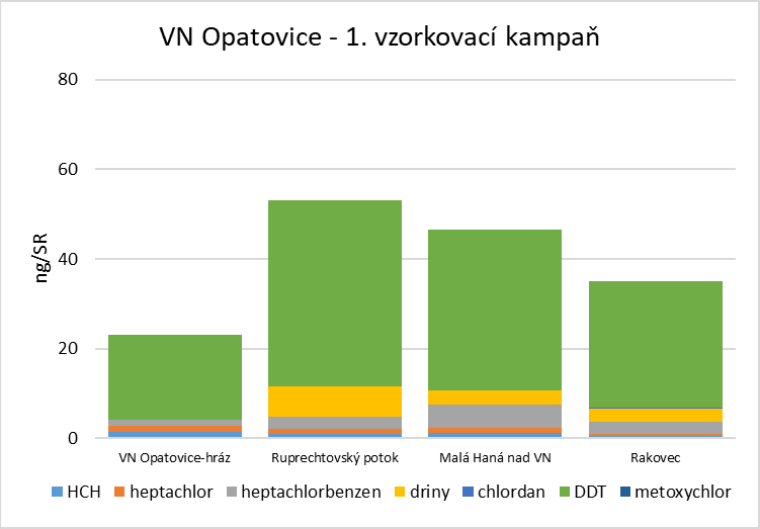


OBR. 98 KONCENTRACE PAU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH NA PŘÍTOKU A ODTOKU Z VN OPATOVICE V R. 2021

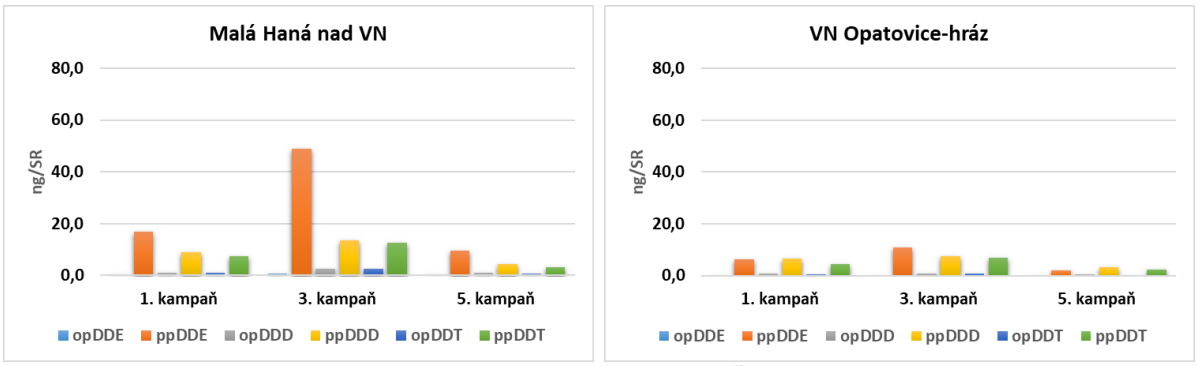
Výsledky analýz extraktů z pasivních vzorkovačů – OCP + PCB

Organochlorové pesticidy (OCP) a vybrané kongenery polychlorovaných bifenylů (PCB) byly vzorkovány na silikonové membrány (SR) s dobou expozice shodnou jako u vzorkovačů POCIS. SR membrány byly na hlavních přítocích a na odtoku z VN aplikovány s vyšší četností než na menších přítocích do VN. Přestože se tyto látky již mnoho desetiletí nesmí používat, vzhledem ke své perzistenci se v prostředí stále vyskytují a dostávají do povrchových vod.

Prezentace výsledků z 1. dubnové vzorkovací kampaně, kdy byly membrány SR aplikovány ve všech profilech, zobrazuje graf na Obr. 99. Z OCP byly nejvíce zastoupeny DDT a jeho izomery. Nejzatíženějším tokem v této kampani je Ruprechtovský potok. Druhým významným polutantem v tomto profilu jsou driny. V Malé Hané je druhým významným polutantem heptachlorbenzen. Koncentrace izomerů DDT je více vyrovnaná, p,p´-DDE výrazně převládal v 3. červnové vzorkovací kampani. (Obr. 100) Červen byl v povodí VN Opatovice srážkově nejexponovanější obdobím. Od 22. 6. do 23. 6. napršelo 79 mm srážek! V Ruprechtovském potoce došlo k utržení pasivních vzorkovačů.



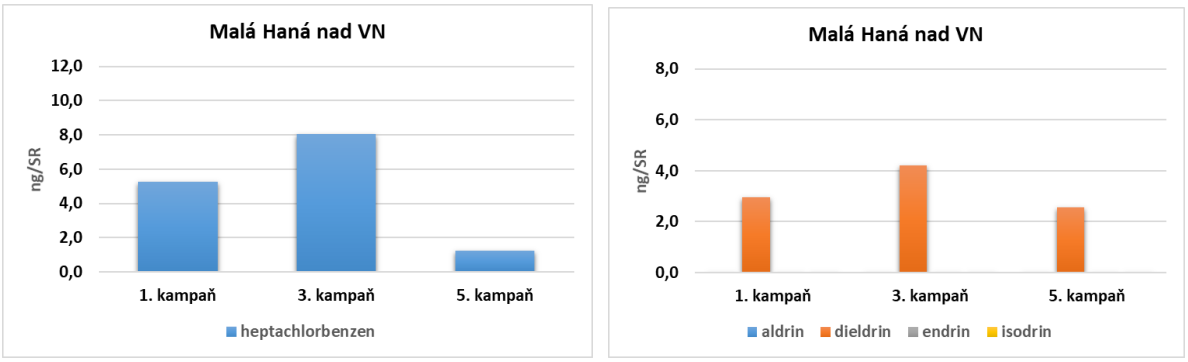
OBR. 99 KONCENTRACE OCP V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN OPATOVICE V R. 2021



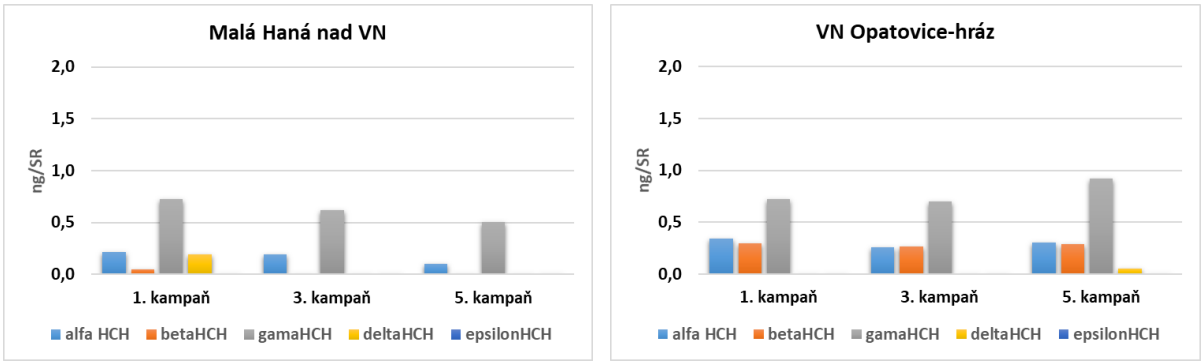
OBR. 100 KONCENTRACE IZOMERŮ DDT V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN OPATOVICE V R. 2021

Srážko-odtokové poměry v měsíci červnu 2021 na zvýšené koncentrace heptachlorbenzenu a dieldrinu v hlavním přítoku do VN Opatovice (Obr. 101).

Koncentrace izomerů HCH v povodí VN Opatovice byly natolik nízké, že červnové srážko-odtokové poměry jejich koncentraci v 3. vzorkovací kampani nezvýšily (Obr. 102). Rovněž v Rakovci a Ruprechtovském potoce byla jejich koncentrace v SR membránách nízká.

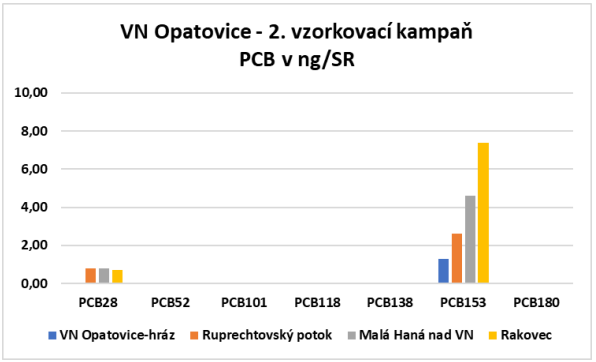


OBR. 101 KONCENTRACE HEPTACHLORBENZENU A DRINŮ V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V PŘÍTOKU MALÁ HANÁ V R. 2021



OBR. 102 KONCENTRACE IZOMERŮ HCH V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN OPATOVICE V R. 2021

Z kongenetů PCB byl nejvíce zastoupen PCB153 (Obr. 103). Nejvyšší koncentrace byla nalezena v Rakovci a v toku Malá Haná (vzorkovací profil Malá Haná nad VN je Rakovcem ovlivněn).



OBR. 103 KONCENTRACE KONGENERŮ PCB V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN OPATOVICE V R. 2021

Ověřované bodové zdroje

Z bodových zdrojů znečištění byly v povodí VN Opatovice provedeny odběry vypouštěných odpadních vod na komunální ČOV Ruprechtov (Obr. 104). Projektová kapacita čistírny je 1 000 EO. Počet obyvatel v obci činí 595. V obci je jednotná kanalizace. Hydraulické zatížení ČOV činí v průměru 84 %, látkové zatížení 92 %. Odhadovaná doba zdržení na ČOV je 72 hodin. Vzorky vyčištěné odpadní vody byly odebrány 3. 8. 2021. Průtok v době vzorkování činil 3 až 6 $l.s^{-1}$. Ruprechtovský potok pod ČOV v podstatě začíná (Obr. 105).

OBR. 79 ČOV RUPRECHTOV

OBR. 80 RUPRECHTICKÝ POTOK POD ČOV RUPRECHTOV

Odběr odpadní vody byl realizován 3. 8. 2021 jako 2 h slévaný vzorek na odtoku z ČOV. Obsah polycyklických aromatických uhlovodíků v odpadních vodách byl vysoký, v sumě činil 770 $ng.l^{-1}$. Vzhledem k toku, že poměr mezi FRT a PYR je vyšší než 1 (1,4), lze usuzovat na spalovací procesy jako původ PAU.

TABULKA 18 VÝSLEDKY STANOVENÍ PAU V ODPADNÍCH VODÁCH ČOV RUPRECHTOV V POVODÍ VN OPATOVICE V $NG.L^{-1}$

Název zdroje	NFT	FLU	FEN	ANT	FRT	PYR	BaA
ČOV Ruprechtov	<50	<10	38	<5	120	86	111
Název zdroje	**CHRY**	**BbF**	**BkF**	**BaP**	**BghiP**	**DBaA**	**IcdP**
ČOV Ruprechtov	56	77	40	76	62	16	88

Vysvětlivky:

NFT	Naftalen	CHRY	Chrysen
FLU	Fluoren	BbF	Benzo(b)fluoranthen
FEN	Fenanthren	BkF	Benzo(k)fluoranthen
ANT	Anthracen	BaP	Benzo(a)pyren
FRT	Fluoranthen	BghiP	Benzo(g,h,i)perylen
PYR	Pyren	DBaA	Dibenzo(a,h)anthracen
BaA	Benzo(a)anthracen	IcdP	Indeno(1,2,3-c,d)pyren

2.7 Vodárenská nádrž Ludkovice – provedené činnosti a výsledky

VN Ludkovice byla uvedena do provozu v roce 1968. Nachází se ve střední části Vizovické vrchoviny v jihovýchodní části Zlínského kraje. Je nejmenší nádrží, která byla vybrána pro řešení v tomto projektu. Její celkový objem činí max. 0,69 mil. m^3. Hlavním účelem vodního díla je zajistit dostatek vody pro skupinový vodovod Luhačovice a zajistit minimální průtok v toku pod hrází, kterým je Ludkovický potok. (Obr. 108) Plocha povodí činí 13,1 km^2.

Pasivní monitoring byl zahájen 31. 3. 2021 první vzorkovací kampaní, poslední 8. vzorkovací kampaň byla ukončena 1. 12. 2021. Přehled vzorkovacích kampaní včetně druhů aplikovaných membrán pasivních vzorkovačů je uveden v Tabulce 10 (v kapitole 2.5). Expozice pasivních vzorkovačů činila 28 až 33 dní. Ve všech kampaních byly tyto membrány nasazeny na hlavním přítoku Ludkovický potok-nad VN a ve vodní nádrži u hráze (u odběrného objektu surové vody pro úpravnu vody).

TABULKA 19 LOKALIZACE PROFILŮ PRO PASIVNÍ VZORKOVÁNÍ V POVODÍ VN LUDKOVICE

P. č.	Název profilu	VN	ř. km	OPVZ	Souřadnice WGS84
1	Ludkovický potok-nad VN Ludkovice	Ludkovice	7,4	I	N 49°7.87232', E 17°43.87055'
2	VN Ludkovice-hráz	Ludkovice	6,4	I	N 49°7.35645', E 17°43.64758'

Bezprostředně nad nádrží se nachází část obce Ludkovice, nazývaná Pradlisko. V horní části povodí Ludkovického potoka se nachází obec Provodov (780 obyv.), která je odkanalizovaná a odpadní vody jsou čerpány mimo povodí Ludkovického potoka. Obec Řetechov spadá do povodí Ludkovického potoka jen svou západní částí. Délka Ludkovického potoka nad VN Ludkovice činí cca 7 km. Povodí je ze 40 % zalesněno, na zbývající ploše převládají louhy, polnosti tvoří cca 15 % plochy povodí.

OBR. 106 VN LUDKOVICE, ODBĚRNÝ OBJEKT SUROVÉ VODY S PŘEPADEM

Pasivní vzorkovače byly umístěny v místě odběrné věže (Obr. 80 vpravo), profil nad VN cca 40 m nad vodoměrnou stanicí na Ludkovickém potoce (Obr. 81), která je lokalizována 100 m nad vzdutím VN Ludkovice.

OBR. 107 LUDKOVICKÝ POTOK NAD VN

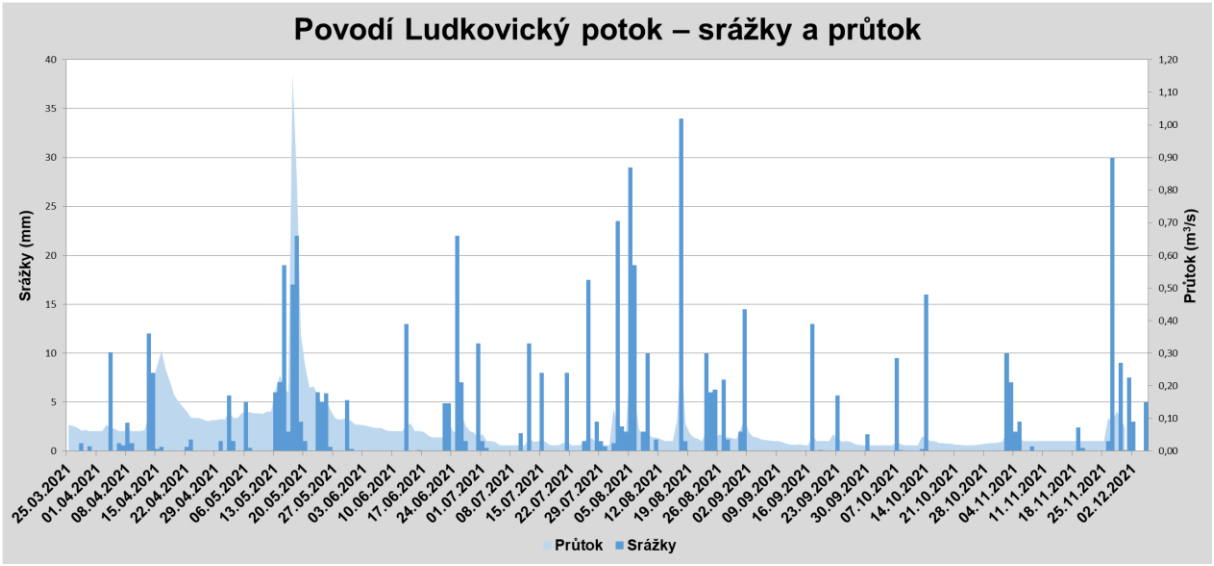
OBR. 108 PROFILY PRO PASIVNÍ VZORKOVÁNÍ PŘÍTOKŮ VN LUDKOVICE

TABULKA 20 PŘEHLED VZORKOVACÍCH KAMPANÍ A DRUHŮ INSTALOVANÝCH MEMBRÁN

Kampaň	Expozice	Instalace	Deinstalace	Typy aplikovaných membrán			
				SR	POCIS-hlb	POCIS-Gly	POCIS-EDC
1/21	dubnová	31. 3. 2021	3. 5. 2021	X	X	X	
2/21	květnová	3. 5. 2021	1. 6. 2021	X	X	X	X
3/21	červnová	1. 6. 2021	1. 7. 2021	X	X	X	
4/21	červencová	1. 7. 2021	3. 8. 2021	X	X	X	X
5/21	srpnová	3. 8. 2021	3. 9. 2021	X	X	X	
6/21	zářijová	3. 9. 2021	7. 10. 2021	X	X	X	X
7/21	říjnová	7. 10. 2021	4. 11. 2021	X	X	X	
8/21	listopadová	4. 11. 2021	1. 12. 2021	X	X	X	X

Záznam hydrologických a klimatologických dat

Po celou dobu pasivního vzorkování byla zaznamenávána hydrologická data v hodinovém kroku od 25. 3. 2021 do 5. 12. 2021 z limnigrafické stanice Ludkovický potok-nad nádrží. Po tuto dobu byly v denním kroku zaznamenávány srážkové úhrny ze stanice KS Ludkovice. Data o průtoku a srážkách byla zpracována do grafu (Obr. 109).



OBR. 109 SRÁŽKY Z KS LUDKOVICE A PRŮTOK V LUDKOVICKÉM POTOCE NAD VN LUDKOVICE V OBDOBÍ 25. 3. AŽ 5. 12. 2021

První významná srážka, která byla provázena zvýšením průtoku v Ludkovickém potoce, po zahájení pasivního vzorkování, nastala 13. a 14. 4. (v úhrnu 20 mm), která zvýšila průtok na přítoku do VN Ludkovice z 0,06 na 0,31 $m^3.s^{-1}$. O měsíc později v deštivém období 13. 5. až 19. 5. napršelo v úhrnu 76 mm, které vyústilo v nejvyšší denní průtok za celé období pasivního vzorkování, který 18. 5. činil 0,84 $m^3.s^{-1}$. V červnu byl zaznamenán nejvyšší srážkový úhrn 29 mm 25. až 26. 6. V srpnu obdobně jako v květnu nastalo delší srážkově bohaté období 2. až 6. 8., kdy napršelo 76 mm srážek. Na Ludkovickém potoce se to projevilo zvýšením průtoku z 0,04 na 0,30 $m^3.s^{-1}$. Nejvyšší denní srážkový úhrn byl zaznamenán 18. 8. (34 mm) provázený zvýšením průtoku v přítoku do VN z 0,09 na 0,31 $m^3.s^{-1}$. Významně napršelo také v samém závěru pasivního vzorkování, kdy od 27. 11. do 2. 12. činil srážkový

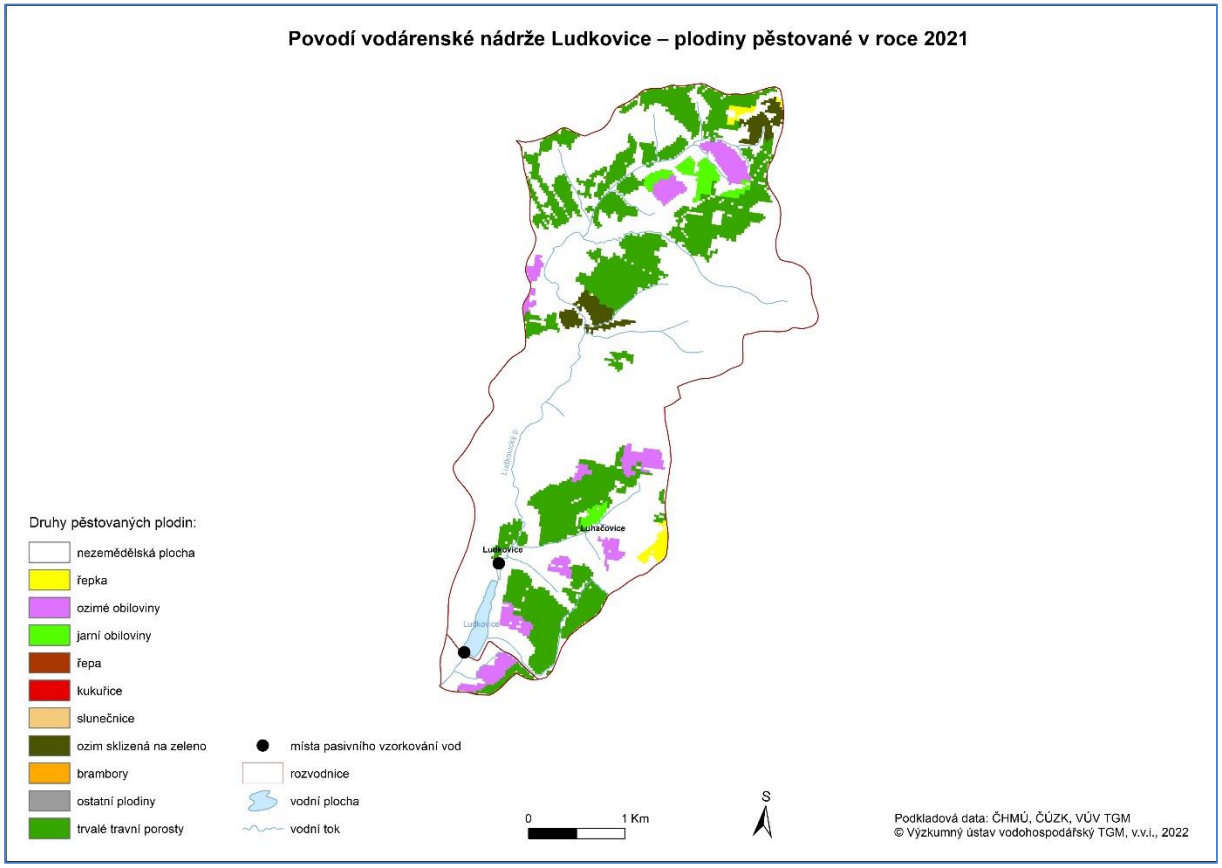
úhrn 49,5 mm s maximem 27. 11. (30 mm). Průtok v Ludkovickém potoce stoupl čtyřnásobně z 0,03 na 0,12 $m^3.s^{-1}$.

Teoretická doba zdržení vody v nádrži je nejkratší ze všech posuzovaných vodárenských nádrží: pokud uvažujeme objem nádrže po přepadovou hranu 0,498 mil. m^3, doba zdržení činí pouhých 62 dní při dlouhodobém průměrném denním průtoku Ludkovického potoka 0,096 $m^3.s^{-1}$. V době realizovaného pasivního vzorkování došlo k teoretickému naplnění nádrže celkem 3x: 16. 5. (za 1,5 měsíce od zahájení vzorkování 31. 3.), 27. 6. (za 1,4 měsíce) a 27. 11. (za 5 měsíců).

Výsledky analýz extraktů z pasivních vzorkovačů a povrchových vod – pesticidy

Jsou prezentovány výsledky z 8 vzorkovacích kampaní, které na sebe navzájem navazovaly. Na hlavním přítoku do VN Ludkovice a na odtoku z VN byly během každé kampaně odebírány bodové vzorky povrchové vody. Graficky jsou ve zprávě prezentovány nejvýznamnější výsledky.

Informace o druhu pěstovaných plodin a rozloze v zájmových povodích vznikla klasifikací multitemporálních snímků dálkového průzkumu Země (DPZ). Jejich zastoupení v povodí VN Ludkovice dokumentuje Tabulka 19 a Obr. 110. Převažuje nezemědělské využití a trvalé travní porosty. Z plodin jsou nejvíce zastoupeny obiloviny, v minimálním rozsahu řepka. Intenzívní zemědělská činnost probíhá v horních partiích povodí Ludkovického potoka v k.ú. obce Provodov a v dolní části povodí kolem obce Řetechov.



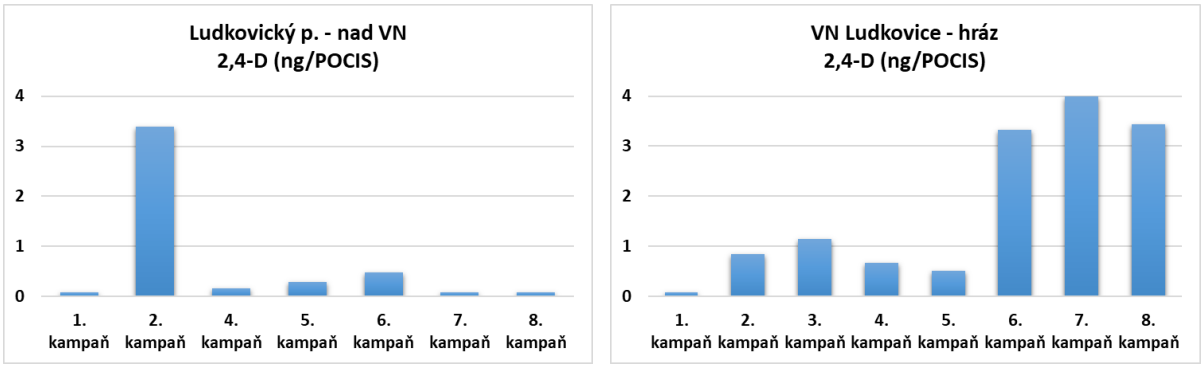
OBR. 110 DRUHY PĚSTOVANÝCH PLODIN V POVODÍ VN LUDKOVICE V ROCE 2021 (ZDROJ: ČHMÚ)

TABULKA 21 ZASTOUPENÍ PĚSTOVANÝCH PLODIN V POVODÍ VN LUDKOVICE V ROCE 2021 DLE DPZ

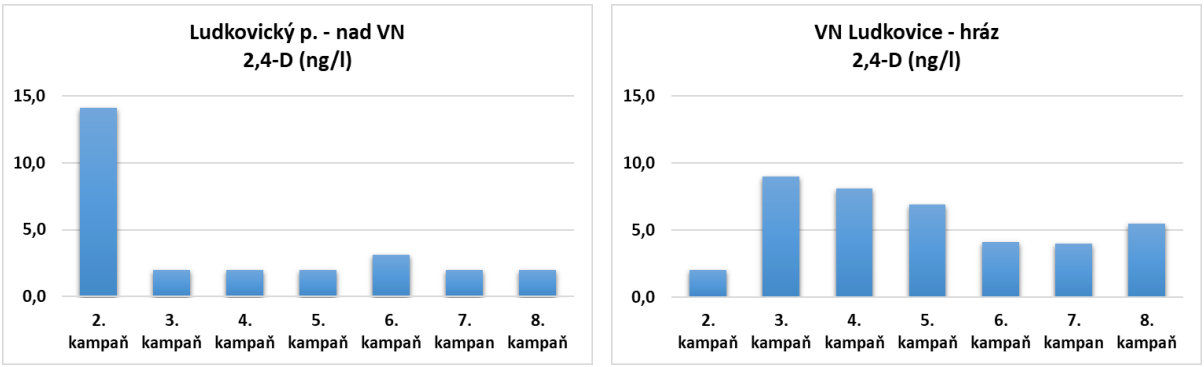
Způsob využití území	[m^2]	[%]	Způsob využití území	[m^2]	[%]
nezemědělská plocha	9164375	68,8	jarní obiloviny	193750	1,5
řepka	87500	0,7	ozim sklizená na zeleno	246875	1,9
ozimé obiloviny	578750	4,3	trvalé travní porosty	3043750	22,9

2,4-D

Chlororganický selektivní herbicid kyselina dichlorfenoxyoctová (2,4-D) byla podle evidovaných spotřeb v okrese Zlín, kam náleží i povodí Ludkovického potoka, aplikována především na obiloviny. Byla potvrzena i v pasivních vzorkovačích. Projevila se mírně ve 2. (květnové) vzorkovací kampani (Obr. 111), což může mít spojitost se srážko-odtokovou událostí, která nastala 13. až 19. 5. 2021. Vnos Ludkovickým potokem do VN byl potvrzen i z odběru povrchové vody na konci 2. vzorkovací kampaně. (Obr. 112) Ve vodárenské nádrži se projevil vzestup koncentrací jak ve vzorcích povrchové vody, tak i v pasivních vzorkovačích. Vzorkovací koš byl umístěn v hloubce cca 3 m v blízkosti přepadu, odběr povrchové vody byl realizován z hladiny. Tím lze vysvětlit, proč je dynamika koncentrací 2,4-D ve vzorcích vody a v pasivním vzorkovači rozdílná.



OBR. 111 KONCENTRACE 2,4-D V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH NA PŘÍTOKU A VE VN LUDKOVICE V R. 2021

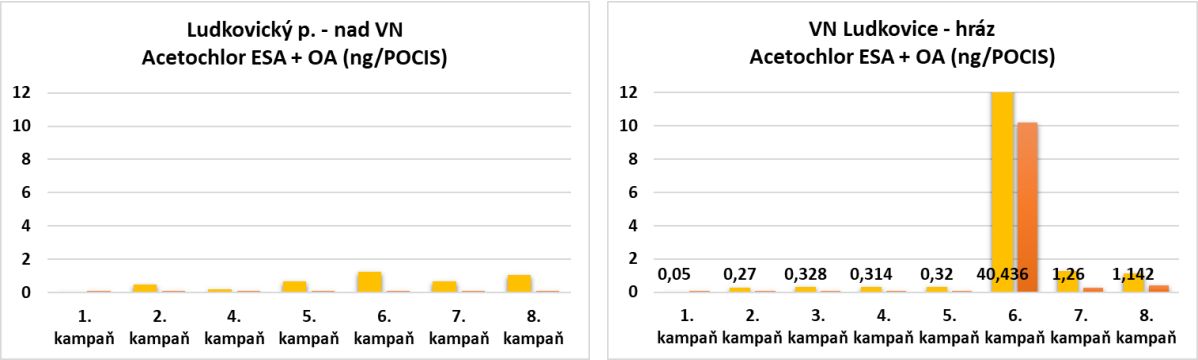


OBR. 112 KONCENTRACE 2,4-D V POVRCHOVÉ VODĚ NA PŘÍTOKU A VE VN LUDKOVICE V R. 2021

Acetochlor

Herbicid acetochlor byl v Evropské unii zakázán v roce 2012 z důvodu podezření na jeho karcinogenní účinky. Jeho metabolity ESA a OA se v životním prostředí nadále vyskytují a bylo to potvrzeno i v povodí VN Ludkovice. Obsahy v pasivních vzorkovačích v Ludkovickém potoce byly velice nízké. V 6. (zářiové) vzorkovací kampani došlo k jednorázovému výraznému zvýšení koncentrace obou metabolitů VN Ludkovice. (Obr. 113) V povrchové vodě byl

zaznamenán pouze jeden výsledek nad MS, a to acetochloru OA na konci 6 vzorkovací kampaně v Ludkovickém potoce.



OBR. 113 KONCENTRACE METABOLITŮ ACETOCHLORU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH NA PŘÍTOKU A VE VN LUDKOVICE V R. 2021

Alachlor

Aplikace rostlino-lékařských přípravků s obsahem alachloru jako účinné látky byla povolena do roku 2008. V pasivních vzorkovacích byl potvrzen pouze alachlor ESA v 6. vzorkovací kampani (15,9 ng/POCIS-hlb). V povrchové vodě byl zaznamenán také jen jednorázově na konci 6. vzorkovací kampaně v obou profilech, byl však identifikován alachlor OA (51 ng.l^{-1} v Ludkovickém potoce a 26 ng.l^{-1} ve VN Ludkovice).

Atrazin

V v Ludkovickém potoce byl zachycen pouze metabolit atrazin-2-hydroxy, a to v 2. až 5. vzorkovací kampani v koncentraci do 16,7 ng/POCIS. Ve VN Ludkovice u hráze byl potvrzen pouze v 2. květnové vzorkovací kampani v množství 18 ng/POCIS..

Bentazon

Bentazon nebyl v Ludkovickém potoce ani ve VN Ludkovice po celou dobu pasivního vzorkování nalezen (rovněž nenalezen v povrchové vodě).

Dimethachlor

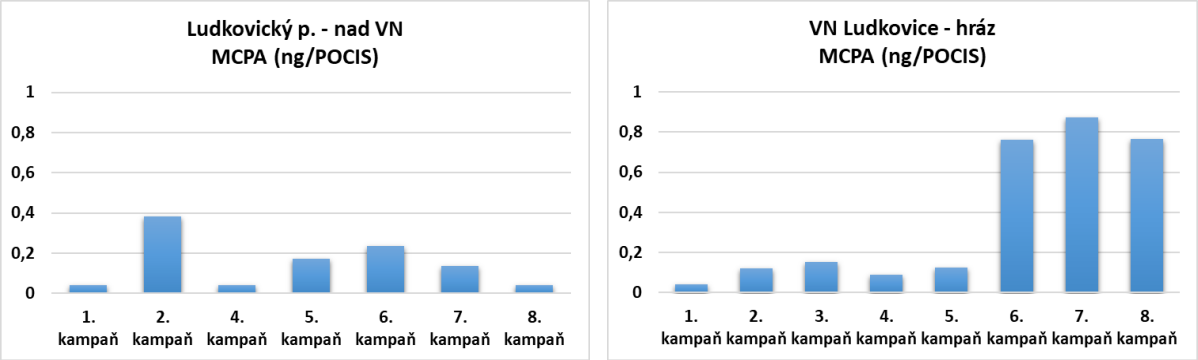
Dimethachlor ESA byl zaznamenán v pasivních vzorkovačích pouze v 6. vzorkovací kampani ve VN Ludkovice, a to v nízké koncentraci 3,4 ng.l^{-1}. Spotřeba dimethachloru ve zlínském okrese byla velice nízká (10 kg dle evidence ÚKZÚZ 2020).

Chlorotoluron

V povodí VN Ludkovice nebyl chlorotoluron pasivním vzorkováním zjištěn.

MCPA

Herbicid MCPA, jehož spotřeba ve zlínském okrese byla rovněž evidována, byl v pasivních vzorkovačích potvrzen ve velice malých koncentracích, které jsou nad mezí stnovitelnosti pouze díky použití velice citlivé analytické metody. Dynamika koncentrací ve VN Ludkovice je prakticky totožná s 2,4-D. (Obr. 114)



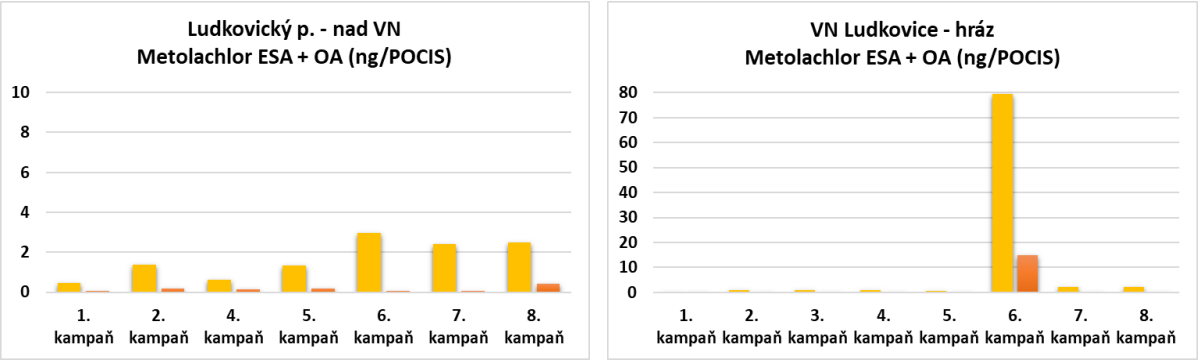
OBR. 114 KONCENTRACE MCPA V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH NA PŘÍTOKU A VE VN LUDKOVICE V R. 2021

Metazachlor

Metabolity metazachloru v pasivních vzorkovačích na přítoku do VN Ludkovice byly potvrzeny ve stopových koncentracích pod 1 ng/POCIS-hlb. V nádrži obdobně jako v předchozích případech byla zvýšena koncentrace těchto látek potvrzena pouze v 6. vzorkovací kampani (19,8 ng/POCIS metazachlor ESA a 7,9 ng/POCIS metazachlor OA). Vzorky povrchové vody byly bez pozitivního nálezu.

S-Metolachlor

Metolachlor byl dle evidence ÚKZÚZ ve zlínském okrese aplikován ve významném množství na kukuřici. V roce 2021 nebyla kukuřice v povodí Ludkovického potoka pěstována. V pasivních vzorkovačích byly potvrzeny jen nízké koncentrace metabolitů na přítoku do VN z aplikací v předchozích obdobích. Ve vlastní nádrži byly detekovány ve zvýšené koncentraci v 6. vzorkovací kampani (pozn.: měřítka grafů na Obr. 115 jsou rozdílná!).



OBR. 115 KONCENTRACE METABOLITŮ METOLACHLORU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH NA PŘÍTOKU A VE VN LUDKOVICE V R. 2021

Metabolity metolachloru byly zjištěny rovněž v bodových vzorcích povrchové vody na přítoku do nádrže i ve vlastní nádrži v koncentracích mírně nad mezí stanovitelnosti.

Pethoxamid

V povodí VN Ludkovice nebyl pethoxamid pasivním vzorkováním v roce 2021 potvrzen.

Spiroxamin

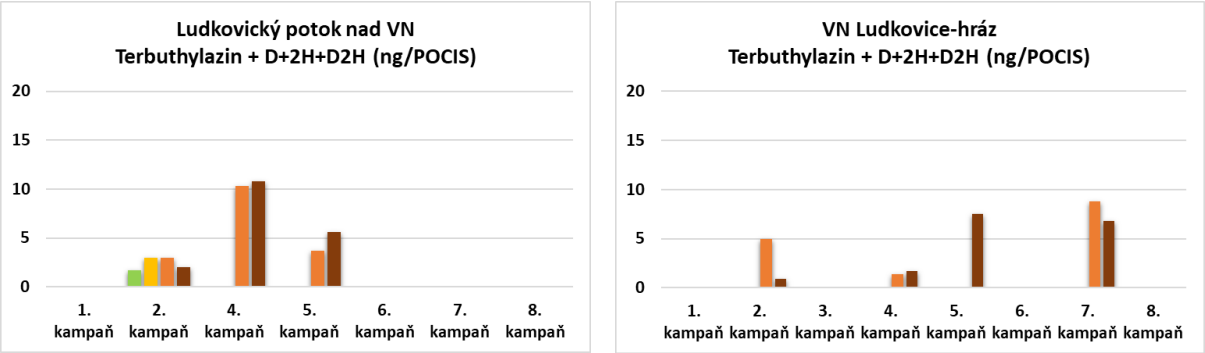
Rovněž v povodí VN Ludkovice nebyl spiroxamin pasivním vzorkováním potvrzen. Jeho spotřeba v okrese Zlín v roce 2021 činila pouhých 130 kg.

Tebukonazol

V povodí VN Ludkovice nebyl fungicid tebukonasol pasivními vzorkovači zachycen, ačkoliv spotřeba v okrese Zlín činila 473 kg a může být aplikován na řepku i obilniny. Příčinou nízkého záchytu tebukonasolu pasivními vzorkovači může být jeho velice nízká rozpustnost ve vodě, která činí pouhých 36 mg.l^{-1}.

Terbuthylazin

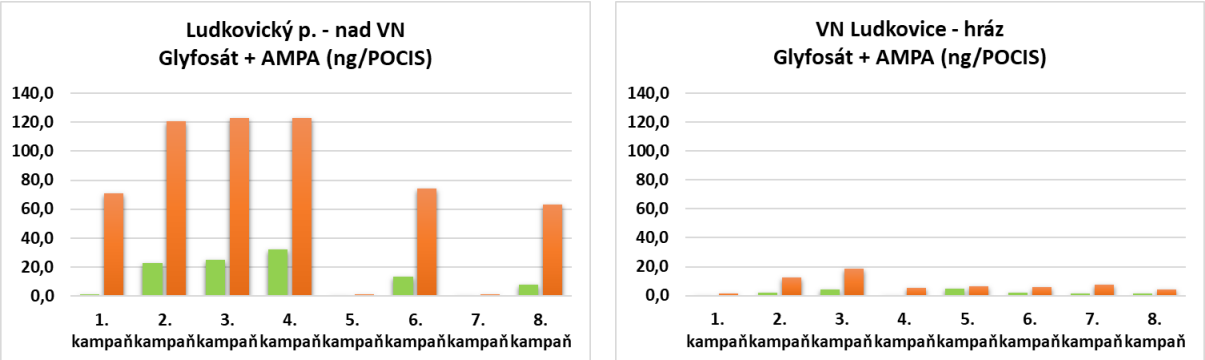
V Ludkovickém potoce a ve VN Ludkovice byl nalezen terbuthylazinu i jeho metabolity, ačkoliv kukuřice, na kterou bývá aplikován, nebyla v povodí v roce 2021 pěstována. Koncentrace mateřské sloučeniny a tří metabolitů terbuthylazin-desethyl, terbuthylazin-2-hydroxy a terbuthylazin-desethyl-2-hydroxy v Ludkovickém potoce byly nízké a omezily se pouze na 2. květnovou vzorkovací kampaň. Ve 4. a 5. vzorkovací kampani se v Ludkovickém potoce vyskytly pouze poslední dva jmenované metabolity těsně nad 10 ng/POCIS (Obr. 116). Ve VN Ludkovice se v malém množství vyskytly metabolity terbuthylazinu s maximem v 7. říjnové vzorkovací kampani.



OBR. 116 KONCENTRACE TERBUTHYLAZINU A JEHO METABOLITŮ V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH NA PŘÍTOKU A VE VN LUDKOVICE V R. 2021

Glyfosát

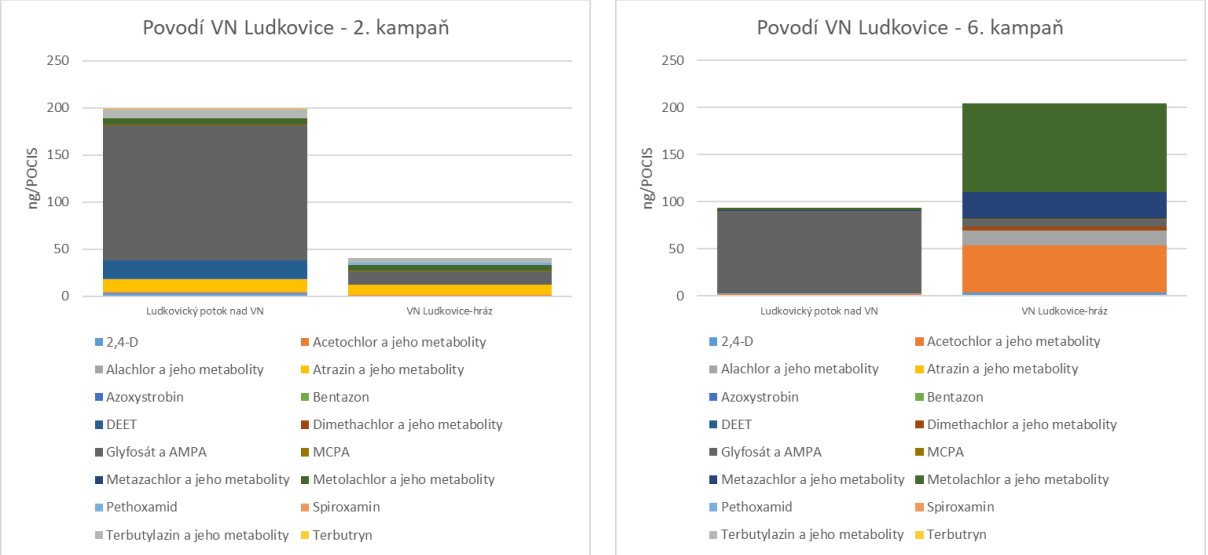
Specifickým herbicidem je glyfosát, jehož spotřeba je dlouhodobě v rámci celé ČR nejvyšší. Jedná se o silně polární látku, kterou lze technikami pasivního vzorkování zachytávat specifickým vzorkovačem POCIS-Glyphosate. Ten je rovněž schopen zachytit metabolit tohoto herbicidu – kyselinu aminomethyl-fosfonovou (AMPA). Glyfosát je snadno degradovatelnou látkou, což je patrné i z grafů na Obr. 117, kde je většinou v pasivních vzorkovačích zastoupen metabolit AMPA. Ta se patrně rozkládá na další látky, protože v nádrži již obsahy glyfosátu a AMPA byly nízké. Obsahy metabolitu AMPA v Ludkovickém potoce byly vysoké. Mohou souviset rovněž s průběžným použitím během roku v zahradách.



OBR. 117 KONCENTRACE GLYFOSÁTU A METABOLITU AMPA V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH NA PŘÍTOKU A VE VN LUDKOVICE V R. 2021

Celkové zatížení pesticidy v povodí VN Ludkovice

Rozdílnou skladbu účinných látek rostlino-lékařských přípravků na vtoku Ludkovického potoka do VN Ludkovice a v nádrži u hráze v 2. a 6. vzorkovací kampani ukazuje Obr. 118. Na vtoku převažuje glyfosát s metabolitem AMPA (jsou uvedeny v součtu), v 6. kampani s anomální dynamikou v nádrži (oproti ostatním kampaním) byly nejvíce zastoupeny metabolity metolachloru a acetochloru.



OBR. 118 KONCENTRACE PESTICIDŮ V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN LUDKOVICE V 2. A 6. VZORKOVACÍ KAMPANI V R. 2021

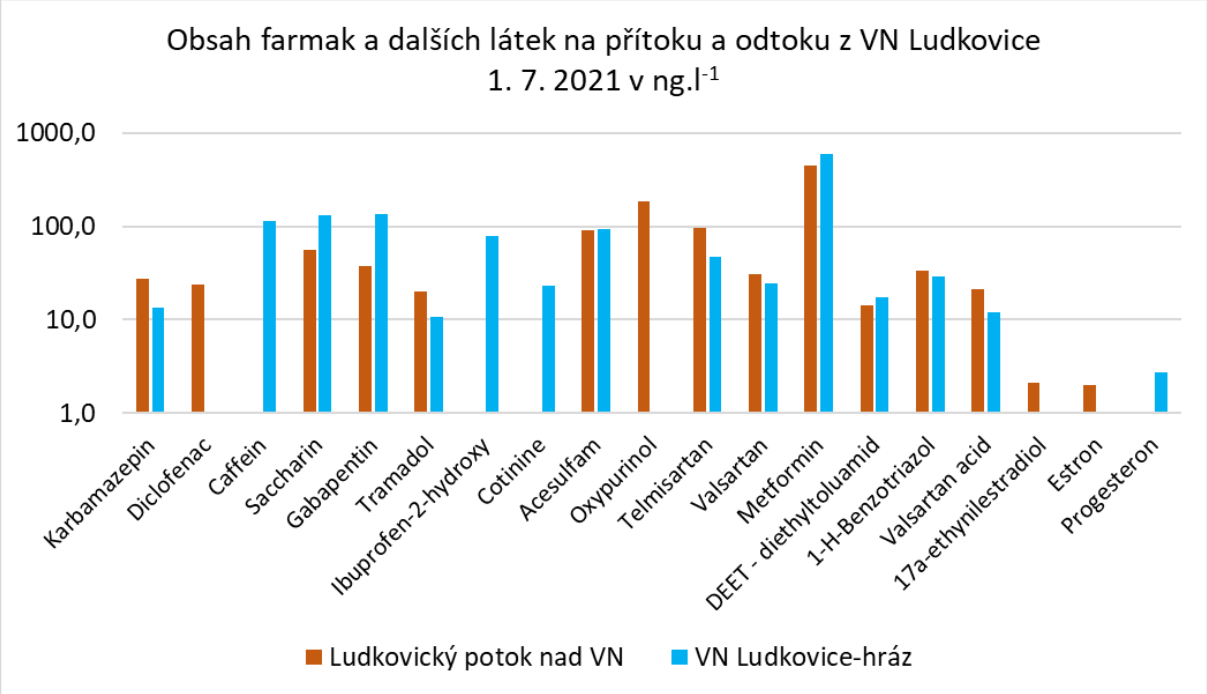
Výsledky analýz povrchových vod – farmaka

V roce 2021 byly v létě a na podzim odebrány vzorky povrchové vody v Ludkovickém potoce a ve VN Ludkovice-hráz pro screening farmak, hormonů a některých dalších látek (řešeno subdodávkou). Z celkem 125 analyzovaných látek bylo na přítoku do VN potvrzeno celkem 15 látek (první odběr 1. 7.) a 23 látek (druhý odběr 4. 11.). Ve vodárenské nádrži u hráze bylo potvrzeno 15 látek nad mezí stanovitelnosti (shodně v prvním i druhém odběru). Výsledky jsou zpracovány graficky na Obr. 119 a 120.

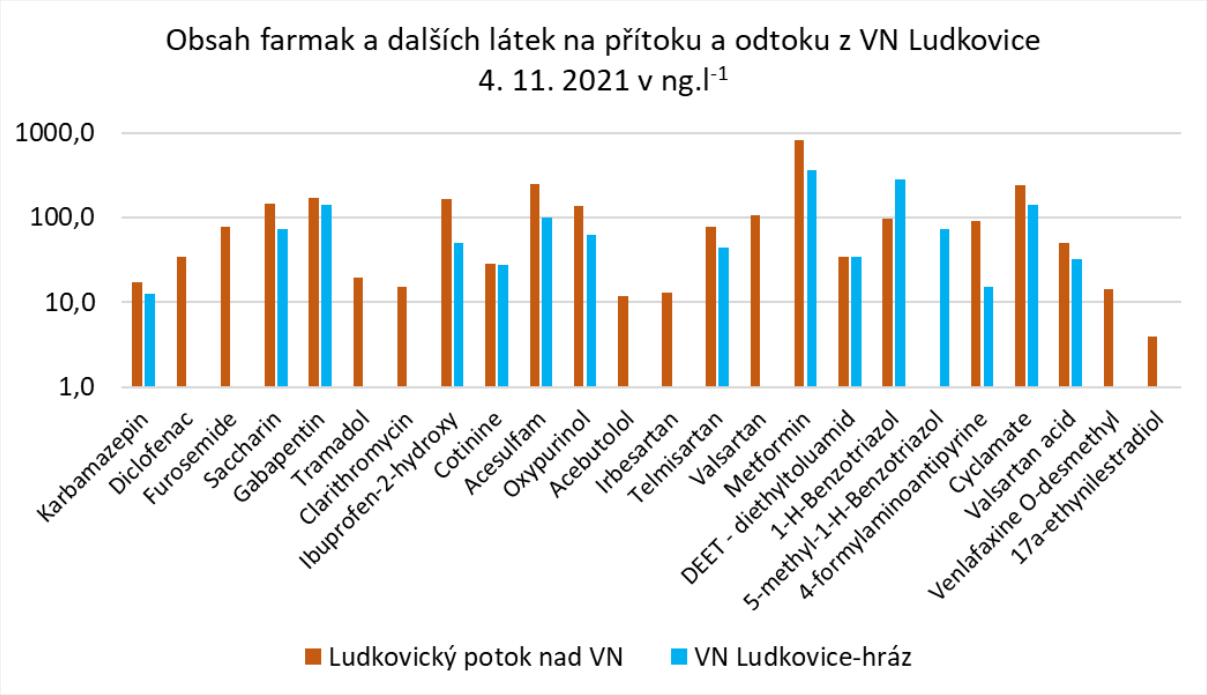
Nejvyšší koncentrace (100 ng.l^{-1}) byly potvrzeny pro:

1. Kofein – alkaloid, přirozený pesticid, stimulant, součást nápojů, (ve VN 115 ng.l^{-1}).
2. Sacharin – umělé náhradní sladidlo, (nátok do VN 56 a 146 ng.l^{-1}), (ve VN 72 a 131 ng.l^{-1}).
3. Gabapentin – antiepileptikum a analgetikum pro periferní neuropatické bolesti, (nátok do VN 38 a 171 ng.l^{-1}). Potvrzen i ve VN (136 a 143 ng.l^{-1}).
4. Ibuprofen-2-hydroxy – metabolit ibuprofenu, užívaný jako analgetikum a proti zánětům (nátok do VN 165 ng.l^{-1}, ve VN 50 ng.l^{-1}).
5. Oxypurinol – snižuje produkci kyseliny močové, (nátok do VN 188 a 138 ng.l^{-1}). Potvrzen i ve VN (63 ng.l^{-1}).
6. Metformin – antidiabetikum, (nátok do VN 447 a 826 ng.l^{-1}). Potvrzen i ve VN (596 a 363 ng.l^{-1}).
7. 1-H-Benzotriazol – inhibitor koroze, obsažen v nemrznoucích a hydraulických kapalinách, (nátok do VN 34 a 96 ng.l^{-1}). Potvrzen i ve VN (284 ng.l^{-1}). Obdobnou látkou je 5-methyl-1H-benzotriazol, (ve VN 74 ng.l^{-1}).

8. Cyklamát – umělé náhradní sladidlo (nátok do VN 240 ng.l^{-1}). Potvrzen i ve VN (141 ng.l^{-1}).



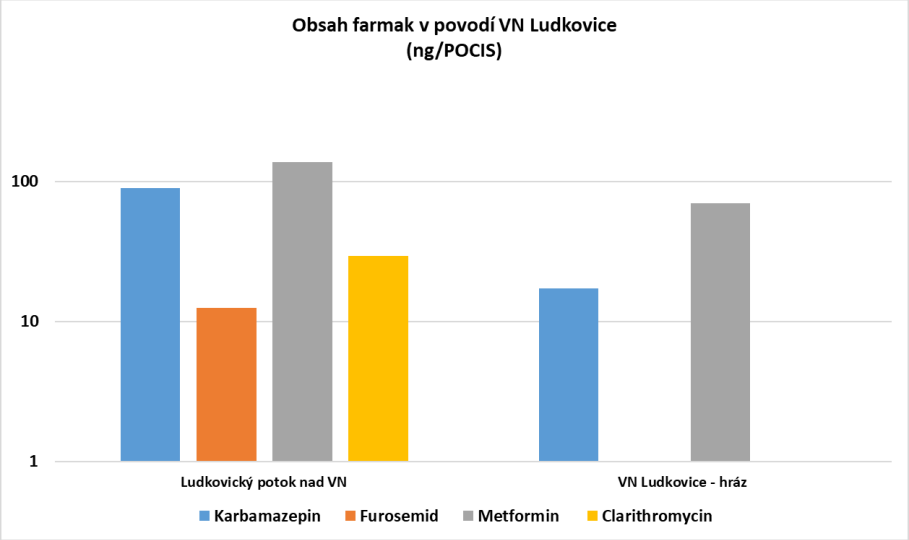
OBR. 119 KONCENTRACE FARMAK A DALŠÍCH LÁTEK V PŘÍTOKU A VE VN LUDKOVICE 1. 7. 2021



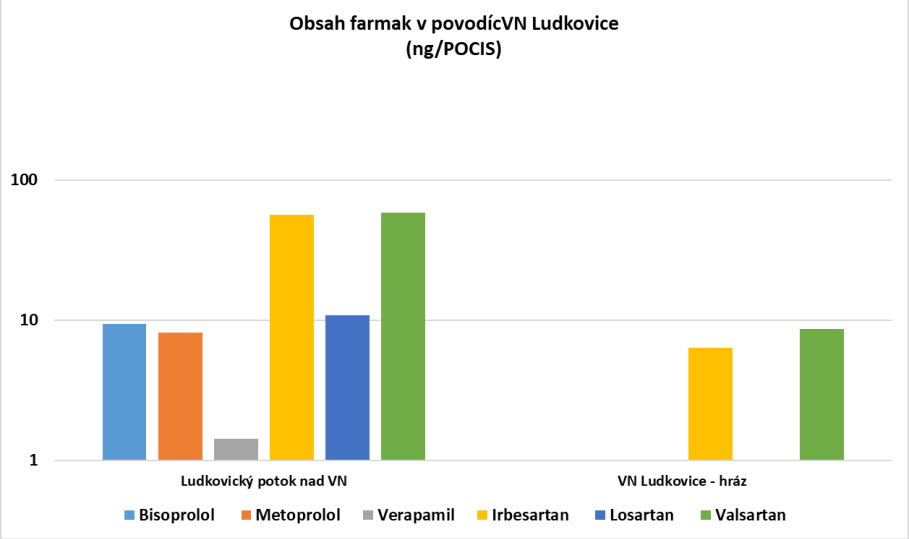
OBR. 120 KONCENTRACE FARMAK A DALŠÍCH LÁTEK V PŘÍTOKU A VE VN LUDKOVICE 4. 11. 2021

Farmaka byla sledována také pomocí pasivních vzorkovačů POCIS-hlb. V následujících grafem jsou znázorněny maximální naměřené koncentrace ze všech vzorkovacích kampaní (rok 2021). Z 29 farmak bylo v Ludkovickém potoce nalezeno 10 léčivých přípravků. Nejvíce byl zastoupen karbamazepin a metformin (Obr. 121). Dále to byly léky na vysoký krevní tlak

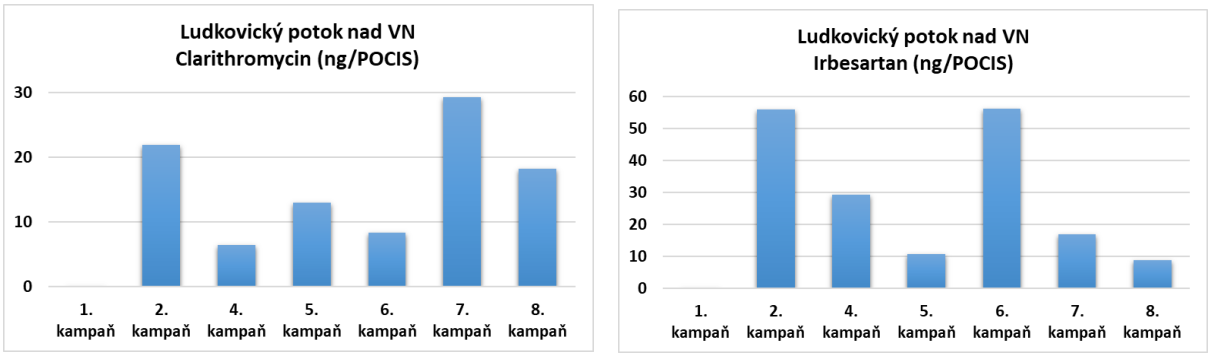
irbesartan a valsartan. Tyto čtyři léčiva byla v menším množství potvrzena rovněž ve VN Ludkovice u hráze. (Obr. 122) Ukázka dynamiky koncentrací vybraných léčiv je na Obr. 123.



OBR. 121 KONCENTRACE VYBRANÝCH FARMAK V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN LUDKOVICE V R. 2021



OBR. 122 KONCENTRACE VYBRANÝCH FARMAK V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN LUDKOVICE V R. 2021

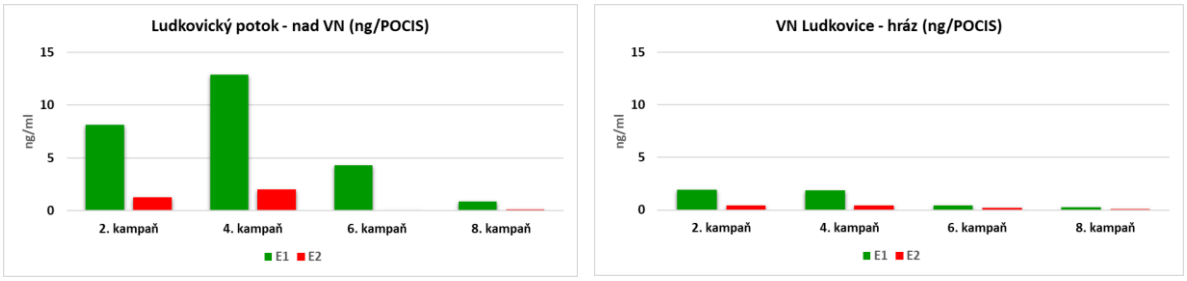


OBR. 123 KONCENTRACE KLARITHROMYCINU A IRBESARTANU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V LUDKOVICKÉM POTOCE V R. 2021

Výsledky analýz extraktů pasivních vzorkovačů – endokrinní látky

Endokrinní látky byly vzorkovány na speciální komerčně dostupný produkt vyvinutý fy Affinisep POCIS-EDs v každé sudé vzorkovací kampani (květen, červenec, září, listopad). Byly aplikovány pouze na hlavním přítoku do VN a na odtoku z VN. Analyzovány byly hormony: estron (E1), 17β-estradiol (E2) a 17α-ethynyl estradiol (EE2). Mez stanovitelnosti činila 0,1 ng/POCIS, v případě EE2 0,18 a 0,5 ng/POCIS.

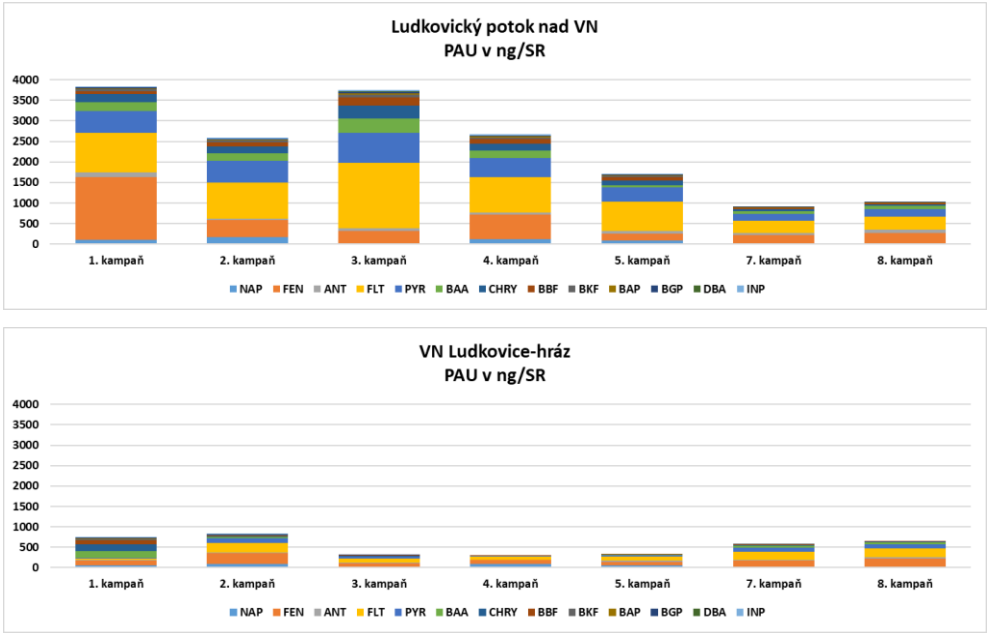
EE2 nebyl potvrzen. V Ludkovickém potoce byly potvrzeny endokrinní látky ve vyšších koncentracích, především estronu (E1), v květnové a červencové vzorkovací kampani. To spolu s nálezem ostatních farmak svědčí o významné zátěži splaškovými odpadními vodami, a to přesto, že odpadní vody z ČOV Provodov jsou převáděny do jiného povodí. Zdrojem znečištění tak bude rozptýlená zástavba nenapojená na kanalizaci. Ve VN Ludkovice dochází k naředění tohoto znečištění.



OBR. 124 KONCENTRACE ENDOKRINNÍCH LÁTEK V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN OPATOVICE V R. 2021

Výsledky analýz extraktů z pasivních vzorkovačů – PAU

Nepolární organické látky vč. polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) byly sorbovány na silikonové membrány. Doba jejich expozice ve vodě byla shodná se vzorkovači POCIS. Zátěž povrchových vod PAU Ludkovickým potokem byla vysoká, srovnatelná s Bílým potokem pod Poličkou v povodí VN Vír I. Poměr mezi koncentrací fluoranthenu a pyrenu se pohyboval v rozmezí hodnot 2,1 až 3,0, což ukazuje na původ ze spalovacích procesů. Nejvyšší koncentrace ΣPAU se vyskytovaly v jarních a brzkých letních měsících, bez výrazného nárůstu po začátku topné sezóny na podzim. (Obr. 125)

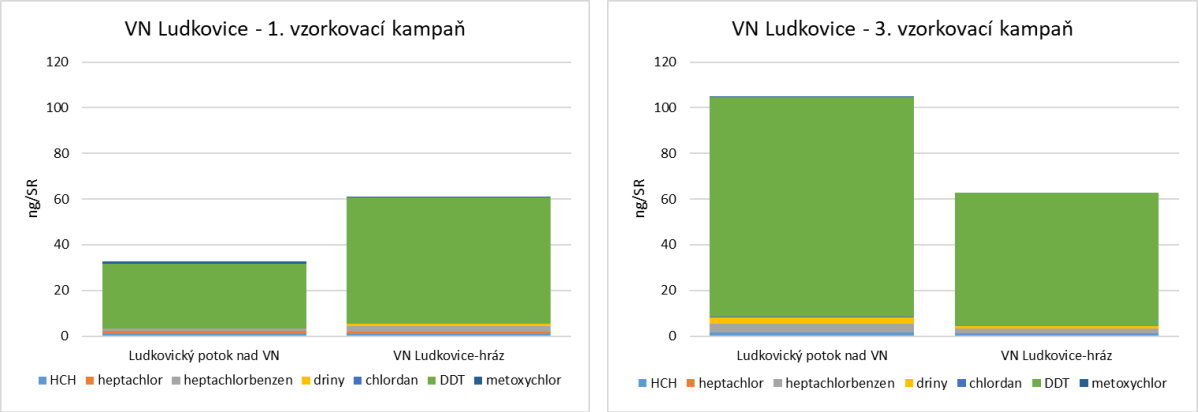


OBR. 125 KONCENTRACE PAU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH NA PŘÍTOKU A ODTOKU Z VN OPATOVICE V R. 2021

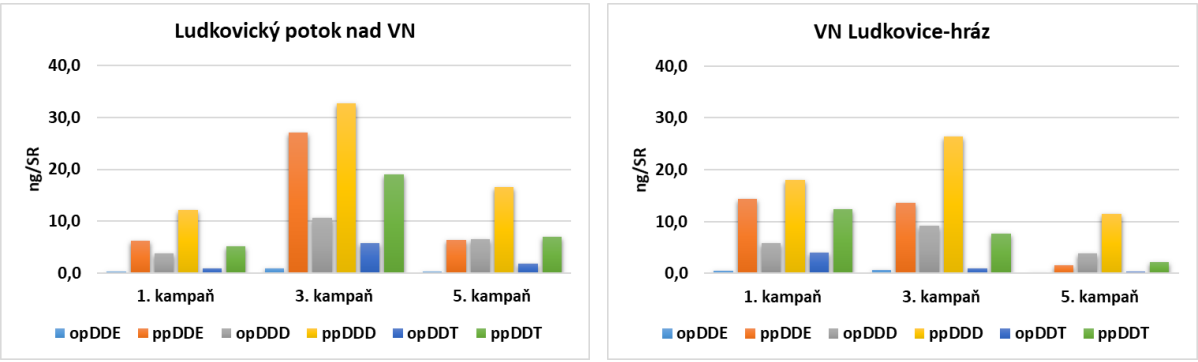
Výsledky analýz extraktů z pasivních vzorkovačů – PCB + OCP

Organochlorové pesticidy (OCP) a vybrané kongenery polychlorovaných bifenylů (PCB) byly vzorkovány na silikonové membrány (SR) s dobou expozice shodnou jako u vzorkovačů POCIS. Přestože se tyto látky již mnoho desetiletí nesmí používat, vzhledem ke své perzistenci se v prostředí stále vyskytují a dostávají do povrchových vod.

Rovněž v povodí Ludkovického potoka z OCP převládaly v SR membránách izomery DDT (Obr. 124). Zátěž Ludkovického potoka OCP byla nejvyšší v 3. červnové vzorkovací kampani, v 1. dubnové vzorkovací kampani byla nejnižší. Izomery p,p´-DDD a p,p´-DDE převažovaly nad p,p´-DDT, ačkoliv zjištěné koncentrace p,p´-DDT (původní účinné látky) v SR membránách v Ludkovickém potoce byly z vodárenských nádrží řešených v roce 2021 nejvyšší (Obr. 127 viz 3. vzorkovací kampaň).



OBR. 126 KONCENTRACE OCP V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN LUDKOVICE V R. 2021



OBR. 127 KONCENTRACE IZOMERŮ DDT V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN LUDKOVICE V R. 2021

Koncentrace dieldrinu v Ludkovickém potoce činila v SR membránách 2,3 ng/SR, ve vlastní nádrži byla o ½ nižší.

Z izomerů HCH byl v Ludkovickém potoce nejvíce zastoupen lindan (γ-HCH) do 1 ng/SR. Ve vodárenské nádrži byla jeho koncentrace mírně nižší a stabilní 0,7 až 0,8 ng/SR.

Z PCB byly v povodí VN Ludkovice zjištěny kongenery PCB28 a PCB153 v nízkých koncentracích.

Ověřované bodové zdroje

V povodí Ludkovického potoka nebyly ověřovány žádné bodové zdroje znečištění. Odpadní vody z obce Provodov jsou převáděny mimo povodí Ludkovického potoka.

2.8 Vodárenská nádrž Hubenov – provedené činnosti a výsledky

Vodárenská nádrž Hubenov na Maršovském potoce patří mezi díla, která byla postavena ve druhé polovině minulého století k zajištění dostatku vody pro Jihlavsko. Účelem je prioritně akumulace vody k zajištění vodárenského odběru pro úpravnu vody Hosov a tím i zásobování krajského města Jihlavy. Celkový objem nádrže činí 3,385 mil. m^3 [14]. Nejvýznamnějším přítokem je Maršovský potok. Ten nemá v sušších letech tolik vody, aby pokryl poměrně značnou potřebu krajského města Jihlavy i dalších oblastí. Pro zlepšení zásobování pitnou vodou je proto využíván Jedlovský přivaděč na stejnojmenném potoce, který je zaústěn do vodárenské nádrže v blízkosti ústí Maršovského potoka. Další Jiřínský přivaděč, který ústí do Maršovského potoka těsně nad obcí Ježená, byl v roce 2022 kvůli jeho rekonstrukci odstaven (bez průtoku). Plocha povodí vodárenské nádrže a jejich přítoků činí 19,93 km^2.

Pasivní monitoring přítoků do VN byl zahájen 11. 4. 2022 první vzorkovací kampaní. Poslední 8. vzorkovací kampaň byla ukončena 8. 12. 2022. Expozice pasivních vzorkovačů činila 29 až 33 dní. Přehled vzorkovacích kampaní včetně druhů aplikovaných membrán pasivních vzorkovačů je uveden v následující Tabulce 22.

TABULKA 22 PŘEHLED VZORKOVACÍCH KAMPANÍ A DRUHŮ INSTALOVANÝCH MEMBRÁN

Kampaň	Expozice	Instalace	Deinstalace	Druhy aplikovaných membrán			
				SR	POCIS-hlb	POCIS-Gly	POCIS-EDC
1/22	dubnová	11. 4. 2022	11. 5. 2022	X	X	X	
2/22	květnová	11. 5. 2022	9. 6. 2022	X	X	X	X
3/22	červnová	9. 6. 2022	11. 7. 2022	X	X	X	
4/22	červencová	11. 7. 2022	10. 8. 2022	X	X	X	X
5/22	srpnová	10. 8. 2022	9. 9. 2022	X	X	X	
6/22	zářijová	9. 9. 2022	10. 10. 2022	X	X	X	X
7/22	říjnová	10. 10. 2022	10. 11. 2022	X	X	X	
8/22	listopadová	10. 11. 2022	8. 12. 2022	X	X	X	X

Přehled lokalit pasivního vzorkování je uveden v Tabulce 23. Říční kilometráž přítoků je počítána od středu VN.

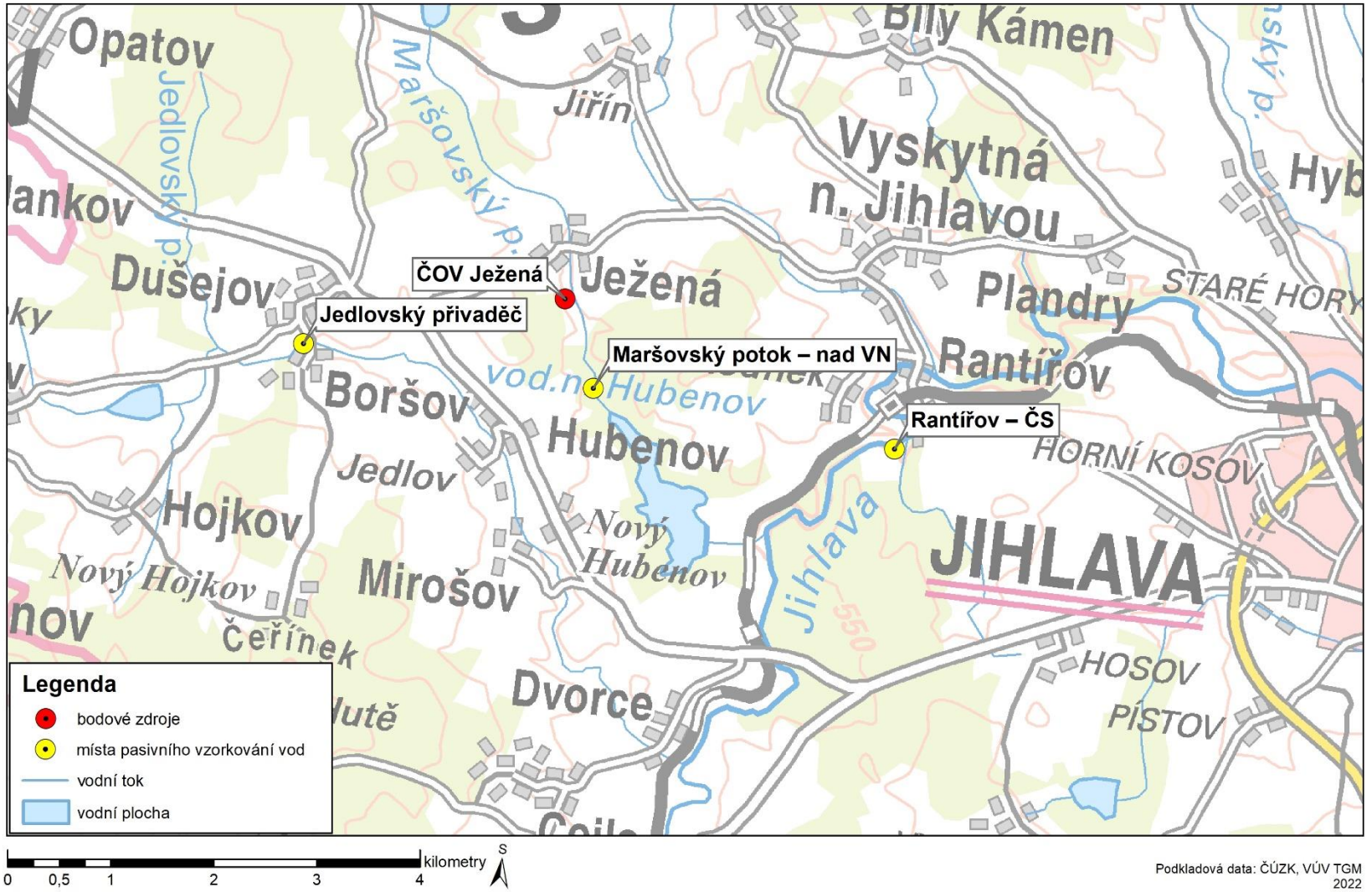
TABULKA 23 LOKALIZACE PROFILŮ PRO PASIVNÍ VZORKOVÁNÍ V POVODÍ VN HUBENOV

P. č.	Název profilu	VN	ř. km	OPVZ	Souřadnice WGS84
1	Maršovský potok – nad VN	Hubenov	2,9	I	N 49°24.25935', E 15°28.34990'
2	Jedlovský přivaděč	Hubenov	6,85-	II	N 49°24.30627', E 15°25.99627'
3	Rantířov – ČS	Hubenov	-	-	N 49°24.13652', E 15°30.80895'

Z bodových zdrojů znečištění byla vzorkována ČOV Ježená v OPVZ II (N 49°24.70638', E 15°28.03673'), která se nachází 0,9 km nad profilem Maršovský potok – nad VN Hubenov.

Vzorkovací místa jsou pomocí SW ArcMap 10.8.1 zakreslena v mapě na Obr. 128.

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – vzorkovací a odběrová místa



OBR. 128 MÍSTA PASIVNÍHO VZORKOVÁNÍ A ODBĚRU ODPADNÍCH VOD V POVODÍ VN HUBENOV

OBR. 129 VODÁRENSKÁ NÁDRŽ HUBENOV

Maršovský potok (Obr. 130) o délce 10,7 km je hlavním přítokem do VN Hubenov. Pramení v severní části malé obce Šimanov (224 obyv.) v severozápadní části Českomoravské vrchoviny. V horní části povodí se nachází ještě obec Zbilidy (229 obyv.). Nad vodárenskou nádrží se rozprostírá obec Ježená (118 obyv.), ve které byla vybudována kanalizace zakončená čistírnou odpadních vod. Mezi 7. a 8. ř. km se na toku nachází Maršovský rybník. Povodí Maršovského potoka je z cca 30 % plochy zalesněno, zbývající plocha se dělí téměř rovným dílem mezi louky a zemědělsky obdělávanou půdu. V roce 2021 došlo nad VN k významné těžbě lesních porostů zasažených kůrovcem. Profil pasivního vzorkování byl zvolen cca 100 m pod liminigrafickou stanicí.

OBR. 130 MARŠOVSKÝ POTOK (V POZADÍ LIMNIGRAFICKÁ STANICE)

Téměř tři kilometry dlouhý Jedlovský přivaděč převádí vodu z Jedlovského potoka od obce Boršov přímo do vodárenské nádrže Hubenov. Zhoršený stav a netěsnosti na betonovém potrubí vedly nejen ke ztrátám vody, ale mohly způsobit i kontaminaci převáděné vody. Netěsnost pod obcí Dušejov vedla ke kontaminaci látkami na ochranu rostlin. Povodí Moravy, s.p. proto v roce 2020 provedlo rekonstrukci přivaděče [15].

Původně bylo vzorkovací místo vybráno v místě ústí Jedlovského přivaděče do VN Hubenov. Počátkem roku 2022 se v těchto místech přehnala větrná smršť, která vyvrátila a poškodila většinu lesního porostu v tomto místě (Obr. 131 vlevo). Proto bylo s hrázným VN Hubenov

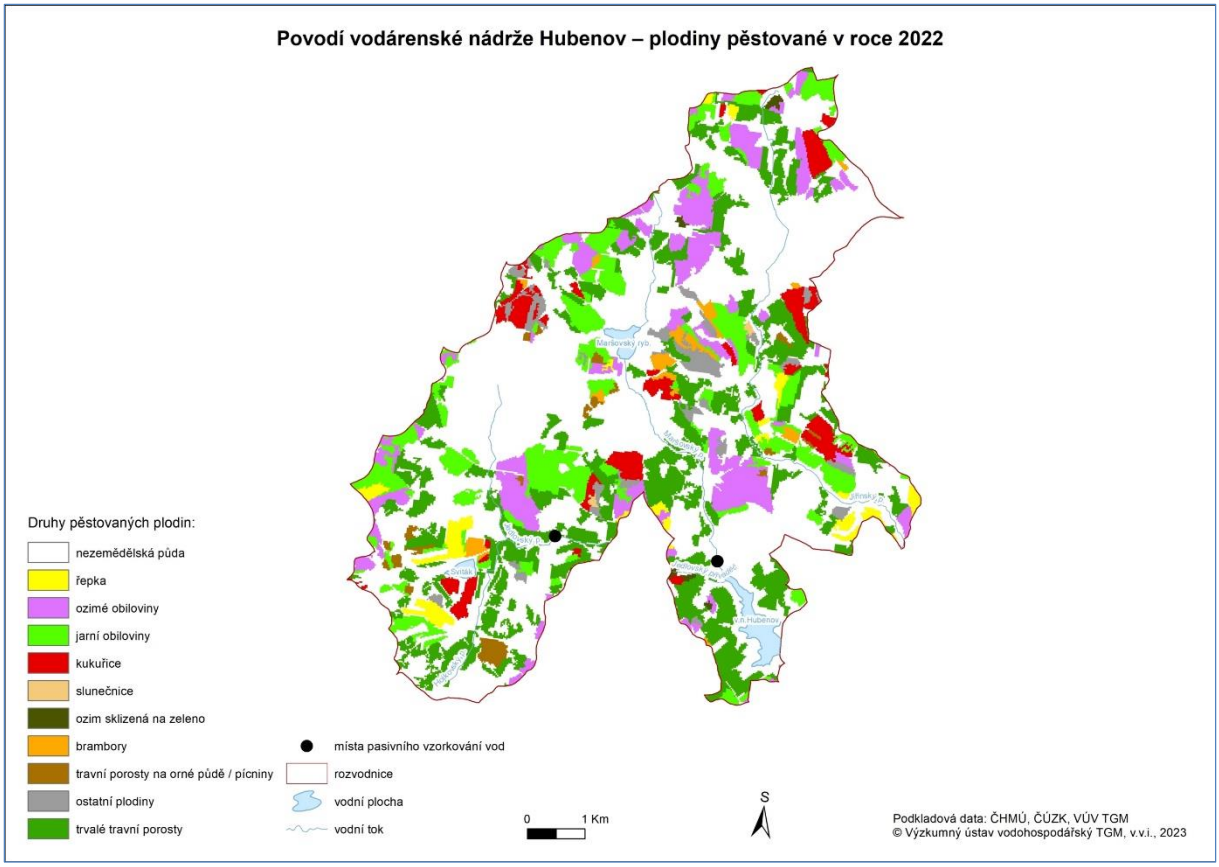
dojednáno vzorkovací místo přímo na počátku Jedlovského přivaděče mezi obcemi Dušejov a Boršov v šachtici vstupního objektu před hrubými česlemi (Obr. 131 vpravo).

Jedlovský přivaděč pramení v Panském lese nad obcí Dušejov a k místu Jedlovského přivaděče má délku 3,5 km. Druhá polovina povodí nad přivaděčem je tvořena Hojkovským potokem (pravostranný přítok), na kterém leží obce Milíčov (137 obyv.) a Hojkov (149 obyv.). Pramenná oblast Hojkovského potoka je NPP Hojkovské rašeliniště o rozloze 5 ha. Většinu povodí tvoří zemědělsky obhospodařované plochy a louky, lesní porosty jsou zastoupeny z cca 30 %.

OBR. 131 JEDLOVSKÝ PŘIVADĚČ - ÚSTÍ PO VĚTRNÉ SMRŠTI (VLEVO) A POČÁTEK JEDLOVSKÉHO PŘIVADĚČE (VPRAVO)

Vzhledem k tomu, že v ÚV Hosov je smíchána surová voda z VN Hubenov s vodou z úpravny vody Nová Říše a posílení je možné v období sucha z kaskády rybníků nad Jihlavou, byla pro pasivní vzorkování zvolena jímka čerpací stanice surové vody z VN Hubenov v obci Rantířov (Obr. 132), odkud je voda vytlačována čerpadlem do ÚV Hosov.

OBR. 132 ČERPACÍ STANICE RANTÍŘOV – NOVÉ ZAKRYTÍ JÍMKY SUROVÉ VODY



OBR. 133 DRUHY PĚSTOVANÝCH PLODIN V POVODÍ VN HUBENOV V ROCE 2022 (ZDROJ: ČHMÚ)

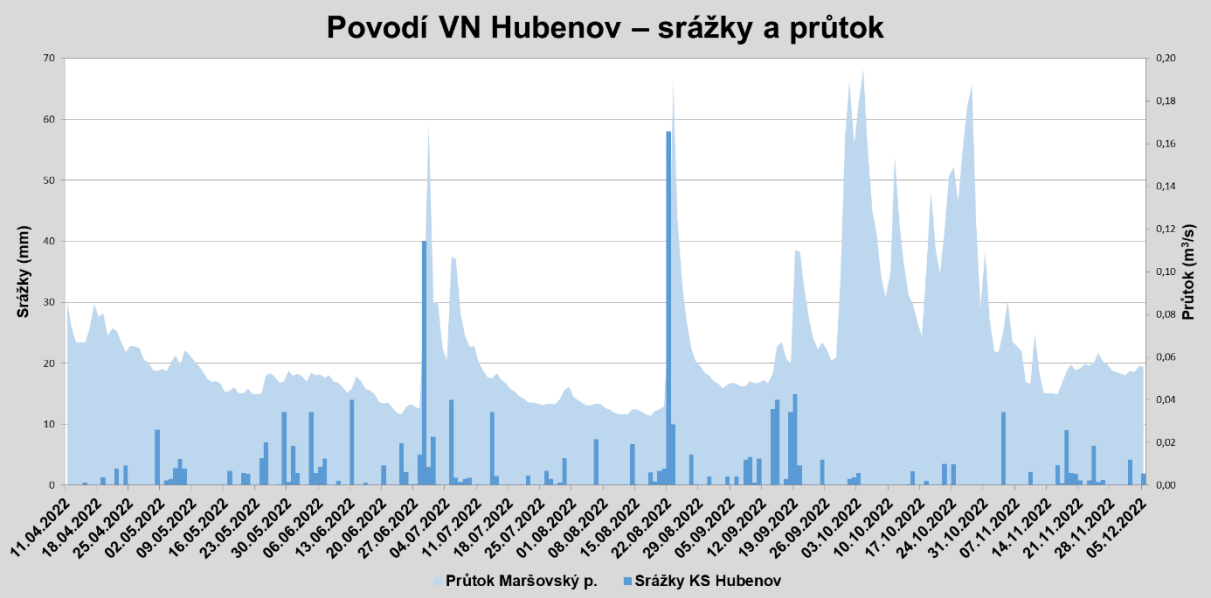
Informace o druhu pěstovaných plodin a rozloze v zájmových povodích vznikla klasifikací multitemporálních snímků dálkového průzkumu Země (DPZ). Jejich zastoupení v povodí VN Hubenov dokumentuje Tabulka 24 a Obr. 133. V pravé části obrázku je znázorněn druh pěstovaných plodin i v povodí Jiřinského potoka, kterým VN Hubenov nebyla v roce 2022 ovlivněna z důvodu opravy Jiřinského přivaděče. Převažuje nezemědělské využití a trvalé travní porosty. Z plodin jsou nejvíce zastoupeny obiloviny a kukuřice, méně pak řepka a brambory. Intenzívní zemědělská činnost probíhá prakticky v celém povodí VN Hubenov.

TABULKA 24 ZASTOUPENÍ PĚSTOVANÝCH PLODIN V POVODÍ VN HUBENOV V ROCE 2022 DLE DPZ

Způsob využití území	[m^2]	[%]	Způsob využití území	[m^2]	[%]
nezemědělská plocha	30528125	52,7	ozim sklizená na zeleno	123125	0,2
řepka	1123125	1,9	brambory	630625	1,1
ozimé obiloviny	4807500	8,3	travní porosty na orné pudě/pícniny	581250	1,0
jarní obiloviny	5833750	10,1	ostatní plochy	1293750	2,2
kukuřice	2203750	3,8	trvalé travní porosty	10728750	18,5
slunečnice	50625	0,1			

Záznam hydrologických a klimatologických dat

Po celou dobu pasivního vzorkování byla zaznamenávána hydrologická data v hodinovém kroku od 11. 4. 2022 do 5. 12. 2022 z limnigrafické stanice Maršovský potok nad VN [16]. Ve stejném období byly v denním kroku zaznamenávány srážkové úhrny ze stanice KS Hubenov [17]. Data o průtoku a srážkách byla zpracována do grafu na Obr. 134.



OBR. 134 SRÁŽKY Z KS HUBENOV A PRŮTOK V MARŠOVSKÉM P. V OBDOBÍ 11. 4. AŽ 5. 12. 2022

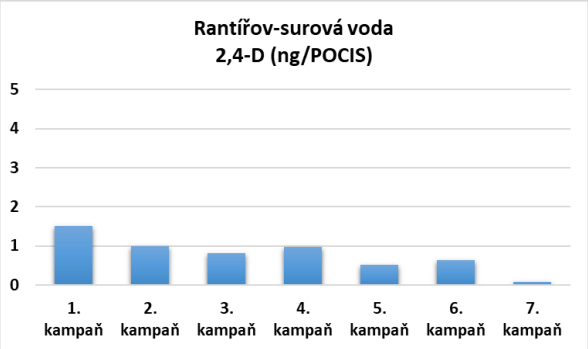
Průtok v Maršovském potoce vykazoval během dubna a května sestupný trend. První významná srážko-odtoková událost nastala 29. až 30. 6. (45 mm srážek), která vlivem další srážky 5. 7. (14 mm) a vysoké nasycenosti půdních vrstev vodou dobíhala během celé první červencové dekády. Druhá (a poslední) významná srážko-odtoková událost nastala 22. až 23. 8., kdy bylo zaznamenáno 68 mm srážek s maximálním průměrným denním průtokem 0,19 $m^3.s^{-1}$, (hodinové maximum 23. 8. činilo 0,228 $m^3.s^{-1}$). Vysoké průtoky v Maršovském potoce prakticky během celého měsíce října nemají vazbu na srážky a souvisí s manipulací průtoku na Maršovském rybníku (ověřen výlov rybníka u společnosti Kinský Žďár nad Sázavou, a.s.).

Výsledky analýz extraktů z pasivních vzorkovačů a povrchových vod – pesticidy

Jsou prezentovány výsledky z 8 vzorkovacích kampaní, které na sebe navzájem navazovaly. Na hlavním přítoku do VN Hubenov a na čerpací stanici surové vody Rantířov byly během každé kampaně odebírány bodové vzorky povrchové vody. Graficky jsou ve zprávě prezentovány nejvýznamnější výsledky.

2,4-D

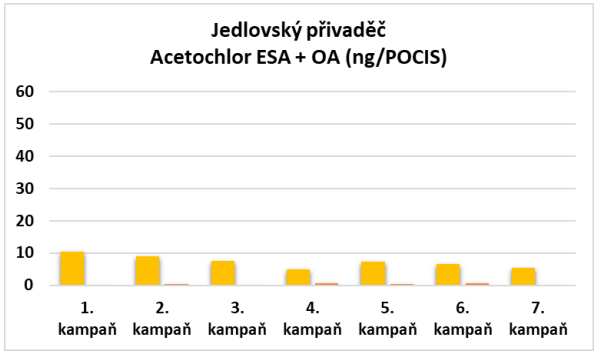
Chlororganický selektivní herbicid kyselina dichlorfenoxyoctová (2,4-D), který je aplikován na obiloviny, se v povodí VN Hubenov prakticky nevyskytoval. V povrchové vodě byl potvrzen jen ojediněle v nízkých koncentracích jednotek $ng.l^{-1}$. Přitom spotřeba této účinné látky činila 523 kg/rok 2021 a 330 kg/rok 2020 (okres Jihlava). Určitá dynamika koncentrace byla patrná pouze v surové vodě s maximální koncentrací v dubnové kampani s následným sestupným trendem v dalších měsících (Obr. 135).

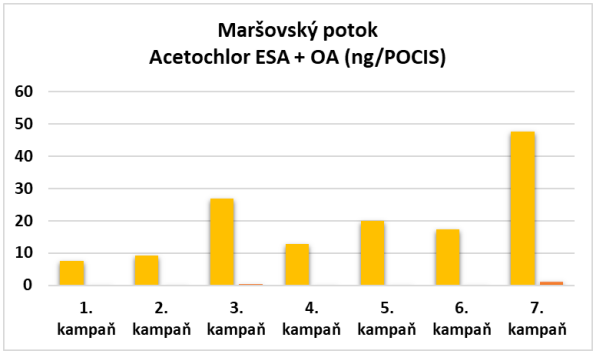


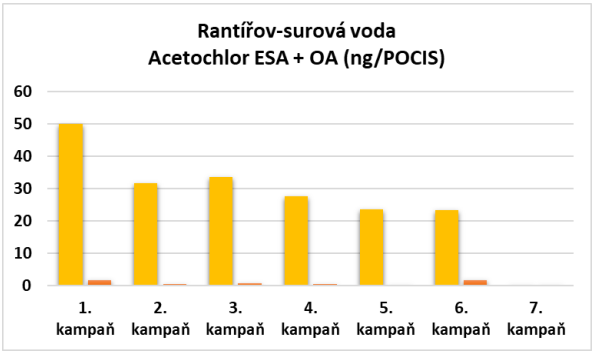
OBR. 135 KONCENTRACE 2,4-D V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V SUROVÉ VODĚ (RANTÍŘOV) V R. 2022

Acetochlor

Herbicid acetochlor byl v Evropské unii zakázán v roce 2012 z důvodu podezření na jeho karcinogenní účinky. Jeho metabolity ESA a OA se v životním prostředí ale nadále vyskytují. Ve vysokém množství byl potvrzen metabolit Acetochlor ESA v Maršovském potoce. (Obr. 136). Mírná dynamika koncentrace měla vazbu na dvě významné srážko-odtokové události v 3. a 5. vzorkovací kampani (červen, srpen). Nejvyšší obsah v pasivním vzorkovači byl ale zaznamenán v 7. říjnové vzorkovací kampani, příčinou je patrně vypouštění Maršovského rybníka. Dynamika koncentrací v surové vodě je opačná: nejvyšší zátěž se potvrdila v prvních vzorkovacích kampaních s postupným sestupným trendem koncentrace. Může to souviset s „nabohacením“ z předchozích podzimních měsíců nebo s procesy jarní cirkulace mezi vodními vrstvami v nádrži. V Jedlovském potoce resp. přivaděči byla koncentrace metabolitu ESA nízká a prakticky konstantní.

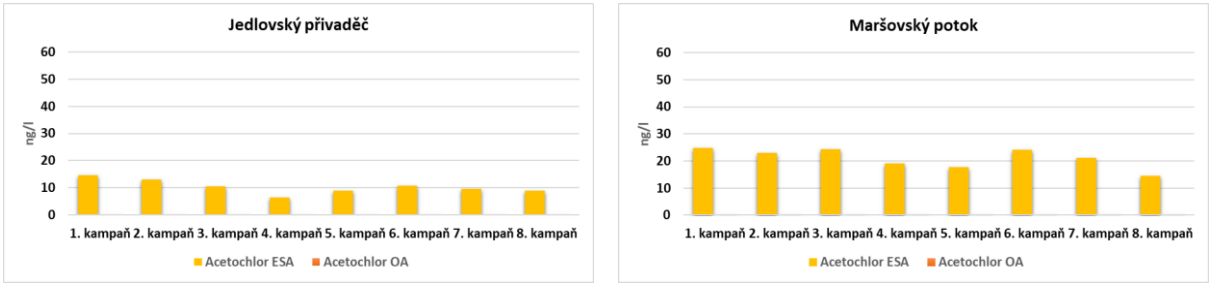






OBR. 136 KONCENTRACE ACETOCHLORU ESA A OA V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

Tato konstantní dotace metabolitů acetochloru při stejných průtokových podmínkách byla potvrzena i z výsledků bodových vzorků povrchové vody (Obr. 137). To potvrzuje neustálou dotaci do povrchových vod z kontaminované podzemní vody vlivem aplikace mateřské látky v minulosti.



OBR. 137 KONCENTRACE ACETOCHLORU ESA A OA V POVRCHOVÉ VODĚ V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

Alachlor

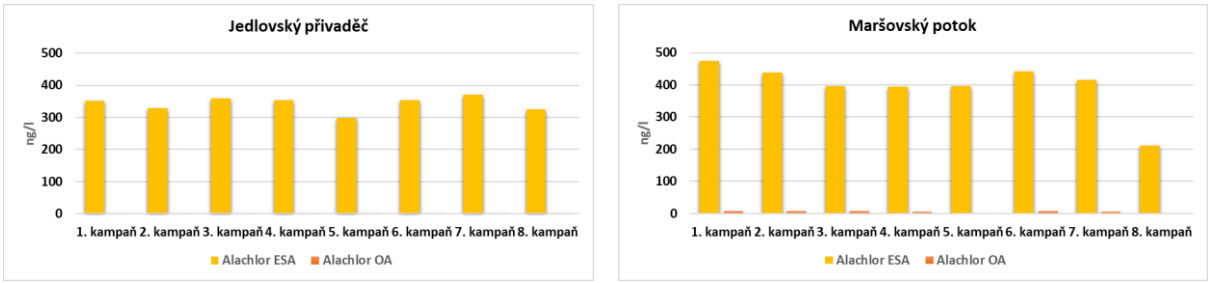
Aplikace rostlino-lékařských přípravků s obsahem alachloru jako účinné látky bylo povoleno do roku 2008. Obdobně jako v případě acetochloru se ve vodním prostředí nachází především metabolit ESA této látky.

OBR. 138 KONCENTRACE ALACHLORU ESA A OA V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

Dynamika koncentrace je zcela totožná jako v případě acetochloru ESA, jen s tím rozdílem, že zachycené množství v pasivních vzorkovačích je až desetinásobné. Zátěž povrchových vod je po skoro 15letém zákazu používání alachloru značná. Ve vysokém množství byl metabolit ESA potvrzen zvláště v Maršovském potoce (Obr. 138). Mírná dynamika koncentrace měla vazbu na dvě významné srážko-odtokové události v 3. a 5. vzorkovací kampani (červen, srpen). Nejvyšší obsah v pasivním vzorkovači byl zaznamenán v 7. říjnové vzorkovací kampani, příčinou je patrně vypouštění Maršovského rybníka. Dynamika koncentrace v surové vodě v Rantířově je opačná: nejvyšší zátěž se potvrdila v prvních vzorkovacích kampaních

s postupným sestupným trendem koncentrace. Může to souviset s „nabohacením“ z předchozích podzimních měsíců nebo s procesy jarní cirkulace mezi vodními vrstvami v nádrži. V Jedlovském potoce resp. přivaděči byla koncentrace metabolitu ESA rovněž vysoká a nejvyšší koncentrací v 5. vzorkovací kampani, kdy se ve dnech 22. až 23. 8. vyskytla nejvýznamnější srážko-odtoková epizoda roku 2022 (68 mm srážek).

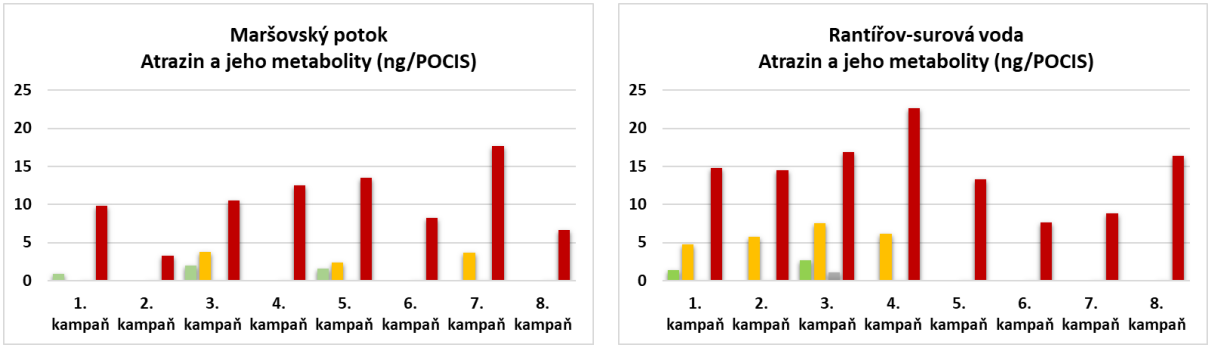
Významná dotace metabolitů alachloru z bodových odběrů při stejných průtokových podmínkách byla potvrzena i v povrchové vodě (Obr. 139).



OBR. 139 KONCENTRACE ALACHLORU ESA A OA V POVRCHOVÉ VODĚ V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

Atrazin

Použití triazinového herbicidu atrazin k hubení dvouděložných plevelů je v Evropské unii od roku 2005 zakázáno. Přesto byly jeho metabolity atrazin-desethyl (D) a atrazin-2-hydroxy (2H) v přítocích do VN Hubenov potvrzeny. V Jedlovském přivaděči byly jeho koncentrace stabilní kolem 5 ng/POCIS vyjma 4. červencové vzorkovací kampaně, kdy stoupla jejich koncentrace na dvounásobek. Vyšší koncentrace metabolitu atrazin-2-hydroxy byly potvrzeny v Maršovském potoce a v surové vodě (Rantířov). Je překvapivé, že byla zjištěna i malá množství mateřské látky. (Obr. 140)



OBR. 140 KONCENTRACE ATRAZINU A JEHO METABOLITŮ V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

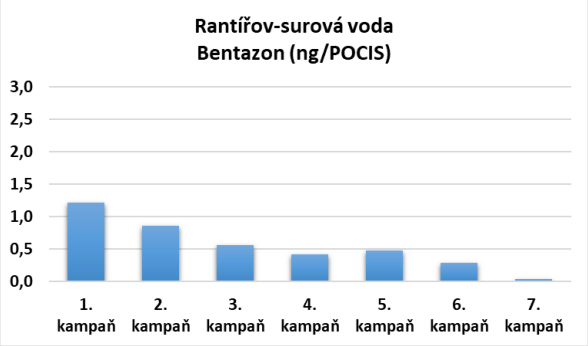
Azoxystrobin

Fungicid azoxystrobin je používán na širokou škálu plodin včetně zeleniny a brambor. V Maršovském potoce a v surové vodě (Rantířov) byl sporadicky přítomen v nízkých koncentraqcích do 2 ng/POCIS.

Bentazon

Bentazon se používá na ošetření obilnin, luskovin, brambor, pícnin, v menší míře olejnin. Jeho koncentrace v přítocích do VN Hubenov byly velice nízké do 1 ng/POCIS, v povrchové vodě

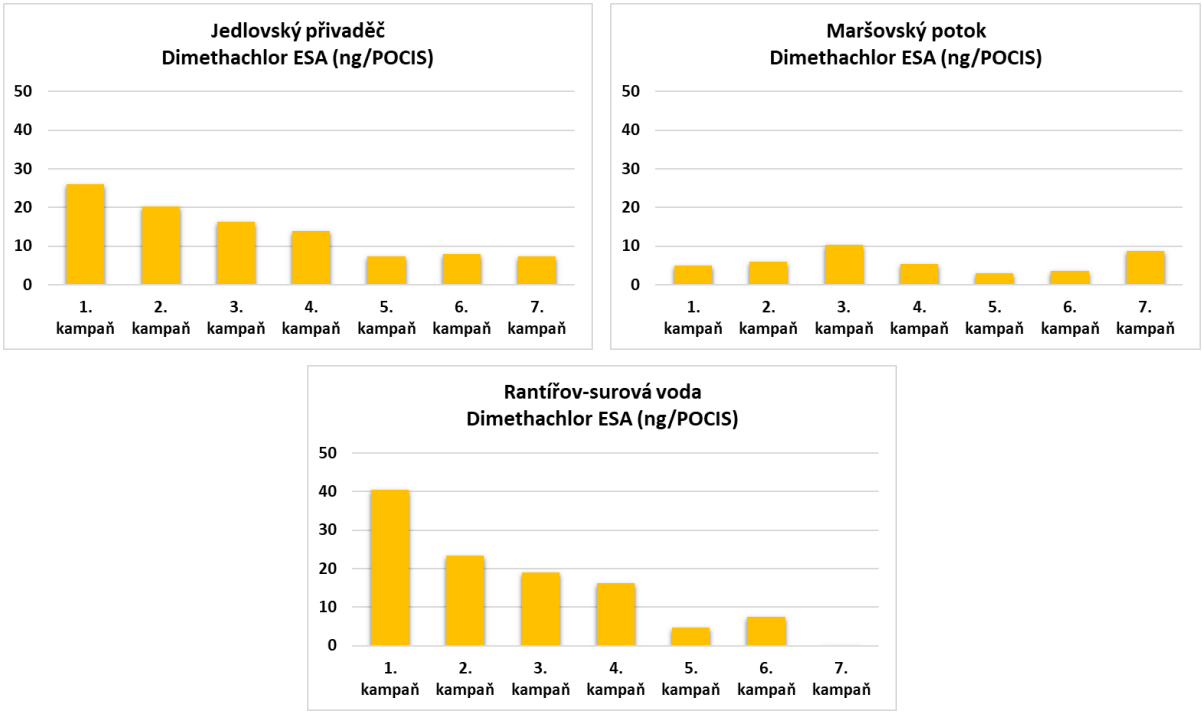
s občasným výskytem těsně nad mezí stanovitelnosti vysoce citlivé analytické metody. Toto je poněkud překvapivé, protože bentazon byl dle evidence ÚKZÚS v okrese Jihlava aplikován (převážně na luskoviny) v množství 219 kg/rok 2021 a 257 kg/rok 2020. Určitá dynamika byla v malém množství patrná pouze v surové vodě s maximální koncentrací v dubnové kampani s následným sestupným trendem v dalších měsících (Obr. 141).



OBR. 141 KONCENTRACE BENTAZONU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V SUROVÉ VODĚ (RANTÍŘOV) V R. 2022

Dimethachlor

Spotřeba rostlino-lékařských přípravků s dimethachlorem jako účinnou látkou je podle evidence ÚKZÚZ v zájmové oblasti nízká. V okrese Jihlava byla v letech 2020 a 2021 nulová, v roce v roce 2019 činila pouhých 104 kg. Tomu odpovídají i koncentrační nálezy metabolitu dimethachloru ESA v pasivních vzorkovačích, které nepřekročily 40 ng na POCIS-hlb. (Obr. 142).

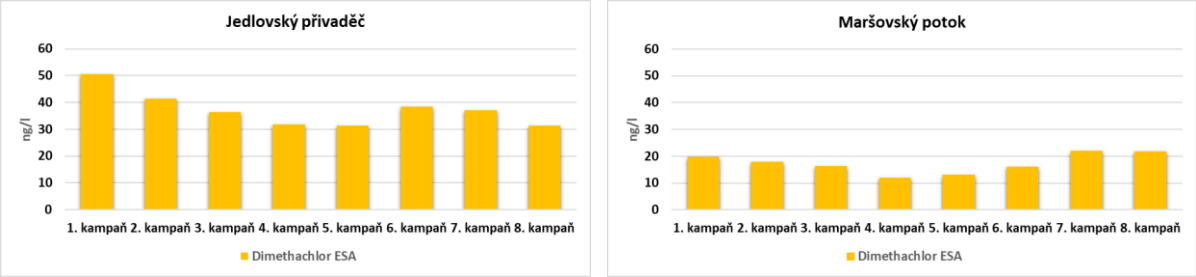


OBR. 142 KONCENTRACE DIMETHACHLORU ESA V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

Dimethachlor je používán na řepku k hubení jednoděložných a dvouděložných plevelů ihned po jejím zasetí (přípravek Teridox 500 EC). Z dosažených výsledků se dá odvodit, že aplikace probíhala především v povodí Jedlovského potoka (také v roce 2022 zde byla výsevná plocha řepky vyšší než v povodí Maršovského potoka). Nejvyšší koncentrace byla potvrzena v dubnové 1. vzorkovací kampani s následným sestupným trendem v dalším období roku.

Stejná dynamika koncentrace dimethachloru ESA byla zjištěna v surové vodě (Rantířov). Naopak v Maršovském potoce byl obsah dimethachloru ESA v pasivních vzorkovačích nízký, bez výrazného vzestupu při srážko-odtokových epizodách.

Koncentrace dimethachloru ESA v bodových vzorcích povrchové vody potvrzuje vyšší zátěž z Jedlovského potoka (Obr. 143). Mírné zvýšení v zářiovém a říjnovém odběru může souviset aplikací prostředku Brasan 540 EC na ozimou řepku. Mírný vzestupe koncentrace v Maršovském potoce v říjnu a listopadu pá patrně důvod s manipulací (vypouštěním) na Maršovském rybníce.



OBR. 143 KONCENTRACE DIMETHACHLORU ESA V POVRCHOVÉ VODĚ V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

Dimentehamid-P

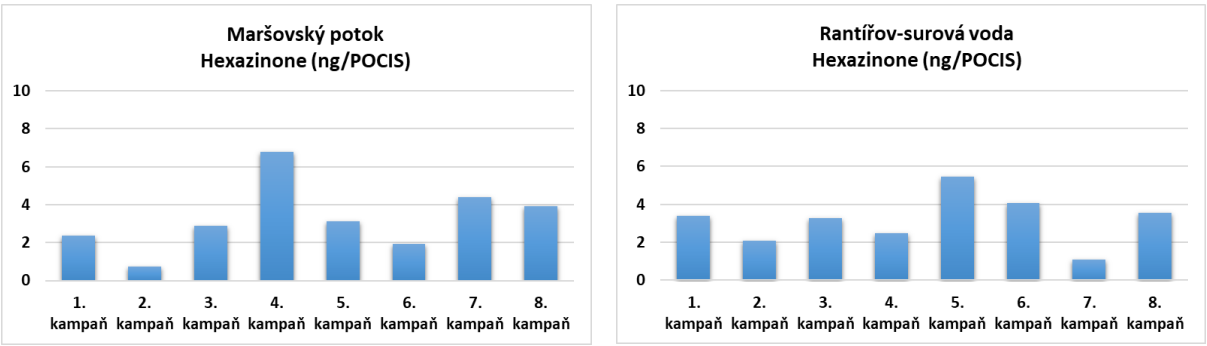
Dimethenamid-P je v kombinaci s dalšími přípravky na ochranu rostlin používán na kukuřici a řepku. V povodí VN Hubenov byl jednorázově potvrzen v Maršovském potoce ve 3. červnové vzorkovací kampani v malém množství (1 ng/POCIS). V surové vodě přítomen sporadicky do 3 ng/POCIS.

Chlortoluron

Chlortoluron nebyl v povodí VN Hubenov pasivním vzorkováním zjištěn.

Hexazinon

Použití triazinového širokospektrálního herbicidu hexazinonu je v EU od roku 2008 zakázáno. Používal se nejen v zemědělství, ale i v lesnictví. Jeho přítomnost v povodí VN Hubenov byla potvrzena. V Jedlovském potoce byla jeho přítomnost stálá, koncentračně prakticky neměnná 1 až 2 ng/POCIS. V Maršovském potoce a v surové vodě (Rantířov) byl trvale přítomen ve výši max. 7 ng/POCIS. (Obr. 144)



OBR. 144 KONCENTRACE HEXAZINONU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

MCPA

Herbicid kyselina 4-chloro-o-tolyloxyoctová (MCPA) se používá na obilniny a pícniny. Jeho výskyt v povodí VN Hubenov byl v povrchové vodě potvrzen v nízkých koncentracích pouze v jarních měsících. Rovněž v pasivních vzorkovačích se jeho koncentrace během celé vegetační sezóny pohybovala v nepatrném množství pod 1 ng/POCIS bez významné dynamiky ve vazbě na srážko-odtokové poměry. Spotřeba dle evidence ÚKZÚS v okrese Jihlava činila 253 kg/rok 2021 a 196 kg/rok 2020.

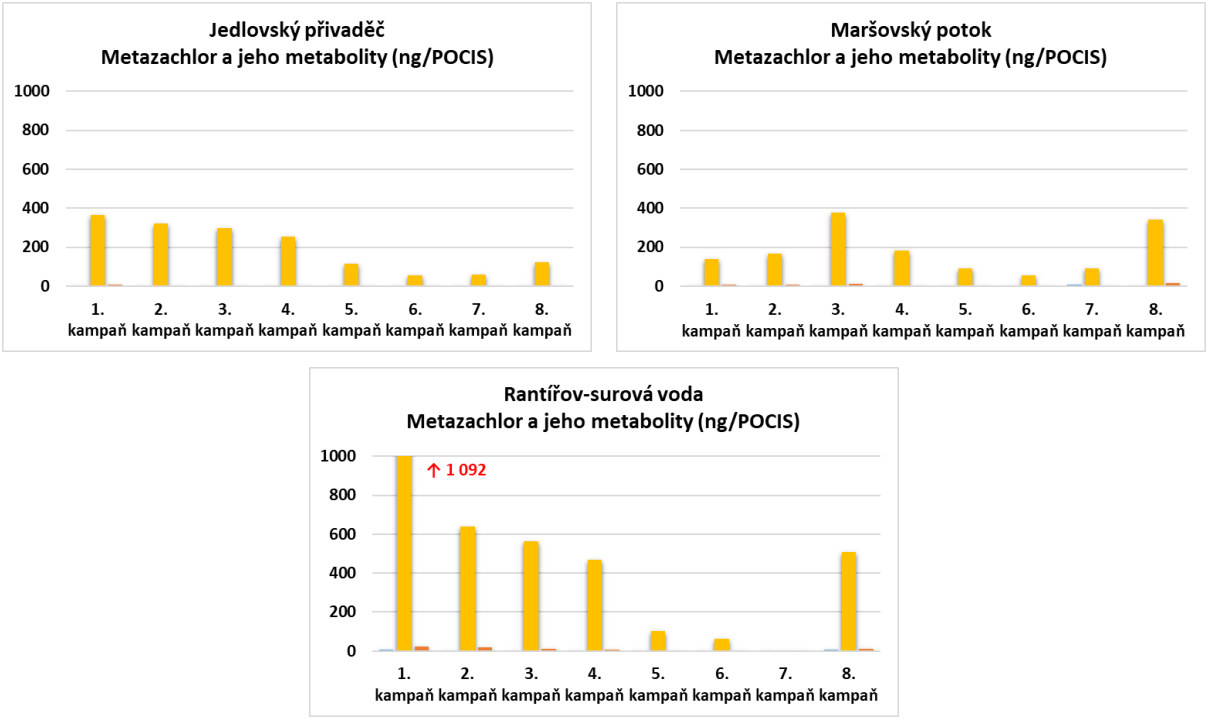
Metalaxyl-M1

Metalaxyl-M1 je používán na moření kukuřice, dále pak na vinnou révu. V povodí VN Hubenov byl ojediněle přítomen v surové vodě (Rantířov) do 2,3 ng/POCIS a 1x v Maršovském potoce (5. vzorkovací kampaň 1 ng/POCIS).

Metazachlor

Tento chloracetanilidový herbicid je hojně používaný pro ošetření olejnin. Jeho spotřeba v povodí VN Hubenov byla vysoká, dle evidence ÚKZÚZ v okrese Jihlava činila 1 721 kg/rok 2021 a 1 530 kg/rok 2020 (v roce 2019 dokonce 2 023 kg). Potvrzen byl výhradně metazachlor ESA v obou přítocích do VN Hubenov, avšak s rozdílnou dynamikou koncentrací v pasivních vzorkovačích (Obr. 145). Zátěž v Jedlovském přivaděči byla nejvyšší v jarních kampaních s pozvolným klesajícím trendem bez odezvy na dvě nejvýznamnější srážko-odtokové epizody v roce 2022. Srážka měla pravděpodobně lokální charakter a projevila se především v povodí Maršovského potoka.

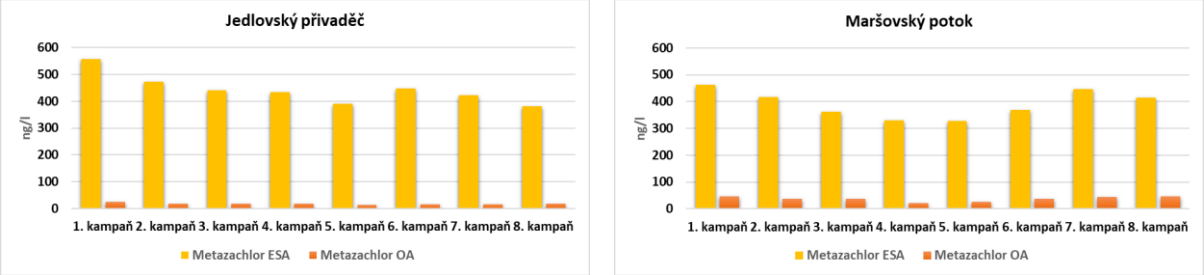
V čerpací stanici v Rantířově byla koncentrace metazachloru ESA v surové vodě velmi vysoká, činila 1 092 ng/POCIS v dubnové vzorkovací kampani s významným sestupným trendem v následujících vzorkovacích kampaních. Tento koncentrační průběh může souviset s jarní (krátkou) cirkulací v nádrži.



OBR. 145 KONCENTRACE METAZACHLORU ESA A OA V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

Mateřská látka v pasivních vzorkovačích v Jedlovském potoce nebyla zjištěna, v Maršovském potoce a v surové vodě potvrzena pouze v jednotkách ng/POCIS. Nepatrně vyšší byl obsah metabolitu metazachlor OA s maximem v surové vodě v dubnové a květnové vzorkovací kampani v množství 21 resp. 18 ng/POCIS.

Vysoký obsah metazachloru ESA byl potvrzen také v bodových vzorcích povrchové vody přítoků do VN Hubenov, a to po celou dobu vegetační sezóny (Obr. 146).



OBR. 146 KONCENTRACE METAZACHLORU ESA A OA V POVRCHOVÉ VODĚ V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

S-Metolachlor

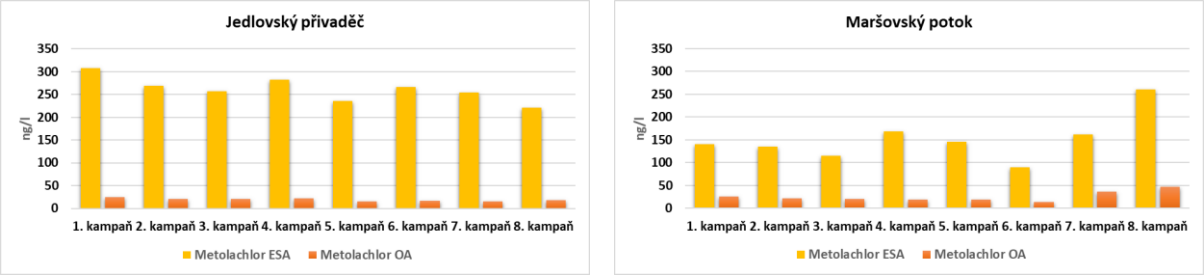
Herbicid proti travinám s účinnou látkou S-metolachlor je běžně a hojně aplikován na kukuřici. Jeho spotřeba v okrese Jihlava činila 525 kg/rok 2021 a 600 kg/rok 2020. Kukuřice byla v roce 2022 pěstována i v povodí Jedlovského a Maršovského potoka. Tomu odpovídají i nálezy v pasivních vzorkovačích. Mateřská látka nebyla ve vzorkovačích potvrzena, pouze metabolity metolachlor ESA a v daleko menší míře metolachlor OA. V Jedlovském přivaděči byly koncentrace metabolitu ESA v pasivních vzorkovačích do 6. kampaně (duben až září) stejnorodé bez větších výkyvů (230 až 262 ng/POCIS). (Obr. 147).

OBR. 147 KONCENTRACE METOLACHLORU ESA A OA V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

V Maršovském potoce byly koncentrace o něco nižší se vzestupem ve 3. vzorkovací kampani v reakci na srážko-odtokovou událost 29. až 30. 6. 2022 a v 7. vzorkovací kampani.

Dynamika koncentrací v surové vodě v Rantířově je shodná, jako u předchozích diskutovaných metabolitů již zakázaných účinných látek. Nejvyšší zátěž byla potvrzena v prvních vzorkovacích kampaních s postupným sestupným trendem koncentrace v následujících měsících. Jarní vzestup koncentrace v surové vodě může souviset s „nabohacením“ v nádrži z předchozích podzimních měsíců nebo s procesy jarní cirkulace mezi vodními vrstvami.

Oba metabolity metolachloru byly v roce 2022 potvrzeny ve významném množství v bodových vzorcích povrchové vody (odebraných vždy na začátku dané vzorkovací kampaně) (Obr. 148).



OBR. 148 KONCENTRACE METOLACHLORU ESA A OA V POVRCHOVÉ VODĚ V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

Pethoxamid

Pethoxamid byl v Maršovském potoce zjištěn jen ve velmi malé koncentraci kolem 1 ng/POCIS. V Jedlovském přivaděči byla jeho koncentrace mírně větší (do 3 ng/POCIS), avšak jen v 5. a 6. vzorkovací kampani. V surové vodě (Rantířov) byl jeho výskyt téměř trvalý v nízké koncentraci do 3,5 ng/POCIS.

Spiroxamin

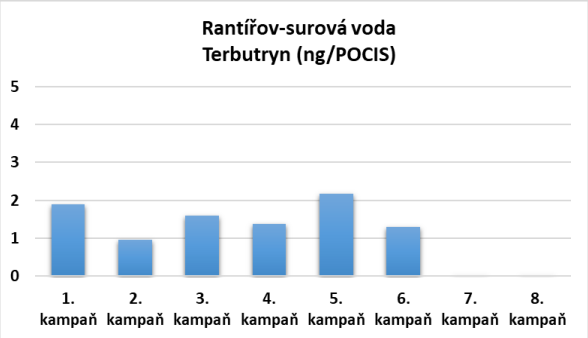
Výskyt byl jednorázový a velice nízký v 3. červnové vzorkovací kampani v obou přítocích do VN Hubenov (max. 0,5 ng/POCIS).

Tebukonazol

Ojedinělý byl nález tebukonazolu v Maršovském potoce v 3. a 4. vzorkovací kampani 12 a 6 ng/POCIS. Používá se samostatně nebo v kombinaci s jinými rostlino-lékařskými přípravky na obilniny, řepku, slunečnice. Užití je i v kombinaci s účinnou látkou spiroxamin. V surové vodě (Rantířov) byl přítomen bez zjevné dynamiky koncentrací do 5 ng/POCIS.

Terbutryn

Triazinový herbicid terbutryn není již pro zemědělské použití registrován. Může být ale stále používán jako biocid ve stavebnictví (omítkoviny) nebo v nátěrových hmotách. [18] V Maršovském potoce byl detekován pouze v 7. říjnové vzorkovací kampani (patrně vliv vypouštění Maršovského rybníka). Potvrzen byl v surové vodě (1. až 6. vzorkovací kampaň) v malém množství 1 až 2 ng/POCIS. (Obr. 149)

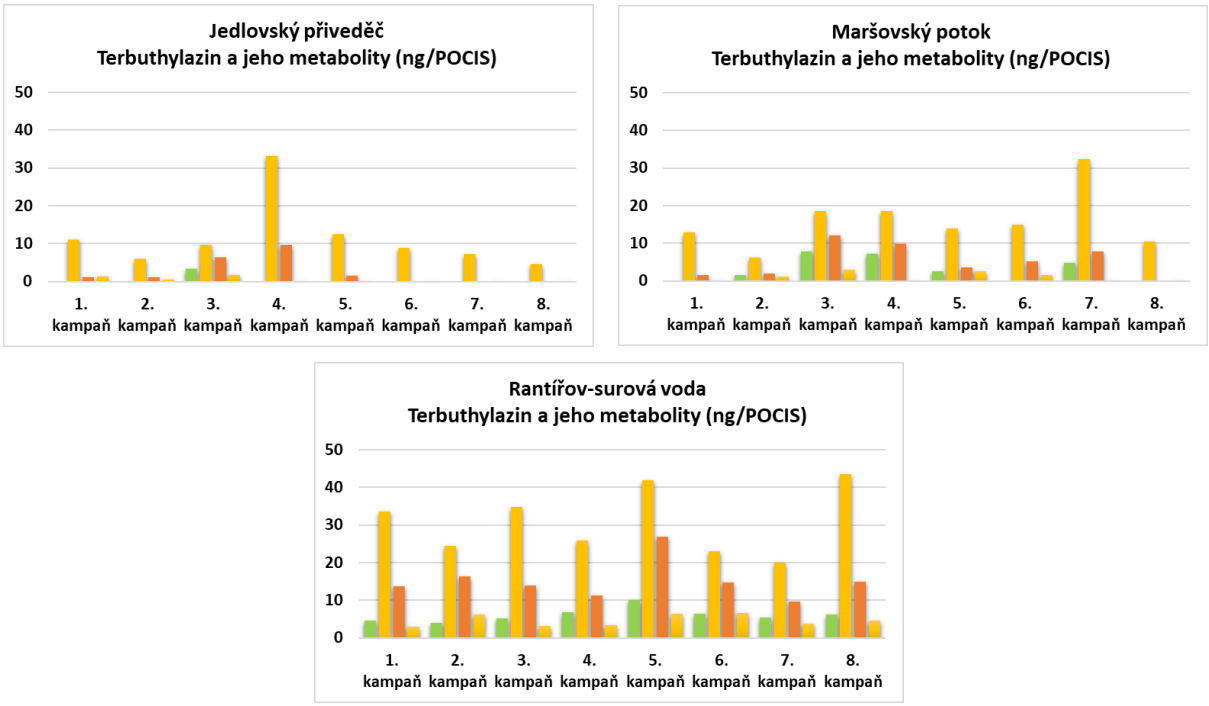


OBR. 149 KONCENTRACE TERBUTRYNU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V SUROVÉ VODĚ V R. 2022

Terbuthylazin

Chemicky je příbuzný atrazinu, na rozdíl od něj je ale hojně používán. Je aplikován na kukuřici, která byla v roce 2022 v povodí VN Hubenov pěstována v povodích obou přítoků. Terbuthylazin ve vodním prostředí nacházíme rovněž v četných formách metabolizován jako terbuthylazin-2-hydroxy, terbuthylazin-desethyl a terbuthylazin-desethyl-2-hydroxy. Tam, kde byl aplikován, se vesměs potvrdila jak mateřská látka, tak i jeho metabolity. To je také případ povodí VN Hubenov. Poměrně stabilní koncentrace metabolitu terbuthylazin-2-hydroxy v Jedlovském přivaděči se zvýšila ve 4. červencové vzorkovací kampani na 33 ng/POCIS, což mohlo být způsobeno srážko-odtokovými poměry na přelomu června a července 2022.

V Maršovském potoce byla potvrzena stabilní přítomnost terbuthylazinu a jeho metabolitů prakticky po celou dobu vegetační sezóny s maximem terbuthylazin-2-hydroxy v 7. říjnové vzorkovací kampani (možný vliv vypouštění Maršovského rybníka). V surové vodě (Rantířov) bylo zastoupení mateřské látky i všech metabolitů po celou dobu vegetační sezóny (Obr. 150).



OBR. 150 KONCENTRACE TERBUTHYLAZINU A JEHO METABOLITŮ V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

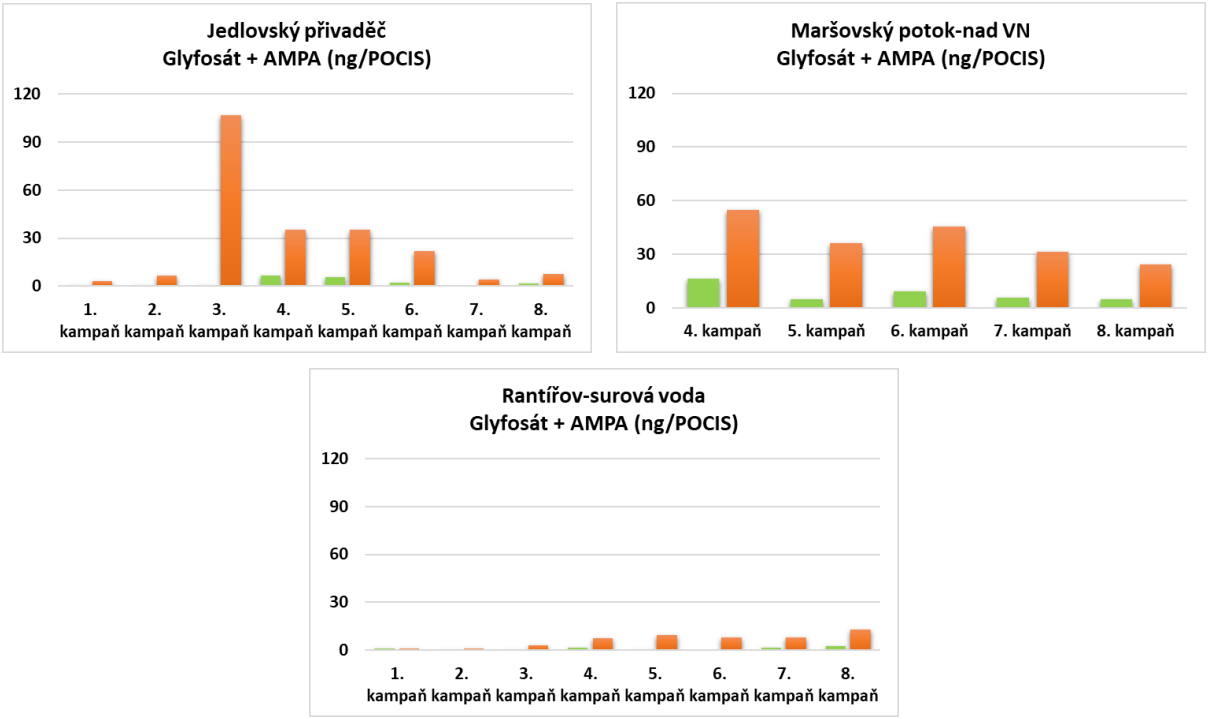
Glyfosát

Specifickým herbicidem je glyfosát, jehož spotřeba je dlouhodobě v rámci celé ČR nejvyšší. Jedná se o silně polární látku, kterou lze technikami pasivního vzorkování zachytávat specifickým vzorkovačem POCIS-Glyphosate. Ten je rovněž schopen zachytit metabolit tohoto herbicidu – kyselinu aminomethylfosfonovou (AMPA). Glyfosát je používán k likvidaci plevelů před jarní a podzimní setbou. K dozrávání plodin (tzv. desikaci) není již 2 roky ve většině případů povolen [19]. Glyfosát je na stabilnější metabolit AMPA (kyselinu aminomethylfosfonovou) snadno degradovatelný, což potvrzují i následující výsledky.

Spotřeba glyfosátu v okrese Jihlava v roce 2020 činila 8 567 kg a 9 208 kg v roce 2021.

Vysoká koncentrace metabolitu AMPA se v Jedlovském přivaděči vyskytovala v 3. červnové vzorkovací kampani. V tomto období by neměl být glyfosát aplikován. Dříve byl v této době používán k desikaci zvláště olejnin. Tento zvýšený obsah může souviset se srážko-odtokovou událostí, která nastala 29. až 30. 6. 2022, kdy došlo k vybřežení Jedlovského potoka a zatopení okolních pozemků včetně vstupního objektu Jedlovského přivaděče.

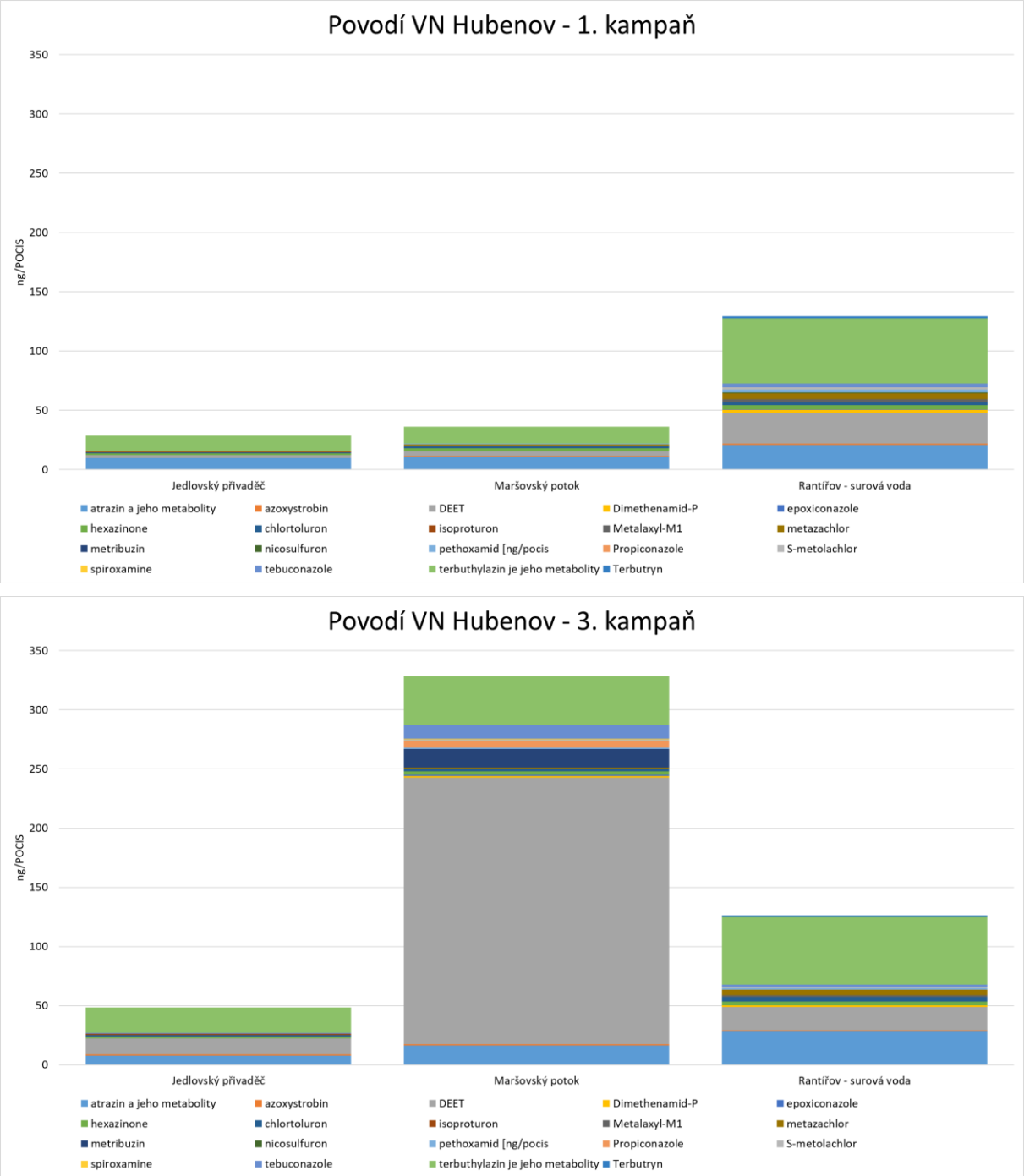
Ve vodárenské nádrži dochází k jeho naředění a degradaci. V surové vodě byl potvrzen jen v nízkých koncentracích ve formě AMPA (Obr. 151).



OBR. 151 KONCENTRACE GLYFOSÁTU A METABOLITU AMPA V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

Celkové zatížení pesticidy v povodí VN Hubenov

Srovnání zatížení pesticidy v profilech pasivního vzorkování povrchových vod v povodí VN Hubenov a v surové vodě čerpací stanice Rantířov zobrazují grafy na Obr. 152. V jarních a podzimních měsících bylo nejvyšší množství pesticidů zachyceno v surové vodě (viz ukázka 1. vzorkovací kampaně). To může souviset s jarní a podzimní cirkulací v nádrži, kde především v anoxických podmínkách a při nižších teplotách probíhá přirozená degradace účinných látek výrazně pomaleji a obsah látek se v nádrži kumuluje. Výjimkou byla 7. vzorkovací kampaň, kdy vlivem zvýšeného průtoku při vypouštění Maršovského rybníka převažovala zátěž pesticidy v Maršovském potoce. Ta byla nejvyšší rovněž ve 3. vzorkovací kampani, kdy došlo k záchytu vysokého množství DEET, která je účinnou látkou repelentů.



OBR. 152 KONCENTRACE PESTICIDŮ V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN HUBENOV V 1. A 3. VZORKOVACÍ KAMPANI V R. 2022

Teoretická doba zdržení vody ve VN Hubenov

Teoretická doba zdržení vody ve VN Hubenov je při průměrném dlouhodobém průtoku Maršovského potoka (0,134 m^3) 414 dní (1 rok a 1,6 měs.), pokud uvažujeme zásobní prostor nádrže 2,395 mil. m^3 a 585 dní (1 rok a 7,3 měs.), pokud uvažujeme celkový objem nádrže 3,385 mil. m^3. V době pasivního vzorkování (od 11. 4. do 8. 12. 2022) byl průměrný průtok v Maršovském potoce nižší (denní průměr v rozmezí 0,033 až 0,195 $m^3.d^{-1}$) – za tuto dobu do VN Hubenov přiteklo Maršovským potokem 0,677 mil m^3 vody, což odpovídá 28,3 % objemu nádrže při zásobním prostoru.

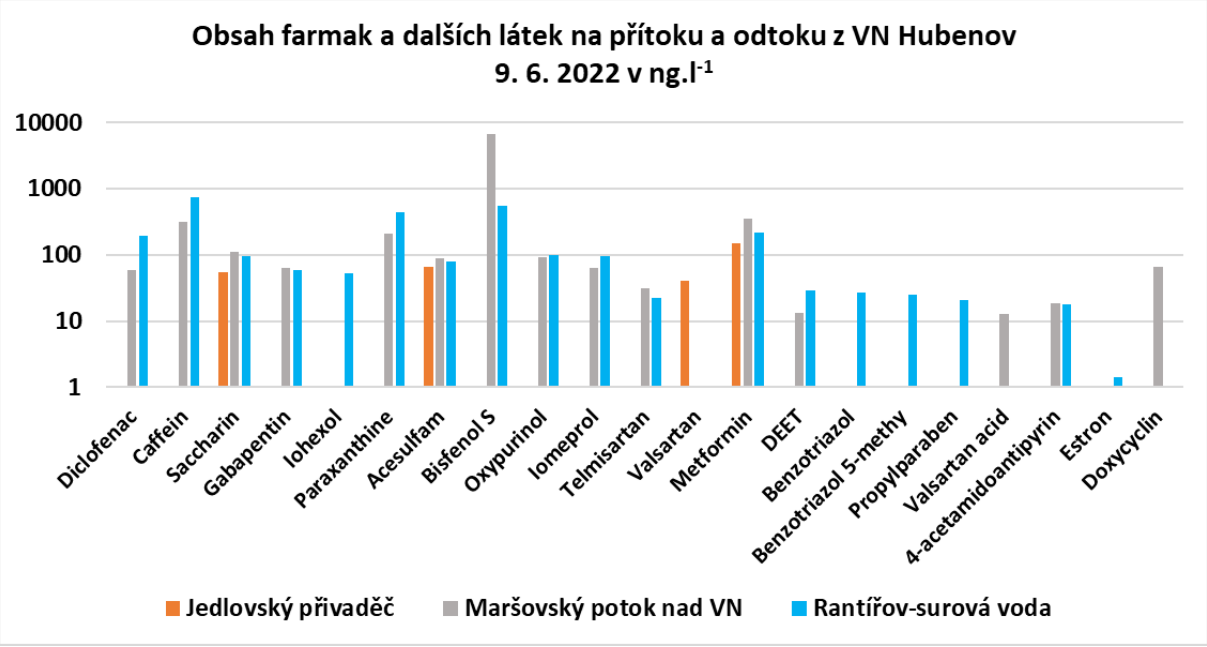
Pozn. Přítok Jedlovským přivaděčem není do výpočtu zahrnut. Průtok v přivaděči je regulován hrázným vodárenské nádrže v rozsahu 0,020 až 0,270 $m^3.s^{-1}$ dle aktuální potřeby. Celkový objem proteklé vody přivaděčem za stanovené období není evidován (měření je v ověřování od 10/2022). K dalšímu ovlivnění doby zdržení došlo zprovozněním opraveného Jiřinského přivaděče na konci listopadu 2022 [20]. Teoretická doba zdržení vody v nádrži bude tedy nižší, než je uvedeno výše.

Analýzy povrchových vod – farmaka

V roce 2022 byly odebrány v létě a na podzim vzorky povrchové vody na přítoku a odtoku pro screening farmak, hormonů a některých dalších látek (řešeno subdodávkou). Z celkem 128 analyzovaných látek bylo na přítocích do VN Hubenov potvrzeno 16 látek (první odběr 9. 6. 2022) a 19 látek (druhý odběr 10. 11. 2022). Na odtoku z nádrže v surové vodě (Rantířov) bylo potvrzeno 18 látek nad mezí stanovitelnosti (první odběr 8. 6. 2022) a 9 látek (druhý odběr 10. 11. 2022). Výsledky jsou zpracovány graficky na Obr. 153 a 154. Léčivými látkami byl nejméně zatížen Jedlovský potok, ačkoliv jsou v jeho povodí dvě obce. Na podstatně nižší obsah farmak v podzimním vzorku povrchové vody mělo vliv naředění způsobené vypouštěním Maršovského rybníku. Látkou s nejvyšší zaznamenanou koncentrací je Bisfenol S.

TABULKA 24 POČTY A SUMÁRNÍ OBSAHY NALEZENÝCH ORGANICKÝCH LÁTEK V POVODÍ VN HUBENOV

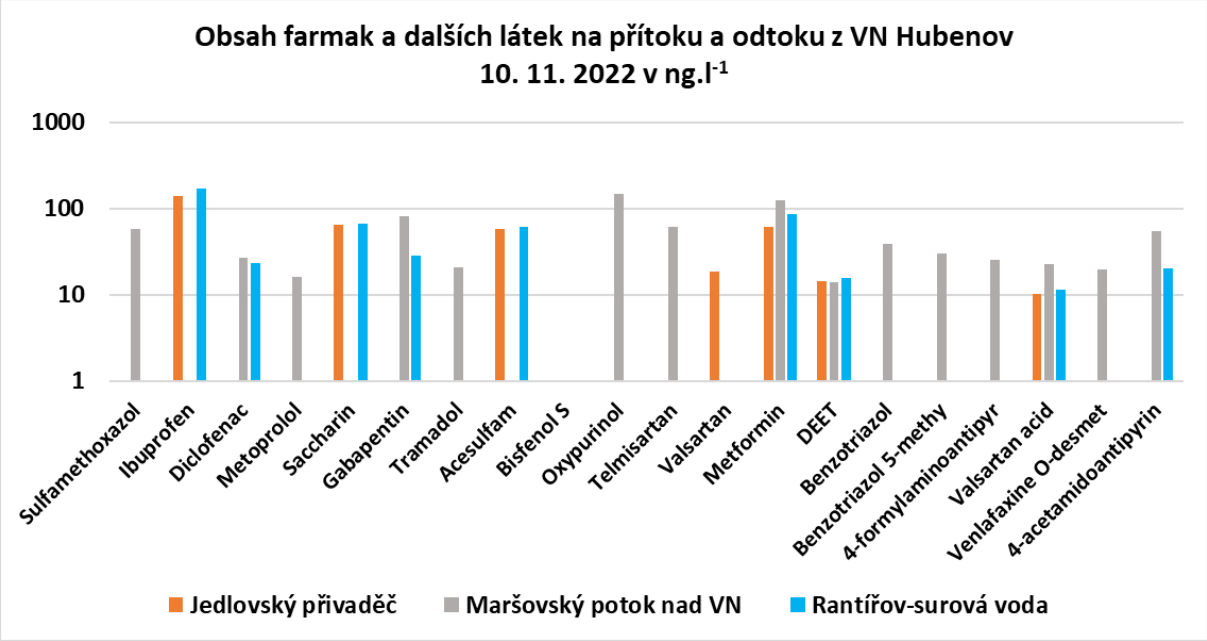
	Datum odběru	Maršovský p. nad VN	Jedlovský přivaděč	Rantířov-surová voda
Počet látek nad MS	9. 6. 2022	15	4	18
SUM v ng/l	9. 6. 2022	8 106	307	2 766
Počet látek nad MS	10. 11. 2022	15	7	9
SUM v ng/l	10. 11. 2022	740	365	478
Látky s nejvyšší koncentrací v povrchové vodě		Bisfenol S Metformin Caffein	Metformin Ibuprofen Acefuklam	Caffein Bisfenol S Paraxantin



OBR. 153 KONCENTRACE FARMAK A DALŠÍCH LÁTEK V POVODÍ VN HUBENOV 9. 6. 2022

Nejvyšší koncentrace (nad 100 ng.l^{-1}) byly potvrzeny pro:

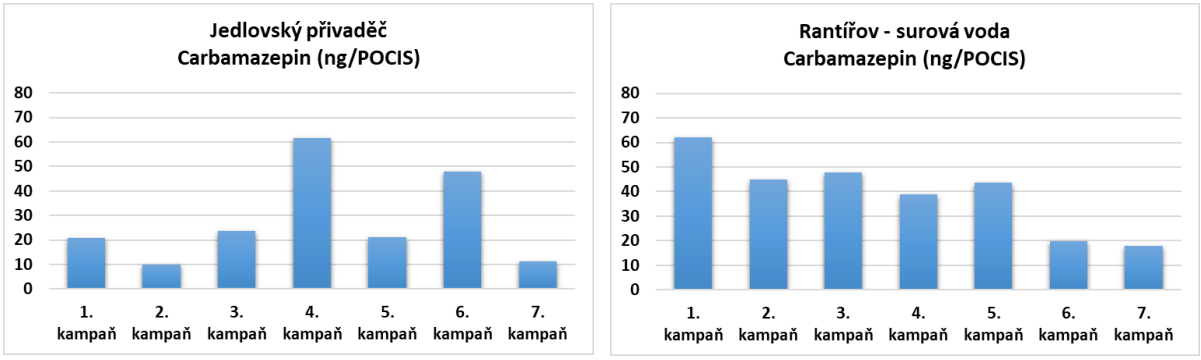
1. Bisfenol S – je náhradou bisfenolu A, shodné použití, podle vědeckých studií rovněž ovlivňuje hormonální systém organismů [21] (Maršovský p. nad VN 6 620 ng.l^{-1}). V surové vodě (Rantířov) 557 ng.l^{-1}.
2. Diklofenak – nesteroidní protizánětlivý lék, (surová voda 196 ng.l^{-1}). Na přítoku do VN potvrzen v Maršovském potoce.
3. Kofein – alkaloid, přirozený pesticid, stimulant, součást nápojů, (Rantířov-surová voda 740 ng.l^{-1}). Na přítoku do VN potvrzen v Maršovském potoce.
4. Paraxantin – metabolit kofeinu v játrech (Rantířov-surová voda 437 ng.l^{-1}). Na přítoku z VN potvrzen Maršovském potoce (207 ng.l^{-1}).
5. Sacharin – náhradní sladidlo, (Maršovský p. nad VN 109 ng.l^{-1}). Potvrzen v obou přítocích do VN Hubenov.
6. Oxypurinol – snižuje produkci kyseliny močové, (Rantířov-surová voda 100 ng.l^{-1}). Na přítoku do VN potvrzen v Maršovském potoce.
7. Metformin – antidiabetikum, potvrzen v obou přítocích do VN Hubenov nad 100 ng.l^{1}. (Maršovský p. nad VN 348 ng.l^{-1}, Jedlovský přivaděč 147 ng.l^{-1}). V surové vodě (Rantířov) 213 ng.l^{-1}.
8. Ibuprofen – nesteroidní antiflogistikum k tlumení bolesti a zánětů, potvrzen v podzimním odběru v Jedlovském přivaděči v množství 138 ng.l^{-1}. V surové vodě (Rantířov) 168 ng.l^{-1}.



OBR. 154 KONCENTRACE FARMAK A DALŠÍCH LÁTEK V POVODÍ VN HUBENOV 10. 11. 2022

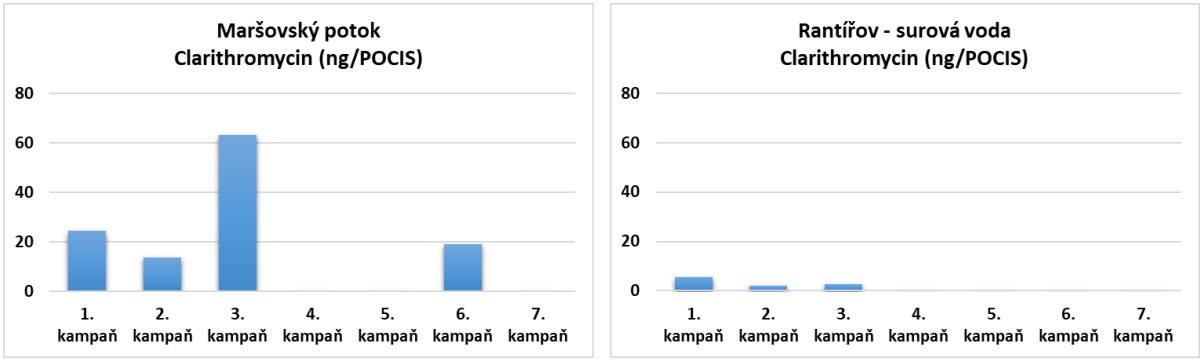
Z farmak nalezených v pasivních vzorkovačích jsou prezentovány ty nejvýznamnější. V Jedlovském přivaděči bylo nalezeno významné množství karbamazepinu, který je používán pro léčku epilepsie a neuropatické bolesti. V Maršovském potoce byla jeho přítomnost ve vzorkovačích jen občasná a nízká. Ve VN Hubenov je kumulován a v surové vodě byly

nejvyšší koncentrace potvrzeny v prvních vzorkovacích kampaních s postupným poklesem během roku (Obr. 155).



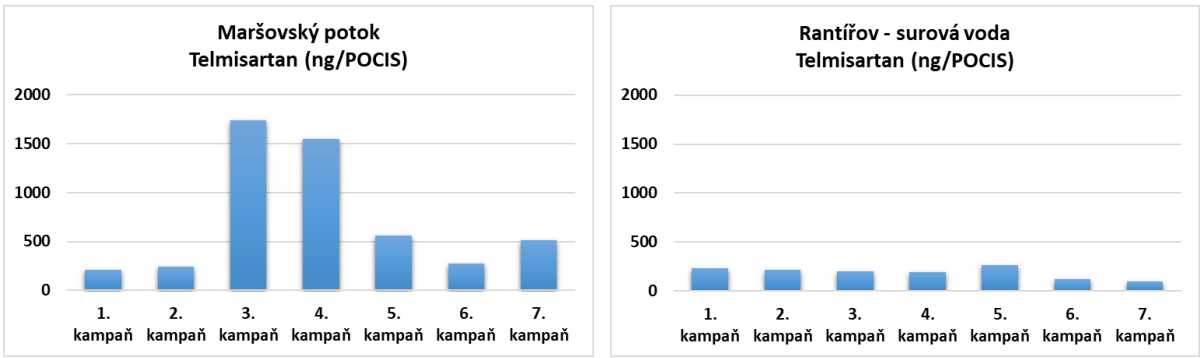
OBR. 155 KONCENTRACE KARBAMAZEPINU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

Naopak makrolidové širokospektrální antibiotikum klarythromycin na léčbu zánětů horních cest dýchacích bylo potvrzeno pouze v Maršovském potoce v prvních třech vzorkovacích kampaních a v 7. zářiové vzorkovací kampani. V Jedlovském přivaděči se vyskytl pouze v 1. dubnové vzorkovací kampani do 6 ng/POCIS. V surové vodě byl jeho obsah nízký a detekovatelný jen v prvních třech vzorkovacích kampaních. V nádrži pravděpodobně dochází k jeho transformaci nebo vazbě na nerozpuštěné látky a sedimentaci (Obr. 156).



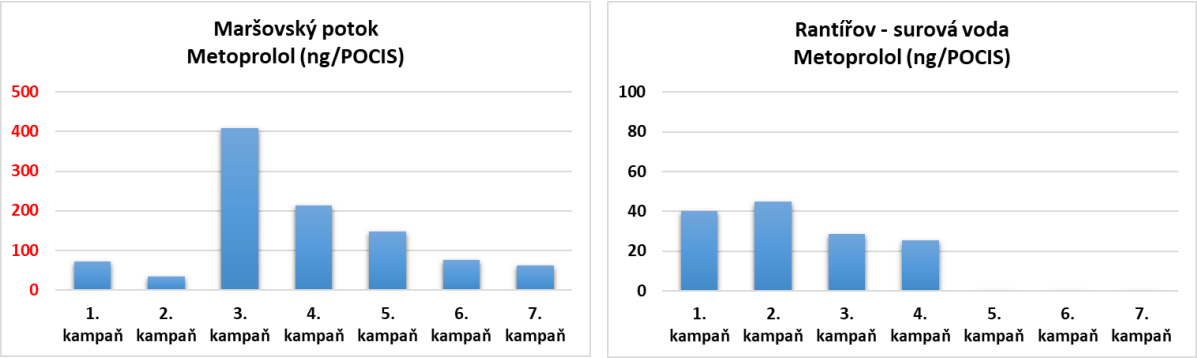
OBR. 156 KONCENTRACE KLARYTHROMYCINU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

K nejvíce zastoupeným léčivům ze skupiny farmak v pasivních vzorkovačích patřil telmisartan užívaný k léčbě vysokého krevního tlaku. V Maršovském potoce byly vysoké koncentrace zjištěny v letních vzorkovacích kampaních (červen, červenec). V Jedlovském potoce a v surové vodě (Rantířov) byly jeho koncentrace nižší a koncentračně více vyrovnané. (Obr. 157)



OBR. 157 KONCENTRACE TELMISARTANU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

Příbuzný lék pro léčbu vysokého krevního tlaku valsartan byl potvrzen výhradně v Jedlovském přivaděči v koncentracích 20 až 60 ng/POCIS po celou dobu vzorkování, v surové vodě se vyskytl v malém množství jen v jarních vzorkovacích kampaních. Významně byl ale zastoupen metoprolol, taktéž užívaný na vysoký krevní tlak (Obr. 158). V Jedlovském přivaděči byl detekován jen v 1. dubnové vzorkovací kampani.

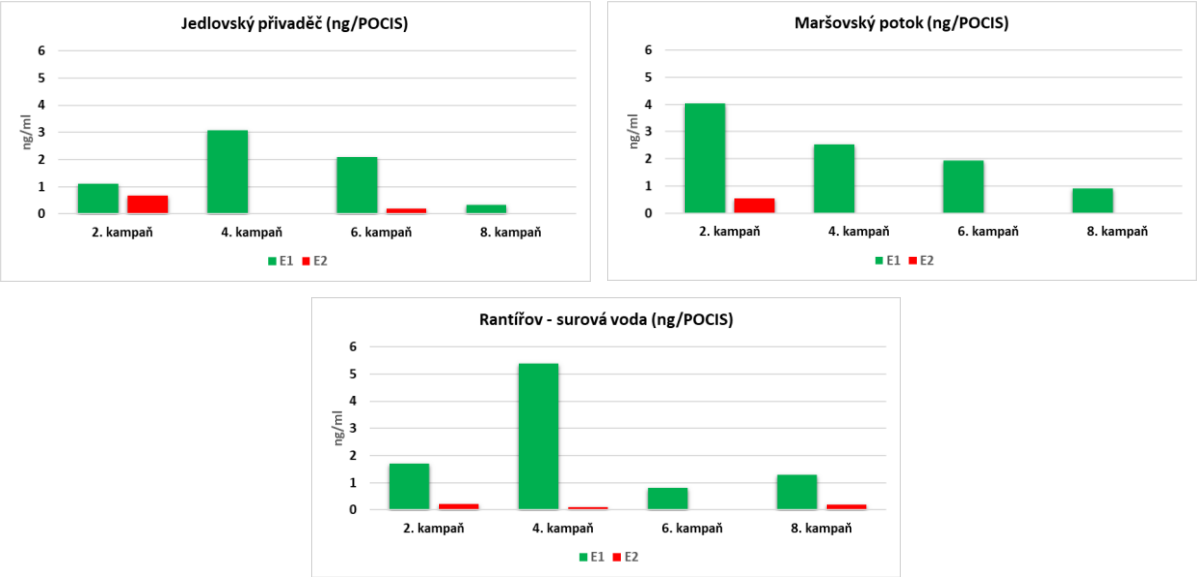


OBR. 158 KONCENTRACE METOPROLOLU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

Výsledky analýz extraktů pasivních vzorkovačů – endokrinní látky

Endokrinní látky byly vzorkovány na speciální komerčně dostupný produkt vyvinutý fy Affinisep POCIS-EDs v každé sudé vzorkovací kampani (květen, červenec, září, listopad). Byly aplikovány pouze na hlavním přítoku do VN a na odtoku z VN. Analyzovány byly hormony: estron (E1), 17β-estradiol (E2) a 17α-ethynyl estradiol (EE2). Mez stanovitelnosti činila 0,1 ng/POCIS, v případě EE2 0,18 a 0,5 ng/POCIS.

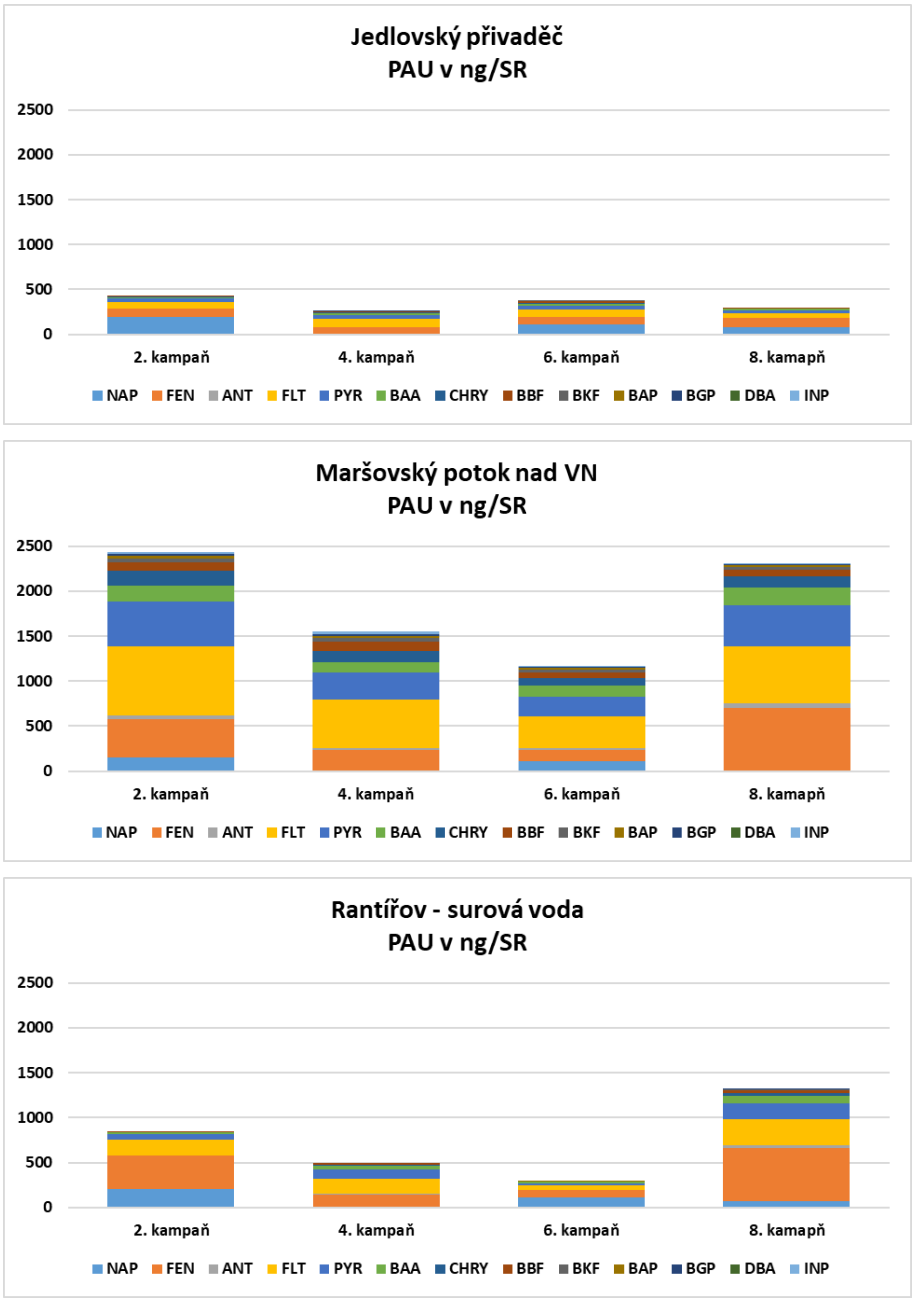
Převládal hormon E1, E2 pouze v některých vzorkovacích kampaních pod 1 ng/POCIS a EE2 nebyl potvrzen. V Maršovském potoce byly potvrzeny endokrinní látky (E1) ve vyšších koncentracích, než v Jedlovském přivaděči. To spolu s nálezem ostatních farmak svědčí o vyšší zátěži splaškovými odpadními vodami z ČOV Ježená. Dynamiku koncentrací v Maršovském potoce nelze spolehlivě vysvětlit (Obr. 159).



OBR. 159 KONCENTRACE ENDOKRINNÍCH LÁTEK V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

Výsledky analýz extraktů z pasivních vzorkovačů – PAU

Nepolární organické látky vč. polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) byly sorbovány na silikonové membrány. Doba jejich expozice ve vodě byla shodná se vzorkovači POCIS. Zátěž VN Hubenov PAU byla vysoká Maršovským potokem, a to především v chladnějších obdobích roku. (Obr. 160) Možnou příčinou je obec Ježená a ČOV Ježená, které se nacházejí bezprostředně nad VN Hubenov. Poměr mezi koncentrací fluoranthenu a pyrenu se pohyboval v rozmezí hodnot 1,4 až 1,8, což ukazuje na původ PAU ze spalovacích procesů. Ve VN Hubenov dochází k sedimentaci jemných částic říčního sedimentu, na které jsou PAU navázány, podzimní cirkulací v nádrži se mohou dostávat do vznosu a být příčinou zvýšené koncentrace PAU v surové vodě (viz 8. vzorkovací kampaň na Obr. 160).

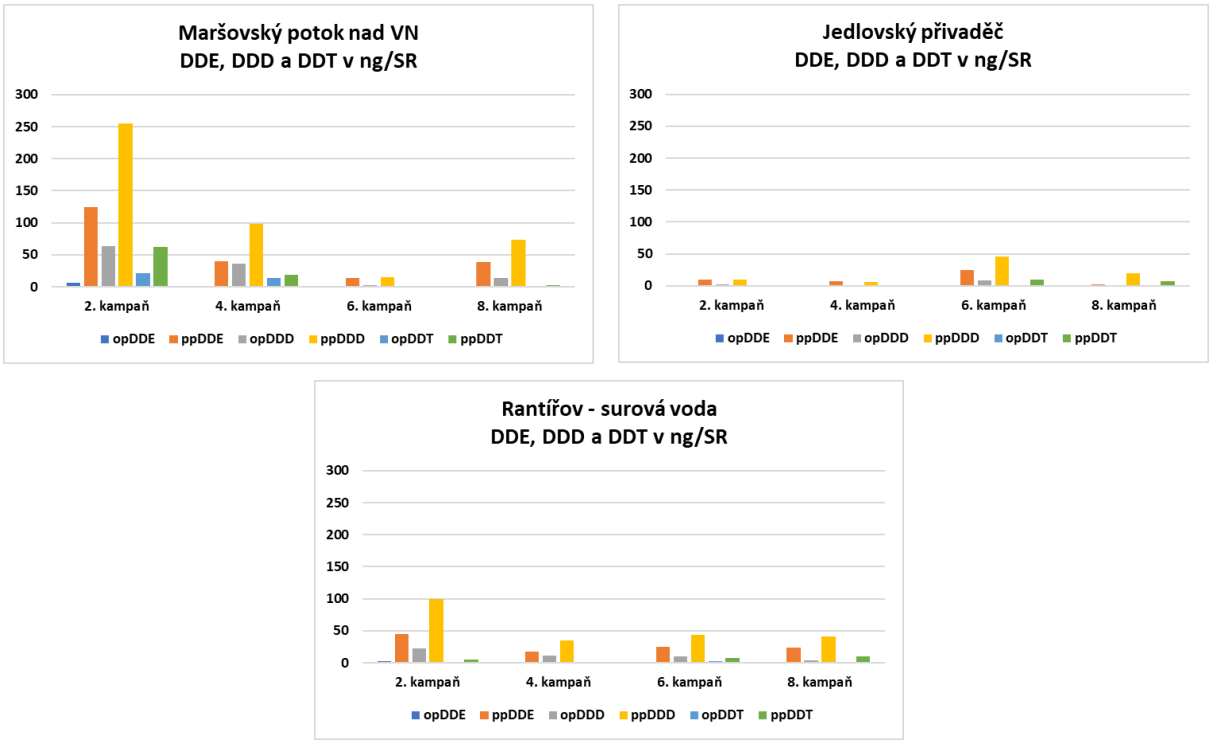


OBR. 160 KONCENTRACE PAU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH NA PŘÍTOCÍCH A ODTOKU Z VN HUBENOV V R. 2022

Výsledky analýz extraktů z pasivních vzorkovačů – OCP + PCB

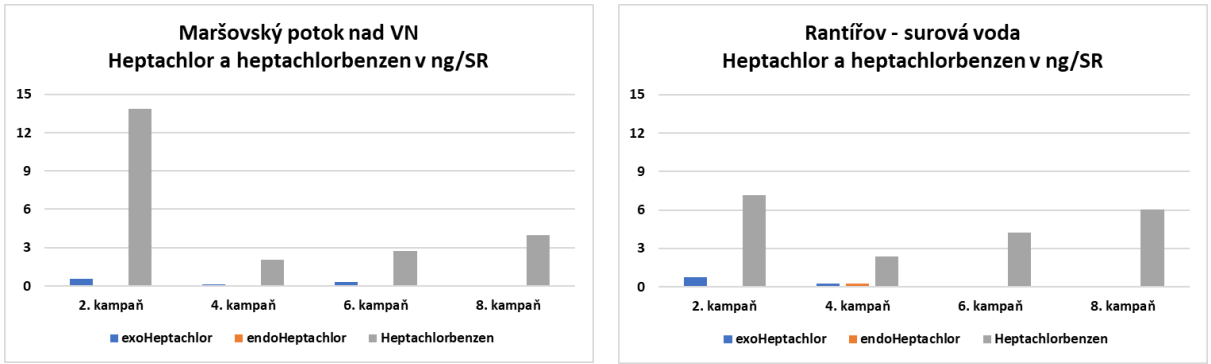
Organochlorové pesticidy (OCP) a vybrané kongenery polychlorovaných bifenylů (PCB) byly vzorkovány na silikonové membrány (SR) s dobou expozice shodnou jako u vzorkovačů POCIS. Přestože se tyto látky již mnoho desetiletí nesmí používat, vzhledem ke své perzistenci se v prostředí stále vyskytují a dostávají do povrchových vod.

Vysoké koncentrace izomerů DDT byly zjištěny v Maršovském potoce v 2. květnové vzorkovací kampani, jsou nejvyšší ze všech lokalit pěti vodárenských nádrží. (Obr. 161) Převládají izomery p,p´-DDD a p,p´-DDE, izomery transformující se z původní mateřské p,p´-DDT. Rovněž v surové vodě v Rantířově byla koncentrace p,p´-DDD a p,p´-DDE v 2. vzorkovací kampani vyšší. Tato zvýšení se nepodařilo vysvětlit, v měsíci květnu se v povodí nevyskytly srážkově a průtokově významné situace.



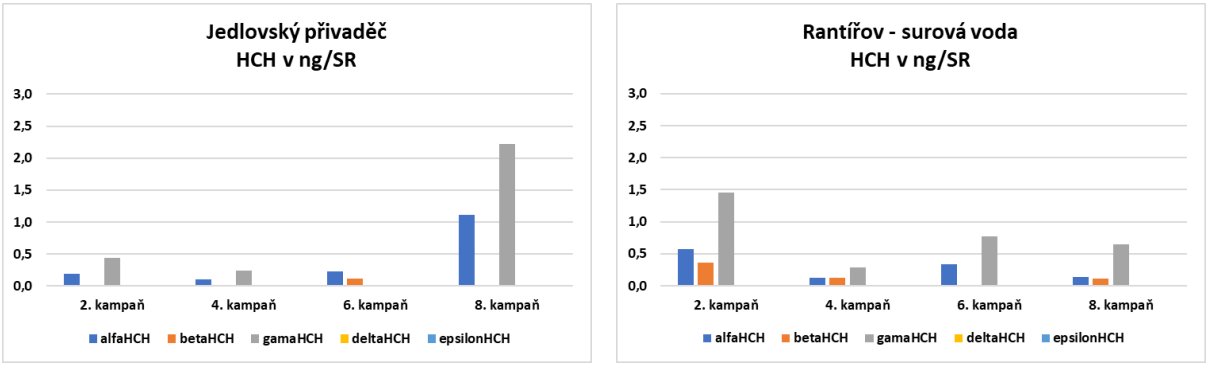
OBR. 161 KONCENTRACE IZOMERŮ DDT V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

Obdobný koncentrační průběh jako izomery DDT, i když v daleko nižších koncentracích, měl i v minulosti používaný insekticid heptachlorbenzen (Obr. 162).



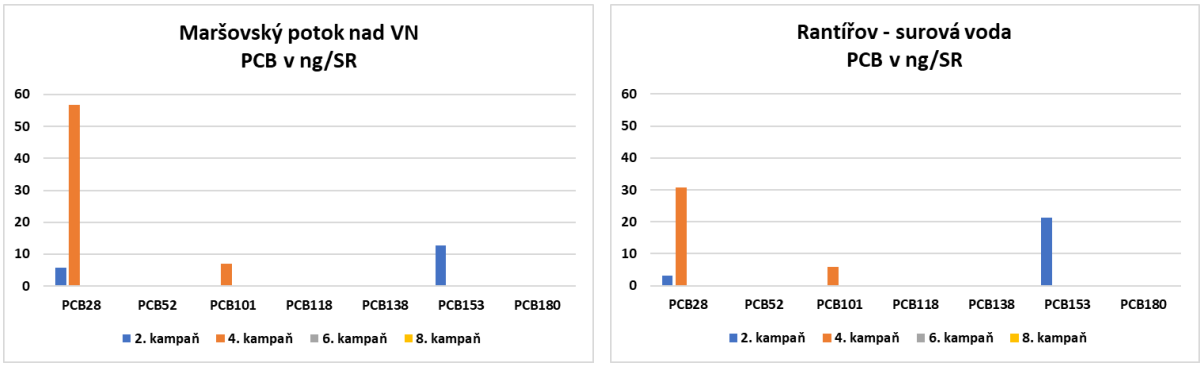
OBR. 162 KONCENTRACE HEPTACHLORU A HEPTACHLORBENZENU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

V Jedlovském přivaděči byla zjištěna zvýšená koncentrace Lindanu a alfaHCH v 8. listopadové vzorkovací kampani. V Maršovském potoce byly koncentrace Lindanu vyrovnané max. do 1,1 ng/SR. V surové vodě byly největší koncentrační nálezy izomerů HCH potvrzeny (obdobně jako u ostatních OCP) v 2. květnové vzorkovací kampani (Obr. 163).



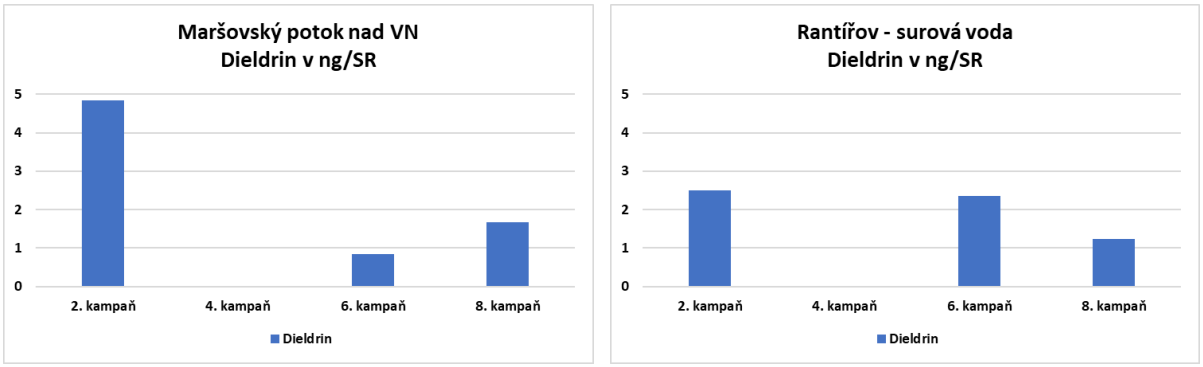
OBR. 163 KONCENTRACE IZOMERŮ HCH V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

Z PCB byly v silikonových membránách potvrzeny ve významném množství kongenery PCB28 a PCB153, a to především ve 4. červencové vzorkovací kampani (Obr. 164).



OBR. 164 KONCENTRACE KONGENERŮ PCB V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

Z drinů byl nalezen pouze dieldrin v nízkých koncentracích. Nejvyšší koncentrace byla v Jedlovském přivaděči a Maršovském potoce zjištěna v 2. květnové vzorkovací kampani (Obr. 165).



OBR. 165 KONCENTRACE DIELDRINU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN HUBENOV V R. 2022

Ověřované bodové zdroje znečištění

Z bodových zdrojů znečištění byly v povodí VN Hubenov provedeny odběry vypouštěných odpadních vod na vybrané mikropolutanty (PAU, endokrinní látky) v ČOV Ježená, od vzdutí VN Hubenov vzdálená cca 1,2 km. Vypouští do Maršovského potoka. Kanalizace v obci Ježená je oddílná.

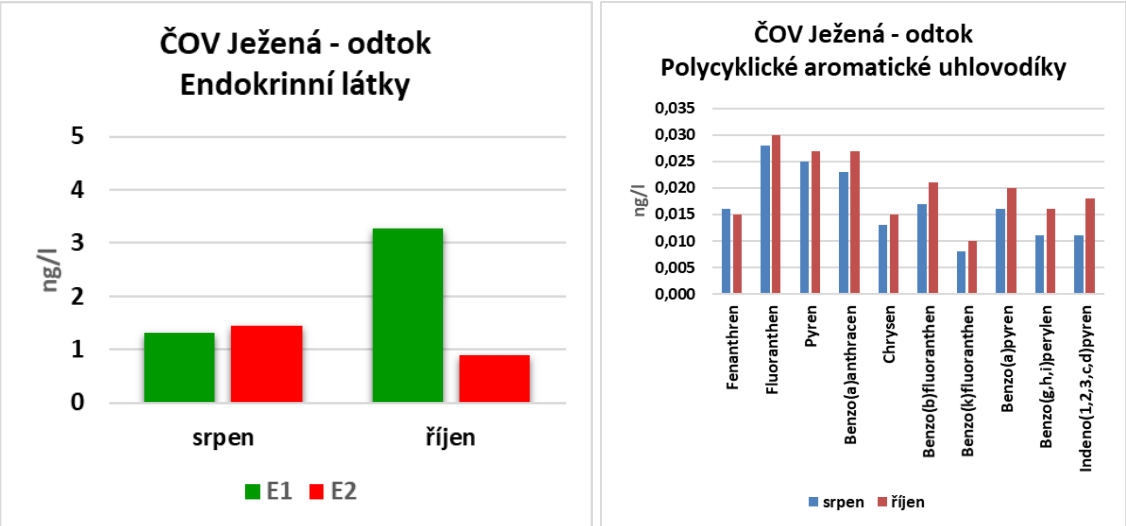
Celá mechanicko-biologická čistírna je zcela zapuštěná v terénu (Obr. 166). Maximální hydraulická kapacita ČOV činí 250 $m^3.d^{-1}$, skutečné zatížení je daleko nižší 10 až 15 $m^3.d^{-1}$. Do aktivace je dávkován síran železitý pro srážení fosforu.

Odběry odpadní vody byly realizovány 18. 8. 2022 (bodový) a 31. 10. 2022 (2h slévaný).

OBR. 166 ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD V OBCI JEŽENÁ S DETAILEM NA AKTIVACI (VPRAVO)

Z endokrinních látek (EDs) byly potvrzeny ve vyčištěné odpadní vodě estron (E1) a 17β-estradiol (E2) v jednotkách $ng.l^{-1}$. Přítomnost 17α-ethynylestradiolu (EE2) nebyla potvrzena.

Obsah polycyklických aromatických uhlovodíků na odtoku z ČOV Ježená je na Obr. 167 vpravo. Koncentrace ze vzorkování jsou mírně vyšší, než v letním období (zahájení topné sezóny).



OBR. 167 OBSAH EDS LÁTEK A POLYCYKLICKÝCH AROMATICKÝCH UHLOVODÍKŮ Z ČOV JEŽENÁ

2.9 Vodárenská nádrž Mostiště – provedené činnosti a výsledky

Budování VN Mostiště bylo zahájeno v roce 1957. Původní záměr zbudovat vodní dílo za účelem snížení kulminace povodňových průtoků byl v souladu s novými společenskými potřebami doplněn o požadavek akumulace a dodávky vody pro úpravnu skupinového vodovodu Velké Meziříčí – Třebíč a nadlepšení průtoků v řece Oslavě pro provoz elektrárny v Oslavanech. Stavba přehrady byla dokončena v roce 1961 a do provozu byla uvedena o tři roky později. Celkový objem nádrže činí 11,937 mil. m^3, zásobní prostor činí 9,339 mil. m^3 [22]. Hlavním přítokem do nádrže je řeka Oslava.

Pasivní monitoring přítoků do VN byl zahájen 11. 4. 2022 první vzorkovací kampaní. Poslední 8. vzorkovací kampaň byla ukončena 8. 12. 2022. Expozice pasivních vzorkovačů činila 29 až 33 dní. Přehled vzorkovacích kampaní včetně druhů aplikovaných membrán pasivních vzorkovačů je uveden v následující Tabulce 25.

TABULKA 25 PŘEHLED VZORKOVACÍCH KAMPANÍ A DRUHŮ INSTALOVANÝCH MEMBRÁN

Kampaň	Expozice	Instalace	Deinstalace	Druhy aplikovaných membrán			
				SR	POCIS-hlb	POCIS-Gly	POCIS-EDC
1/22	dubnová	11. 4. 2022	11. 5. 2022	X	X	X	
2/22	květnová	11. 5. 2022	9. 6. 2022	X	X	X	X
3/22	červnová	9. 6. 2022	11. 7. 2022	X	X	X	
4/22	červencová	11. 7. 2022	10. 8. 2022	X	X	X	X
5/22	srpnová	10. 8. 2022	9. 9. 2022	X	X	X	
6/22	zářijová	9. 9. 2022	10. 10. 2022	X	X	X	X
7/22	říjnová	10. 10. 2022	10. 11. 2022	X	X	X	
8/22	listopadová	10. 11. 2022	8. 12. 2022	X	X	X	X

Přehled lokalit pasivního vzorkování je uveden v Tabulce 26. Oproti původnímu plánu byly pro pasivní vzorkování doplněny další dva pravostranné přítoky: bezejmenný potok, kterým je napájen rybník Prchal a potok Zátoky (pouze pro dynamiku koncentrace pesticidů). Říční kilometráž přítoků je počítána od středu VN.

TABULKA 26 LOKALIZACE PROFILŮ PRO PASIVNÍ VZORKOVÁNÍ V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ

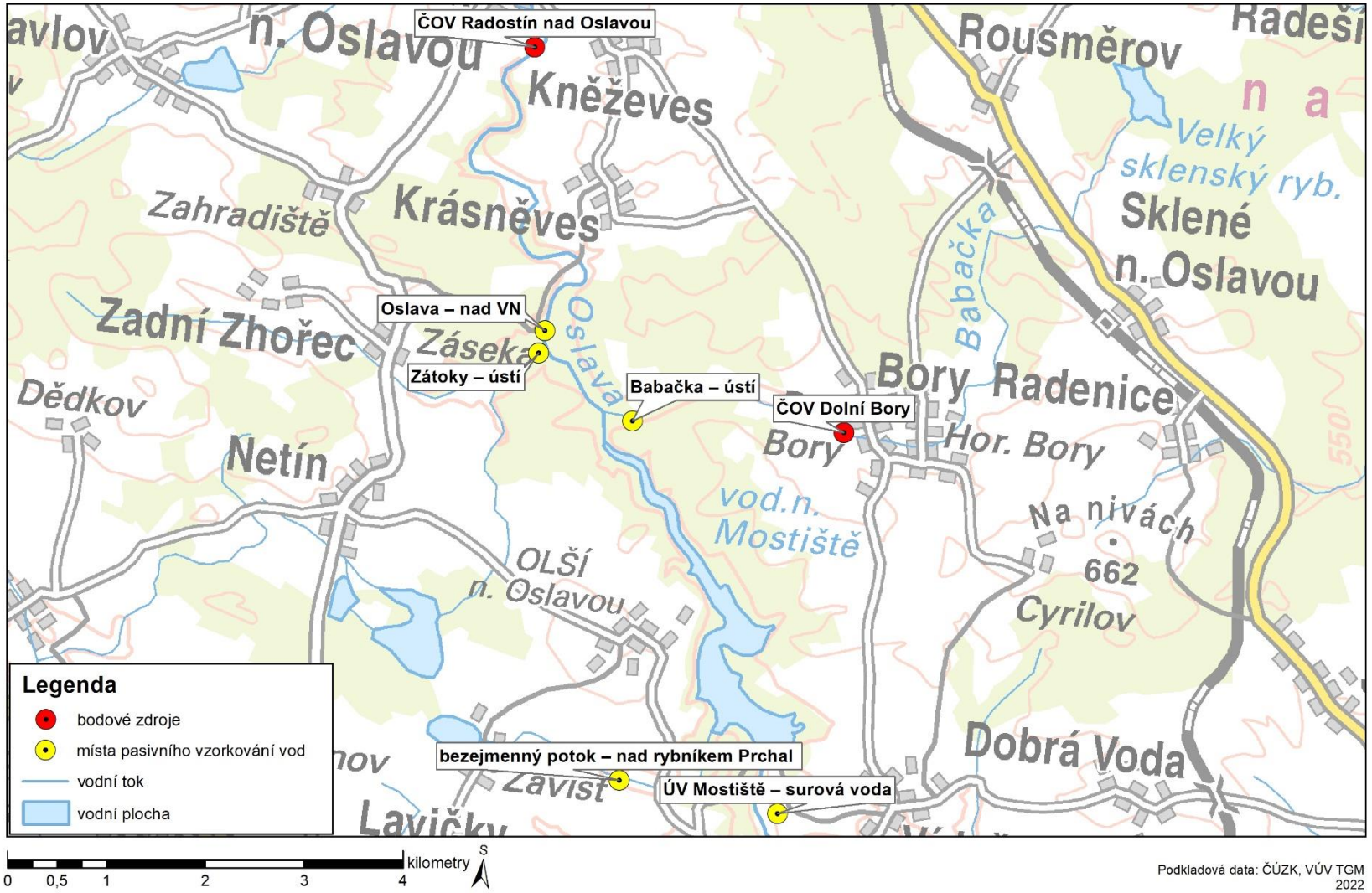
P. č.	Název profilu	VN	ř. km	OPVZ	Souřadnice WGS84
1	bezejmenný potok – nad rybníkem Prchal	Mostiště	1,7	II	N 49°23.43917', E 15°59.58402'
2	Zátoky – ústí	Mostiště	0,1	II	N 49°25.70468', E 15°58.49900'
3	Oslava – nad VN	Mostiště	71,85	II	N 49°25.83195', E 15°58.52862'
4	Babačka – ústí	Mostiště	0,3	II	N 49°25.39652', E 15°59.34745'
5	ÚV Mostiště – surová voda	Mostiště	-	-	N 49°23.35578', E 16°0.92942'

Z bodových zdrojů znečištění byly vzorkovány:

- ČOV Radostín nad Oslavou (N 49°27.36260', E 15°58.17150') s výpustí do Oslavy v ř. km 76,8.
- ČOV Dolní Bory (N 49°25.46657', E 16°1.1144') s výpustí do Babačky v ř. km 2,8.

Vzorkovací místa jsou pomocí SW ArcMap 10.8.1 zakreslena v mapě na Obr. 166.

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – vzorkovací a odběrová místa



OBR. 168 MÍSTA PASIVNÍHO VZORKOVÁNÍ A ODBĚRU ODPADNÍCH VOD V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ

OBR. 169 VODÁRENSKÁ NÁDRŽ MOSTIŠTĚ (POHLED OD HRÁZE)

Bezejmenný pravostranný přítok do VN Mostiště

Bezejmenný potok o délce 4 km pramení na okraji lesa s místním názvem Boroviny nad Závistským rybníkem. Po 1,4 km vtéká do rybníku Prchal, který se nachází cca 600m od vzdutí VN Mostiště. Pokud pomineme úzký pás lesního porostu kolem nádrže, po celé své délce z 95 % protéká potok zemědělsky obhospodařovanou krajinou (5 % tvoří louky). Z toho důvodu byl dodatečně vybrán pro pasivní vzorkování. Místo pasivního vzorkování bylo vybráno nad vtokem do rybníka Prchal.

OBR. 170 BEZEJMENNÝ POTOK NAD RYBNÍKEM PRCHAL (VLEVO) A UMÍSTĚNÍ VZORKOVAČŮ POCIS (VPRAVO)

Zátoky

Potok Zátoky o délce 6 km pramení na úpatí rybníka Křenčák, který ale odvádí vody Černochovským potokem mimo vodárenské povodí VN Mostiště. Zátoky v horní části svého povodí napájí několik rybníků kolem obce Netín (363 obyv.). V dolní části se do toku Zátoky vlévá Kříbský potok (o délce 4,5 km), na němž je situováno také několik rybníků.

OBR. 171 ÚSTECKÝ RYBNÍK NA TOKU ZÁTOKY

V dolní části těsně nad ústím do Oslavy je na potoce Zátoky Ústecký rybník (Obr. 171). Vzhledem k tomu, že vyústění z rybníka může být ovlivněno výškou hladiny řeky Oslavy, byly pasivní vzorkovače umístěny přímo do Ústeckého rybníka v blízkosti odtokového kanálu. Povodí Zátok je z cca 55 % tvořeno zemědělsky obhospodařovanými plochami. Lesní porosty, které jsou ale v posledních dvou letech intenzívně těženy z důvodu kůrovcové kalamity, tvoří asi 30 % plochy povodí. Zbytek připadá na louhy. Předmětem ověření byla zátěž toku přípravky na ochranu rostlin. Obec Netín nedisponuje čistírnou odpadních vod.

Oslava nad vodárenskou nádrží

Řeka Oslava je hlavním přítokem do vodárenské nádrže Mostiště. Pramení v CHKO Žďárské vrchy nad Matějovským a Veselským rybníkem v nadmořské výšce 570 m. Po vzdutí VN Mostiště má délku necelých 30 km. Přibližně 50 % plochy povodí tvoří zemědělsky obdělávané pozemky. Lidská sídla mají vesnický charakter. K největším patří obce Nové Veselí na samém horním toku Oslavy (1 352 obyv.), Ostroj nad Oslavou 12 km nad VN Mostiště (965 obyv,) a Radostín nad Oslavou 7 km nad VN Mostiště (926 obyv.). Profil pro pasivní vzorkování byl vybrán nad zaústěním přítoků Oslavy: Zátoky a Babačka, 1,8 km nad vzdutím do vodárenské nádrže (Obr. 172). Všechny evidované zdroje znečištění v povodí mají komunální charakter.

OBR. 172 OSLAVA NAD VODÁRENSKOU NÁDRŽÍ MOSTIŠTĚ

Babačka-ústí

Babačka je levostranným přítokem do Oslavy těsně nad vzdutím VN Mostiště. Pramení nad Velkým sklenským rybníkem u obce Rousměrov (106 obyv.) 10,2 km od ústí do Oslavy. V horní části povodí je několik rybníků., obce Sklené nad Oslavou (242 obyv.) a Bory, která je čtvrtou největší obcí v povodí vodárenské nádrže (764 obyv.). Kolem 50 až 60 % plochy povodí Babačky tvoří zemědělská půda. Na východní straně obce Bory se nachází kamenolom COLAS CZ, vypouštějící důlní vody v objemu 41 tis. $m^3.r^{-1}$ (2021).

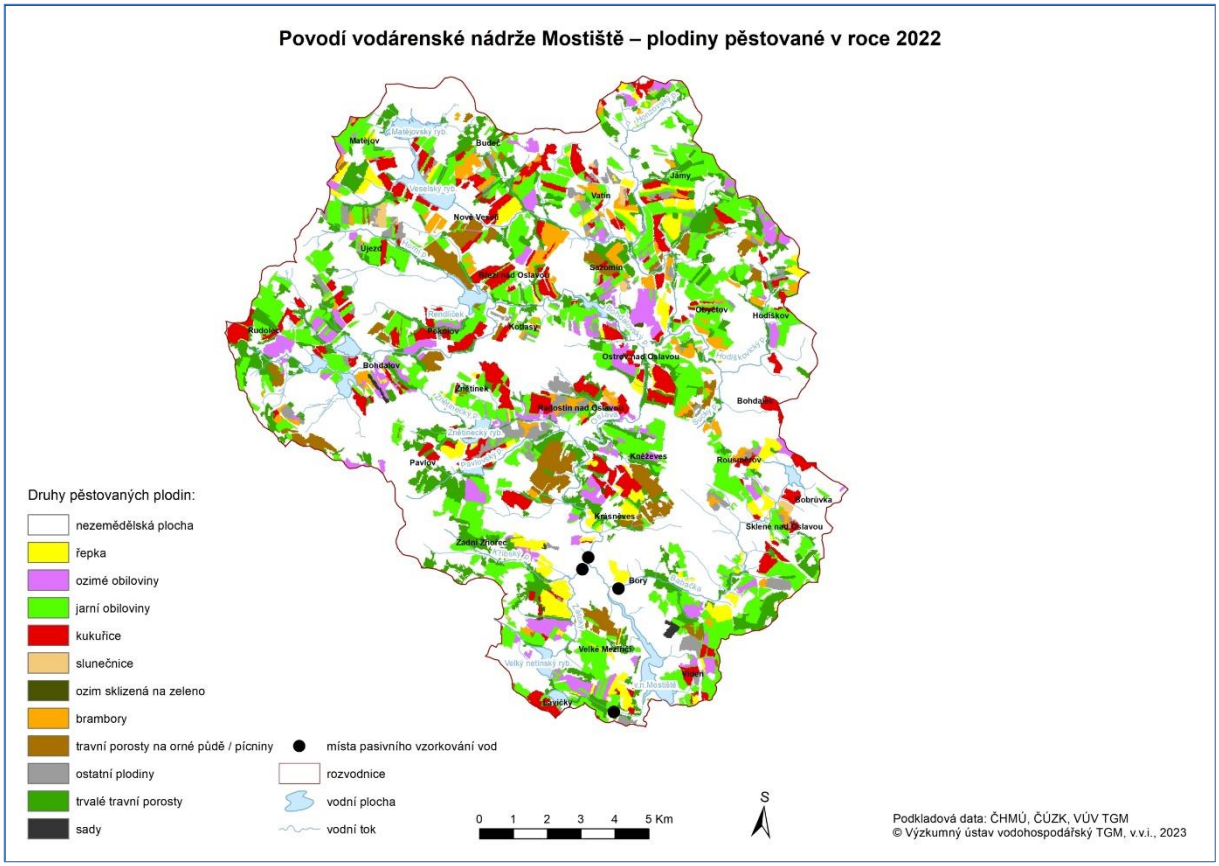
V dolní části povodí Babačky probíhala v 2. polovině doby pasivního vzorkování vod intenzívní těžba kůrovcem napadených smrkových porostů (Obr. 173). Z toho důvodu muselo být místo pro pasivní vzorkovače přeneseno o cca 150 výše.

OBR. 173 BABAČKA-ÚSTÍ S PASIVNÍMI VZORKOVAČI PŘED TĚŽBOU DŘEVA (VLEVO) A PO TĚŽBĚ (VPRAVO)

ÚV Mostiště

V úpravně vody Mostiště bylo technicky možné napojení na vstup surové vody do úpravny. Pasivní vzorkovače byly umístěny do upravené nerezové nádoby se zajištěním stálého průtoku (Obr. 174).

OBR. 174 ÚV MOSTIŠTĚ-SUROVÁ VODA S PASIVNÍMI VZORKOVAČI (VLEVO) A NAPOJENÍ PRŮTOKU (VPRAVO)



OBR. 175 DRUHY PĚSTOVANÝCH PLODIN V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V ROCE 2022 (ZDROJ: ČHMÚ)

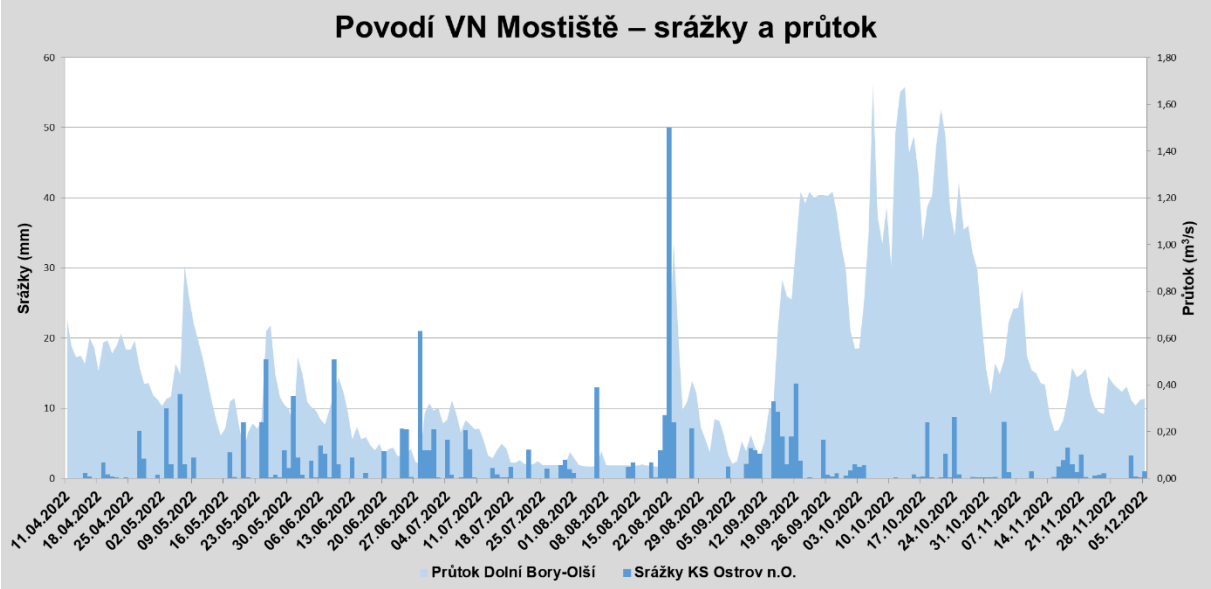
Informace o druhu pěstovaných plodin a rozloze v zájmových povodích vznikla klasifikací multitemporálních snímků dálkového průzkumu Země (DPZ). Jejich zastoupení v povodí VN Mostiště dokumentuje Tabulka 27 a Obr. 175. Převažuje nezemědělské využití a trvalé travní porosty. Z plodin jsou nejvíce zastoupeny obiloviny a kukuřice, méně pak řepka, pícniny a brambory. Intenzívní zemědělská činnost probíhá prakticky v celém povodí VN Mostoště.

TABULKA 27 ZASTOUPENÍ PĚSTOVANÝCH PLODIN V POVODÍ VN HUBENOV V ROCE 2022 DLE DPZ

Způsob využití území	[m^2]	[%]	Způsob využití území	[m^2]	[%]
nezemědělská plocha	118394375	53,3	ozim sklizená na zeleno	165000	0,1
řepka	6963125	3,1	brambory	5336875	2,4
ozimé obiloviny	8813125	4,0	travní porosty na orné pudě/pícniny	7420625	3,3
jarní obiloviny	33181250	14,9	ostatní plochy	5118750	2,3
kukuřice	13966875	6,3	trvalé travní porosty	21679375	9,8
slunečnice	926250	0,4	sady	230625	0,1

Záznam hydrologických a klimatologických dat

Po celou dobu pasivního vzorkování byla zaznamenávána hydrologická data v hodinovém kroku od 11. 4. 2022 do 5. 12. 2022 z limnigrafické stanice ČHMÚ Dolní Bory-Olší pod ústím Babačky do Oslavy a nad vodárenskou nádrží [23]. Po tuto dobu byly v denním kroku zaznamenávány také srážkové úhrny ze stanice KS Ostrov nad Olší [17]. Data o průtoku a srážkách byla zpracována do grafu (Obr. 176).



OBR. 176 SRÁŽKY Z KS OSTROV N. O. A PRŮTOK V OSLAVĚ NAD VN MOSTIŠTĚ V OBDOBÍ 11. 4. AŽ 5. 12. 2022

První významnější srážky mající vliv na průtok v Oslavě nastaly 3. a 6. 5. 2022 (10+12 mm). Další podobné srážko-odtokové poměry nastaly 25. 5. (17 mm), 31. 5. (11,7 mm), 9. 6. (17 mm) a 28. 6. (21 mm). Srážkově a průtokově nejexponovanější událost v roce 2022 nastala 22. 8., kdy napršelo v úhrnu 50 mm srážek, v období čtyř po sobě následujících dní 20. až 23. 8. to bylo celkem 71 mm srážek.

Na srážky byl v oblasti bohatý i měsíc září, kdy v období 8. až 20. 9. 2022 při trvalejších méně intenzívních deštích napršelo 64,4 mm srážek. Od této doby do konce října a částečně i v první dekádě listopadu 2022 byly v Oslavě zaznamenány nejvyšší průtoky od dubna 2022, které ale z větší části nebyly vázány na srážky. Příčinou byla manipulace na četných chovných rybnících v regionu (výlovy).

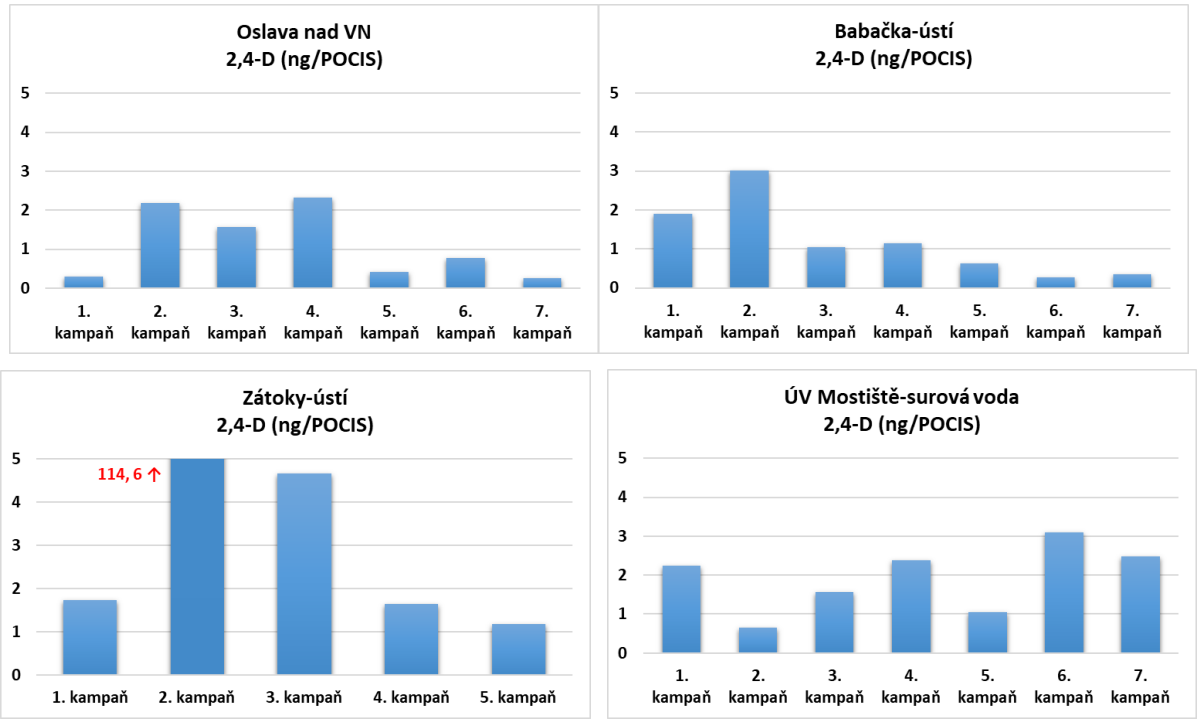
Výsledky analýz extraktů z pasivních vzorkovačů a povrchových vod – pesticidy

Jsou prezentovány výsledky z 8 vzorkovacích kampaní, které na sebe navzájem navazovaly. Na hlavním přítoku do VN Mostiště a na ÚV Mostiště byly během každé kampaně odebírány bodové vzorky povrchové vody a surové vody. Graficky jsou ve zprávě prezentovány nejvýznamnější výsledky.

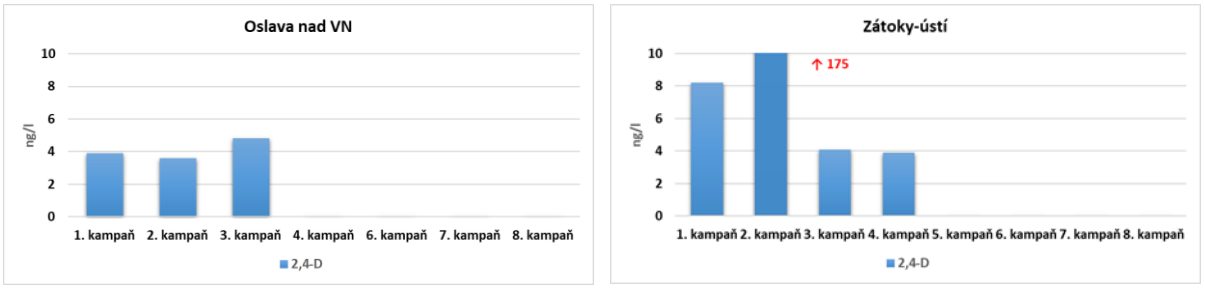
2,4-D

Chlororganický selektivní herbicid kyselina dichlorfenoxyoctová (2,4-D) je aplikován na obiloviny a kukuřici. Spotřeba této účinné látky byla v okrese Žďár nad Sázavou 325 kg/rok 2021 a 284 kg/rok 2020. Částečně to potvrzují i dosažené výsledky. Dynamika koncentrací v Babačce, bezejmenném toku nad rybníkem Prchal a v Zátokách byla shodná. K vzestupu došlo v 2. květnové vzorkovací kampani. V Zátokách byl přitom velmi významný (Obr. 177). Příčinou může být smyv po aplikaci v deštivých květnových dnech. Naopak významná srpnová srážko-odtoková epizoda zůstala bez odezvy. 2,4-D působí jako růstový herbicid na rostliny v počátečním růstu. Jeho účinnost je podporována vyšší teplotou a slunečním zářením.

V povrchové vodě byl 2,4-D potvrzen jen ojediněle v nízkých koncentracích jednotek ng.l^{-1}. Shodná dynamika koncentrací jako u pasivního vzorkování byla potvrzena v toku Zátoky (Obr. 178).



OBR. 177 KONCENTRACE 2,4-D V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

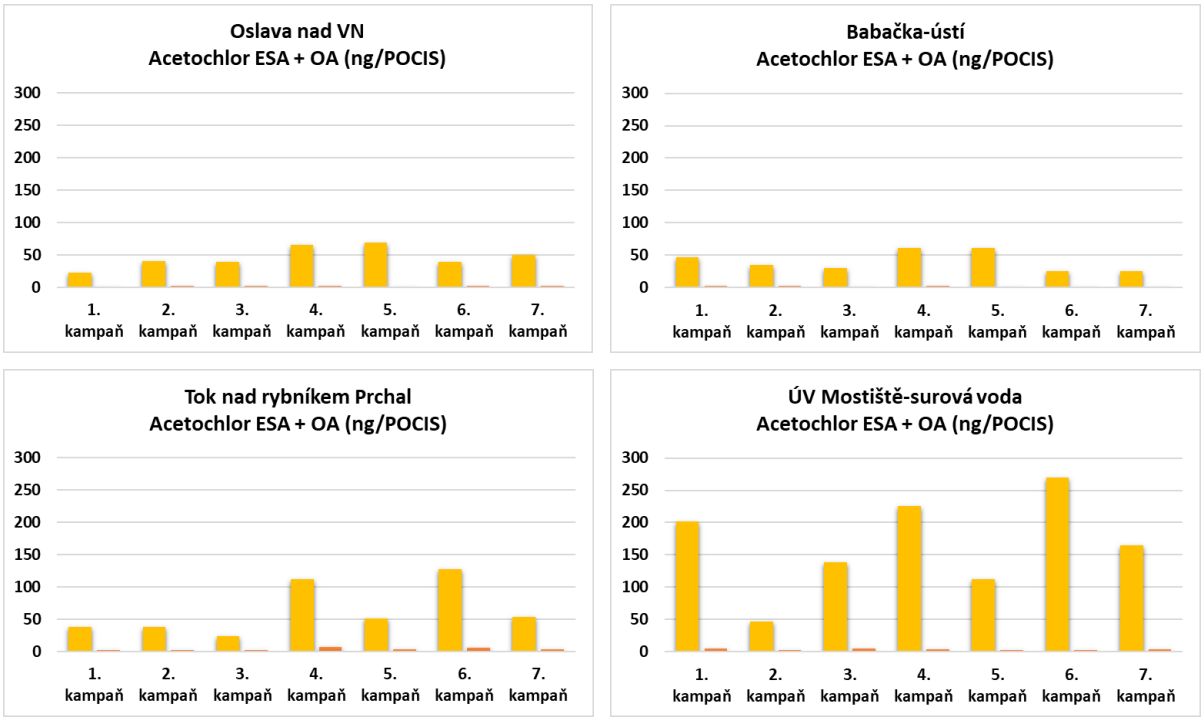


OBR. 178 KONCENTRACE 2,4-D V POVRCHOVÉ VODĚ V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

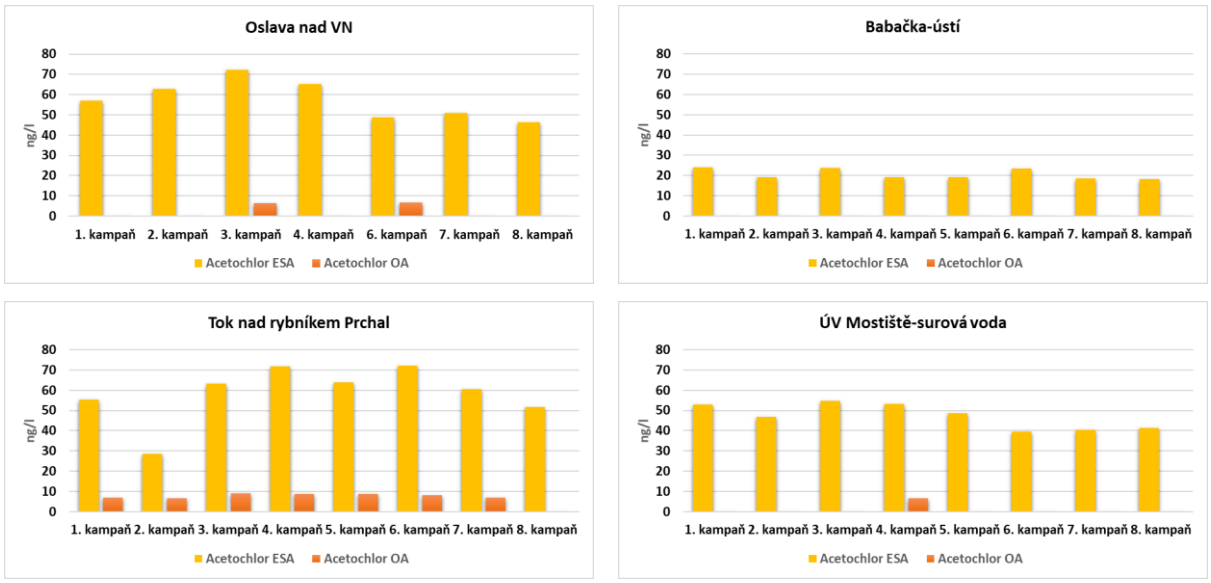
Acetochlor

Herbicid acetochlor byl v Evropské unii zakázán v roce 2012 z důvodu podezření na jeho karcinogenní účinky. Jeho metabolity ESA a OA se v životním prostředí ale nadále vyskytují. Ve vysokém množství byl potvrzen metabolit acetochlor ESA. Na přítocích byla nejvyšší koncentrace zaznamenána v bezejmenném potoce ústícím do rybníka Prchal s dvěma píky koncentrací (4. a 6. vzorkovací kampaň) (Obr. 179). První vzestup koncentrace může souviset se srážkovou událostí 6. 8., kdy v oblasti podle stanice Ostrov nad Oslavou napršelo 13 mm. Další vzestup v 6. vzorkovací kampani může mít příčinu ve srážkově bohatém měsíci září. Bylo ověřeno, že vypouštění Závistského rybníka v roce 2022 nebylo realizováno. Naopak chybí „reakce“ na nejvýznamnější srážko-odtokovou situaci v povodí, která nastala 22. 8. 2022. Není vyloučen lokální charakter srážky.

V Babačce a Oslavě nad VN byla variabilita koncentrací ve vzorkovacích kampaních méně významná. To však neplatí pro obsah acetochloru ESA v surové vodě, kde souvisí s cirkulací vody v nádrži a trvalým odběrem surové vody z nádrže 3. nejspodnějším odběrovým oknem. Na rozdíl od dynamiky v povodí VN Hubenov se neprojevila zvýšená koncentrace acetochloru ESA na podzim v době vypouštění chovných rybníků. Metabolity acetochloru byly potvrzeny i bodovými odběry povrchové vody před každou vzorkovací kampaní pasivními vzorkovači (Obr. 180). Nejnižší zatížení vykazuje povodí Babačky.



OBR. 179 KONCENTRACE METABOLITŮ ACETOCHLORU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022



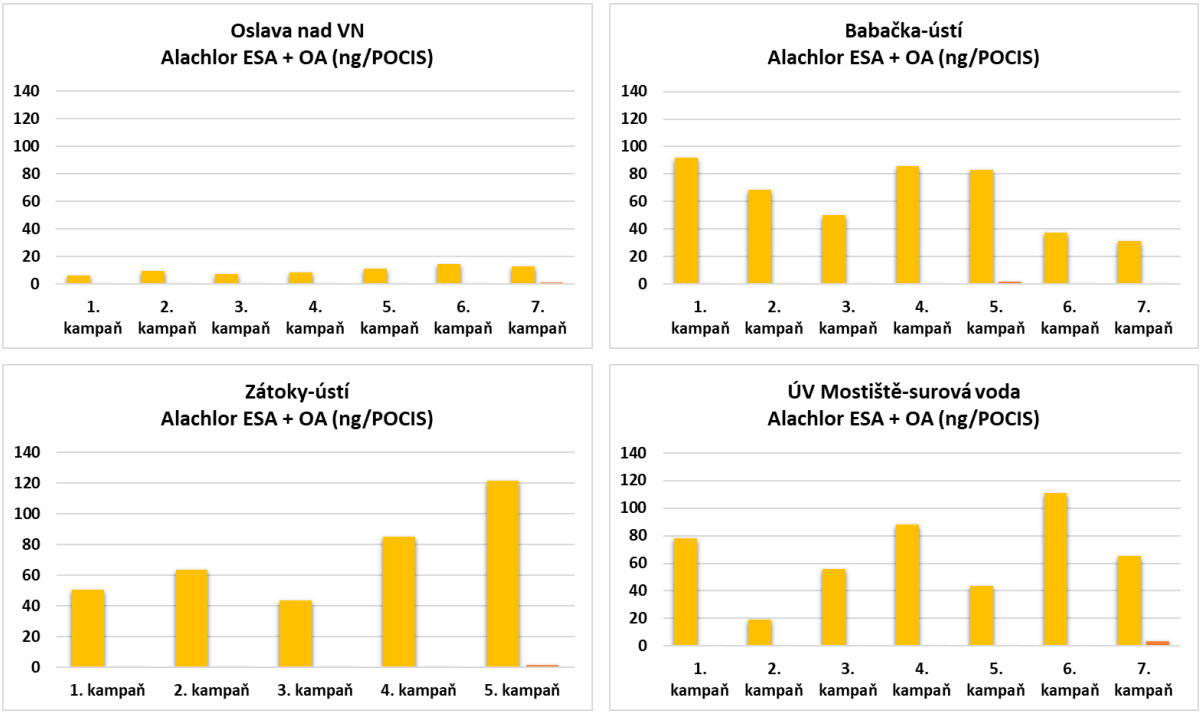
OBR. 180 KONCENTRACE METABOLITŮ ACETOCHLORU V POVRCHOVÉ VODĚ V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Alachlor

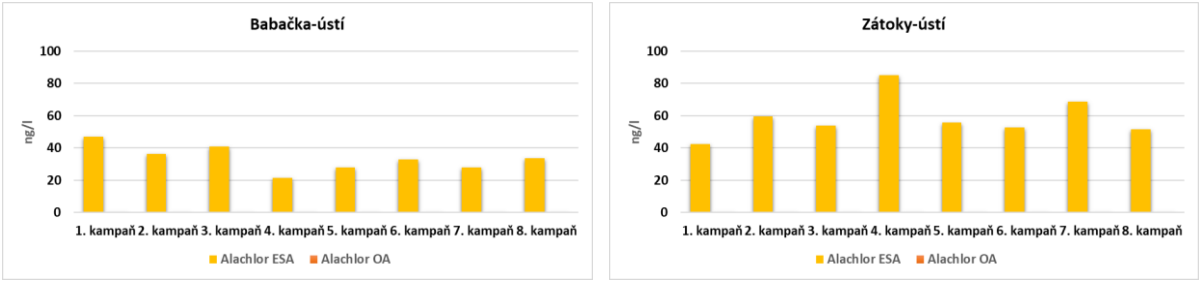
Aplikace rostlino-lékařských přípravků s obsahem alachloru jako účinné látky bylo povoleno do roku 2008. Obdobně jako v případě acetochloru se ve vodním prostředí nachází především metabolit ESA této látky. Zátěž povrchových vod je i přes 15letý zákaz používání alachloru v některých částech vodárenského povodí vysoká. Ve vysokém množství byl metabolit ESA potvrzen v Babačce a v Zátokách (Obr. 181). Pasivní vzorkování v Zátokách končí 5. kampaní, protože během 6. kampaně došlo k vypuštění rybníka a znehodnocení vzorkovače. Povrchová voda byla dále odebírána z toku vinoucího se prostředkem rybníka, nebylo však k dispozici

vhodné místo pro pasivní vzorkovač. V surové vodě je obsah alachloru ESA v pasivních vzorkovačích rozkolísaný a pravděpodobně souvisí s cirkulací vody v nádrži.

Výsledky analýz povrchové vody potvrdily vysokou zátěž metabolitem ESA v Babačce a v Zátokách (Obr. 182). Koncentrace alachloru ESA v Oslavě se po celou dobu vzorkování pohybovala v rozmezí 10 až 20 ng.l^{-1}, v surové vodě v rozmezí 17 až 22 ng.l^{-1}. Metabolit alachloru OA nebyl detekován.



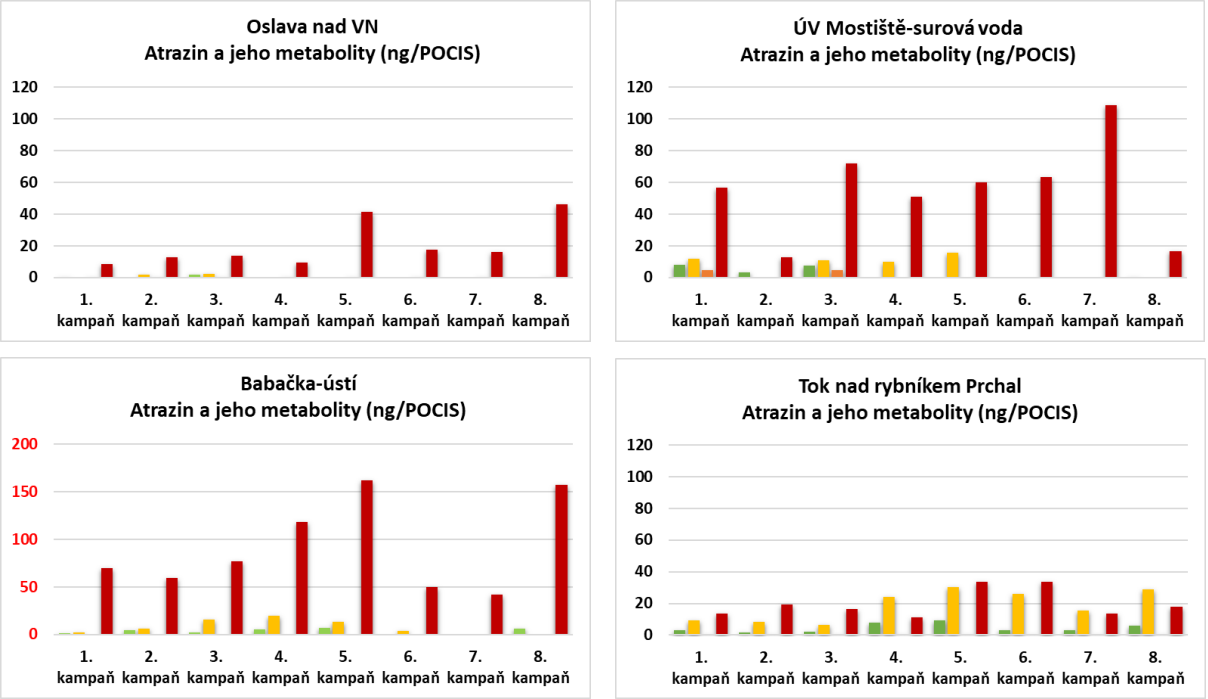
OBR. 181 KONCENTRACE METABOLITŮ ALACHLORU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022



OBR. 182 KONCENTRACE METABOLITŮ ACETOCHLORU V POVRCHOVÉ VODĚ V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Atrazin

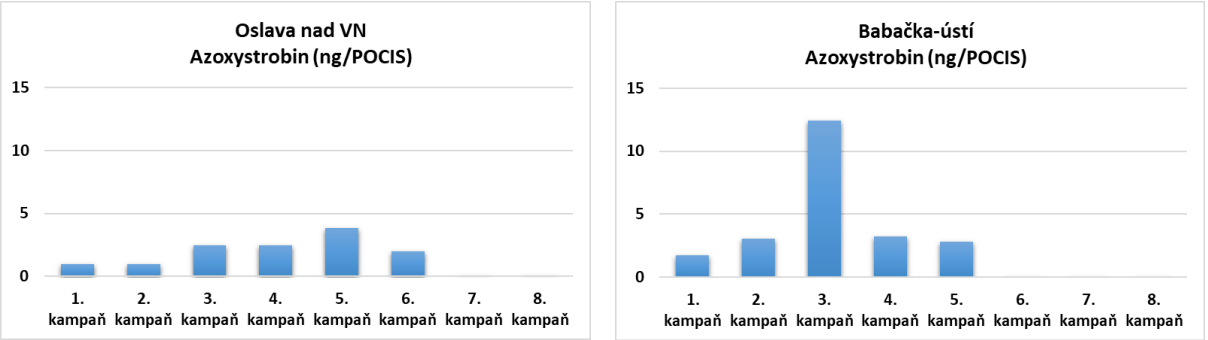
Použití triazinového herbicidu atrazin k hubení dvouděložných plevelů je v Evropské unii od roku 2005 zakázáno. Přesto byly jeho metabolity atrazin-desethyl (D) a atrazin-2-hydroxy (2H) v přítocích do VN Hubenov potvrzeny ve významném množství. To svědčí o jeho hojném použití v minulosti. Dominantní jsou koncentrace metabolitu atrazin-2-hydroxy. Obsah v surové vodě je několikanásobně vyšší, než v hlavním přítoku do nádrže Oslavě (vzorkována nad ústím Babačky). Dominantním zdrojem vnosu do VN Mostiště je levostranný přítok Babačka (Obr. 183). Atrazin se v půdě váže na pevné částice a je relativně perzistentní. V Babačce a pravostranném přítoku od rybníku Prchal byla dokonce potvrzena i mateřská látka. Tím se dostává i do surové vody.



OBR. 183 KONCENTRACE ATRAZINU A JEHO METABOLITŮ V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Azoxystrobin

Fungicid azoxystrobin je používán na širokou škálu plodin včetně zeleniny a brambor. Za účelem ochrany vodních organismů je vyloučeno použití přípravků s touto účinnou látkou na pozemcích svažujících se k povrchovým vodám. Ochranný vegetační pás při aplikaci na vybrané druhy zeleniny musí činit až 15 metrů. Obsahy v přítocích do VN a v surové vodě (ÚV Mostiště) byly nízké do 7 ng/POCIS. Koncentrační pík se projevil v 3. červnové vzorkovací kampani na Babačce (Obr. 184) kde Může souviset s dvěma významnými srážko-odtokovými událostmi 9. a 28. 6. 2022.



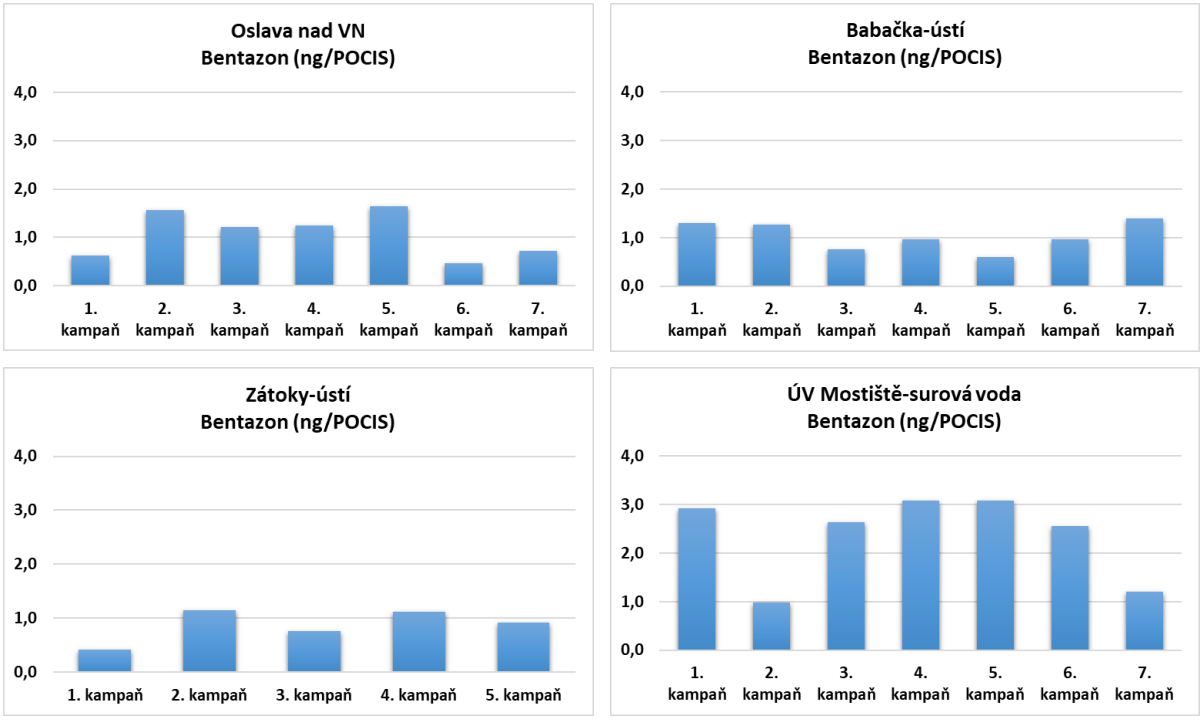
OBR. 184 KONCENTRACE AZOXYSTROBINU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Bentazon

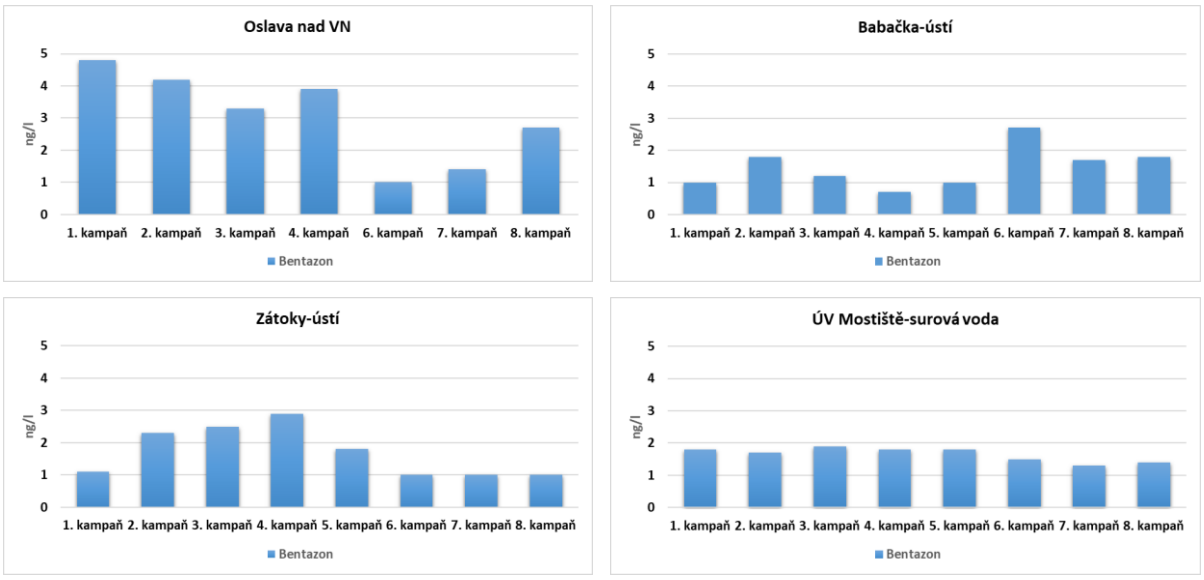
Bentazon se používá na ošetření obilnin, luskovin, brambor, pícnin, v menší míře olejnin. Jeho koncentrace v sledovaných profilech pasivního vzorkování nad VN Mostiště byly velice nízké kolem 1 ng/POCIS, nejvíce v surové vodě do 3 ng/POCIS bez zjevné dynamiky koncentrací (Obr. 185).

V povrchové vodě, odebrané bodově na počátku každé vzorkovací kampaně, byly prokázány pozitivní nálezy bentazonu ve všech sledovaných profilech vyjma bezejmenného potoka nad rybníkem Prchal, a to v množství do 5 ng.l^{-1} (Obr. 186).

Bentazon byl dle evidence ÚKZÚS v okrese Žďár nad Sázavou, kam vodárenské povodí spadá, aplikován (převážně na pícniny) v malém množství 101 kg/rok 2021 a 96 kg/rok 2020.



OBR. 185 KONCENTRACE BENTAZONU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022



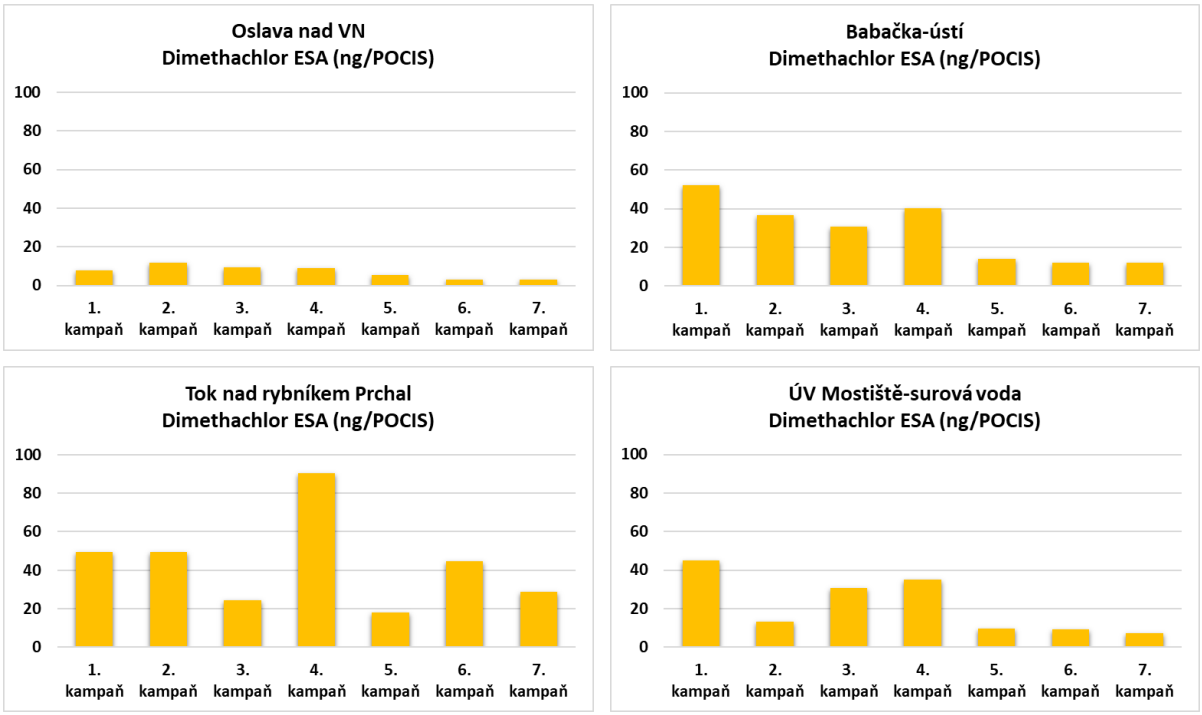
OBR. 186 KONCENTRACE BENTAZONU V POVRCHOVÉ VODĚ V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Dimethachlor

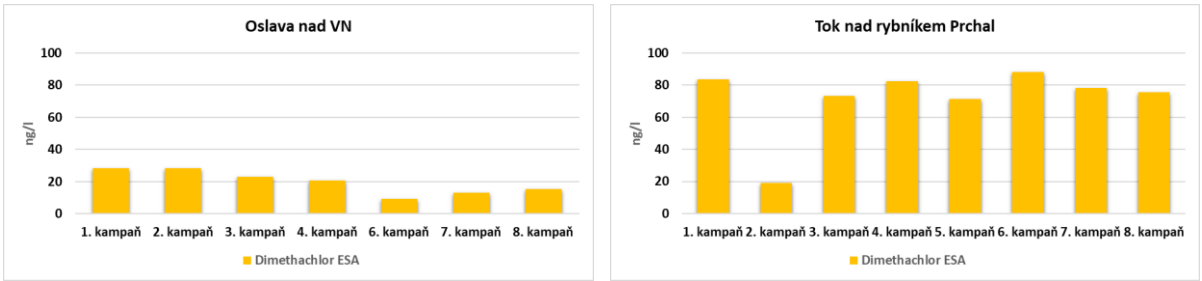
Spotřeba rostlino-lékařských přípravků s dimethachlorem jako účinnou látkou je podle evidence ÚKZÚZ v zájmové oblasti nízká. V okrese Žďár nad Sázavou činila 100 kg v roce 2021 a 113 kg v roce 2020. Dimethachlor je aplikován na olejniny. Koncentrace v pasivních

vzorkovačích byla v Oslavě nad VN Mostiště nízká po celou dobu vegetační sezóny. Vyšší zátěž byla potvrzena v Babačce v jarních měsících až do poloviny léta (Obr. 187). Srovnatelnou zátěž s jinou dynamikou koncentrací vykazoval bezejmenný tok nad rybníkem Prchal. Ve vedlejším povodí toku Zátoky byla koncentrace dimethachloru ESA nízká, bez koncentračních výkyvů na úrovni koncentrací v Oslavě nad VN. Koncentrační úrovně v surové vodě korelují s koncentracemi zjištěnými v Babačce a částečně i Oslavě.

Koncentrace dimethachloru ESA v bodových vzorcích povrchové vody byla poměrně stabilní kolem hodnoty 20 ng.l^{-1} (Oslava, surová voda) a 25 ng.l^{-1} (Babačka) po celou dobu vegetační sezóny. Vysoké zatížení tímto metabolitem vykazoval bezejmenný tok nad rybníkem Prchal (Obr. 188).



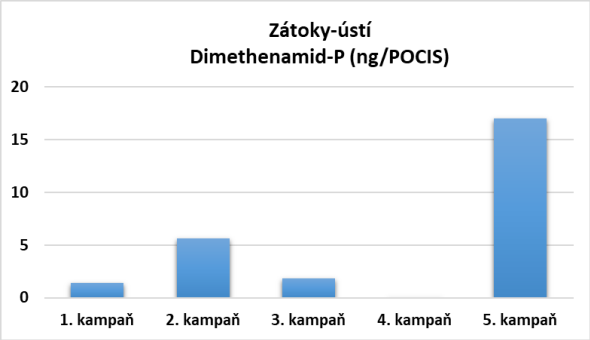
OBR. 187 KONCENTRACE DIMETHACHLORU ESA V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

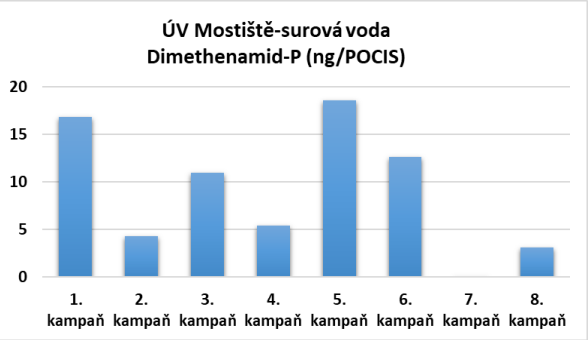


OBR. 188 KONCENTRACE DIMETHACHLORU ESA V POVRCHOVÉ VODĚ V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Dimethenamid-P

Dimethenamid-P je v kombinaci s dalšími přípravky na ochranu rostlin používán na kukuřici a řepku. Hlavním zdrojem znečištění tímto pesticidem byl tok Zátoky. (Obr. 189) V ostatních přítocích byly nálezy ojedinělé v nízké koncentraci, v Babačce v jarních vzorkovacích kampaních do 11 ng/POCIS. V surové vodě se do 6. zářiové vzorkovací kampaně vyskytoval trvale v rozmezí 4 až 19 ng/POCIS.

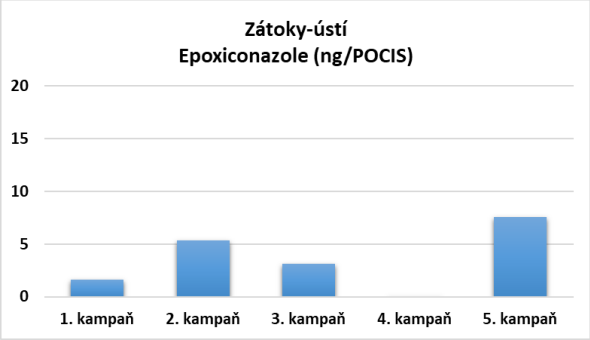


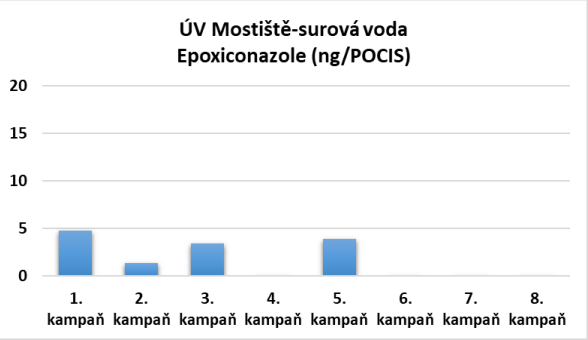


OBR. 189 KONCENTRACE DIMETHENAMIDU-P V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Epoxiconazole

Fungicid epoxiconasole je v kombinaci s dalšími prostředky na ochranu rostlin používán především na pšenici, dále na cukrovku a krmnou řepu. Relevantní byly jeho nálezy v toku Zátoky a v jarních vzorkovacích kampaních v Babačce v jednotkách ng/POCIS s obdobnou dynamikou koncentrací, jako u dimethenamidu-P. Výskyt v surové vodě nebyl tak masivní, jako v případě dimethenamidu-P. (Obr. 190)



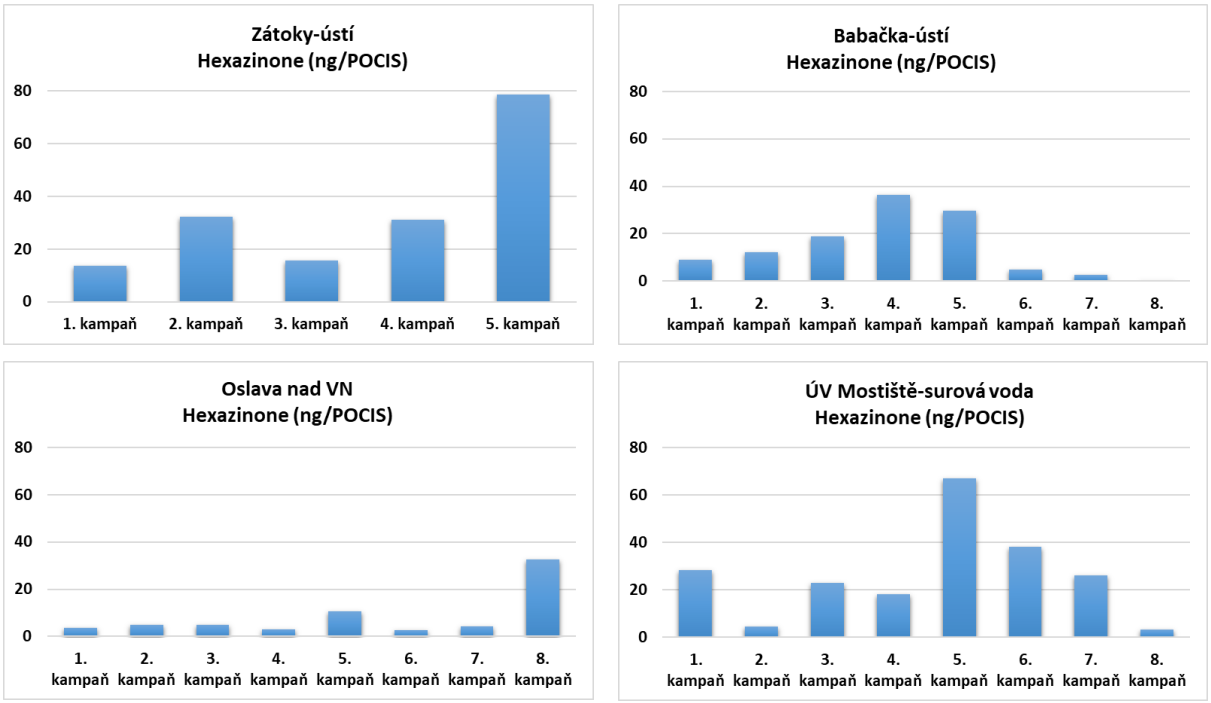


OBR. 190 KONCENTRACE EPOXICONAZOLE V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Hexazinon

Použití triazinového širokospektrálního herbicidu hexazinonu je v EU od r. 2008 zakázáno. Používal se hojně nejen v zemědělství, ale i v lesnictví. Přítomnost v povodí VN Mostiště byla potvrzena ve významné koncentraci. Nejvyšší nálezy byly zaznamenány v toku Zátoky, a to až 79 ng/POCIS. Obsah hexazinonu v pasivních vzorkovačích postupně narůstal až do 5. srpnové vzorkovací kampaně (Obr. 191). Je možná souvislost s významnou srážko-odtokovou událostí, která proběhla 22. 8., kdy v úhrnu napršelo 50 mm srážek. V přítoku od rybníku Prchal byl hexazinon přítomen v malých koncentracích do 7 ng/POCIS v 8. vzorkovací kampani. V Oslavě byl obsah hexazinonu nízký, k vzestupu došlo až v 8. listopadové vzorkovací kampani. Může souviset s podzimním vypouštěním rybníků.

V surové vodě bylo maximum zaznamenáno v 5. srpnové vzorkovací kampani.



OBR. 191 KONCENTRACE HEXAZINONU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

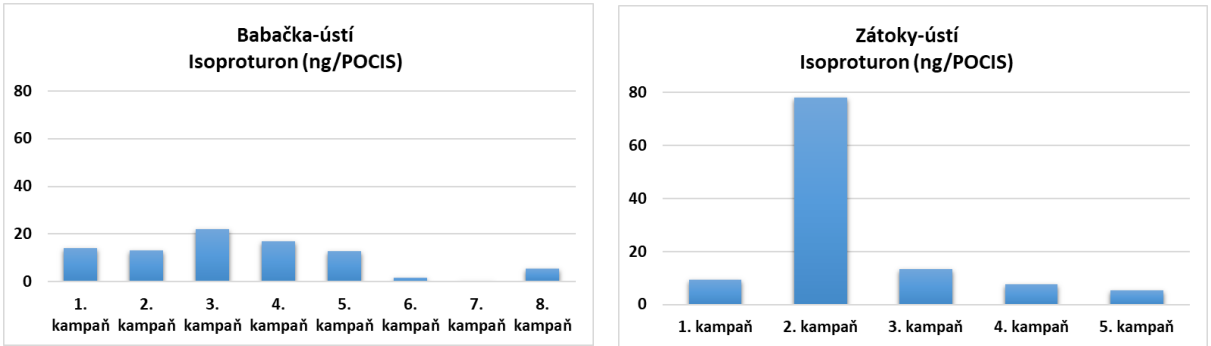
Chlorotoluron

Je používán v kombinaci na obilniny. Potvrzen v Babačce v 1. a 2. vzorkovací kampani do 15 ng/POCIS, v přítoku od rybníku Prchal rovněž jen 1. dubnové vzorkovací kampani (2 ng/POCIS). V surové vodě v počátečních vzorkovacích kampaních do 5 ng/POCIS.

Isoproturon

Z důvodu vysoké toxicity pro vodní organismy a nepříznivých účinků na endokrinní systém je jeho použití od roku 2009 zakázáno. [24] V minulosti byl aplikován na obiloviny. V povodí VN Mostiště byly pozitivní nálezy potvrzeny v Babačce a především v toku Zátoky v květnové vzorkovací kampani (Obr. 192). Koncentrační pík může souviset s významnými srážko-odtokovými událostmi, které nastaly 25. 5. (17 mm) a 31. 5. (11,7 mm). V Oslavě detekován ve dvou vzorkovacích kampaních ve velmi malém množství do 1,1 ng/POCIS.

V surové vodě (ÚV Mostiště) se jeho koncentrace v pasivních vzorkovačích pohybovala do 5 ng/POCIS.

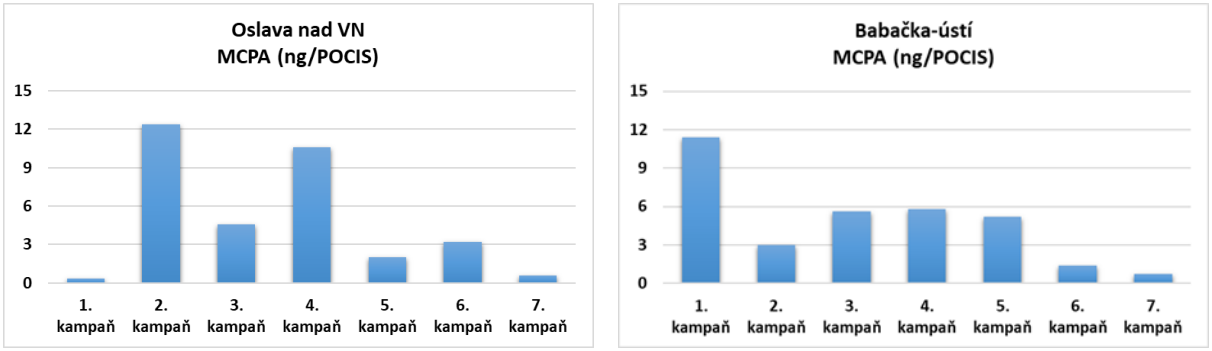


OBR. 192 KONCENTRACE ISOPROTURONU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

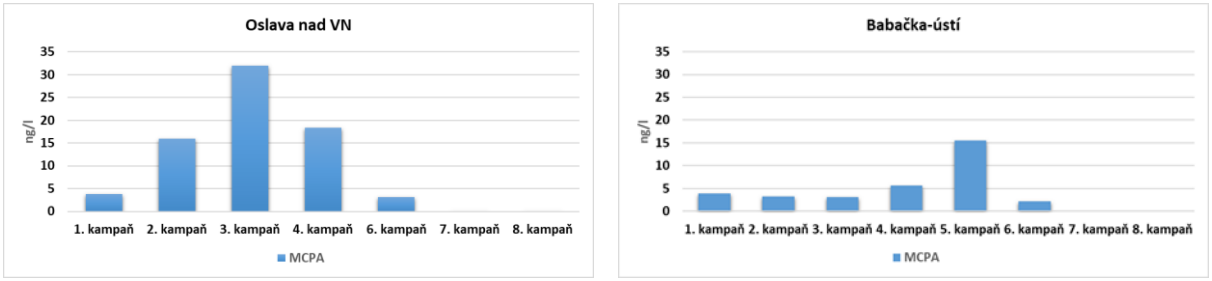
MCPA

Herbicid kyselina 4-chloro-o-tolyloxyoctová (MCPA) se používá na obilniny a pícniny. Spotřeba MCPA dle evidence ÚKZÚS v okrese Žďár nad Sázavou činila 263 kg/rok 2021 a 330 kg/rok 2020. Jeho výskyt v povodí VN Mostiště byl v pasivních vzorkovačích potvrzen jen v Oslavě a Babačce v nízkých koncentracích (Obr. 193). V Babačce v 1. dubnové vzorkovací kampani, v Oslavě se zpožděním od 2. květnové vzorkovací kampaně. Koncentrační zvýšení v Oslavě ve 4. vzorkovací kampani může souviset s povolenou aplikací účinné látky MCPA na vzešlé plevele po seči (např. proti bojínku lučnímu).

V surové vodě (ÚV Mostiště) se koncentrace po celou dobu vegetační sezóny pohybovala setrvale v intervalu 1,3 až 4,6 ng.l^{-1} bez zjevné sezónní dynamiky. Z bodových vzorků povrchové vody je zajímavá pouze „střechovitá“ dynamika koncentrací MCPA v řece Oslavě (Obr. 194).



OBR. 193 KONCENTRACE MCPA V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022



OBR. 194 KONCENTRACE MCPA V POVRCHOVÉ VODĚ V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Metazachlor

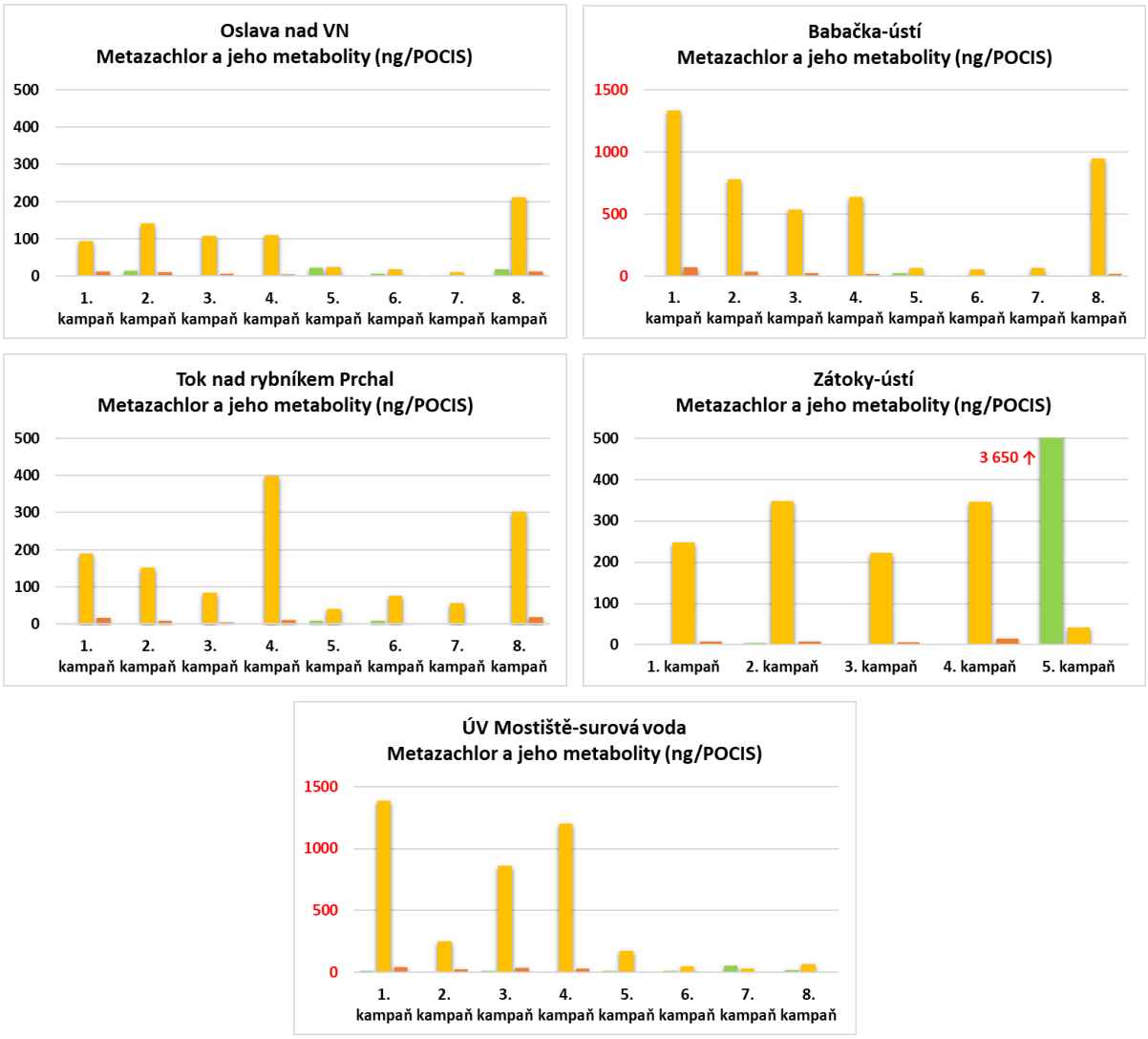
Tento chloracetanilidový herbicid je velmi hojně používaný pro ošetření olejnin, méně často zeleniny. Jeho spotřeba dle evidence ÚKZÚZ v okrese Žďár nad Sázavou činila 1 786 kg/rok 2021 a 1 649 kg/rok 2020. Metazachlor je v prostředí poměrně rychle transformován (6 až 27 dní). [25] Potvrzen byl téměř výhradně metazachlor ESA, a to ve vysokých koncentracích. Nejvyšší koncentrace byly zjištěny v Babačce s maximem v 1. dubnové vzorkovací kampani s postupným snížením do 4. červencové vzorkovací kampaně (Obr. 195). Olejniny byly v roce 2022 pěstovány v dolní části povodí Babačky pod obcí Bory (Obr. 196). Po skončení vegetačního období olejnin se koncentrace metazachloru ESA v toku výrazně snížily. V 8. listopadové vzorkovací kampani ale došlo v profilech sledování k opětovnému nárůstu. Proč tomu tak je, se nepodařilo zjistit (podzimní vypouštění rybníků nastalo během října).

Významné zastoupení metazachloru ESA bylo potvrzeno také v toku Zátoky (poslední tři vzorkovací kampaně nebyly realizovány kvůli vypuštění Ústeckého rybníka). V 5. srpnové vzorkovací kampani byl ve značném množství zachycen metazachlor, který se „nestihl“ transformovat na metabolit ESA. Metazachlor je používán na ozimou řepku olejku, která bývá

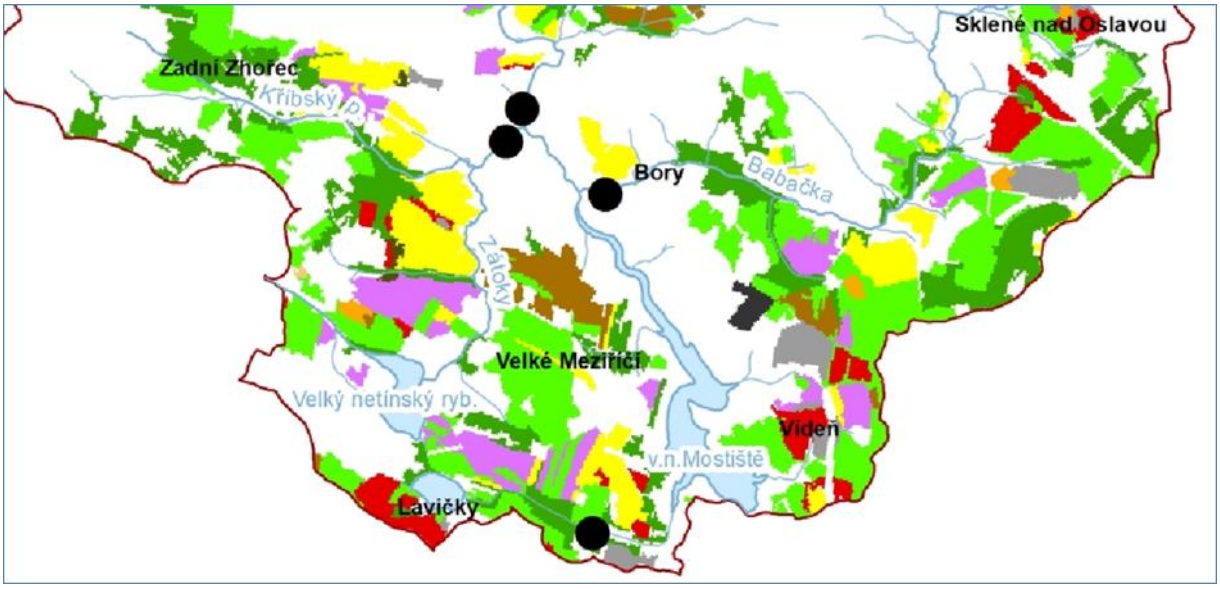
zasévána v období od druhé dekády srpna do září a slouží k omezení výparu a působení vodní a větrné eroze. Patrně po čerstvé aplikaci přípravku na ochranu rostlin s obsahem metazachloru došlo přívalovou srážkou 22. 8. 2022 ke smyvu prostředku do povrchových vod a do Ústeckého rybníka, kde byly umístěny pasivní vzorkovače.

Obsah metazachloru ESA v Oslavě nad VN Mostiště byl nižší, nicméně také významný. Vzestup jeho koncentrace v 8. listopadové vzorkovací kampani může ještě souviset s vypouštěním rybníků výše po toku. Překvapivý je nárůst koncentrace metabolitu ESA ve 4. červencové kampani. Během této kampaně došlo ke sklizni na přilehlých pozemcích a obnažení půdní vrstvy. Jediná významná srážka v této kampani nastala 6. 8. (konec 4. kampaně 10. 8.).

V surové vodě se vysoké koncentrace metazachloru ESA projevovaly do 4. červencové vzorkovací kampaně, tedy nejen v době jarní cirkulace v nádrži.



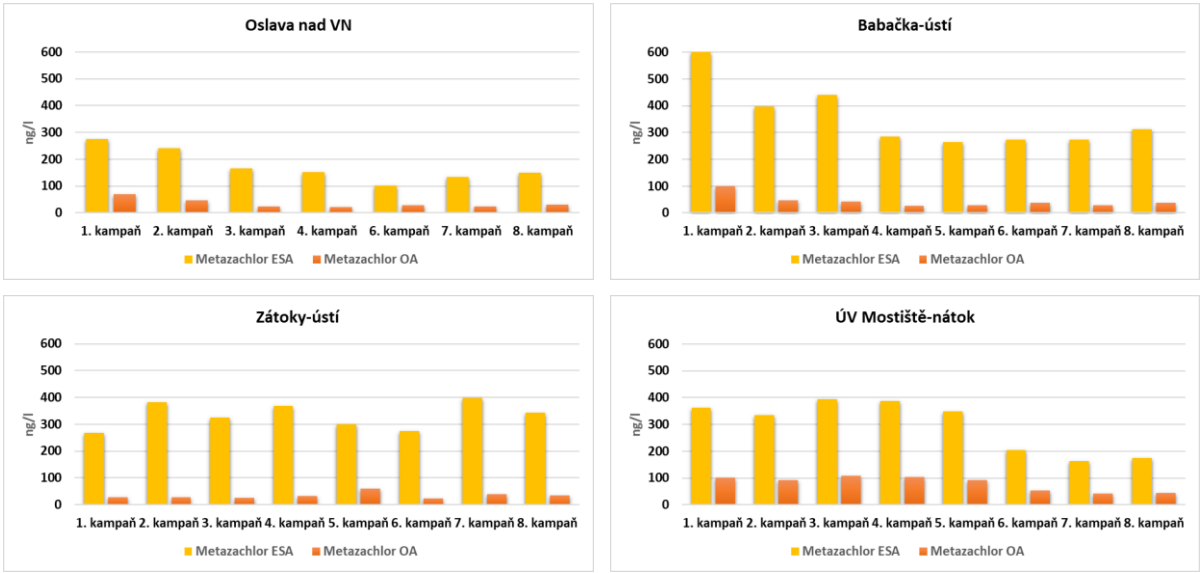
OBR. 195 KONCENTRACE METABOLITŮ METAZACHLORU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022



OBR. 196 DRUHY PĚSTOVANÝCH PLODIN V BLÍZKOSTI VN MOSTIŠTĚ V ROCE 2022 (ZDROJ: ČHMÚ)

VYSVĚTLIVKY K PLODINÁM – VIZ OBR. 173

Vysoký obsah metazachloru ESA, především v Babačce, byl potvrzen i v bodových vzorcích povrchové vody, odebraných na začátku každé vzorkovací kampaně (Obr. 197). Vyšší koncentrace v jarních kampaních potvrzují použití metazachloru na olejniny. Koncentrace metazachloru OA byly v povrchové vodě poměrově k metazachloru ESA vyšší než oba metabolity v pasivních vzorkovačích. To může souviset s rozdílnou vzorkovací rychlostí do vzorkovače POCIS-hlb.

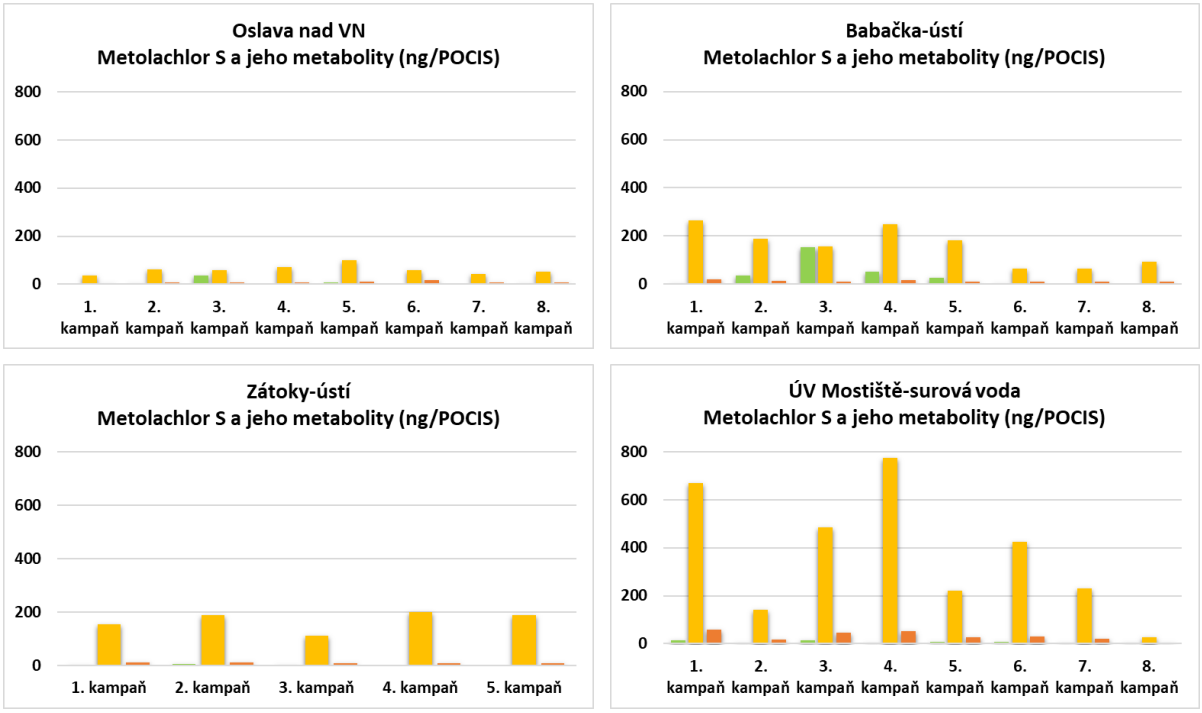


OBR. 197 KONCENTRACE METABOLITŮ METAZACHLORU V POVRCHOVÉ VODĚ V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

S-Metolachlor

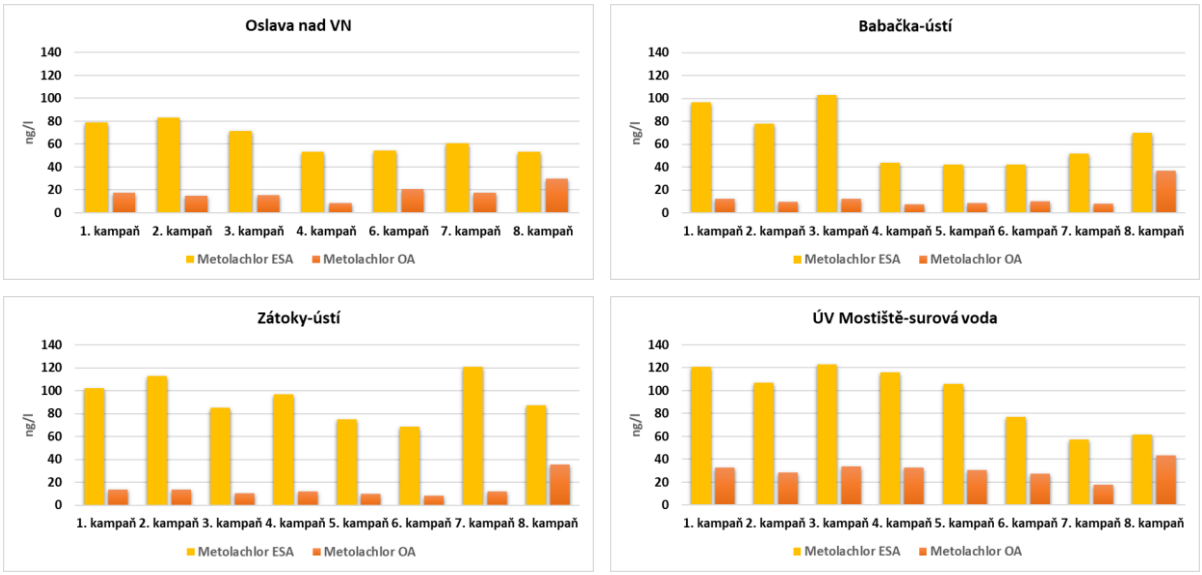
Herbicid proti travinám, S-metolachlor, je běžně a hojně používanou účinnou látkou s aplikací na kukuřici. Spotřeba v okrese Žďár nad Sázavou v roce 2021 činila 891 kg, v roce 2020 638 kg. Míře spotřeby účinné látky odpovídají i nálezy v povrchových vodách. Mateřská sloučenina byla potvrzena v Babačce s maximem v 3. červnové vzorkovací kampani.

V povrchových vodách převládal metabolit ESA (Obr. 198). Koncentrace metolachloru ESA v Oslavě nad VN byly vyrovnané a stabilní.



OBR. 198 KONCENTRACE METABOLITŮ METOLACHLORU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Koncentrace metabolitů v Babačce byly vyšší především v jarních a letních měsících. Nejvyšší koncentrace byly potvrzeny v surové vodě s výraznou dynamikou koncentrací během vegetační sezóny, na čemž se podílí doba aplikace v povodí VN a jarní a v podzimní cirkulace v nádrži. Vysoká koncentrace zjištěná ve 4. vzorkovací kampani může souviset s odběrem surové vody nejnižším odběrovým oknem.

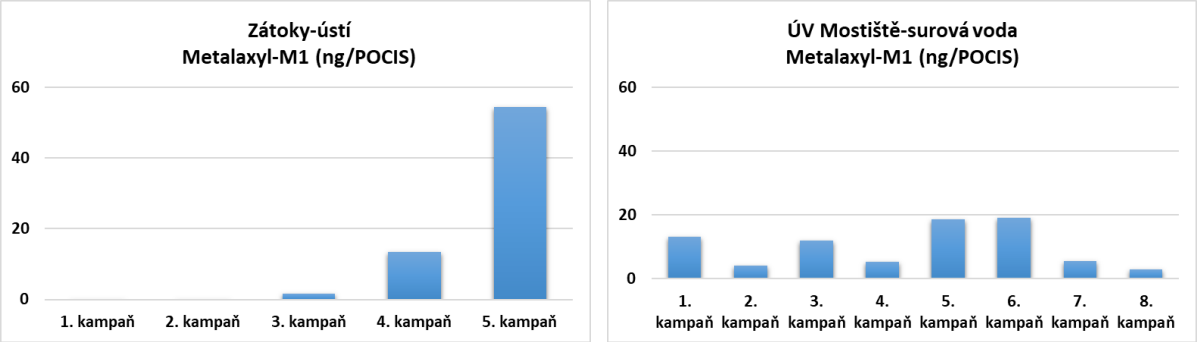


OBR. 199 KONCENTRACE METABOLITŮ METOLACHLORU V POVRCHOVÉ VODĚ V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Významné byly nálezy metabolitů ESA a OA v bodových vzorcích povrchových vod (Obr. 199). Také v tomto případě koncentrace metolachloru OA byly v povrchové vodě poměrově k metolachloru ESA vyšší než oba metabolity v pasivních vzorkovačích.

Metalaxyl-M1

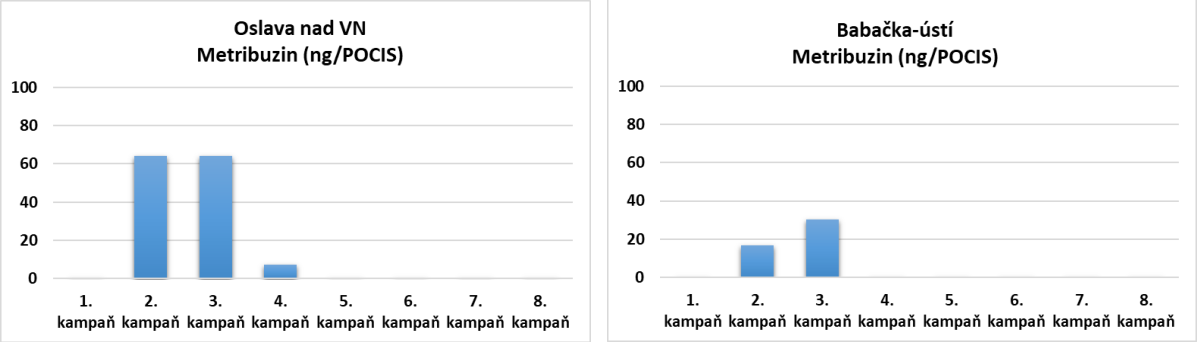
Fungicid metalaxyl-M1 je používán na moření kukuřice, dále pak na vinnou révu a chmel. V povodí VN Mostiště byl přítomen především v toku Zátoky od 3. červnové vzorkovací kampaně s maximem v 5. vzorkovací kampani (Obr. 200). Toto maximum může souviset se srážko-odtokovou epizodou 22. 8. 2022 (srážka 50 mm). Co bylo důvodem tohoto zvýšení, se nepodařilo objasnit. V Oslavě, Babačce a v toku od rybníku Prchal byly jeho nálezy stabilní v malém množství do 9 ng/POCIS s nepříliš výraznou variací koncentrace v rámci jednotlivých vzorkovacích kampaní.



OBR. 200 KONCENTRACE METALAXYLU-M1 V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Metribuzin

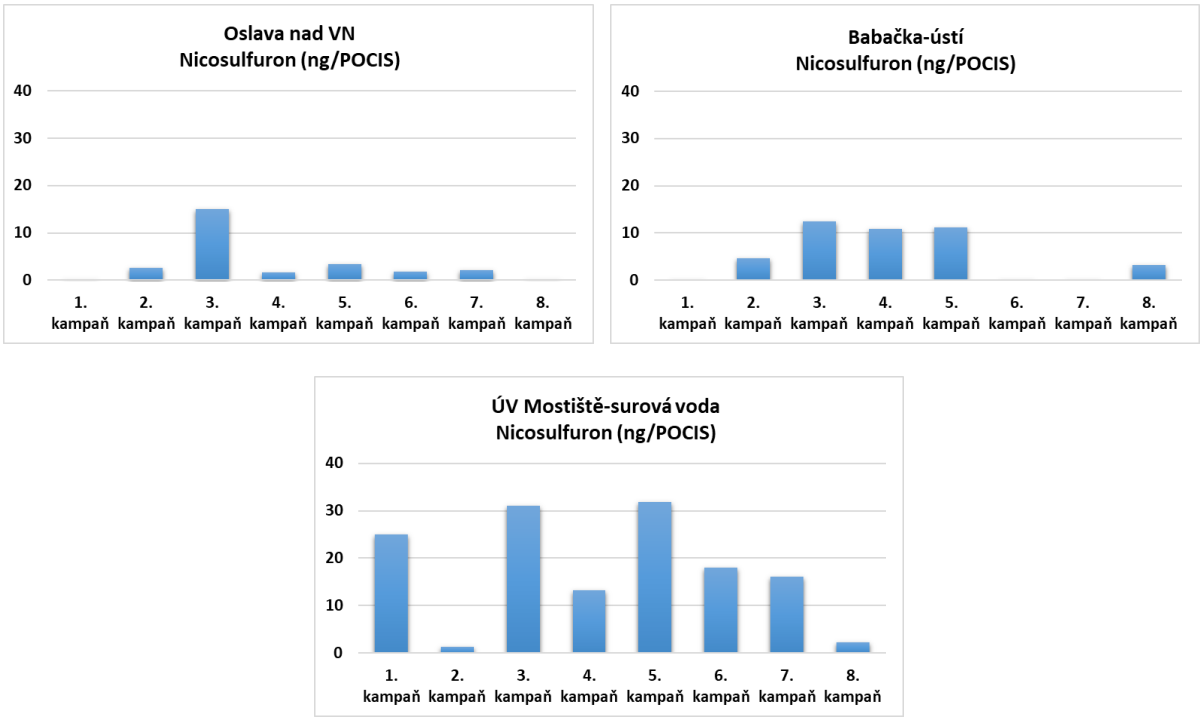
Metribuzin je používán především na brambory, v kombinaci s dalšími přípravky na ochranu rostlin na obilniny. S ohledem na ochranu vodních organismů je vyloučeno použití přípravků obsahujících pouze tuto účinnou látku na pozemcích svažujících se k povrchovým vodám. Přípravek nelze na těchto pozemcích aplikovat ani při použití vegetačního pásu. To je patrně příčinou, že jeho nálezy v povodí VN Mostiště byly sporadické, časově ohraničené agrotechnickými postupy (v případě brambor po slepé proorávce a vláčení nejpozději 3 dny před vzejitím plodiny). Nálezy však byly významné. V Oslavě byl zachycen ve 2. květnové a 3. vzorkovací kampani v koncentraci 64 ng/POCIS (Obr. 201). Ve stejném období, avšak v nižších koncentracích byl potvrzen v Babačce. V surové vodě na ÚV Mostiště nebyly nálezy pozitivní.



OBR. 201 KONCENTRACE METRIBUZINU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Nicosulfuron

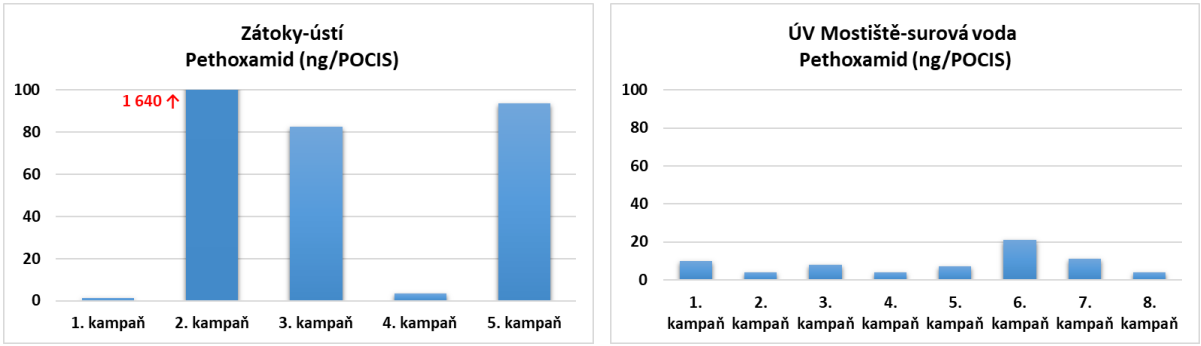
Nicosulfuron samostatně nebo v kombinaci s dalšími přípravky na ochranu rostlin bývá aplikován na kukuřici. V Oslavě byl pasivními vzorkovači zachycen jen v minimálním množství s maximem ve 3. červnové vzorkovací kampani (15 ng/POCIS). Pozitivní nálezy bez výrazné dynamiky koncentrace byly potvrzeny i v Babačce. Ve VN Mostiště bylo zatížení tímto herbicidem významnější, což dokládá jeho obsah v surové vodě. (Obr. 202)



OBR. 202 KONCENTRACE NICOSULFURONU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Pethoxamid

Pethoxamid bývá většinou ve spojení s terbuthylazinem aplikován na kukuřici. Dále je používán k ošetření řepky ozimé a slunečnice. V Oslavě, Babačce i v potoce od rybníku Prchal byl v pasivních vzorkovačích přítomen jen v malém množství do 9 ng/POCIS bez výrazné dynamiky koncentrace. Výjimkou byl tok Zátoky, kde byly zjištěny jeho vysoké obsahy s maximem až 1 640 ng/POCIS v 2. květnové vzorkovací kampani. (Obr. 203)

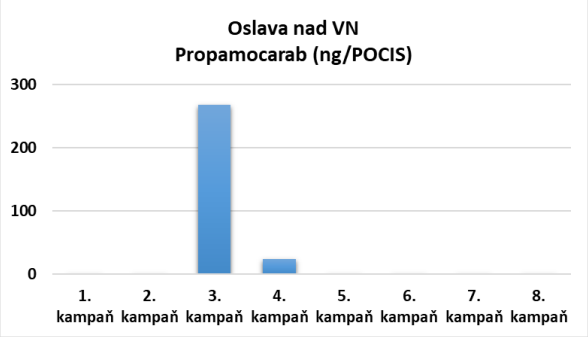


OBR. 203 KONCENTRACE PETHOXAMIDU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Během května nastaly 3 významnější srážkové události s úhrnem srážek nad 10 mm a je možné, že v povodí toku Zátoky došlo ke smyvu přípravku brzy po jeho aplikaci (potvrzeno pěstování kukuřice a v malé míře i slunečnice). Druhé maximum v toku Zátoky může souviset s výsadbou řepky ozimé. V surové vodě obsah pethoxamidu odpovídal koncentrační úrovni většiny přítoků do VN Mostiště.

Propamocarb

Fungicid propamocarb je používán k ošetření brambor, zeleniny, okrasných a ovocných školek. V celém povodí VN Mostiště byl zachycen pouze v Oslavě nad VN v 3. červnové vzorkovací kampani, avšak ve významné koncentraci 268 ng/POCIS. Jinde nebyl detekován.



OBR. 204 KONCENTRACE PROPAMOCARBU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Propazin

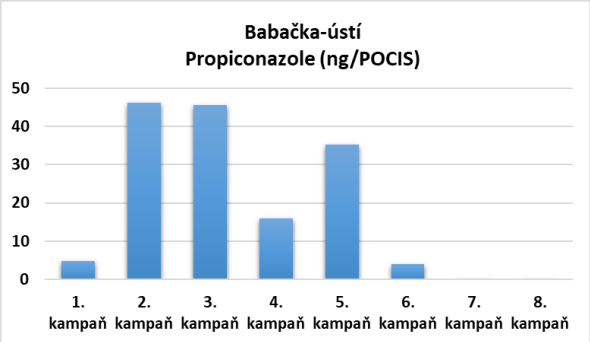
Použití herbicidu propazin není od roku 2002 povoleno. Malá množství do 8 ng/POCIS byla nalezena jen v toku nad rybníkem Prchal. Jinde nebyl detekován.

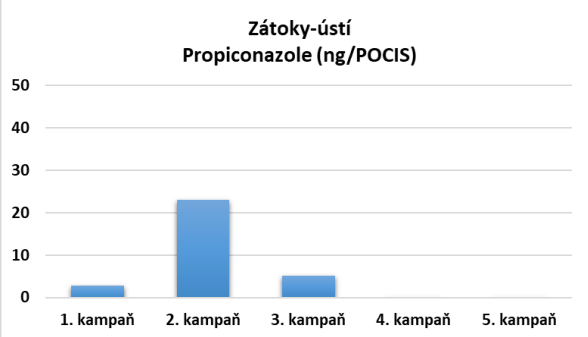
Propiconazole

Fungicid propiconazole (propikonazol) byl samostatně nebo v kombinaci s dalšími přípravky na ochranu rostlin používán k ošetření obilovin (zvláště ječmene a přenice) a cukrovky. Prováděcím nařízením Komise (EU) 2018/84 [26,27] byla prodloužena doba platnosti schválení propikonazolu do 31. ledna 2019. U přípravků na ochranu rostlin obsahujících propikonazol, v jejichž případě členské státy v souladu s článkem 46 nařízení (ES) č. 1107/2009 [28] udělily odkladnou lhůtu, tato lhůta měla uplynout nejpozději dne 19. března 2020.

V Oslavě nad VN Mostiště nebyl propiconazol detekován, ale hojné bylo jeho zastoupení v Babačce, méně pak v prvních vzorkovacích kampaních v toku Zátoky (Obr. 205). Zda byl v povodí Babačky a toku Zátoky použit přípravek s touto účinnou látkou po legislativně stanovených lhůtách, není zřejmé. Propiconazol je totiž fotochemicky stabilní a poločas jeho atenuace v říčním sedimentu činí 636 dní při 20°C a 1 206 dní při 12°C. V půdě je jeho rozpad rychlejší (DT_{50} při 10°C činí 96 dní). Sorpce v půdě je významná (log Kow = 3,72) [29].

V surové vodě byl detekován do 5. vzorkovací kampaně v malém množství do 10 ng/POCIS.





OBR. 205 KONCENTRACE PROPICONAZOLE V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Simazin

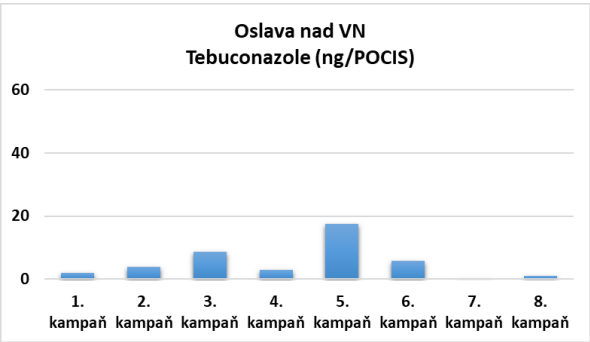
Dříve hojně používaný triazinový herbicid simazin není již dlouhodobě registrovaným přípravkem (poslední použití na ochranu plodin v ČR v r. 2000). V povodí VN Mostiště byl detekován pouze v toku Zátoky v 2. a 3. vzorkovací kampani s maximem 13 ng/POCIS.

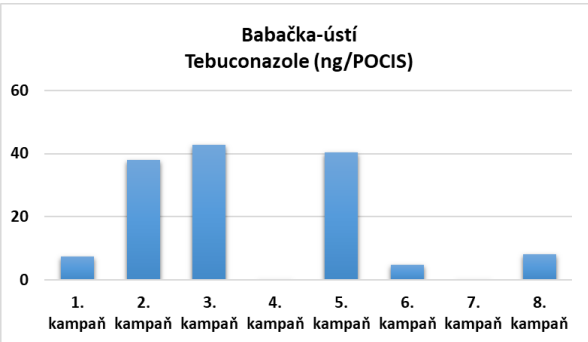
Spiroxamin

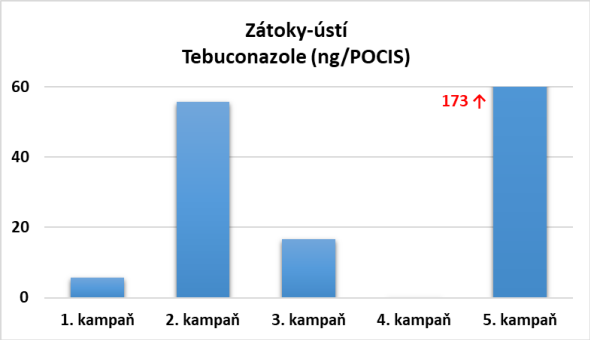
Fungicid spiroxamin bývá samostatně nebo v kombinaci s dalšími přípravky na ochranu rostlin používán k ošetření obilovin a vinné révy. V povodí VN Mostiště byl detekován jen ve velmi malém množství do 1,7 ng/POCIS. V surové vodě nebyl jeho výskyt potvrzen.

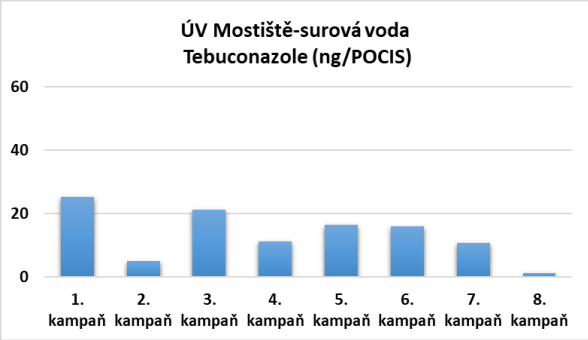
Tebuconazole

Je používán samostatně nebo v kombinaci s jinými rostlino-lékařskými přípravky na obilniny, řepku, slunečnice.









OBR. 206 KONCENTRACE TEBUCONAZOLE V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

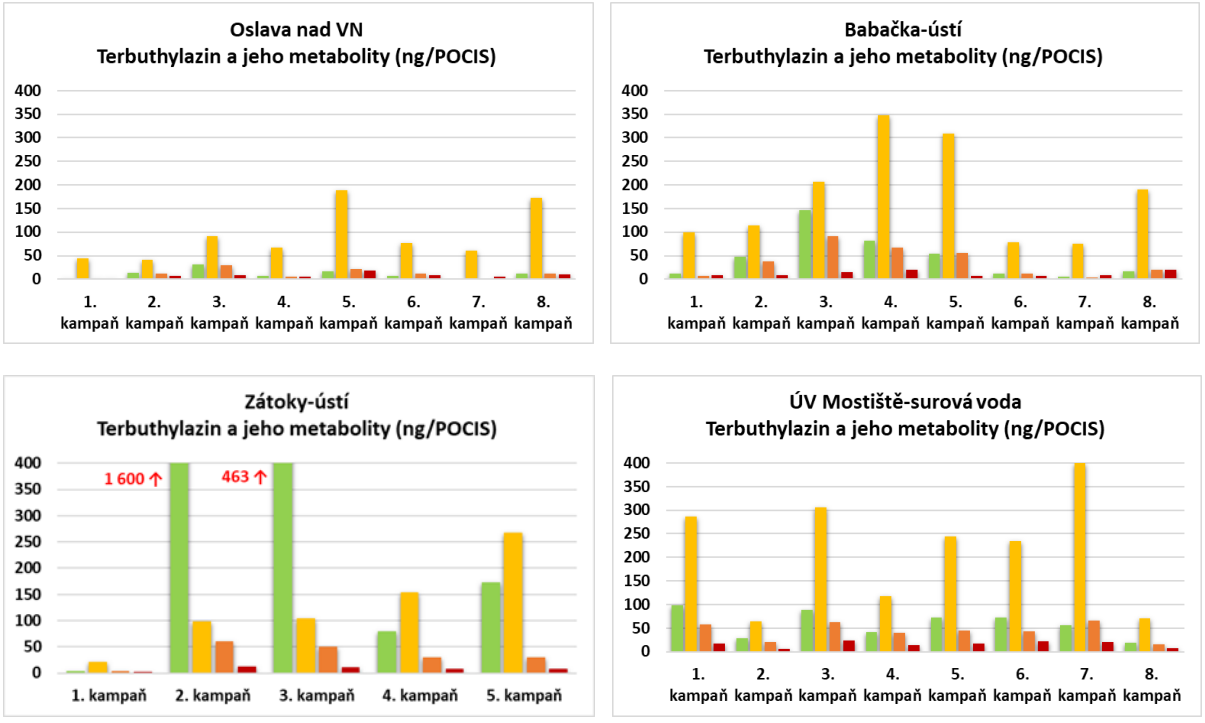
Vzhledem k tomu, že je aplikován na jarní i ozimé obiloviny, byly jeho výskyty v pasivních vzorkovačích významné v jarních a 5. srpnové vzorkovací kampani (Obr. 206). V srpnu navíc mohlo dojít ke smyvu účinné látky do povrchových vod během srážko-odtokové události, která nastala 22. 8. (srážka 50 mm). V toku nad rybníkem Prchal nebyl tebuconazole prakticky přítomen (ojedinělý výskyt do 3 ng/POCIS).

Terbuthylazin

Chemicky je příbuzný atrazinu, na rozdíl od něj je ale hojně používán. Je aplikován výhradně na kukuřici obvykle preemergentně do 3 dnů po zasetí a dále postemergentně v ranné a maximální růstové fázi (BBCH 12 a BBCH 14). Terbuthylazin ve vodním prostředí nacházíme rovněž v četných formách metabolizován jako terbuthylazin-2-hydroxy, terbuthylazin-desethyl a terbuthylazin-desethyl-2-hydroxy.

Obsah terbuthylazinu a jeho metabolitů v pasivních vzorkovačích v povodí VN Mostiště byl významný. Tam, kde byl aplikován, se všude potvrdila jak mateřská látka, tak i jeho metabolity. Poměrně stabilní metabolit terbuthylazin-2-hydroxy byl zastoupen nejvíce, nejméně pak terbuthylazin-desethyl-2-hydroxy (Obr. 207). Výjimkou byl tok Zátoky, kde v 2. a 3. vzorkovací kampani (květen, červen) převažoval mateřský terbuthylazin. Během května a června se v povodí vyskytlo několik srážkově bohatých dní, kdy v krátkém čase po aplikaci mohlo dojít k částečnému smyvu účinných látek do povrchových vod. V toku nad rybníkem Prchal převažoval terbuthylazin-2-hydroxy s maximem 136 ng/POCIS v 6. zářiové vzorkovací kampani. Mateřská látka byla přítomná jen v jednotkách ng/POCIS.

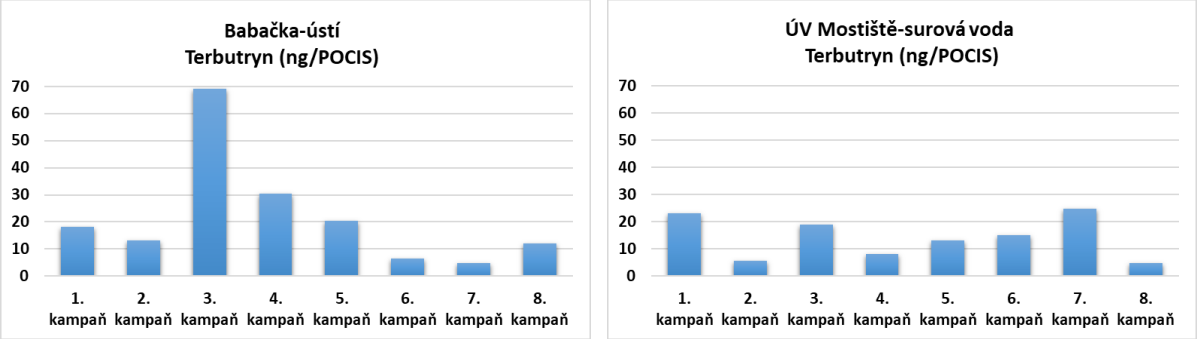
V roce 2022 byla kukuřice pěstována v horní části povodí Babačky a bezejmenného potoka nad Závistským rybníkem, v několika menších osevních plochách v povodí toku Zátoky.



OBR. 207 KONCENTRACE TERBUTHYLAZINU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Terbutryn

Triazinový herbicid terbutryn není již pro zemědělské použití registrován. Může být ale stále používán jako biocid ve stavebnictví (omítkoviny) nebo v nátěrových hmotách. [18] V Oslavě nad VN Mostiště, v toku Zátoky a v bezejmenném potoce nad rybníkem Prchal byl terbutryn přítomen v nízkých koncentracích do 13 ng/POCIS bez výrazné dynamiky koncentrace po celou dobu vegetační sezóny. Výjimkou je Babačka, kde v 3. červnové vzorkovací kampani byl zachycen významný koncentrační vzestup, který by byl charakteristický pro aplikaci přípravku s touto účinnou látkou. (Obr. 208) V surové vodě byly koncentrace terbutrynu mírně vyšší než Oslavě a dalších přítocích (kromě Babačky).



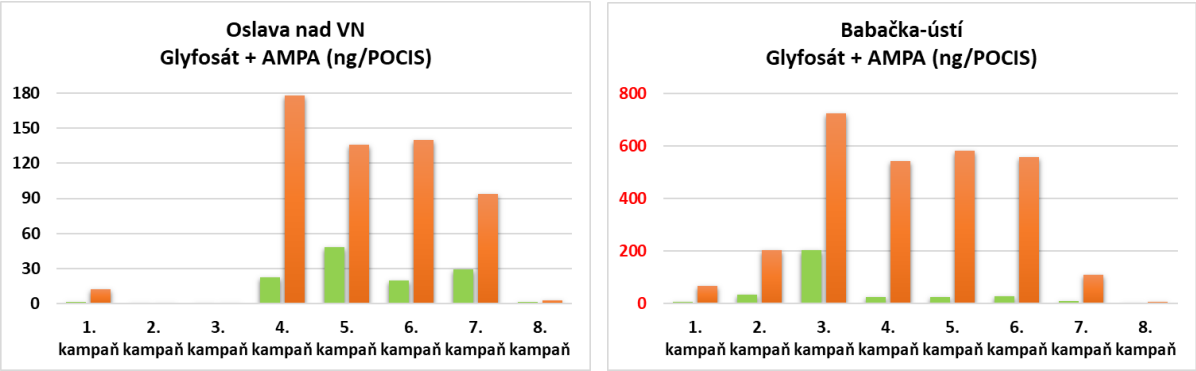
OBR. 208 KONCENTRACE TERBUTRYNU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

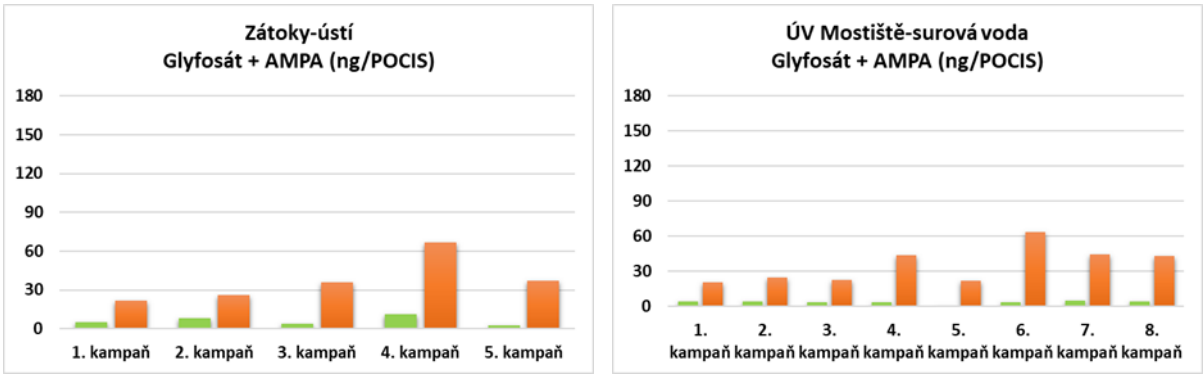
Glyfosát a AMPA

Specifickým herbicidem je glyfosát, jehož spotřeba je dlouhodobě v rámci celé ČR nejvyšší. Jedná se o silně polární látku, kterou lze technikami pasivního vzorkování zachytávat specifickým vzorkovačem POCIS-Gly. Ten je rovněž schopen zachytit metabolit tohoto herbicidu – kyselinu aminomethylfosfonovou (AMPA). Glyfosát je používán k likvidaci plevelů před jarní a podzimní setbou. K dozrávání plodin (tzv. desikaci) není již 2 roky ve většině případů povolen [19]. Glyfosát je na stabilnější metabolit AMPA (kyselinu aminomethylfosfonovou) snadno degradovatelný, což potvrzují i následující výsledky.

Spotřeba glyfosátu v okrese Žďár nad Sázavou v roce 2021 činila 10 136 kg a 8 366 kg v roce 2020. Trend spotřeby je stoupající.

Nejvyšší koncentrace glyfosátu a především metabolitu AMPA byly nalezeny v Babačce, od 2. a především 3. vzorkovací kampaně. Tento červnový nárůst je překvapivý (Obr. 209), spíše by odpovídal použití za účelem desikace. Řepka olejka byla v povodí Babačky v roce 2022 pestována. Také v Oslavě, Zátokách a v surové vodě byly nejvyšší (ale celkově menší) koncentrace metabolitu AMPA potvrzeny ve 4. červencové vzorkovací kampani. V bezejmenném toku vzorkovaném nad rybníkem Prchal byl obsah glyfosátu zanedbatelný a jeho metabolitu nízký, max. do 38 ng/POCIS-Gly bez výraznější dynamiky koncentrace.





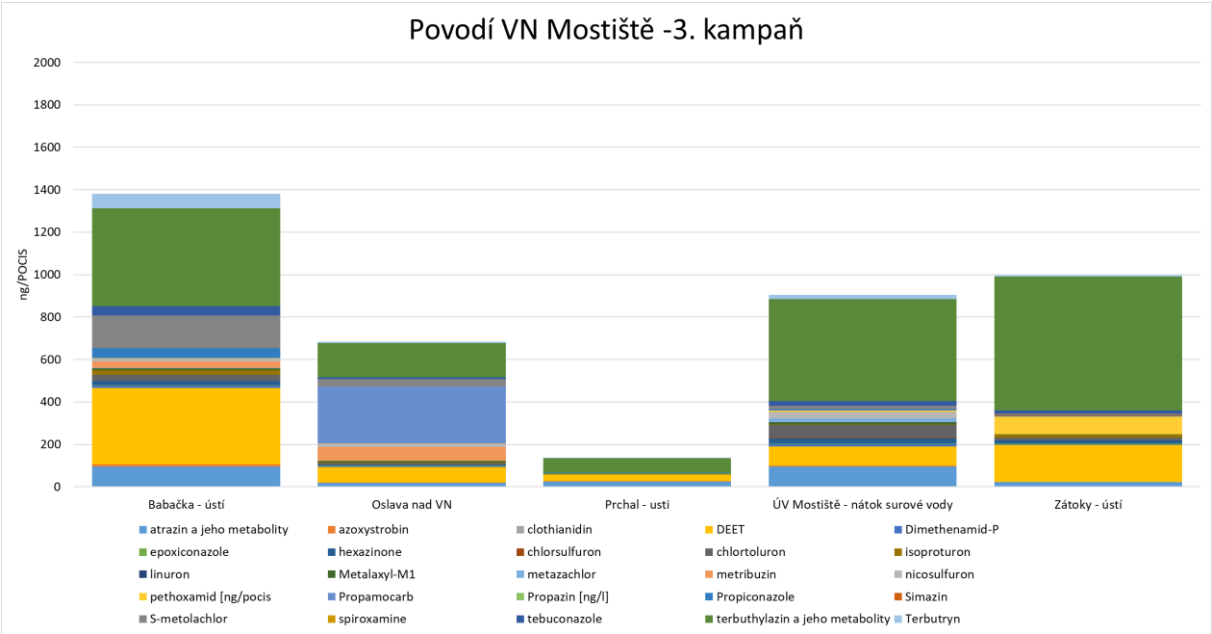
OBR. 209 KONCENTRACE GLYFOSÁTU A METABOLITU AMPA V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

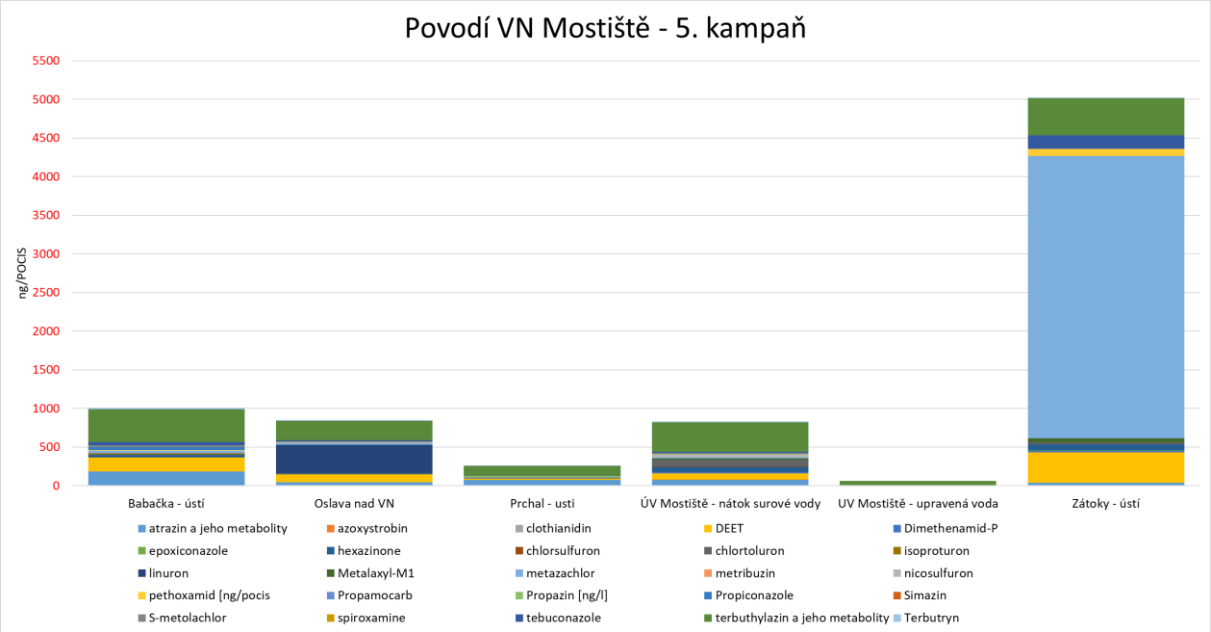
Celkové zatížení pesticidy v povodí VN Mostiště

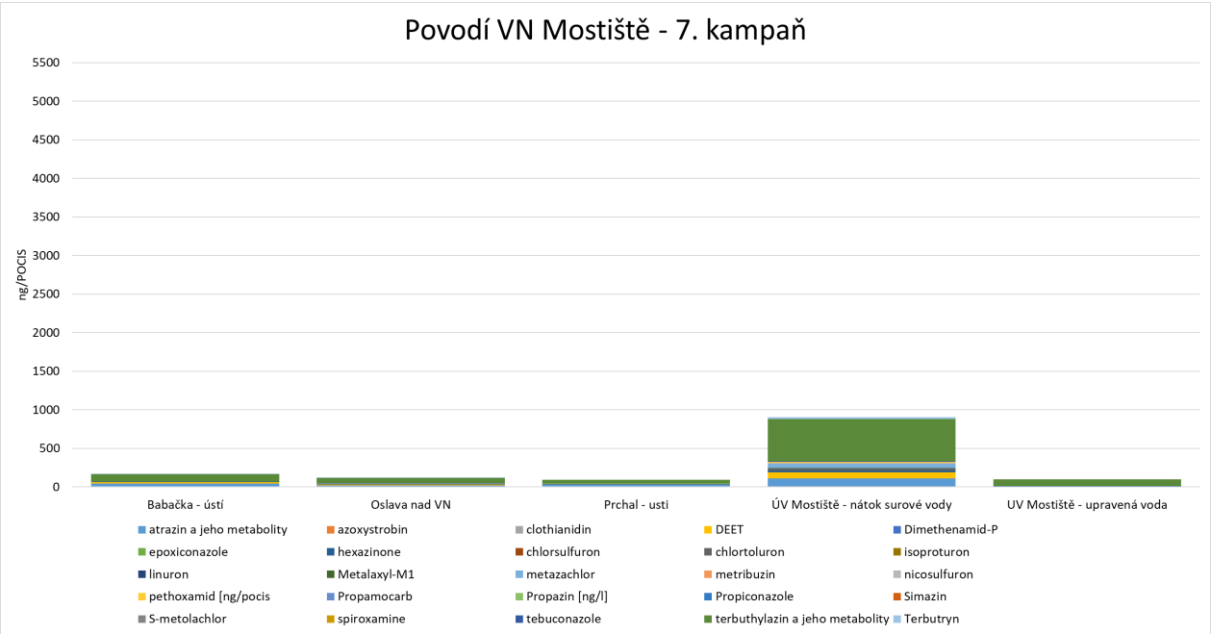
Srovnání zatížení pesticidy v profilech pasivního vzorkování povrchových vod v povodí VN Mostiště a v surové vodě na ÚV Mostiště zobrazují grafy na Obr. 210. Nejvyšší obsahy pesticidů byly zjištěny v 3. červnové a 5. srpnové vzorkovací kampani. Koncentračně nejzatíženějšími toky jsou Babačka a Zátoky, nejméně pak bezejmenný potok, který byl vzorkován nad rybníkem Prchal. Z účinných látek byl nejvíce zastoupen terbuthylazin a jeho metabolity, v Zátokách došlo v srpnu k významnému nabohacení pasivního vzorkovače metazachlorem.

V 1., 2., 6. a 7. vzorkovací kampani byly nejvyšší obsahy pesticidů nalezeny v surové vodě vstupující na úpravnu vody Mostiště. To může souviset s jarní a podzimní cirkulaci v nádrži.

Do grafů byl zařazen rovněž DEET (diethyltoluamid), který je účinnou látkou repelentů proti bodavému hmyzu.







OBR. 210 KONCENTRACE PESTICIDŮ V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V 3., 5. A 7. VZORKOVACÍ KAMPANI V R. 2022

Teoretická doba zdržení vody ve VN Mostiště

Teoretická doba zdržení vody ve VN Mostiště je při průměrném dlouhodobém průtoku 1,45 $m^3.s^{-1}$ (VD Mostiště-hráz) 75 dní, pokud uvažujeme zásobní prostor nádrže 9,339 mil. m^3 a 96 dní, pokud uvažujeme celkový objem nádrže 11,937 mil. m^3. V době pasivního vzorkování (od 11. 4. do 8. 12. 2022) byl průměrný průtok v Oslavě nad VN Mostiště nižší (denní průměr v rozmezí 0,051 až 1,681 $m^3.d^{-1}$) – za tuto dobu do VN Mostiště přiteklo Oslavou 4,648 mil m^3 vody, což odpovídá 50 % objemu nádrže při zásobním prostoru.

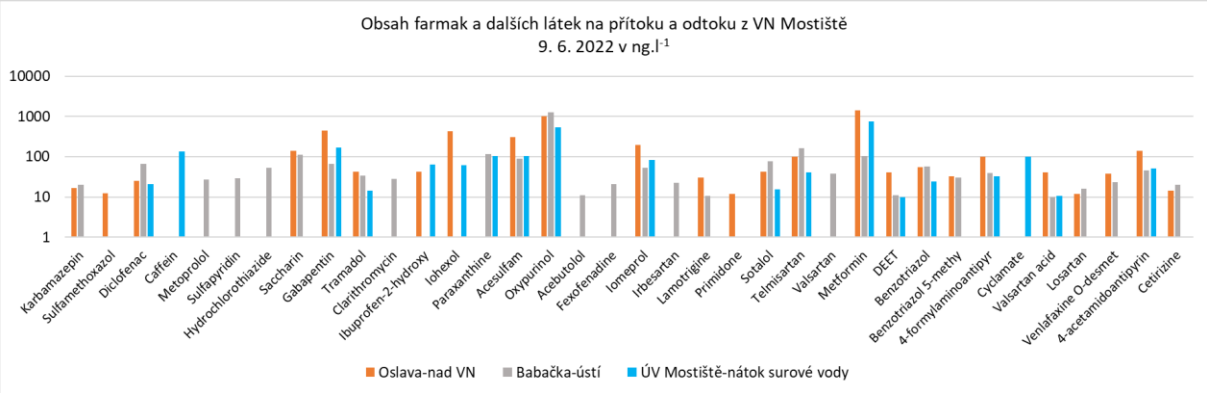
Analýzy povrchových vod – farmaka

V roce 2022 byly odebrány v létě a na podzim vzorky povrchové vody na přítoku a odtoku pro screening farmak, hormonů a některých dalších látek (řešeno subdodávkou). Z celkem 128 analyzovaných látek bylo v povodí VN Mostiště potvrzeno celkem 34 látek (první odběr 9. 6. 2022) a rovněž 34 látek (druhý odběr 10. 11. 2022). Na odtoku z nádrže v surové vodě (ÚV Mostiště) bylo potvrzeno 19 látek nad mezí stanovitelnosti (první odběr 8. 6. 2022) a 19 látek (druhý odběr 10. 11. 2022). Výsledky jsou zpracovány graficky na Obr. 211 a 212.

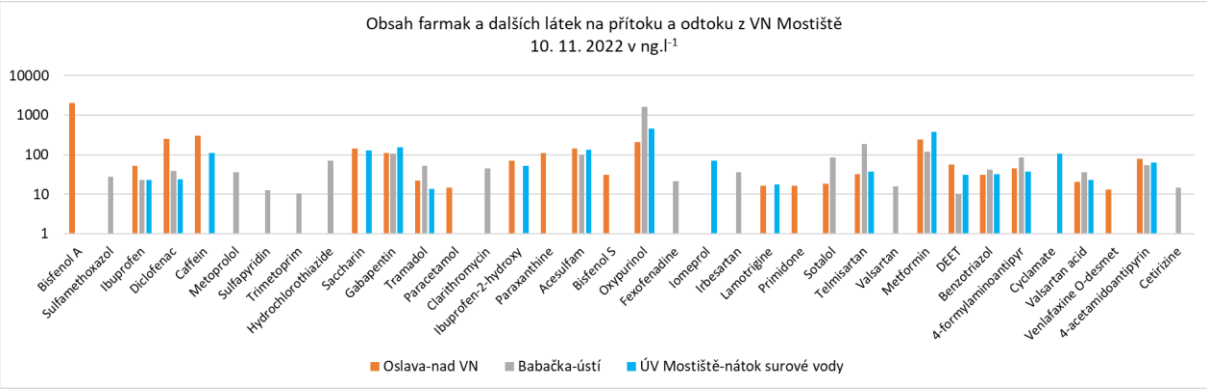
TABULKA 28 POČTY A SUMÁRNÍ OBSAHY NALEZENÝCH ORGANICKÝCH LÁTEK V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ

	Datum odběru	Oslava nad VN	Babačka-ústí	ÚV Mostiště-surová voda
Počet látek nad MS	9. 6. 2022	25	30	19
SUM v ng/l	9. 6. 2022	4 689	2 639	2 316
Počet látek nad MS	10. 11. 2022	24	24	19
SUM v ng/l	10. 11. 2022	4 083	2 870	1 875
Látky s nejvyšší koncentrací v povrchové vodě		Bisfenol A Metformin Oxypurinol	Oxypurinol Telmisartan Paraxantin	Metformin Oxypurinol Gabapentin

Nejzatíženějším tokem farmaky je levostranný přítok Oslavy – Babačka. Celkovou zátěž sledovanými látkami v Oslavě zapříčinil Bisfenol A (nad 2 tis. ng.l^{-1}).



OBR. 211 KONCENTRACE FARMAK A DALŠÍCH LÁTEK V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ 9. 6. 2022

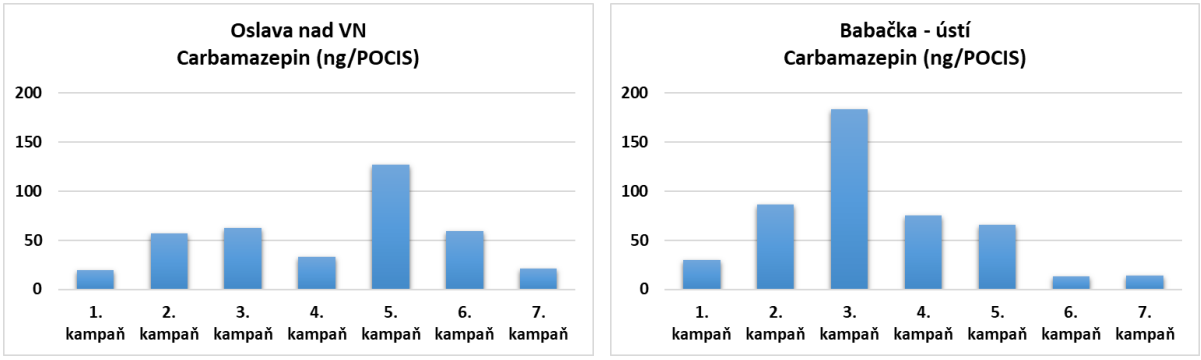


OBR. 212 KONCENTRACE FARMAK A DALŠÍCH LÁTEK V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ 10. 11. 2022

Nejvyšší koncentrace (100 ng.l^{-1}) byly potvrzeny pro:

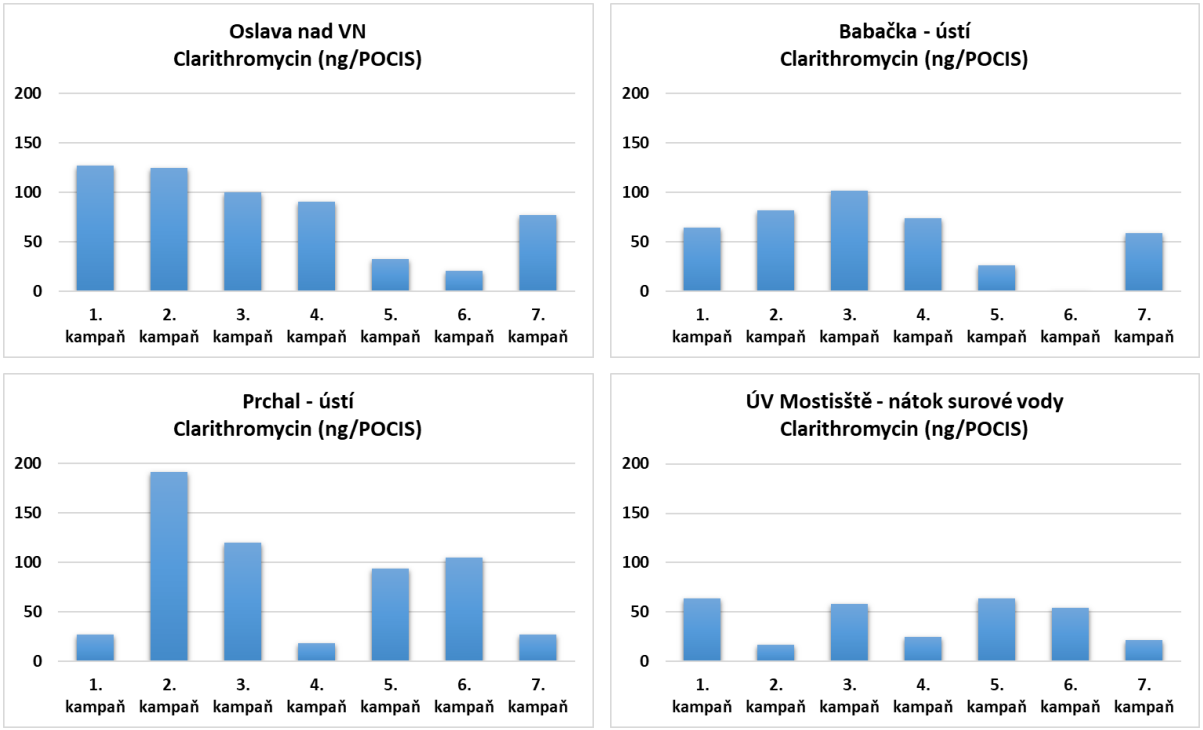
1. Bisfenol A – změkčovadlo přidávané do plastických hmot, termopapíru, vykazuje endokrinní účinky [21] (nátok do VN v podzimním odběru 2 060 ng.l^{-1}). Na odtoku z VN nepotvrzen.
2. Metformin – antidiabetikum, (103 až 1 410 ng.l^{-1}). Nejvyšší koncentrace v Oslavě a v surové vodě.
3. Oxypurinol – snižuje produkci kyseliny močové, (208 až 1 650 ng.l^{-1}). Nejvyšší koncentrace v Babačce.
4. Gabapentin – používá se k léčbě epilepsie a periferní neuropatické bolesti, (66 až 444 ng.l^{-1}). Nejvyšší koncentrace v Oslavě a v surové vodě.
5. Iohexol – neionogenní kontrastní látka používané v mnoha oborech lékařství (zobrazovací techniky, např. nefroangiografie, artrografie). Jedná se o sloučeninu se složitou chemickou strukturou, vzorec: 5-[N-(2,3-Dihydroxypropyl)acetamido]-2,4,6-triiodo-N,N'-bis(2,3-dihydroxypropyl)isophthalamide. Potvrzen nad MS pouze v červnovém odběru, (61 až 420 ng.l^{-1}) v Oslavě nad VN, nižší koncentrace v surové vodě.
6. Acesulfam – umělé sladidlo E950 (89 až 300 ng.l^{-1}).
7. Diklofenak – nesteroidní protizánětlivý lék, (v Oslavě nad VN 250 ng.l^{-1}).
8. Telmisartan – antihypertensivum, (32 až 184 ng.l^{-1}). Maximální koncentrace v Babačce.
9. Kofein – alkaloid, přirozený pesticid, stimulant, součást nápojů, (110 až 303 ng.l^{-1}).
10. Paraxantin – metabolit kofeinu v játrech, (103 až 110 ng.l^{-1}).
11. Sacharin – umělé sladidlo, (113 až 141 ng.l^{-1}).
12. 4-Formylaminoantipyrin – je metabolitem aminofenazonu, analgetika a antipyretika. (33 až 101 ng.l^{-1}), maximální koncentrace v Oslavě nad VN v červnovém odběru.
13. 4-Acetamidoantipyrin – je metabolitem metamizolu, analgetika. Potvrzen ve všech třech vzorkovacích profilech (45 až 137 ng.l^{-1}). Maximální konventrace v Oslavě nad VN Mostiště.
14. Cyklamát – umělé sladidlo, pouze v surové vodě 101 a 106 ng.l^{-1}.

Farmaka byla nalezena též v pasivních vzorkovačích. V této zprávě jsou uvedena ta koncentračně nejvýznamnější. Zajímavá je dynamika koncentrací karbamazepinu (Obr. 213). Vyšší koncentrační nálezy byly zjištěny v teplejších měsících roku. V ostatních přítocích do l VN neby nenalezen. V surové vodě se vyšší, ale vyrovnané koncentrace potvrdily (max. 105 ng/POCIS).



OBR. 213 KONCENTRACE KARBAMAZEPINU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

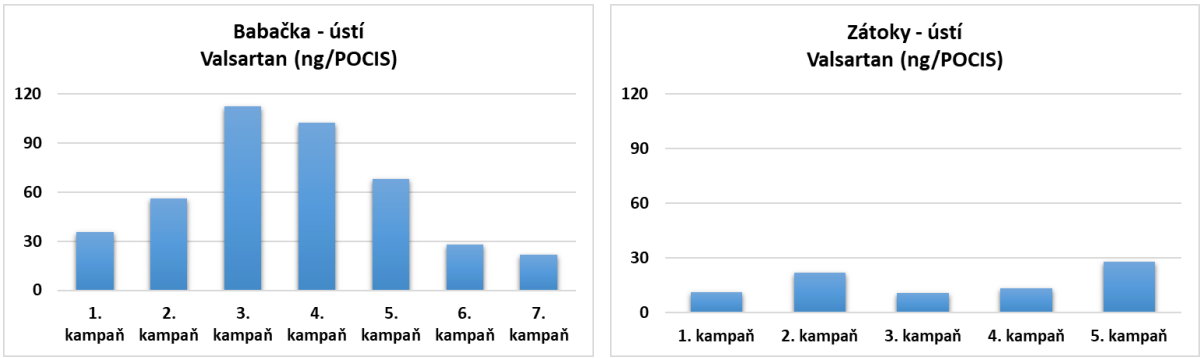
Koncentrace klarythromycinu byla v Oslavě a Babačce vyšší v první polovině roku a následně s podzimem. Naprosto nevysvětlitelný je častý výskyt tohoto antibiotika v bezejmenném přítoku od rybníka Prchal. V horní části jeho povodí se nachází pouze malá obec Závist. V tomto toku nebyla nalezena žádná další léčiva. Nad obcí se dále nachází rybník Závist. Je možné, že by rybí osádka tohoto rybníka byla léčena tímto přípravkem? Koncentrace klarythromycinu v tomto toku vykazovaly jinou dynamiku. (Obr. 214)



OBR. 214 KONCENTRACE KLARYTHROMYCINU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

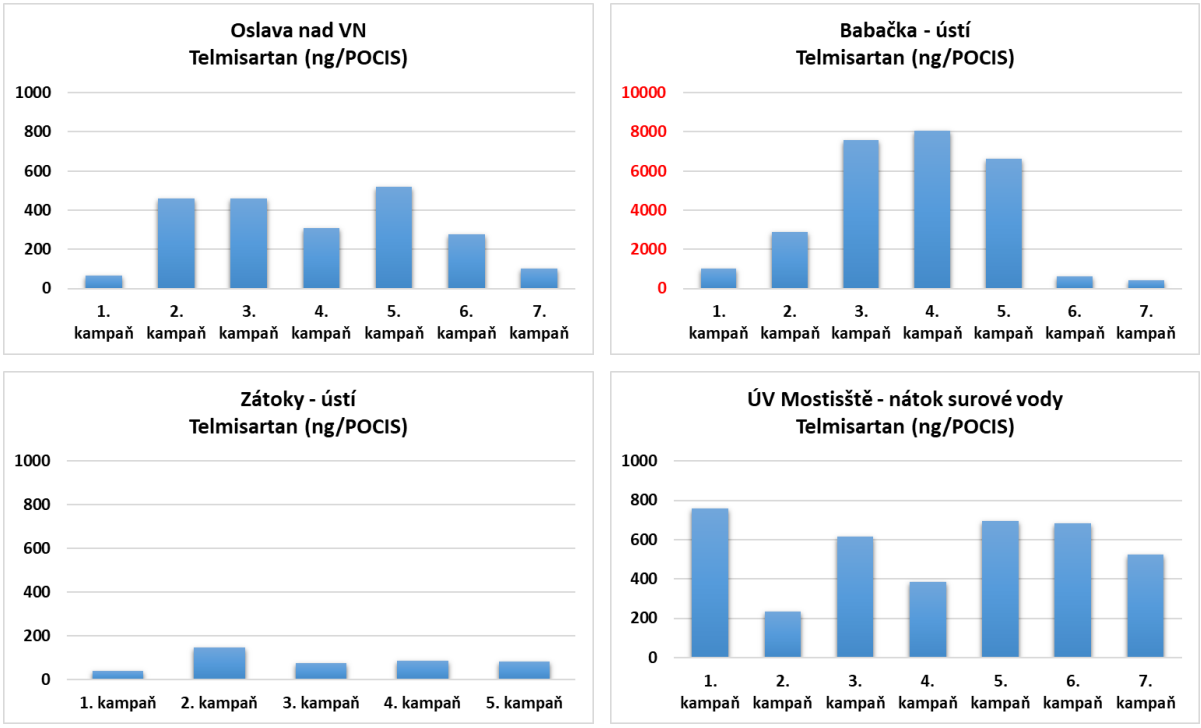
Metformin k léčbě diabetu 2. typu byl potvrzen v toku Zátoky v 1. a 2. vzorkovací kampani (až 113 ng/POCIS) a v Babačce pouze v 6. zářiové vzorkovací kampani rovněž v obdobné koncentraci 100 ng/POCIS. V surové vodě byl jeho výskyt pravidelný 75 až 140 ng/POCIS.

Dynamika koncentrací valsartanu k léčbě vysokého krevního tlaku poukazuje na léčbu především v letních měsících, jak je vidět v povodí Babačky, na jejímž toku se nad profilem sledování nachází ČOV Dolní Bory (Obr. 215). V horní části toku Zátoky není obec Netín odkanalizovaná, znečištění přes podzemní vody drénuje do místní vodoteče a znečištění farmaky je nízké a koncentračně vyrovnané. V surové vodě byl valsartan potvrzen jen v 1. dubnové vzorkovací kampani.



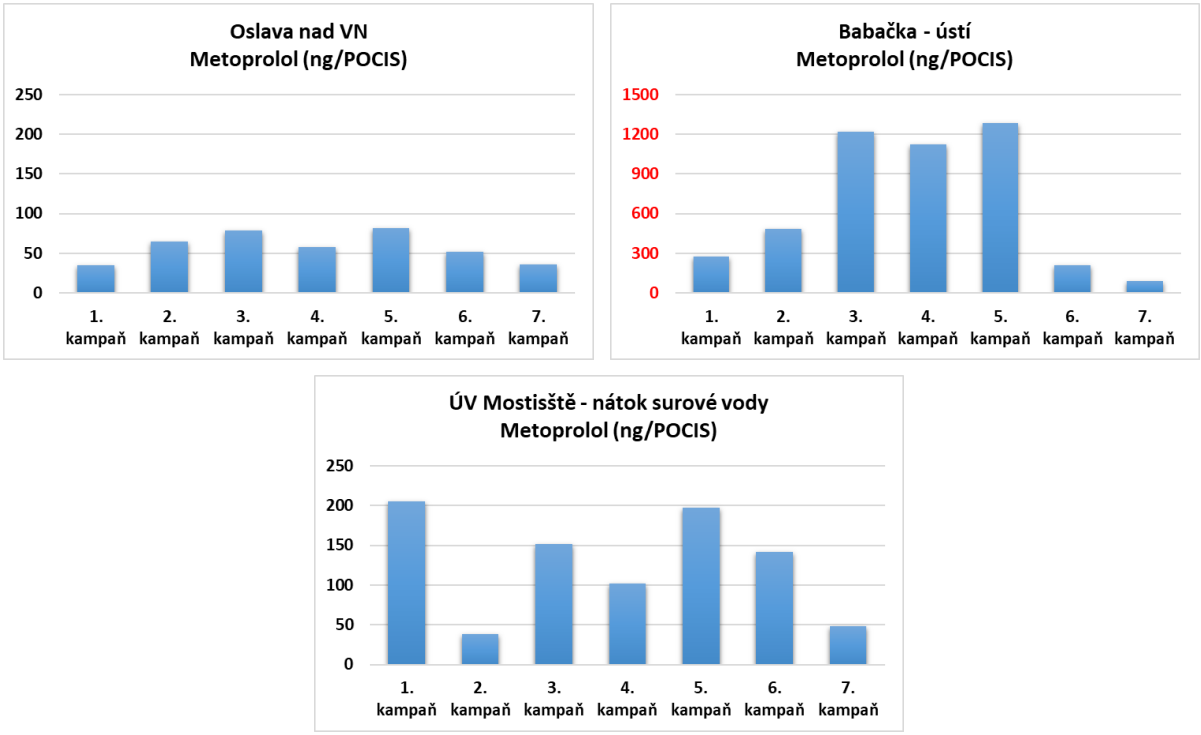
OBR. 215 KONCENTRACE VALSARTANU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Stejná dynamika koncentrací jako u předchozího léčiva, ale v daleko významnějším množství, byla zjištěna u telmisartanu užívaného rovněž k léčbě vysokého krevního tlaku. Nadto byl telmisartan zjištěn i v řece Oslavě a ve vysokých koncentracích v surové vodě (ÚV Mostiště).



OBR. 216 KONCENTRACE VALSARTANU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

K léčbě vysokého krevního tlaku užívaný metorlolol měl v přítocích Oslavě a Babačce svá maxima v teplejší polovině roku. V surové vodě kromě první vzorkovací kampaně ovlivněné patrně jarní cirkulací v nádrži bylo možno vysledovat shodný trend koncentrací jako v přítocích.

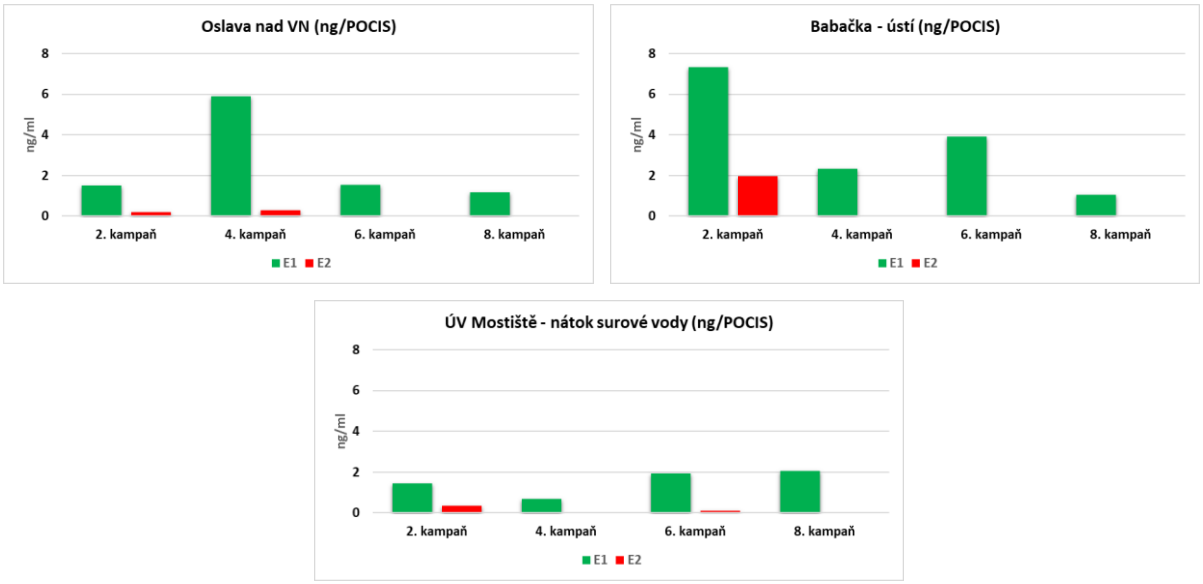


OBR. 217 KONCENTRACE METOPROLOLU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Výsledky analýz extraktů pasivních vzorkovačů – endokrinní látky

Endokrinní látky byly vzorkovány na speciální komerčně dostupný produkt vyvinutý fy Affinisep POCIS-EDs v každé sudé vzorkovací kampani (květen, červenec, září, listopad). Byly aplikovány pouze na hlavním přítoku do VN, v surové vodě na ÚV Mostiště a v Babačce z důvodu blízkosti komunální ČOV Dolní Bory. Analyzovány byly hormony: estron (E1), 17β-estradiol (E2) a 17α-ethynyl estradiol (EE2). Mez stanovitelnosti činila 0,1 ng/POCIS, v případě EE2 0,18 a 0,5 ng/POCIS.

Převládal hormon E1, E2 pouze v některých vzorkovacích kampaních hluboko pod 1 ng/POCIS vyjma Babačky, kde dosahuje 2 ng/POCIS. EE2 nebyl potvrzen v žádném ze sledovaných profilů. (Obr. 218) Dominantním zdrojem hormonů jsou splaškové odpadní vody se zbytkovou koncentrací E1 pocházející z hormonální antikoncepce a přirozené produkce pohlavních hormonů u žen, v menší míře i u mužů. Zdrojem hormonů jsou i hospodářská zvířata a lesní zvěř. Hormon E2 je v játrech konvertován na E1. [13] Proto je jeho přítomnost v pasivních vzorkovačích nejvyšší, i když může být ovlivněna vzorkovací rychlostí (nabohacování vzorkovače) jednotlivých látek. Přítomnost hormonů v surové vodě je na rozdíl od přítoků vyrovnaná.



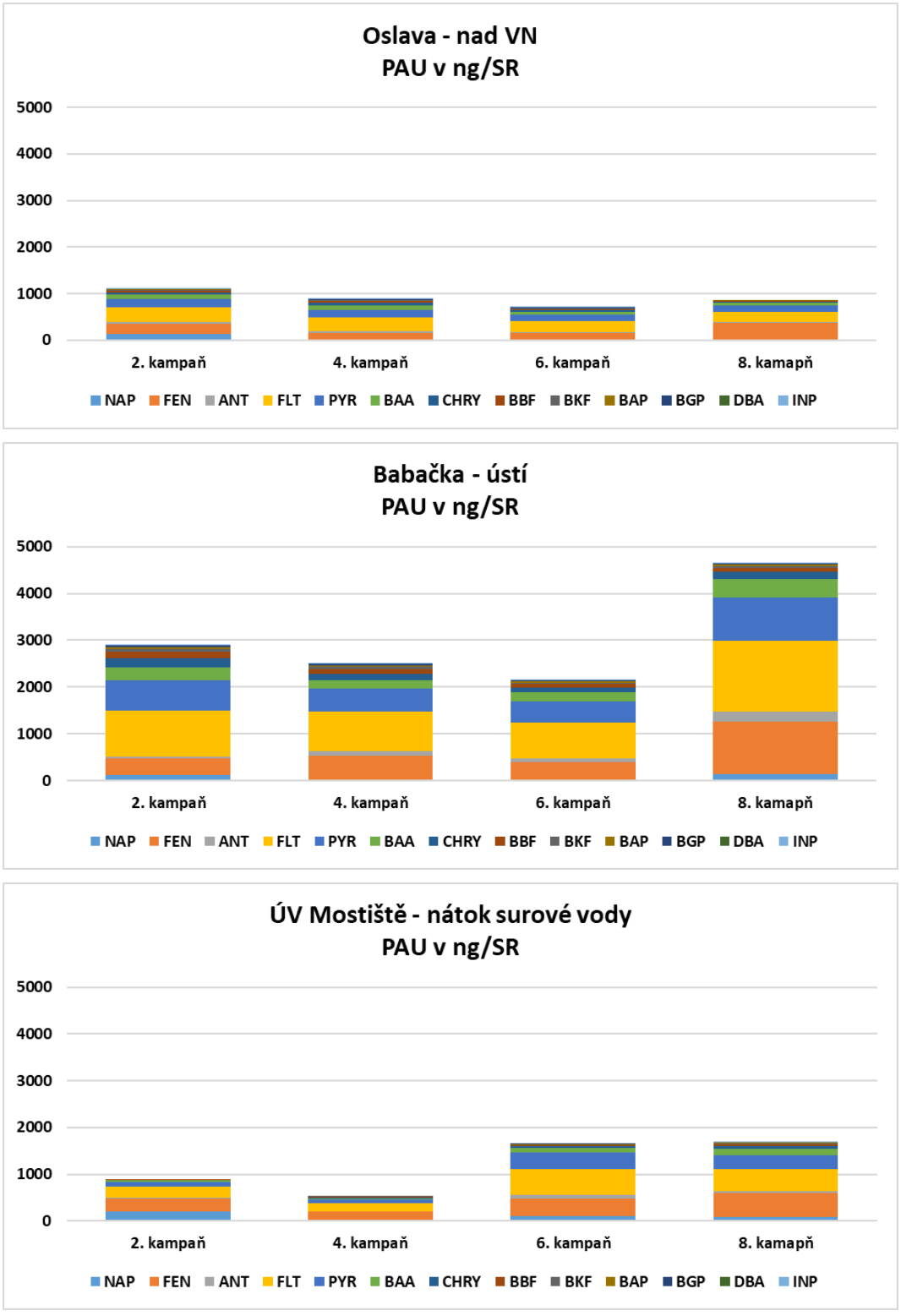
OBR. 218 KONCENTRACE ENDOKRINNÍCH LÁTEK V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Výsledky analýz extraktů z pasivních vzorkovačů – PAU

Nepolární organické látky vč. polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) byly sorbovány na silikonové membrány. Doba jejich expozice ve vodě byla shodná se vzorkovači POCIS. V drobných přítocích do VN Mostiště (bezejmenný potok od rybníka Prchal a tok Zátoky) nebylo pasivní vzorkování na nepolární organické látky realizováno.

Z grafů na (Obr. 219) vidíme, že zátěž Oslavy polycyklickými aromatickými uhlovodíky byla ve sledovaném období vyrovnaná. Ačkoliv se nad monitorovaným profilem vyskytuje komunální ČOV Radostín nad Oslavou, v Oslavě dochází k dostatečnému naředění znečištění. Nejvyšší koncentrace PAU byly potvrzeny v Babačce, faktor ředění odpadních vod z ČOV Dolní Bory je nižší. Poměr mezi koncentrací fluoranthenu a pyrenu se pohyboval v rozmezí hodnot 1,5 až 1,7, což ukazuje na původ PAU ze spalovacích procesů. Za zvýšenou koncentrací ΣPAU v 8. listopadové kampani může stát nástup topné sezóny a spalování pevných fosilních paliv.

Vyšší koncentrace ΣPAU v surové vodě může být způsobena podzimní cirkulací ve VN Mostiště, kdy se jemné částice říčního sedimentu s navázanými sloučeninami PAU mohou dostávat do vznosu. Záleží také na tom, kterým odběrným oknem je surová voda z nádrže do úpravny vody přiváděna.

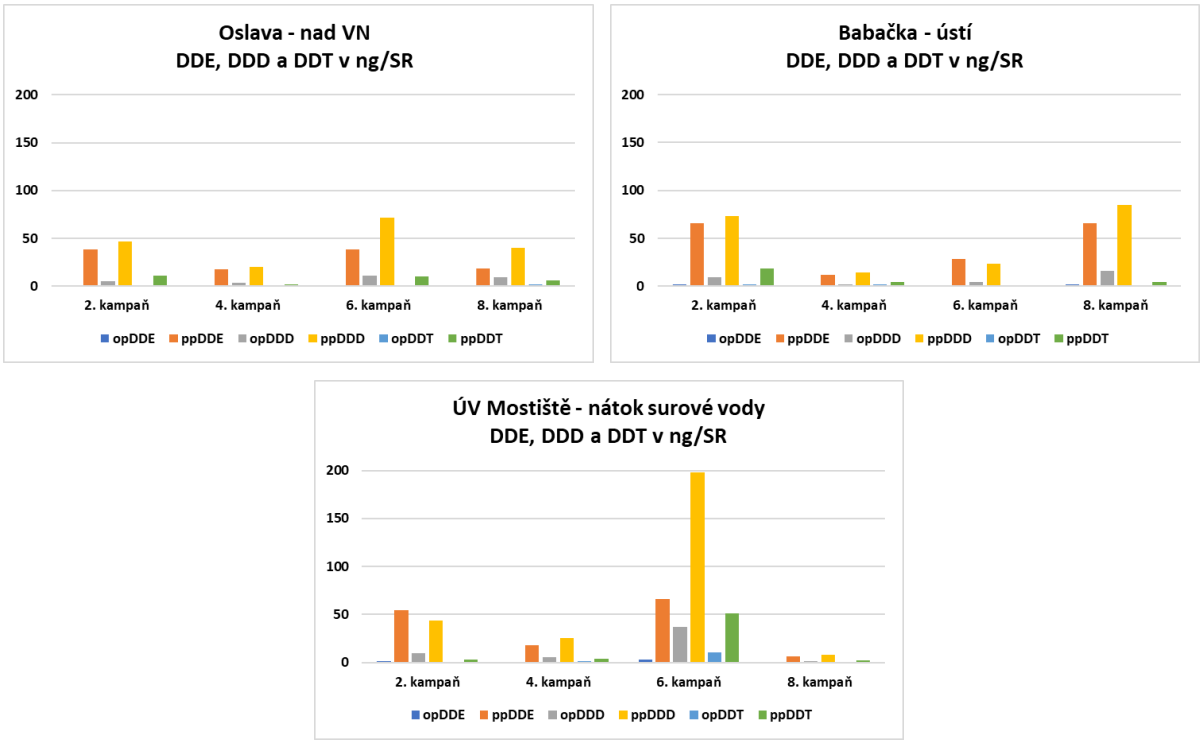


OBR. 219 KONCENTRACE PAU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Výsledky analýz extraktů z pasivních vzorkovačů – OCP + PCB

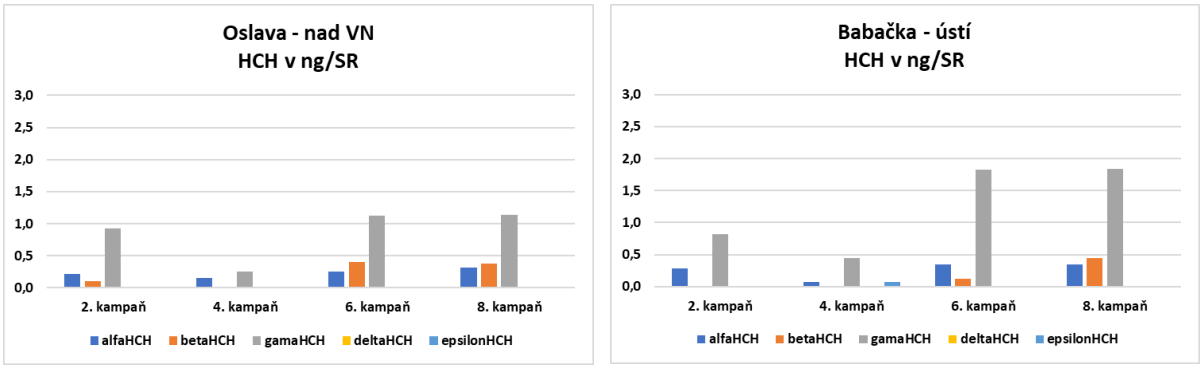
Organochlorové pesticidy (OCP) a vybrané kongenery polychlorovaných bifenylů (PCB) byly vzorkovány na silikonové membrány (SR) s dobou expozice shodnou jako u vzorkovačů POCIS. Přestože se tyto látky již mnoho desetiletí nesmí používat, vzhledem ke své perzistenci se v prostředí stále vyskytují a dostávají do povrchových vod.

Jako v předchozích lokalitách, převládaly v membránách SR izomery p,p´-DDD a p,p´-DDE. Občas byla zjištěna i mateřská sloučenina p,p´-DDT. Koncentrační skok v surové vodě v 6. vzorkovací kampani může souviset s podzimní cirkulací v nádrži (Obr. 220).

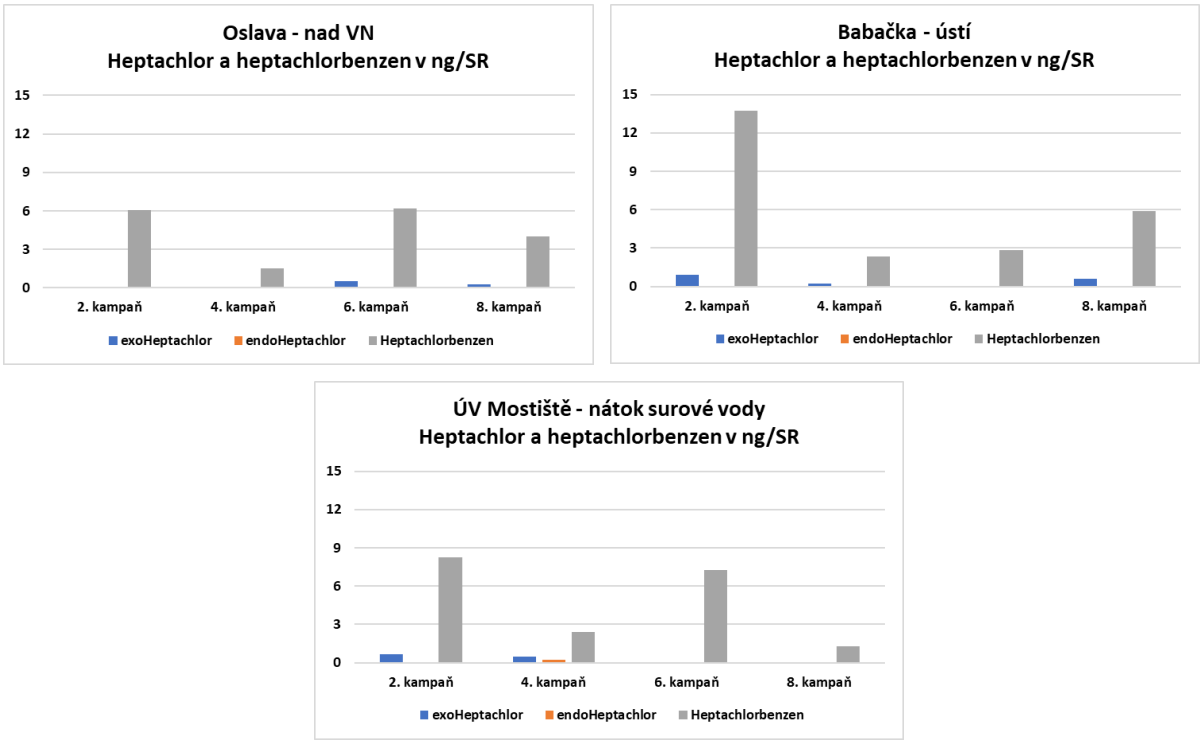


OBR. 220 KONCENTRACE IZOMERŮ DDT V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Z hexachlorcyhlohexanu převládal izomer gama (Lindan). Mírně vyšší koncentrace byly zjištěny v Babačce v druhé polovině roku 2022. (Obr. 221)



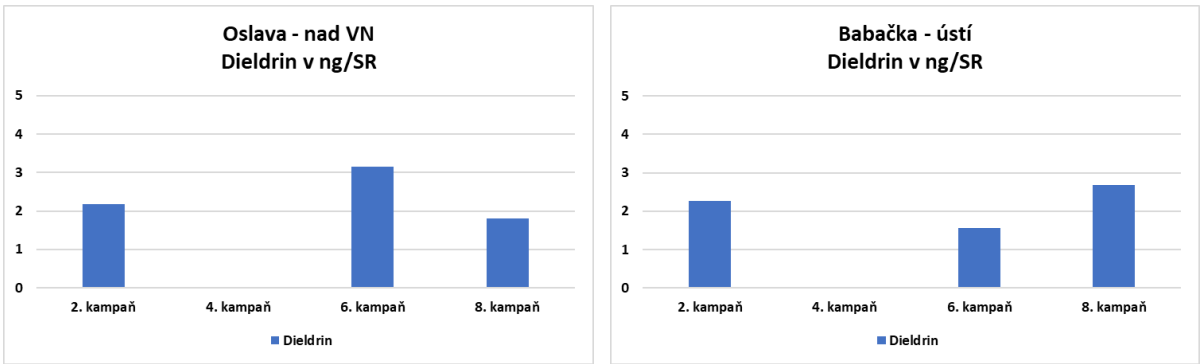
OBR. 221 KONCENTRACE IZOMERŮ HCH V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022



OBR. 222 KONCENTRACE HEPTACHLORU A HEPTACHLORBENZENU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Heptachlor, který byl dříve používán k hubení mravenců, byl naclezen jen ve velmi malém množství. Více byl nacházen v minulosti používaný insekticid pentachlorbenzen. (Obr. 222)

Z drinů byl v membránách SR zachycen pouze dieldrin v malém množství bez zjevných koncentračních výkyvů (Obr. 223). V surové vodě byl potvrzen pouze v 2. a 6. vzorkovací kampani v max. koncentraci 1,5 ng/SR.



OBR. 223 KONCENTRACE DIELDRINU V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN MOSTIŠTĚ V R. 2022

Z PCB byly nalezeny kongenery PCB28 a PCB101 ve 4. červencové vzorkovací kampani a kongener PCB153 v 2. vzorkovací kampani ve všech ověřovaných profilech: Oslava nad VN, Babačka a surová voda. Významné byly koncentrace pouze kongeneru PCB28 48 až 70 ng/SR (nejvyšší koncentrace v surové vodě).

Ověřované bodové zdroje znečištění

Z bodových zdrojů znečištění byly v povodí VN Mostiště provedeny odběry vypouštěných odpadních vod na stanovení vybraných mikropolutantů včetně endokrinních látek v ČOV Radostín nad Oslavou a ČOV Dolní Bory.

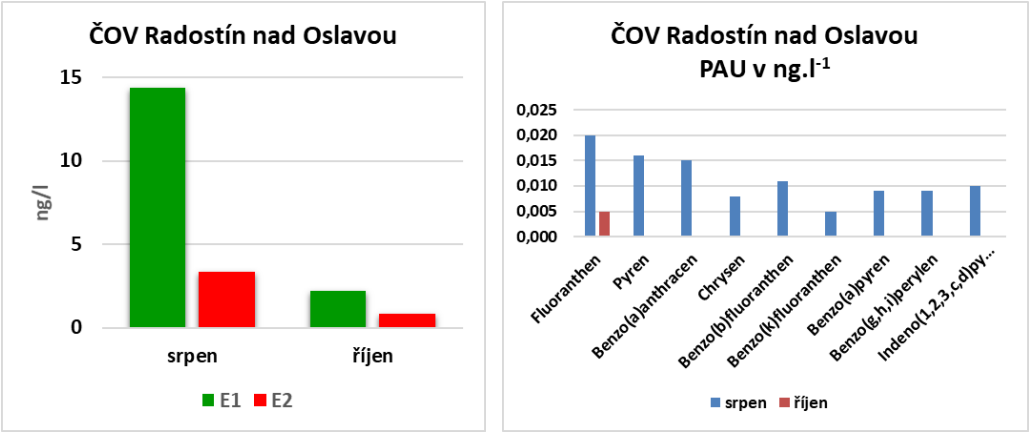
ČOV Radostín nad Oslavou

Mechanicko-biologická čistírna odpadních vod byla uvedena do provozu v roce 1992. Je navržena na průměrný průtok 4,15 $l.s^{-1}$. Sestává z hrubých česlí, lapače písku, aktivace (oxidační příkop) a čtyř dosazovacích nádrží (Obr. 224). Od roku 2021 je realizováno chemické srážení fosforu přídavkem 40 % síranu železitého do oxidačního příkopu. Počet obyvatel v obci je 926. V obci je jednotná kanalizace, na kterou je kromě obytných sídel napojena základní škola, drobné provozovny a zemědělské družstvo. Vzorky vyčištěné odpadní vody pro stanovení PAU a endokrinních látek byly odebrány 18. 8. a 31. 10. 2022 jako 2hodinový slévaný vzorek. Průtok v době vzorkování činil 0,53 až 10,8 $l.s^{-1}$, v průměru 0,95 $l.s^{-1}$ (vypouštění odpadních vod do recipientu je cyklické v závislosti na režimu čerpání přebytečného kalu z dosazovacích nádrží do aktivace).

OBR. 224 ČOV RADOSTÍN NAD OSLAVOU

Z endokrinních látek (EDs) byly ve vyčištěné odpadní vodě potvrzeny E1 – estron v poměrně vysoké koncentraci 14,4 $ng.l^{-1}$ a E2 – 17β-estradiol v jednotkách $ng.l^{-1}$. Přítomnost 17α-ethynylestradiolu (EE2) nebyla potvrzena.

Obsah polycyklických aromatických uhlovodíků v odpadní vodě byl nízký, v říjnovém odběru pak potvrzen pouze fluoranthen. (Obr. 225)



OBR. 225 OBSAH ED LÁTEK A POLYCYKLICKÝCH AROMATICKÝCH UHLOVODÍKŮ V ČOV RADOSTÍN N. O.

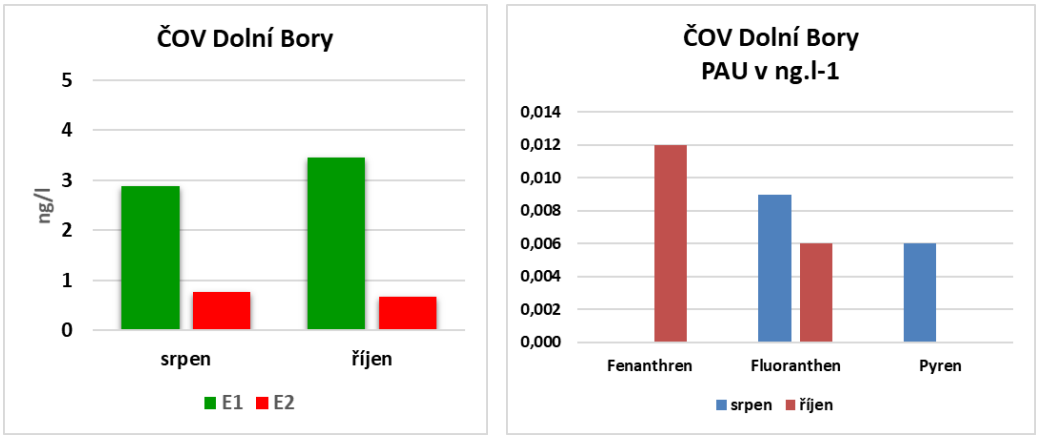
ČOV Dolní Bory

Mechanicko-biologická čistírna odpadních vod byla intenzifikována v letech 2014 až 2015, při které se zvýšila její kapacita z 450 na 900 obyvatel (obec Dolní Bory má 764 obyv.). Po mechanickém předčištění na česlích a lapači písku jsou OV čerpány na biologický stupeň tvořený denitrifikací a nitrifikací. Aktivovaný kal je gravitačně oddělený v dosazovací nádrži. Průměrný průtok čistírnou je 2 $l.s^{-1}$. Celý objekt ČOV je zastřešen (Obr. 217). Vzorky vyčištěné odpadní vody pro stanovení PAU a endokrinních látek byly odebrány 18. 8. a 31. 10. 2022 jako 2hodinový slévaný vzorek. Průtok v době vzorkování činil v průměru 1,1 $l.s^{-1}$ (vypouštění odpadních vod do recipientu je cyklické v závislosti na režimu čerpání přebytečného kalu z dosazovacích nádrží do aktivace).

OBR. 226 ČOV DOLNÍ BORY

Z endokrinních látek (EDs) byly potvrzeny ve vyčištěné odpadní vodě E1 – estron a E2 – 17β-estradiol v jednotkách $ng.l^{-1}$. Přítomnost 17α-ethynylestradiolu (EE2) nebyla potvrzena.

Obsah polycyklických aromatických uhlovodíků v odpadní vodě byl nízký a omezen pouze na tři zástupce PAU. (Obr. 227)



OBR. 227 OBSAH ED LÁTEK A POLYCYKLICKÝCH AROMATICKÝCH UHLOVODÍKŮ V ČOV DOLNÍ BORY

2.10 Přepočet množství pesticidů v pasivních vzorkovačích na průměrnou koncentraci v toku

Množství pesticidů zachycených pasivním vzorkovačem POCIS je možné přepočítat na průměrnou koncentraci během doby expozice, tzv C_{TWA} (time weighted average concentration), pokud je pro danou látku a typ pasivního vzorkovače známá vzorkovací rychlost R_s (sampling rate). V případě vzorkovačů POCIS pro polární organické látky platí pro přepočet následující vztah [7]:

$$C_{TWA} = N_t / (R_s . t) \quad (1)$$

kde:

N_t je množství zachycené látky vzorkovačem v ng,
R_s je vzorkovací rychlost v $l.den^{-1}$ a
t je doba expozice vzorkovače ve dnech
Výsledná koncentrace C_{TWA} je vyjádřena v $ng.l^{-1}$.

Pesticidy

Vzorkovací rychlost je zjišťována kalibračními testy, nejčastěji v laboratorních podmínkách. Pro naše výpočty C_{TWA} byla použita metodická práce Grabice a kol. [7]. Její velkou předností je to, že kalibrace vzorkovačů POCIS byly realizovány v reálných terénních podmínkách na českých řekách (Úhlava) v jarní a podzimní sezóně. Pro látky uvedené v Tabulce 29, pro které nebyla vzorkovací rychlost R_s uvedena v metodice [7], byla zjištěna literární rešerší.

S využitím vztahu (1) bylo možno vypočítat C_{TWA} a se znalostí hodinových průtoků na hlavním přítoku do vodárenské nádrže a odvozených průtoků pro ostatní přítoky do VN vypočítat látkovou bilanci znečištění pro vybrané pesticidy za celé období pasivního vzorkování součtem dílčích bilancí z každé vzorkovací kampaně pro celou nádrž. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 29 pro všechny řešené vodárenské nádrže Vír I, Opatovice, Ludkovice, Hubenov a Mostiště.

TABULKA 29 VÝPOČET CELKOVÉ ZÁTĚŽE VODÁRENSKÝCH NÁDRŽÍ VYBRANÝMI PESTICIDY Z C_{TWA}

Profil	Rs	Spolehlivost určení Rs		Přítoky do VN Vír I	Přítoky do VN Opatovice	Ludkovický potok nad VN	Přítoky do VN Hubenov	Přítoky do VN Mostiště
Jednotka	$l.den^{-1}$	Jaro	Podz.	kg	kg	kg	kg	kg
2,4-D	0,019			49,021	0,869	3,173	1,131	28,449
Acetochlor ESA	0,032			51,150	4,197	0,648	39,379	490,069
Alachlor ESA	0,032			256,835	35,815	0,358	860,679	197,719
Alachlor OA	0,361			0,499	0,066	0,020	0,506	0,644
AMPA	0,122	-	-	204,963	4,627	26,525	19,191	281,620
Atrazin	0,041			0,495	0,000	0,000	0,662	3,973
Atrazin-desethyl	0,090			7,330	0,000	0,000	2,207	3,790
Azoxystrobin	0,055			10,014	0,235	0,335	0,530	7,661
Bentazon	0,003			189,672	0,375	0,518	5,838	104,770
DEET	0,046	x		270,256	0,083	8,126	55,453	365,199
Dimethachlor ESA	0,017			34,079	3,436	0,014	49,759	200,709
Epoxyconazol	0,077			0,000	0,000	0,000	0,088	1,357

Profil	Rs	Spolehlivost určení Rs		Přítoky do VN Vír I	Přítoky do VN Opatovice	Ludkovický potok nad VN	Přítoky do VN Hubenov	Přítoky do VN Mostiště
Glyfosát	0,111	-	-	199,708	1,216	8,146	2,917	56,710
Hexazinon	0,440	-	-	0,000	0,000	0,000	0,436	6,333
Chlortoluron	0,169			15,343	0,016	0,000	0,770	21,088
Isoproturon	0,370	-	-	0,000	0,000	0,000	0,018	1,574
MCPA	0,015			47,177	0,136	0,554	2,397	66,485
Metalaxyl-M	0,263	-	-	0,000	0,000	0,000	0,019	1,983
Metazachlor	0,500	-	-	0,821	0,000	0,000	0,263	15,378
Metazachlor ESA	0,016			1378,986	140,772	0,955	923,981	2557,512
Metazachlor OA	0,023			42,515	1,783	0,218	15,653	103,656
Metolachlor	0,159			43,395	0,111	1,372	0,042	9,707
Metolachlor OA	0,036			26,790	2,176	0,162	29,493	97,284
Metribuzin	0,570	-	-	0,000	0,000	0,000	0,140	5,501
Propikonazol	0,066	-	-	0,000	0,000	0,000	0,181	3,527
Simazin	0,095	-	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,400
Spiroxamin	0,280	-	-	37,596	0,009	0,019	0,015	0,211
Tebukonazol	0,067			3,050	0,000	0,000	1,265	30,123
Terbuthylazin	0,149			86,993	0,095	0,572	0,966	54,670
Terbuthylazin-2-hydroxy	0,184			176,634	7,208	1,518	6,828	168,306
Terbuthylazin-desethyl	0,185			49,507	0,000	0,272	1,795	20,277
Terbuthylazin-desethyl-2-hydroxy	0,165			43,156	0,556	0,742	0,372	16,660
Terbutryn	2,120	-	-	0,210	0,000	0,003	0,010	1,333
Σpesticidů	**kg/8 k**			3 226,19	203,78	54,25	2 022,98	4 924,68
Objem vody přítoků	**m^3/8 k**			63 167 054	1 588 224	1 529 699	2 652 679	11 013 201
Průměrná koncentrace Σpesticidů	**$\mu g.l^{-1}$**			51,1	128,3	35,5	762,6	447,2

Rs použitelné pro robustní odhad koncentrací látek ve vodě

Rs použitelné, ale s nižší mírou spolehlivosti

Rs nelze použít pro kvantitativní vyhodnocení

koncentrace ve vodě, data z bodových vzorků < LOQ, Rs nebylo možné ověřit

Pro glyfosát a jeho metabolit AMPA byla použita vzorkovací rychlost R_s odvozená v laboratorních podmínkách Berho, C. [27], pro ostatní pesticidy, pro které není v Tabulce 29 uvedena spolehlivost určení R_s podle práce Grabice, byly použity hodnoty odvozené rovněž

v laboratorních podmínkách Ahrensem, L. [28] Z celkové bilance pesticidů a celkového objemu vody, která daným profilem protekla za dobu aplikace pasivních vzorkovačů, byla vypočtena průměrná koncentrace C_{TWA} pro sumu pesticidů. Přesnost výpočtu průměrné koncentrace v toku je dána přesností odvození vzorkovací rychlosti R_s na pasivní vzorkovač. Proto nelze v případě na C_{TWA} ΣPES nahlížet jako na reálnou sumární koncentraci pesticidů v toku, protože některé hodnoty R_s jsou použitelné dle práce Grabice R. [7] jen s nižší mírou spolehlivosti, jak je vysvětleno pod Tabulkou 29. Nižší spolehlivost R_s platí především pro metazachlor ESA, bentazon, DEET a alachlor ESA, které byly bilančně nejvýznamnější. Přesto nám to umožňuje srovnat míru zátěže pesticidy vodárenských nádrží navzájem vyjádřenou jako koncentrace Σpesticidů.litr^{-1}. Z výsledků vyplývá, že pesticidy je nejvíce zatížená VN Hubenov.

Farmaka a EDs

Shodným postupem jako pro pesticidy byla spočítána C_{TWA} pro farmaka, pro která byla Gragicem a kol. [7] vypočtena vzorkovací rychlost R_s. Celková zátěž vodárenských nádrží vybranými farmaky je uvedena v následující Tabulce 30.

TABULKA 30 VÝPOČET CELKOVÉ ZÁTĚŽE VODÁRENSKÝCH NÁDRŽÍ VYBRANÝMI FARMAKY Z C_{TWA}

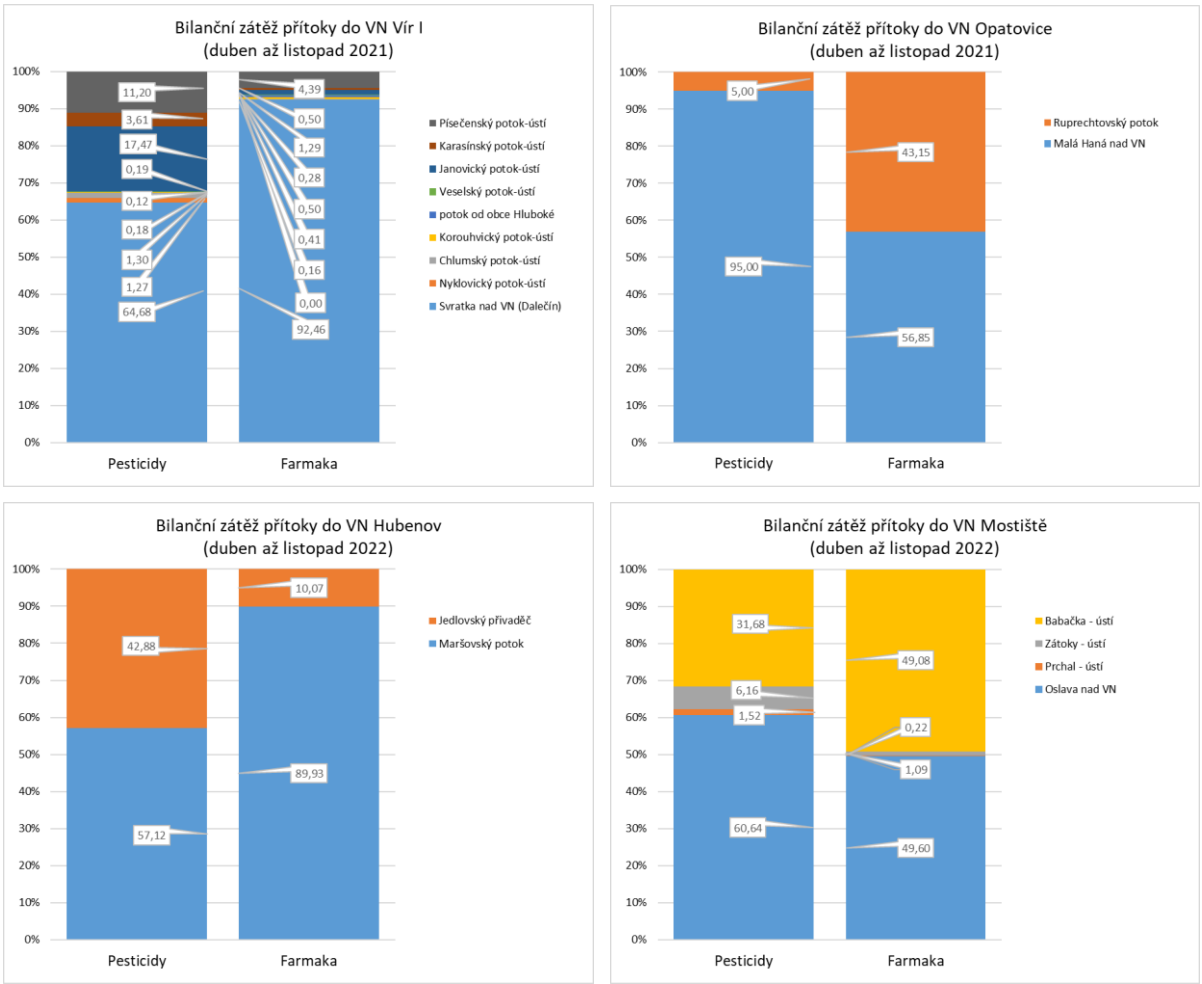
Profil	Rs	Spoleh. určení Rs	Přítoky do VN Vír I	Přítoky do VN Opatovice	Ludkovický potok nad VN	Přítoky do VN Hubenov	Přítoky do VN Mostiště
Jednotka	**l.den^{-1}**		**kg**	**kg**	**kg**	**kg**	**kg**
Bisoprolol	0,106		44,546	0,000	1,696	0,000	95,159
Metoprolol	0,135		170,657	0,137	1,087	44,502	279,994
Verapamil	0,189		0,420	0,000	0,136	0,000	0,000
Citalopram	0,117		34,227	0,000	0,679	3,087	12,669
Clarithromycin	0,080		170,753	0,892	8,025	8,077	322,197
Diclofenac	0,044		337,814	1,029	10,616	27,083	327,089
Irbesartan	0,051		487,392	3,769	26,405	1,732	300,066
Losartan	0,051	-	206,026	0,000	3,433	1,349	48,576
Valsartan	0,031		237,819	1,120	26,459	2,849	493,656
Carbamazepine	0,115		415,249	11,755	12,939	16,610	152,861
Furosemide	0,129	-	6,497	0,060	1,368	0,000	1,809
Metformin	0,086	-	1092,378	1,165	28,668	2,969	41,567
Estron E1	0,230	-	6,359	0,138	0,833	0,372	1,325
Estradiol E2	0,239	-	0,641	0,023	0,118	0,029	0,052
Σfarmak	**kg/8 k**		3 210,78	20,09	122,46	108,66	2 077,02
Objem vody přítoků	**m^3/8 k**		63 167 054	1 588 224	1 529 699	2 652 679	11 013 201
Průměrná koncentrace Σfarmak	**μg.l^{-1}**		50,8	12,6	80,1	41,0	188,6
Rs použitelné pro robustní odhad koncentrací látek ve vodě							

Pro farmaka a endokrinní látky, pro které není v Tabulce 30 uvedena spolehlivost určení R_s podle práce Grabice, byly použity hodnoty R_s odvozené v laboratorních podmínkách Morinem, N. [29] a pro metformin Kimem, H. [30]. Z celkové bilance pesticidů a celkového objemu vody, která daným profilem protekla za dobu aplikace pasivních vzorkovačů, byla vypočtena

průměrná koncentrace C_{TWA} pro sumu farmak. Přesnost výpočtu průměrné koncentrace v toku je dána přesností odvození vzorkovací rychlosti R_s na pasivní vzorkovač.

Z výsledků vyplývá největší zátěž farmaky VN Mostiště a VN Ludkovice. Nejnižší zátěž byla potvrzena v případě VN Opatovice a VN Hubenov.

Bilanční zátěž vodárenských nádrží pesticidy a farmaky jednotlivými přítoky zobrazují grafy na Obr. 228. V případě VN Vír I se hlavní přítok Svratka podílí vnosem pesticidů z 65 % a dalším významným zdrojem jsou pravostranné přítoky Janovický potok a Písečenský potok. Naopak zátěž nádrže farmaky je z více než 90 % tvořená Svratkou. Přísun pesticidů do VN Opatovice je v 95 % „zajištěn“ hlavním přítokem Malá Haná. V povodí Ruprechtovského potoka je zemědělská činnost minimální a nepředstavuje pro VN významný zdroj těchto látek. To však nelze konstatovat o vnosu farmak, který se blíží 50 %. Skutečná zátěž může být o něco vyšší, než je v grafu deklarováno, protože v 3. vzorkovací kampani došlo k utržení a ztrátě pasivních vzorkovačů vlivem extrémní srážko-odtokové situaci. V pramenné oblasti Ruprechtovského potoka se nachází obec Ruprechtov, která je odkanalizovaná a splaškové odpadní vody jsou čištěny v mechanicko-biologické ČOV. V horní části povodí toku Malá Haná obec Krásensko rovněž s čištěním odpadních vod v mechanicko-biologické ČOV.



OBR. 228 BILANČNÍ ZÁTĚŽ VODÁRENSKÝCH NÁDRŽÍ PŘÍTOKY – PESTICIDY A FARMAKA

Maršovský potok je hlavním zdrojem pesticidů a farmak pro VN Hubenov. Jedlovský přivaděč se na bilanci pesticidů do VN podílí významnými 43 %, v případě farmak pouze 10 %.

Oslava – hlavní přítok do VN Mostiště je dominantním zdrojem pesticidů. Druhým významným zdrojem těchto látek je levostranný přítok Babačka. Ta se sice vlévá do Oslavy těsně nad vodárenskou nádrží, ale bilanci řekou Oslavou neovlivnila, protože profil pro pasivní

vzorkování Oslavy byl záměrně zvolen nad ústím Babačky a toku Zátoky. Podíl zátěže z pravostranného přítoku Zátoky bude vyšší než deklarovaných 6 %, protože pasivní vzorkování bylo ukončeno 5. vzorkovací kampaní. V průběhu 6. vzorkovací kampaně došlo k vypuštění Ústeckého rybníka, kde byly vzorkovače exponovány. Podíl vnosu farmak do VN Mostiště Oslavou a Babačkou je prakticky rovnocenný, přestože povodí Oslavy nad VN je nesrovnatelně větší. V dolní části Babačky se nachází ČOV obce Bory.

2.11 Analýza přítomnosti mutagenních látek Amesovým bakteriálním testem

V posledních letech je na úrovni EU věnována vysoká pozornost hodnocení rizikovosti povrchových vod jako směsi mnoha různorodých látek. Normy environmentální kvality pro povrchové vody jsou většinou stanoveny pro individuální chemické látky nebo skupinu vybraných izomerů chemické látky nebo skupinu chemicky příbuzných látek. Ačkoliv normy environmentální kvality mohou být plněny, je zde riziko synergických účinků směsí látek. Proto byly izoláty z extrakce membrán pasivních vzorkovačů POCIS-hlb podrobeny genotoxickým testům.

V roce 2021 bylo otestováno 18 vzorků/izolátů z membrán pasivních vzorkovačů vybraných profilů vodárenských nádrží Vír I, Opatovice a Ludkovice a tři slepé vzorky (vždy jeden pro danou vzorkovací kampaň) na přítomnost genotoxických látek Amesovým fluktuačním testem (ISO 11 350). Tento test prostřednictvím dvou geneticky modifikovaných bakteriálních kmenů *Salmonella enterica subsp. enterica* serotyp *Typhimurium* TA 98 a TA 100 sleduje výskyt přímých a nepřímých mutagenů ve vodném prostředí. Kombinací zmíněných kmenů TA 98 a TA 100 je umožněno měřit genotoxicitu chemických látek, které indukují bodové mutace (substituce bází a posunové mutace) v genech kódující enzymy, které se účastní biosyntézy aminokyseliny histidinu. Jedná se o moderní (effect-based) metodu zaměřenou na monitorování výskytu prioritních látek ve vodách, zohledňující účinky směsí působící na organismus. V roce 2021 byla k hodnocení výskytu látek s genotoxickým potenciálem vybrána varianta Amesova testu bez metabolické aktivace (S9- frakce), tzn. byl sledován výskyt látek s přímým mutagenním účinkem.

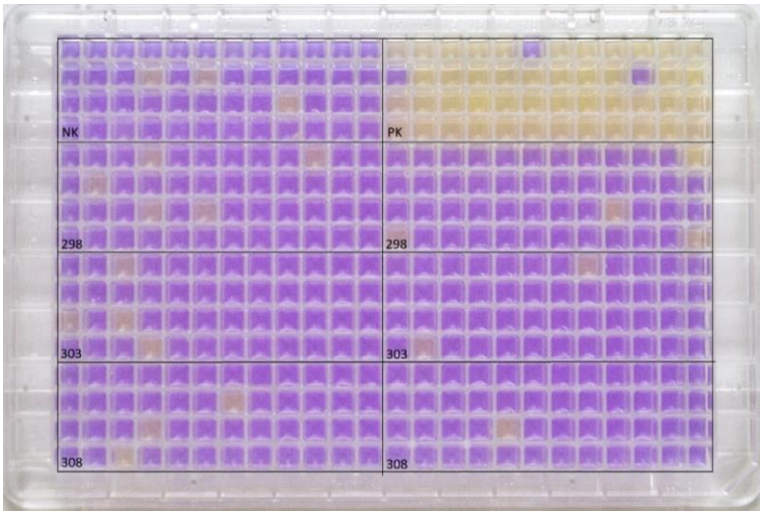
Pro potřeby analýzy Amesovým testem byly všechny izoláty 100násobně naředěny destilovanou vodou, aby bylo zabráněno cytotoxickému efektu rozpouštědla použitého pro extrakci vzorků, a bylo dosaženo dostatečného objemu vzorků pro analýzu. Součástí Amesova testu bylo rovněž hodnocení cytotoxických účinků vzorků na bakteriální kmeny salmonel založené na hodnocení růstové rychlosti bakteriálních kmenů v porovnání s kontrolou.

Žádný z testovaných izolátů/vzorků nevykazoval genotoxické účinky u žádného z použitých kmenů salmonel. Amesovým bakteriálním testem nebyly detekovány přímé mutageny přítomné ve vzorcích, tedy látky, které jsou schopny způsobovat změny genetické informace ve své původní formě bez metabolické aktivace. U dvou vzorků Svratka pod hrází - náhon a Svratka nad VN (Dalečín) byl v první vzorkovací kampani zaznamenán zvýšený počet revertant oproti negativní kontrole u kmene TA 100, který ovšem nebyl statisticky významný pro vyhodnocení pozitivity vzorku. Pouze jeden vzorek – VN Ludkovice-hráz – odebraný v 6. vzorkovací kampani vykazoval slabou cytotoxicitu. Výsledky jsou shrnuty v následující tabulce. Ukázka Amesova fluktuačního testu je na Obr. 229.

TABULKA Č. 31 VÝSLEDKY AMESOVA FLUKTUAČNÍHO TESTU VE VARIANTĚ S9- VZORKŮ VE VYBRANÝCH VZORKOVACÍCH KAMPANÍCH NA KMENECH *S. TYPHIMURIUM* TA 98 A TA 100

Odběrový profil	2. kampaň		4. kampaň		6. kampaň	
	TA 98	TA 100	TA 98	TA 100	TA 98	TA 100
Svratka pod hrází-náhon	neg.	neg. *	neg.	neg.	neg.	neg.
Svratka nad VN (Dalečín)	neg.	neg.*	neg.	neg.	neg.	neg.
Bílý p.-nad ústím Černého p.	neg.	neg.	-	-	-	-
VN Opatovice-hráz	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.
Malá Haná nad VN	neg.	neg.	neg.	neg.	-	-
Ludkovický potok nad VN	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.
VN Ludkovice-hráz	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.

* zvýšený počet revertant ve vzorku oproti NK



OBR. 229 AMESŮV FLUKTUAČNÍ TEST – POUŽIT KMEN S. TYPHIMURIUM TA100,

VYSVĚTLIVKY: NK – NEGATIVNÍ KONTROLA, PK – POZITIVNÍ KONTROLA, VZOREK Č. 298 - RANTÍŘOV - SUROVÁ VODA, VZ.Č. 303 - JEDLOVSKÝ PŘIVADĚČ, VZ.Č. 308 - MARŠOVSKÝ POTOK

Stejně jako v roce 2021 byly ve vzorcích z vybraných profilů VN Hubenov a Mostiště monitorovány látky s přímým mutagenním účinkem. Pro potřeby analýzy přítomnosti mutagenních látek byly všechny alikvoty extraktů 100násobně naředěny destilovanou vodou s upraveným pH. Dále bylo pstupováno metodicky shodně jako v roce 2021. Žádný ze vzorků nevykazoval výrazný cytotoxický účinek na růst bakteriálního kmene TA98, který by ovlivnil výsledky testů mutagenity. Ve vzorcích odebraných v roce 2022 nebyla detekována přítomnost mutagenních látek žádným z použitých kmenů salmonel. Amesovým bakteriálním testem nebyla ve vzorcích alikvotů extraktu zjištěna přítomnost přímých mutagenů, tzn. látek, které jsou schopny způsobovat změny genetické informace ve své původní formě.

Vzorek z Jedlovského přivaděče odebraný ve 4. vzorkovací kampani vykazoval zvýšený počet revertant oproti negativní kontrole u kmene TA 100, který ovšem nebyl statisticky významný pro vyhodnocení pozitivity vzorku na přítomnost látek vykazující mutagenní účinky na použité testovací bakterie.

Vzorky testovány duplicitně v nejvyšší možné koncentraci 800 ml/l. Výsledky jsou shrnuty v následující Tabulce 32.

TABULKA 32 VÝSLEDKY VZORKŮ AMESOVA FLUKTUAČNÍHO TESTU VE VARIANTĚ S9- VE VYBRANÝCH VZORKOVACÍCH KAMPANÍCH NA KMENECH S. TYPHIMURIUM TA 98 A TA 100

Profil	2. kampaň		3. kampaň		4. kampaň	
	TA98	TA100	TA98	TA100	TA98	TA100
Rantířov - surová voda	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.
Jedlovský přivaděč	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.*
Maršovský potok	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.
ÚV Mostiště - nátok surové vody	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.
Prchal-ústí	neg.	neg.	-	-	neg.	neg.
Zátoky-ústí	neg.	neg.	-	-	neg.	neg.
Oslava - nad VN	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.
Babačka-ústí	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.

* zvýšený počet revertant ve vzorku oproti NK

2.12 Necílená organická analýza

Na vybraných extraktech z pasivních vzorkovačů 6. vzorkovací kampaně v roce 2021, které zahrnovaly hlavní přítok do vodárenských nádrží a odtok z nádrže, resp. u hráze Vír I, Opatovice a Ludkovice, byly podrobeny necílené organické analýze. Instrumentálně to bylo realizováno na sestavě LC/MS/MS Q-TOF zahrnující kapalinový chromatograf Agilent 1290 Infinity II a hmotnostní spektrometr s vysokým rozlišením SCIEX X500R s ionizačními technikami ESI a APCI (Obr. 230). Pro necílenou analýzu je možné využít techniku IDA (Information Dependent Acquisition) nebo techniku SWATH (Sequential Window Acquisition of all THeoretical Ions). IDA umožňuje rychlé skenování celého hmotnostního rozsahu a následnou identifikaci látek porovnáním hmotnostních spekter s knihovnou, případně určení struktury neznámých látek pomocí nástroje ChemSpider (licence byla zakoupena na podzim 2021). Technika SWATH skenuje hmotnostní rozsah sekvenčně rozdělením do menších hmotnostních oken, což umožní vyšší citlivost a kromě identifikace také případnou kvantifikaci látek. Velkou výhodou je možnost retrospektivního vyhodnocování změřených dat. Necílená analýza je využívána při konfirmaci stanovovaných látek.

Méně citlivou skenovací technikou IDA byly v extraktech z pasivních vzorkovačů 6. kampaně porovnáním s databankou hmotnostních spekter identifikovány stovky organických sloučenin. S vysokou určitostí byla potvrzena následující farmaka:

- Telmisartan
- Karbamazepin
- Irbesartan
- O-desmethylvenlafaxin

Z dalších látek to byly DEET, polyethylenglykoly, ftaláty a benzotriazol.

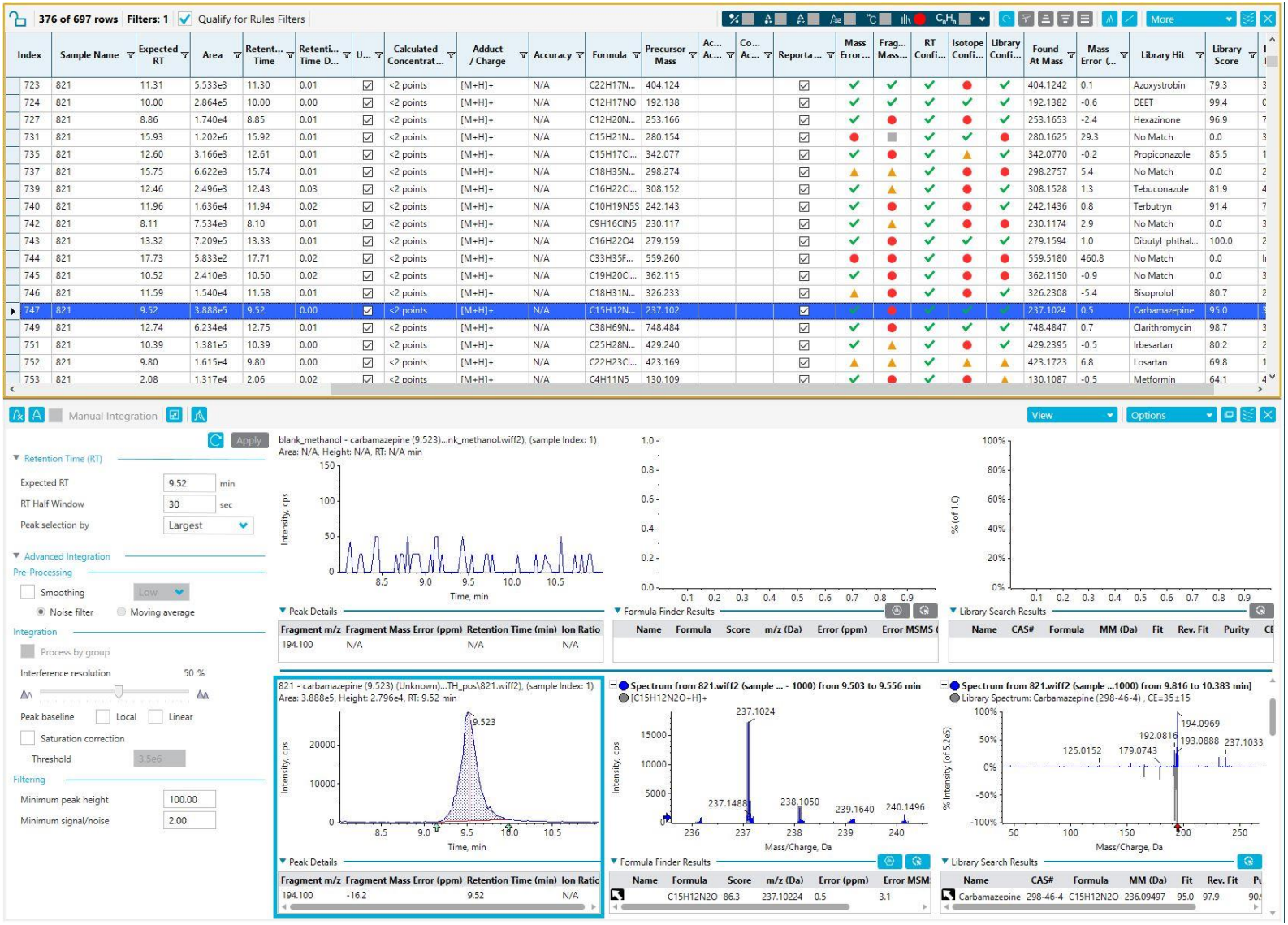
Skenovací technikou SWATH byly v extraktech z pasivních vzorkovačů 6. kampaně porovnáním s databankou hmotnostních spekter identifikovány se shodou knihovny MS spekter 75 % a výše potvrzeny organické látky uvedené v Tabulce 33.

OBR. 230 CHROMATOGRAF AGILENT 1290 S HMOTNOSTNÍM SPEKTROMETREM SCIEX X500R

TABULKA Č. 33 NECÍLENÁ ORGANICKÁ ANALÝZA – LÁTKY POTVRZENÉ TECHNIKOU SWATH

Název látky	Svratka pod VN	Svratka nad VN	Opatovice hráz	Malá Haná	Ludkovický potok	Ludkovice hráz
Acebutolol					X	
Acecarbromal		X	X		X	X
Adenin			X	X	X	
Adenosin	X	X	X	X	X	
Ajmaline		X			X	
Azithromycin		X				
Azoxystrobin	X	X	X		X	
Betaine	X	X	X	X		X
Bisoprolol	X	X				
CP 47,497 C8-homolog			X			
CP 47,497			X			
Clarithromycin	X	X			X	
Cyklopiazonová kyselina					X	
DEET	X	X	X		X	X
Diaveridine						X
Dibutylftalát	X	X	X	X	X	X
Dihydrochlamidocin			X		X	X
Dimethenamide						X
Dioktylftalát	X	X	X			X
Emamectin B1b			X			
Epoxiconazol	X		X			
Fenpropidin						X
Fumigaclavine A		X	X		X	X
Fumonisin B1					X	
Helvolová kyselina	X	X	X		X	X

Hexazinon	X	X	X	X		
Irbesartan		X			X	
Karbamazepin	X	X	X	X	X	X
Klomazon	X				X	
Kristallviolett		X	X		X	X
Losartan					X	X
Mastná kyselina C20:4 Garbage	X	X	X		X	X
Metazachlor	X	X	X	X	X	
Metformin					X	
Metazachlor	X	X	X	X	X	
Oxakarbamazepin		X			X	
Oxybutyinin	X	X	X			X
PEG-7mer Ammonium adduct	X	X	X	X		X
PEG-8mer Ammonium adduct	X	X	X	X	X	X
PEG-9mer Ammonium adduct	X	X	X	X	X	X
PEG-10mer Ammonium adduct	X	X	X		X	X
PEG-11mer Ammonium adduct	X	X	X	X	X	X
PEG-12mer Ammonium adduct	X	X	X	X	X	X
Propikonazol	X	X			X	
Pyrvinium	X	X	X			
Rocuronium		X				
Rosiglitazone	X	X	X		X	X
Salvinorin B	X	X	X	X	X	X
Sambucinol	X	X	X		X	X
Spinosyn A	X		X			
Sulpiride			X			
Tebuconazol		X	X		X	
Telmisartan	X	X	X		X	X
Terbuthylazin	X	X	X	X		X
Terbuthylazin-desetyl	X		X			X
Terbutryn	X	X			X	X
Tramadol	X		X		X	X
Ziprasidone	X	X	X			X



OBR. 231 UKÁZKA ZÁZNAMU NECÍLENÉ ORGANICKÉ ANALÝZY METODOU SWATH – KARBAMAZEPIN

3 Prezentace a tvorba výstupů projektu

Deklarovanými výstupy projektu podle Smlouvy o poskytnutí podpory mezi TA ČR a VÚV TGM, v.v.i. jsou:

- SS01010248-V1 Nmap – Specializovaná mapa s odborným obsahem (minimálně 20 map). Mapy lokalit vodárenských nádrží s grafickým znázorněním výsledků dynamiky koncentrací vybraných poltantů získaných na základě pasivního vzorkování povrchových vod.
- SS01010248-V2 Vsouhrn – Závěrečná výzkumná zpráva projektu PESPOM.
- SS01010248-V3 Jost – Odborný článek v recenzovaném periodiku.

Výstupy projektu mají napomoci aplikačnímu garantovi (MŽP odbor ochrany vod) při tvorbě politiky ochrany životního prostředí. Správci povodí (Povodí Moravy, s.p.) budou sloužit k identifikaci a zhodnocení rizik znečištění vodního prostředí pro následnou specifikaci opatření ke zvýšení ochrany vodních zdrojů z hlediska kvality vody.

3.1 Prezentace projektu

Projekt, resp. jeho návrh, byl prezentován již před jeho podáním do soutěže 1. výzvy programu Prostředí pro život. Bylo potřeba přesvědčit zástupce podniku Povodí Moravy, s.p. o jeho užitečnosti. Správce povodí již v době zpracovávání návrhu projektu spolupracoval tím, že specifikoval problematické vodárenské nádrže, z nichž pak bylo vybráno 5, poskytl data o monitorování jakosti povrchových vod v předmětných lokalitách. V prvním roce řešení byly jednotlivé lokality společně se zástupci podniku navštíveny a byla určena vhodná místa pro aplikaci pasivních vzorkovačů. Návrh projektu byl konzultován s odborem ochrany vod MŽP a domluvena role aplikačního garanta.

První dosažené výsledky řešení projektu byly formou posteru prezentovány na národní konferenci „Životní prostředí – prostředí pro život“ organizované CENIÍ 16. až 17. 9. 2021 v Praze. Poster je uveden v Příloze. Představení projektu proběhlo dále na semináři Centra Voda, řešeného rovněž v programu Prostředí pro život (SS02030027), který se uskutečnil ve VÚV TGM, v.v.i. v Praze 15. 9. 2021.

V následujícím roce byly prezentovány výsledky projektu z jeho řešení v roce 2021 na stejné konferenci organizované resortní organizací Ministerstva životního prostředí CENIA „Životní prostředí – prostředí pro život“. Ta proběhla 12. až 14. 9. 2022 v Praze-Dejvicích v Národní technické knihovně. Na této konferenci byl 13. 9. 2022 přednesen příspěvek: Mičaník, T. a kol.: Dynamika vnosu vybraných mikropolutantů do vodárenských nádrží v povodí Moravy a Dyje. Prezentace je vložena jako ostatní výstup v ISTA. Současně byl zpracován abstrakt příspěvku v českém a anglickém jazyce pro sborník.

V závěru řešení projektu v roce 2023 byly vytvořeny webové stránky projektu především za účelem zveřejnění hlavních výstupů projektu. Odkaz na webové stránky:

https://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/pespom/default.asp?

Další formou prezentace je zveřejnění článku do recenzovaného odborného národního periodika, které je vydáváno VÚV TGM, v.v.i. s podporou MŽP.

Prezentace výsledků řešení projektu bude probíhat i po jeho ukončení v rámci zpracovaného implementačního plánu. Zájmovou skupinou budou opět zástupci Povodí Moravy, s.p. a další instituce, které projeví o výsledky řešení projektu zájem.

3.2 Výstupy projektu

SS01010248-V1 Nmap

Mapy lokalit vodárenských nádrží s grafickým znázorněním výsledků laboratorních analýz.

Z výsledků pasivního vzorkování vodárenských nádrží Vír I, Opatovice a Ludkovice byly připraveny specializované mapy s odborným obsahem jako výsledek N_{map}.

V roce 2022 bylo vytvořeno 8 souborů map: každý soubor obsahuje 3 mapy s vyznačením dynamiky koncentrací v pasivních vzorkovačích pro jednu pesticidní látku. Každý soubor 3 map je brán jako jeden mapový výstup.

V roce 2023 bylo vytvořeno dalších 27 souborů map zobrazujících výsledky dynamiky koncentrací dalších pesticidů, farmak a polycyklických aromatických uhlovodíků. V mapách jsou prezentovány výsledky nejvýznamnějších organických látek z hlediska četnosti a dynamiky jejich výskytu v jednotlivých vzorkovacích kampaních přítoků do vodárenských nádrží pomocí pasivních vzorkovačů.

Mapy byly vytvořeny v programu ArcGIS Desktop 10.8.2 firmy ESRI na podkladových datech ČÚZK a VÚV TGM, v.v.i. v měřítku:

- Pesticidy - 1 : 135 000 (VN Vír I), 1 : 67 000 (VN Opatovice), 1 : 45 000 (VN Ludkovice), 1: 54 000 (VN Hubenov), 1: 70 000 (VN Mostiště)
- Farmaka - 1 : 80 000 (VN Vír I), 1 : 67 000 (VN Opatovice), 1 : 45 000 (VN Ludkovice), 1: 54 000 (VN Hubenov), 1: 70 000 (VN Mostiště)
- PAU - 1 : 135 000 (VN Vír I), 1 : 67 000 (VN Opatovice), 1 : 45 000 (VN Ludkovice), 1: 54 000 (VN Hubenov), 1: 70 000 (VN Mostiště)

Stupnice obsahu látky v pasivních vzorkovačích je v mapách volena tak, aby zobrazení dynamiky koncentrací bylo co nejnázornější.

Kompletní sada map byla zveřejněna na webové stránce projektu v 10/2023. Součástí byly k mapám zpracovány vysvětlující informace, které je možné otevřít nebo stáhnout z webové stránky projektu.

Odkaz na webové stránky výsledku:

https://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/pespom/default.asp?tab=2&wmap=

Přehled vytvořených a schválených mapových výstupy v roce 2022

1. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2022) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Opatovice a Ludkovice – 2,4-D

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, 2,4-D

Povodí vodárenské nádrže Opatovice – výsledky pasívního vzorkování, 2,4-D

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, 2,4-D

2. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2022) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Opatovice a Ludkovice – Acetochlor ESA

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, Acetochlor ESA

Povodí vodárenské nádrže Opatovice – výsledky pasívního vzorkování, Acetochlor ESA

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, Acetochlor ESA

3. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2022) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Opatovice a Ludkovice – Alachlor ESA

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, Alachlor ESA

Povodí vodárenské nádrže Opatovice – výsledky pasívního vzorkování, Alachlor ESA

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, Alachlor ESA

4. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2022) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Opatovice a Ludkovice – Atrazin a jeho metabolity

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, Atrazin a jeho metabolity

Povodí vodárenské nádrže Opatovice – výsledky pasívního vzorkování, Atrazin a jeho metabolity

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, Atrazin a jeho metabolity

5. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2022) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Opatovice a Ludkovice – Azoxystrobin

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, Azoxystrobin

Povodí vodárenské nádrže Opatovice – výsledky pasívního vzorkování, Azoxystrobin

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, Azoxystrobin

6. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2022) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Opatovice a Ludkovice – Bentazon

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, Bentazon

Povodí vodárenské nádrže Opatovice – výsledky pasívního vzorkování, Bentazon

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, Bentazon

7. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2022) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Opatovice a Ludkovice – DEET

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, DEET

Povodí vodárenské nádrže Opatovice – výsledky pasívního vzorkování, DEET

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, DEET

8. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2022) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Opatovice a Ludkovice – Metolachlor ESA

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, Metolachlor ESA

Povodí vodárenské nádrže Opatovice – výsledky pasívního vzorkování, Metolachlor ESA

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, Metolachlor ESA

Výše uvedené mapové výsledky byly převzaty Odborem ochrany vod MŽP, aplikačním garantem tohoto projektu, a uznány dopisem ze dne 20. 12. 2022 č. j. MZP/2022/640/1420. (viz Přílohy)

Přehled vytvořených a schválených mapových výstupy v roce 2023

1. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Mostiště a Hubenov – 2,4-D

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, 2,4-D

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, 2,4-D

2. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Mostiště a Hubenov – Acetochlor ESA

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, Acetochlor ESA

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, Acetochlor ESA

3. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Mostiště a Hubenov – Acetochlor OA

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, Acetochlor OA

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, Acetochlor OA

4. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Mostiště a Hubenov – Alachlor ESA

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, Alachlor ESA

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, Alachlor ESA

5. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Mostiště a Hubenov – Alachlor OA

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, Alachlor OA

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, Alachlor OA

6. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Mostiště a Hubenov – Atrazin a jeho metabolity

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, Atrazin a jeho metabolity

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, Atrazin a jeho metabolity

7. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Mostiště a Hubenov – Azoxystrobin

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, Azoxystrobin

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, Azoxystrobin

8. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Mostiště a Hubenov – Bentazon

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, Bentazon

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, Bentazon

9. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Mostiště a Hubenov – DEET

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, DEET

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, DEET

10. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Mostiště a Hubenov – Metolachlor ESA

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, Metolachlor ESA

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, Metolachlor ESA

11. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Opatovice, Ludkovice, Mostiště a Hubenov – Dimethachlor ESA

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, Dimethachlor ESA

Povodí vodárenské nádrže Opatovice – výsledky pasívního vzorkování, Dimethachlor ESA

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, Dimethachlor ESA

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, Dimethachlor ESA

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, Dimethachlor ESA

12. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Opatovice, Ludkovice, Mostiště a Hubenov – Glyfosát + AMPA

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, Glyfosát + AMPA

Povodí vodárenské nádrže Opatovice – výsledky pasívního vzorkování, Glyfosát + AMPA

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, Glyfosát + AMPA

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, Glyfosát + AMPA

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, Glyfosát + AMPA

13. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Opatovice, Ludkovice, Mostiště a Hubenov – MCPA

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, MCPA

Povodí vodárenské nádrže Opatovice – výsledky pasívního vzorkování, MCPA

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, MCPA

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, MCPA

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, MCPA

14. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Opatovice, Ludkovice, Mostiště a Hubenov – Metazachlor a jeho metabolity

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, Metazachlor a jeho metabolity

Povodí vodárenské nádrže Opatovice – výsledky pasívního vzorkování, Metazachlor a jeho metabolity

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, Metazachlor a jeho metabolity

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, Metazachlor a jeho metabolity

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, Metazachlor a jeho metabolity

15. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Opatovice, Ludkovice, Mostiště a Hubenov – Metolachlor a jeho metabolity

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, Metolachlor a jeho metabolity

Povodí vodárenské nádrže Opatovice – výsledky pasívního vzorkování, Metolachlor a jeho metabolity

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, Metolachlor a jeho metabolity

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, Metolachlor a jeho metabolity

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, Metolachlor a jeho metabolity

16. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Ludkovice a Mostiště – Bisoprolol

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, Bisoprolol

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, Bisoprolol

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, Bisoprolol

17. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Opatovice, Ludkovice, Mostiště a Hubenov – Carbamazepin

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, Carbamazepin

Povodí vodárenské nádrže Opatovice – výsledky pasívního vzorkování, Carbamazepin

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, Carbamazepin

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, Carbamazepin

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, Carbamazepin

18. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Ludkovice, Mostiště a Hubenov – Citalopram

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, Citalopram

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, Citalopram

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, Citalopram

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, Citalopram

19. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Opatovice, Ludkovice, Mostiště a Hubenov – Clarithromycin

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, Clarithromycin

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, Clarithromycin

Povodí vodárenské nádrže Opatovice – výsledky pasívního vzorkování, Clarithromycin

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, Clarithromycin

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, Clarithromycin

20. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Opatovice, Ludkovice, Mostiště a Hubenov – Diclofenac

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, Diclofenac

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, Diclofenac

Povodí vodárenské nádrže Opatovice – výsledky pasívního vzorkování, Diclofenac

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, Diclofenac

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, Diclofenac

21. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Opatovice, Ludkovice, Mostiště a Hubenov – Irbesartan

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, Irbesartan

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, Irbesartan

Povodí vodárenské nádrže Opatovice – výsledky pasívního vzorkování, Irbesartan

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, Irbesartan

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, Irbesartan

22. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Opatovice, Ludkovice, Mostiště a Hubenov – Metformin

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, Metformin

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, Metformin

Povodí vodárenské nádrže Opatovice – výsledky pasívního vzorkování, Metformin

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, Metformin

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, Metformin

23. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Opatovice, Ludkovice, Mostiště a Hubenov – Metoprolol

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, Metoprolol

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, Metoprolol

Povodí vodárenské nádrže Opatovice – výsledky pasívního vzorkování, Metoprolol

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, Metoprolol

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, Metoprolol

24. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Opatovice, Ludkovice, Mostiště a Hubenov – Valsartan

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, Valsartan

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, Valsartan

Povodí vodárenské nádrže Opatovice – výsledky pasívního vzorkování, Valsartan

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, Valsartan

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, Valsartan

25. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Opatovice, Ludkovice, Mostiště a Hubenov – PAU-suma

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, PAU-suma

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, PAU-suma

Povodí vodárenské nádrže Opatovice – výsledky pasívního vzorkování, PAU-suma

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, PAU-suma

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, PAU-suma

26. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Opatovice, Ludkovice, Mostiště a Hubenov – Benzo(a)pyren

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, Benzo(a)pyren

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, Benzo(a)pyren

Povodí vodárenské nádrže Opatovice – výsledky pasívního vzorkování, Benzo(a)pyren

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, Benzo(a)pyren

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, Benzo(a)pyren

27. soubor map: Mičaník, T., Racek, J., Kristová, A. (2023) Výsledky pasivního vzorkování vod v povodí vodárenských nádrží Vír I, Opatovice, Ludkovice, Mostiště a Hubenov – Fluoranthen

Povodí vodárenské nádrže Vír I – výsledky pasívního vzorkování, Fluoranthen

Povodí vodárenské nádrže Ludkovice – výsledky pasívního vzorkování, Fluoranthen

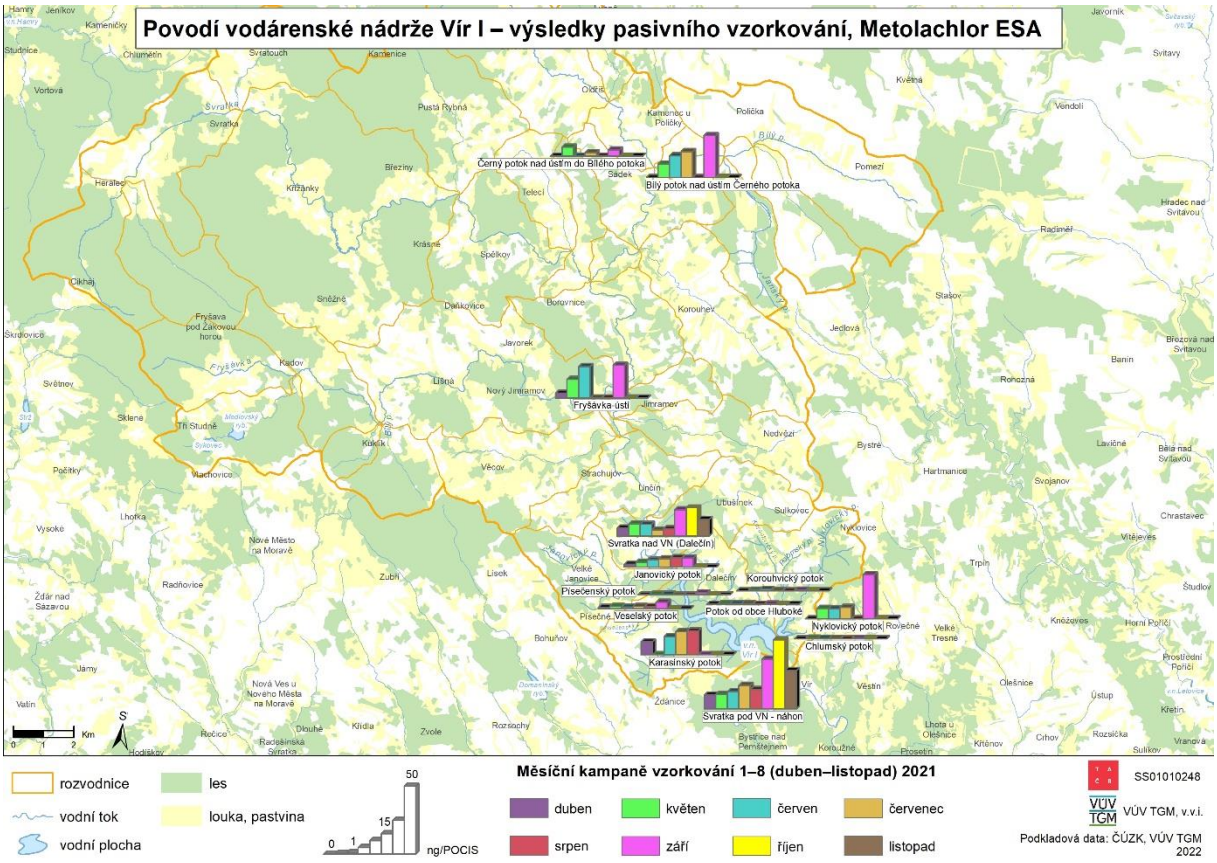
Povodí vodárenské nádrže Opatovice – výsledky pasívního vzorkování, Fluoranthen

Povodí vodárenské nádrže Mostiště – výsledky pasívního vzorkování, Fluoranthen

Povodí vodárenské nádrže Hubenov – výsledky pasívního vzorkování, Fluoranthen

Výše uvedené mapové výsledky zpracované v roce 2023 byly převzaty Odborem ochrany vod MŽP, aplikačním garantem tohoto projektu, a uznány dopisem ze dne 13. 11. 2023 č. j. MZP/2023/640/880. (viz Přílohy)

Ukázka dílčí mapy jednoho mapového výstupu je na následujícím Obr. 231.



OBR. 231 KONCENTRACE METOLACHLORU ESA V PASIVNÍCH VZORKOVAČÍCH V POVODÍ VN VÍR I V R. 2021

SS01010248-V2 Vsouhrn

Souhrnná výzkumná zpráva o řešení a dosažených výsledcích projektu byla po obdržení vrstev z dálkového průzkumu Země o druzích pěstovaných plodin v roce 2022 v povodí vodárenských nádrží Hubenov a Mostiště dopracovávána. Jednalo se především o zpřesnění komentářů k výsledkům pasivního vzorkování pesticidů k pěstovaným plodinám v dílčích povodích vodních toků. Pozn.: Dne 3. 4. 2023 byla VÚV TGM, v.v.i. podána žádost na TA ČR ve věci změny termínu dosažení výsledků projektu. TA ČR vzala žádost VÚV TGM, v.v.i. o změnu dosažení výsledků na vědomí dopisem ze dne 20. 4. 2023 č. j. TACR/819-12/2019. Termín dosažení výsledků nesmí být delší než 180 kalendářních dnů od dne ukončení řešení projektu (projekt ukončen 31. 5. 2023).

Souhrnná výzkumná zpráva popisuje způsob a metody řešení, popis vzorkovacích míst v povodí pěti vodárenských nádrží, prezentuje nejvýznamnější dosažené výsledky a závěry, které z těchto výsledků vyplývají.

Tato zpráva byla předána aplikačnímu garantovi počátkem listopadu 2023.

Výsledek Vsouhrn byl převzat Odborem ochrany vod MŽP, aplikačním garantem tohoto projektu, a uznán dopisem ze dne 13. 11. 2023 č. j. MZP/2023/640/880. (viz Přílohy)

SS01010248-V3 Jost

Na podzim 2022 byl zpracován článek do recenzovaného odborného periodika Vodohospodářské technicko-ekonomické informace VTEI jako výsledek J_{ost}:

Mičaník, T., Sýkora, F., Chrastina, D., Pospíchalová, D., Verlíková, N., Kristová, A., Hradil, M. Dynamika vnosu pesticidů do vodárenských nádrží Vír I, Opatovice a Ludkovice. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace VTEI, 2023/1, str. 4–22., ISBN 0322-8916

Článek seznamuje čtenáře v národním jazyce s výsledky pasivního vzorkování tří vodárenských nádrží Vír I, Opatovice a Ludkovice, vzorkovaných v roce 2021. Prošel recenzním řízením, závěrečnou korekturou a byl publikován v únoru 2023. Časopis VTEI je dostupný také on-line v záložce Archiv, kde je k dispozici v české i anglické mutaci.

Anglická mutace:

Mičaník, T., Sýkora, F., Chrastina, D., Pospíchalová, D., Verlíková, N., Kristová, A., Hradil, M. Dynamics of micropollutant loads into water supply reservoirs Vír I, Opatovice and Ludkovice. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace (Water Management Technical and Economic Information) VTEI, 2023/1, p. 4–22., ISBN 1805-6555 (on-line)

Dostupné na webové stránce: https://www.vtei.cz/en/archiv/

4 Zhodnocení čerpání nákladů

Zhodnocení čerpání nákladů na řešení projektu je provedeno za celou dobu jeho řešení od května 2020 do května 2023. Plánované a odsouhlasené náklady na řešení projektu shrnuje následující Tabulka 34. Intenzita podpory projektu činila 100 %. VÚV TGM, v.v.i. je jediným účastníkem a příjemcem podpory projektu. Způsob výpočtu režijních nákladů je full cost.

Skutečné čerpané náklady projektu v Kč jsou uvedeny v následující Tabulce 35.

TABULKA Č. 34 PŘIZNANÉ NÁKLADY PROJEKTU V KČ

Položka/rok	2020	2021	2022	2023	Celkem
Osobní náklady	1 140 848	1 930 137	1 852 163	1 047 135	**5 970 283**
Subdodávky / služby	60 016	260 011	259 965	45 014	**625 006**
Ostatní přímé náklady	550 000	800 000	540 000	32 000	**1 922 000**
Nepřímé náklady / režie	855 636	1 447 602	1 389 122	785 351	**4 477 711**
Náklady projektu celkem	**2 606 500**	**4 437 750**	**4 041 250**	**1 909 500**	**12 995 000**

TABULKA Č. 35 SKUTEČNÉ ČERPANÉ NÁKLADY PROJEKTU V KČ

Položka/rok	2020	2021	2022	2023	Celkem
Osobní náklady	1 042 613,02	1 540 900,03	2 098 659,13	1 288 094,79	**5 970 266,98**
Subdodávky / služby	0,00	151 938,97	220 978,67	29 700,00	**402 617,64**
Ostatní přímé náklady	352 798,83	1 112 007,93	526 905,34	152 671,97	**2 144 384,07**
Nepřímé náklady / režie	855 635,20	1 081 999,59	1 574 014,16	966 082,36	**4 477 731,31**
Náklady projektu celkem	**2 251 047,05**	**3 886 846,52**	**4 420 557,31**	**2 436 549,12**	**12 995 000,00**

4.1 Zdůvodnění čerpání nákladů na řešení projektu

Osobní náklady:

Byly v roce 2023 čerpány na 123,01 % plánovaných nákladů. Osobní náklady nespotřebované v předchozích letech řešení projektu byly dočerpány v roce 2023, kdy byly finalizovány práce na laboratorních analýzách, vyhodnocení výsledků a zpracovávání výstupů projektu. Celkově za celou dobu řešení projektu byly osobní náklady čerpány na 100,00 %.

V roce 2020 došlo u Ing. Veroniky Žvakové ke změně příjmení na Kucharczyková.

V roce 2021 se nepodařilo do hydrochemické laboratoře zajistit náhradu za Ing. Veroniku Kucharczykovou (roz. Žvakovou), která odešla v 10/2020 na mateřskou dovolenou, na které setrvala až do skončení projektu v 5/2023. Náhrada za ni byla zajištěna až od 1. 1. 2022 přijetím nového pracovníka na tuto pracovní pozici, Mg. Marka Hradila.

U Ing. Nikoly Cielecké došlo v roce 2021 ke změně příjmení na Verlíková.

K 6/2022 ukončila pracovní poměr ve VÚV TGM, v.v.i. Mgr. Pavla Kovaláková, Ph.D. Její práci přebrala Mgr. Jana Soldánová.

Vyhodnocení úvazků osob a pozic na projektu za celou dobu jeho řešení je uvedeno v následující Tabulce 36.

TABULKA Č. 36 PLÁNOVANÉ A SKUTEČNÉ ÚVAZKY NA PROJEKTU (P = PLÁN, S = SKUTEČNOST)

Rok	2020		2021		2022		2023		Celkem	
Jméno	P	S	P	S	P	S	P	S	**P**	**S**
Mičaník Tomáš	0,28	0,20	0,30	0,26	0,30	0,31	0,30	0,25	**1,18**	**1,02**
Pospíchalová Danica	0,24	0,25	0,38	0,40	0,35	0,35	0,15	0,13	**1,12**	**1,13**
Marešová Diana	0,24	0,09	0,35	0,26	0,30	0,25	0,15	0,08	**1,04**	**0,68**
Chrastina David	0,25	0,25	0,38	0,21	0,35	0,39	0,15	0,26	**1,13**	**1,11**
Žvaková/Kucharczyková	0,25	0,24	0,38	MD	0,35	MD	0,15	MD	**1,13**	**0,24**
Hradil Marek	0,00	0,00	0,38	0,00	0,35	0,39	0,15	0,25	**0,00**	**0,64**
Cielecká/Verlíková N.	0,20	0,20	0,40	0,21	0,37	0,38	0,15	0,20	**1,12**	**0,99**
Kristová Alena	0,10	0,09	0,20	0,15	0,20	0,27	0,15	0,26	**0,65**	**0,77**
Kovaláková Pavla	0,02	0,02	0,04	0,03	0,04	0,00	0,03	0,00	**0,13**	**0,05**
Soldánová Jana	0,02	0,02	0,04	0,08	0,04	0,04	0,03	0,00	**0,13**	**0,14**
Sýkora František	0,15	0,15	0,25	0,20	0,25	0,21	0,15	0,09	**0,80**	**0,65**
Laborant 1	0,02	0,02	0,25	0,14	0,25	0,03	0,05	0,00	**0,57**	**0,19**
Laborant 2	0,10	0,21	0,38	0,57	0,35	0,32	0,10	0,13	**0,93**	**1,23**
Informatik	0,07	0,07	0,10	0,14	0,15	0,29	0,17	0,02	**0,49**	**0,51**
Technicko-administr. pr.	0,10	0,12	0,10	0,17	0,10	0,11	0,10	0,14	**0,40**	**0,53**
Technik-vzorkař	0,10	0,08	0,25	0,21	0,25	0,26	0,20	0,25	**0,80**	**0,80**
Technik-specialista	0,13	0,11	0,20	0,14	0,20	0,21	0,08	0,04	**0,61**	**0,53**
Celkem									**12,23**	**11,21**

U většiny členů řešitelského týmu skutečný úvazek na projektu byl úvazek mírně nižší než plánovaný. Určitou měrou se na tom podepsala nemocnost nebo karanténa v souvislosti s epidemiologickou situací v roce 2021. Vyšší čerpání osobních nákladů se projevilo v hydrochemické laboratoři, kde byla vysoká pracnost s přípravou a analýzou laboratorních vzorků.

Náklady na subdodávky/služby:

Předmětem čerpání v roce 2023 byla subdodávka na provedení organické stopové analýzy nepolárních organických látek ze silikonových membrán (nejedná se běžné laboratorní postupy).

V předchozích letech řešení projektu to byly subdodávky na organickou stopovou analýzu zahrnující 125 chemických látek z řad farmak, hormonů a dalších mikropolutantů ve vzorcích povrchové vody. Další položkou byla úhrada za zapojení výzkumného týmu – pracovníků hydrochemické laboratoře do mezinárodního porovnání postupů zpracování exponovaných pasivních vzorkovačů.

Ostatní přímé náklady:

V roce 2023 byly čerpány ve výrazně vyšší částce proti plánu. Jednalo se jednak o nespotřebované náklady z předchozího roku řešení a dále o nespotřebované náklady na subdodávky / služby výzkumného charakteru, které byly proti plánu nižší. Náklady zahrnovaly laboratorní materiál do hydrochemické laboratoře, technické plyny používané pro organickou stopovou analýzu, rozpouštědla pro extrakci a do mobilních fází kapalinových chromatografů. Byly zakoupeny čb tonery. Dále to byla oprava a servis hmotnostního

detektoru Sciex Triple Quad™ 7500 (jednou polovinou nákladů) a zařízení na přípravu deionizované vody v hydrochemické laboratoři.

V předchozích letech řešení projektu byly předmětem čerpání: laboratorní materiál (rozpouštědla a plyny, laboratorní sklo, analytické standardy pro organickou stopovou analýzu, drobný laboratorní materiál pro extrakce membrán pasivních vzorkovačů), pasivní vzorkovače – membrány několika typů pro záchyt deklarovaných skupin polárních, silně polárních, nepolárních látek a endokrinních látek. Dále drobný materiál pro vzorkovací práce, mraznička pro uchovávání nových i exponovaných membrán pasivních vzorkovačů, v menší míře kancelářské potřeby.

Další částí ostatních nákladů, které byly čerpány, jsou cestovní náklady na pracovní cesty v souvislosti se vzorkováním v terénu (3 přehradní nádrže v roce 2021 a 2 přehradní nádrže v roce 2022), cestami mezi pracovišti VÚV TGM, v.v.i. (kontrolní dny, koordinace, doprava vzorků do laboratoří, prezentace výsledků na seminářích). Dále to byly služby nevýzkumné povahy – oprava laboratorního přístroje přímo užívaného pro potřeby tohoto projektu, oprava výpočetní techniky, nákup roční licence SW ChemSpider pro identifikaci neznámých látek v organické stopové analýze, zapůjčení vzorkovacích košů, tisk posteru, poštovné při dopravě laboratorních vzorků.

Nepřímé náklady/režie:

Jsou vykazovány formou full cost. Jejich čerpání je navázáno na čerpání osobních nákladů.

V průběhu let plnění projektu došlo k nerovnoměrnému čerpání režijních nákladů. V roce 2021 byly režijní náklady čerpány s ohledem na postupné čerpání osobních nákladů. Před odesláním roční zprávy o stavu projektu za rok 2021, byly režijní náklady vyrovnány v poměru k čerpaným osobním nákladům. Sestava „výpis za skupinu účtů“, která byla připojena jako příloha roční zprávy, odráží účetní stav k 26. 1. 2022. Následně, v průběhu provádění účetní závěrky za rok 2021, byl u tohoto projektu v měsíci dubnu 2022 proveden omylem účetní zápis, který odúčtoval původní korekci režijních nákladů a vrátil jejich čerpání na maximální výši. Účetní sestava „Výpis za skupinu účtů“ tedy počínaje měsícem dubnem 2022 vykazovala jinou hodnotu režijních nákladů, než původně uvedenou v roční zprávě za rok 2021. Vzhledem k tomu, že tato účetní nesrovnalost byla zjištěna až v průběhu roku 2023 a opravy minulých let je možné podle platného zákona o účetnictví, prováděcí vyhlášky a českých účetních standardů provádět v tom roce, ve kterém byla účetní chyba zjištěna, byl do účetnictví organizace zanesen opravný zápis v roce 2023.

Pro porovnání účetních dat s daty nahlášenými v roční zprávě za rok 2021 je tedy nutné započítat do čerpaných režijních nákladů roku 2021 opravný zápis provedený v roce 2023. Rozdíl obou hodnot režijních nákladů představuje skutečné čerpání režijních nákladů za rok 2021.

Ze stejného úhlu pohledu je potřeba posuzovat i rok 2023. Opravný účetní zápis, týkající se roku 2021, je nutné vyjmout z posuzování čerpání režijních nákladů roku 2023. K finanční hodnotě čerpaných režijních nákladů za rok 2023 je tedy nutné připočíst korekci roku 2021, čímž účetní hodnota režijních nákladů za rok 2023 bude v souladu s hodnotou čerpaných režijních nákladů uvedenou za rok 2023 v závěrečné zprávě projektu.

Z celkového pohledu, schválený rozpočet projektu nebyl překročen, osobní a režijní náklady byly vyčerpány a byl dodržen i koeficient poměru osobních a režijních nákladů vyplývající z dat uvedených v závazných parametrech projektu.

Celkové náklady na řešení projektu:

Celkové náklady na řešení v roce 2023 činily 127,60 % proti plánovaným nákladům, kdy byly spotřebovány i prostředky nevyužité v předchozích letech řešení.

Za celou dobu řešení byly čerpány náklady ve výši 12 955 000,00 Kč.

Do systému ISTA byla pro potřebu podání závěrečné zprávy vyplněna částka nižší o 184,98 Kč a to na základě dřívějšího doporučení referenta TA ČR. Náklady nad rámec rozpočtu uvedeného ve Smlouvě byly hrazeny z Ostatních zdrojů.

Projekt po celou dobu řešení negeneroval žádné příjmy.

5 Závěry a doporučení

Díky poskytnuté dotaci Technologické agentury ČR mohl být realizován unikátní a velmi podrobný výzkumný monitoring přítoků do celkem pěti významně antropogenně ovlivněných vodárenských nádrží v povodí řek Moravy a Dyje, a to pomocí inovativního tzv. pasivního vzorkování vod. Pasivní monitoring hlavního přítoku i menších přítoků do vodních nádrží umožnil nepřetržitou expozicí v měsíčních cyklech vzorkovacích kampaní po dobu celé vegetační sezóny podchytit náhodné znečištění pesticidů mající vazbu na srážko-odtokové poměry. Zároveň podchytil znečištění farmaky a vybranými hormony (endokrinními látkami), které se v povrchových vodách (v tocích nižšího řádu podle Strahlera) zpravidla nedají detekovat bodovým vzorkováním pro jejich nízkou, ale i tak významnou, koncentraci. Díky nasazení pasivních vzorkovačů po dobu vegetační sezóny (duben až listopad) mohla být studována dynamika znečištění řady chemických látek. Rozsahem tohoto nasazení se dosud jednalo o ojedinělý výzkumný projekt v ČR. Nejvýznamnější výsledky byly vizualizovány formou mapových výstupů, které jsou veřejně přístupné na webové stránce projektu (odkazy viz kapitols 3 této výzkumné zprávy). Veškeré dosažené výsledky budou k dispozici aplikačnímu garantovi (MŽP) a v rámci implementace i správci povodí, kterým je Povodí Moarvy, s.p.

Výsledky řešení projektu byly formou posteru v roce 2021 a ústní prezentace v roce 2022 předvedeny na národních konferencích „Životní prostředí – prostředí pro život“ organizované CENIÍ v září 2021 a září 2022 v Praze. Dále byl publikován článek do odborného recenzovaného periodika VTEI, který vyšel v únoru 2023.

Hlavní prioritní cíl 1. veřejné soutěže Programu Prostředí pro život – 2.6 „Zvýšení znalosti o zdrojích emisí, budoucím vývoji emisí, tvorba emisních scénářů“ byl řešením projektu PESPOM naplněn.

Závěry k dosaženým výsledkům projektu

1. Přítomnost účinných látek přípravků na ochranu rostlin (zkráceně pesticidů) byla pasivním vzorkováním potvrzena ve všech přítocích do předmětných vodárenských nádrží. Dle zachyceného množství pesticidů v pasivních vzorkovačích a přepočtu na koncentraci C_{TWA} u vybraných pesticidů (kde byla známa vzorkovací rychlost R_s) je bilančně nejvýznamnějším zdrojem těchto látek hlavní přítok do vodárenské nádrže. V případě VN Vír I se řeka Svratka podílí na vnosu 65 %, ostatní přítoky 35 %. Z ostatních přítoků byl významný vnos pesticidů potvrzen pravostrannými přítoky do VN Vír I: Janovický potok (18 %) a Písečenský potok (11 %). Obdobně v případě VN Mostiště řeka Oslava přispívá 61 %, ostatní přítoky 39 %. Z ostatních přítoků je dominantní Babačka (32 %) a tok Zátoky (6 %), které ústí do Oslavy těsně nad VN Mostiště. Vliv pravostranného přítoku Zátoky bude ve skutečnosti vyšší, protože pasivní vzorkování bylo realizováno pouze do 5. vzorkovací kampaně. Nejvyšší látkový vnos pesticidů připadá na Malou Hanou (95 %) vtékající do VN Opatovice. Zbývající část připadá na Ruprehtovský potok, v jehož povodí je podíl zemědělsky obhospodařované půdy velmi malý. Mírně převládajícím zdrojem pesticidů pro VN Hubenov je Maršovský potok (57 %) nad Jedlovským přivaděčem. Ludkovický potok je jediným přítokem do VN Ludkovice.
2. Ačkoliv řada pesticidů nesmí být již delší dobu v rostlino-lékařské péči aplikována, jejich metabolity byly v povrchových vodách ve významných koncentracích stále přítomny. Forma metabolitů ESA (ethane sulfonic acid) převažuje nad OA formou (oxanilic acid).

Jde zvláště o metabolity acetochlor ESA a alachlor ESA (až stovky ng/POCIS). Jejich setrvávání v půdě je dlouhodobé, jejich mobilita v půdě je vysoká [31]. Uvolňování do povrchových vod se předpokládá především podpovrchovým a drenážním odtokem při nasycení půdního horizontu vodou. Vyšší obsahy v pasivních vzorkovačích byly zaznamenány v podzimních vzorkovacích kampaních, což může mít spojitost vyšší intenzitou srážek v letním období a s agrotechnickým zpracováním půdy po sklizni.

3. Rovněž u povolených rostlino-lékařských přípravků v povrchových vodách převládají nálezy metabolitů nad mateřskými sloučeninami (metazachlor ESA, metolachlor ESA, terbuthylazin-2-hydroxy, AMPA). Např. glyfosát je snadno degradovatelnou látkou na stabilnější kyselinu aminomethylfosfonovou (AMPA). Lze tak rozeznat, kdy se pesticidy dostávají do povrchových vod povrchovým odtokem s výskytem mateřské látky a kdy podpovrchovým odtokem, kdy jsou původní látky metabolizovány při průchodu půdním horizontem.

4. Dynamika koncentrací pesticidů v nádrži (a surové vodě) je ovlivňována jarní a podzimní cirkulací v nádrži a v případě surové vody pro úpravu na vodu pitnou režimem odběru z odběrné věže (obsahují více „oken“ pro odběr).

5. V případě VN Vír I byl vybranými pesticidy z levostranných přítoků do VN zatížen bezejmenný potok od obce Chlum (v této zprávě pojmenovaný jako Chlumský potok). Pro tento tok je typická velká koncentrační dynamika pesticidů s vysokými maximy v jarních měsících (2,4-D). Kromě Svratky, hlavního přítoku do VN, jsou významným zdrojem zatížení pesticidy pravostranné přítoky do VN Vír I: Písečesný potok a Janovický potok. Totéž platí pro levostranný přítok Svratky – Bílý potok z polností kolem města Polička. Ve Svratce nad VN je toto znečištění již zředěno. Na znečištění se nejvíce podílely: terbuthylazin a jeho metabolity, metazachlor a jeho metabolity, AMPA, metabolity alachloru, 2,4-D a pethoxamid. V případě terbuthylazinu byla kromě metabolitů detekována i mateřslá látka ve 2. až 4. vzorkovací kampani (květen až červenec 2021). V povodí Nyklovického potoka proběhla během 3. červnové vzorkovací kampaně nejvýznamnější erozní událost (pokud uvažujeme bezprostřední okolí VN Vř I), kdy 22. 6. 2021 během 24 hodin napršelo 56 mm vody a došlo k významnému splavení ornice do Nyklovického potoka.

6. V povodí VN Opatovice byly nejvyšší koncentrace z pesticidů v pasivních vzorkovačích zaznamenány metabolity metolachlor ESA, metazachlor ESA a terbuthylazin-2-hydroxy. Rakovec, levostranný přítok toku Malá Haná, protékající vojenským újezdem Březina, je minimálně znečištěn pesticidy, znečištění se vyskytuje převážně v jarních měsících.

7. Zatížení VN Ludkovice pesticidy je z posuzovaných vodárenských nídrží nejnižší. Nejvíce byly zastoupeny pesticidy: metolachlor a jeho metabolity, 2,4-D, DEET, glyfosát a jeho metabolit AMPA. Teoretická doba zdržení vody v nádrži je nekratší (62 dní).

8. V povodí VN Mostiště náleží k nejvíce zatíženým tokům pesticidy přítoky Babačka (alachlor ESA, atrazin, dimethachlor, metazachlor ESA, metolachlor ESA, propazin, tebuconazole, terbuthylazin-2-hydroxy, terbutryn, AMPA, DEET, hexazinon, propiconazole, chlortoluron) a Zátoky (2,4-D, alachlor ESA, hexazinon, isoproturon, metazachlor a metazachlor ESA, metolachlor ESA, metalaxyl M1, pethoxamid, propamocarb, terbuthylazin a jeho metabolity, DEET). V povodí toku Zátoky došlo k významnému splachu terbuthylazinu (mateřské látky) v jarních vzorkovacích kampaních (max. 1 600 ng/POCIS) a metazachloru v 5. v srpnové vzorkovací kampani

(3 650 ng/POCIS). V Oslavě, hlavním přítoku do nádrže byly koncentrace pestictdů během doby vzorkování (duben až listopad 2022) více vyrovnané, nejvyšší koncentrační nálezy zjištěny pro atrazin-2-hydroxy, metribuzin, propamocarb a terbuthylazin a jeho metabolity. V surové vodě na ÚV Mostiště ve významném množství byly potvrzeny hexazinon, chlortoluron, nicosulfuron, terbuthylazin a jeho metabolity.

9. V povodí VN Hubenov bylo v Maršovském potoce a Jedlovském přivaděči nejvýznamnější zatížení povrchových vod metabolity pesticidů metolachlor ESA, metazachlor ESA, dimethachlor ESA, alachloru ESA, a to ve stovkách ng/POCIS. Koncentrace těchto metabolitů v surové vodě byla nejvyšší vždy v jarních měsících a během roku se postupně snižovala.

10. Při porovnávání koncentraci mikropolutantů na pasivní vzorkovač typu POCIS je potřeba mít na paměti, že každá chemická látka se ukládá do sorbentu vzorkovače přes PES membránu jinou vzorkovací rychlostí. Nižší obsah dané látky ve vzorkovači vůči jiné látce ještě nemusí nutně znamenat, že její obsah v povrchové vodě je ve skutečnosti nižší. To platí především pro bentazon, jehož vzorkovací rychlost je téměž o 2 řády nižší než v případě ostatních pesticidů. Pro přepočet nasorbovaného znečištění na průměrnou reálnou koncentraci (C_{TWA}) v povrchové vodě je vzorkovací rychlost R_s zpravidla experimentálně zjišťována v laboratorních podmínkách a v publikovaných příspěvcích se liší. V tomto projektu byly převážně využity vzorkovací rychlosti zjištěné v terénu [7], tedy v podmínkách, které reálně odpovídají aplikaci pasivních vzorkovačů. Přesto i v tomto případě je potřeba brát v úvahu míru spolehlivosti určení R_s.

11. Pesticidy jsou dle přepočtu na koncentraci C_{TWA} nejvíce zatíženy vodárenské nádrže Mostiště a Hubenov, následuje VN Opatovice. Teoretická doba zdržení ve VN Opatovice je z ověřovaných vodárenských nádrží nejdelší, zahrnutím pouze hlavního přítoku Malá Haná, na němž je nad VN limnigrafická stanice, činí 567 dní. Vzhledem k tomu v nádrži může docházet k vyšší kumulaci znečištění. Nejméně jsou pesticidy zatíženy vodárenské nádrže Ludkovice a Vír I.

12. Dominantním zdrojem farmak pro VN Vír I je řeka Svratka (z 92 %). Nejvíce byl zastoupen metformin s maximy v jarních a podzimních měsících (až 127 ng/POCIS). Obdobnou dynamiku vykazoval klaritromycin. Koncentrace karbamazepinu byla ve vzorkovačích prakticky vyrovnaná po celou dobu sledování s maximem 52 ng/POCIS. Farmaky je nejvíce zatížen Bílý potok pod městem Polička v detitkách až stovkách ng/POCIS. Významné nálezy farmak byly potvrzeny také v potoce od obce Hluboké (karbamazepin), v Písečenském potoce, Černém potoce a ve Fryšávce. V Bílém potoce pod Poličkou byly také zjištěny nejvyšší koncentrace steroidního hormonu estron (E1), a to až 45 ng/POCIS-EDs.

13. Zatížení VN Opatovice farmaky bylo nejnižší z řešených vodárenských nádrží. Vnos oběma přítoky (Malá Haná a Ruprechtovský potok) byl vyrovnaný, přestože vodnost Ruprechtovského potoka je výrazně nižší. Zdrojem farmak v Ruprechtovském potoce je ČOV Ruprechtov. Nejvyšší obsahy byly potvrzeny rovněž pro karbamazepin.

14. Ačkoliv je vyčištěná odpadní voda z ČOV Provodov v povodí VN Ludkovice čerpána do jiného povodí, znečištění Ludkovického potoka farmaky bylo významné, a to především gabapentinem, metabolitem ibuprofenu (2-hydroxy), oxypurinolem, metforminem, karbamazepinem, diklofenakem, irbesartanem a Valsartanem. Zvýšený byl i obsah hormonu estron (E1) v počátečních vzorkovacích kampaních. Příčinou tohoto

znečištění mohou být odpadní vody z odlehčení ČOV Provodov, které je vedeno do Ludkovického potoka a také poruchy čerpadel. Beprostředně nad VN Ludkovice je neodkanalizovaná osada Pradlisko.

15. V povodí VN Hubenov je Maršovský potok dominantním zdrojem farmak. Významné jsou koncentrace diklofenaku, paraxanthinu, oxypurinolu, metforminu, iomeprolu a ibuprofenu.

16. V povodí VN Mostiště byly v hlavním přítoku Oslavě a Babačce v povrchové vodě potvrzeny vysoké koncentrace Bisfenolu A, metforminu, oxypurinolu, gabapentinu, iohexolu, diklofenaku, iomeprolu, telmisartanu a 4-acetamidoantipyrinu, který je metabolitem metamizolu. To potvrzují i výsledky pasivního vzorkování, kde byly dále zjištěny vysoké obsahy karbamazepinu, irbesartanu, metoprololu a klaritromycinu. Znečištění Babačky farmaky bylo natolik vysoké (49,1 %), že bilančně konkurovalo Oslavě (49,6 %). Pouze 1 % se na znečištění VN Mostiště podílel tok Zátoky. Nejvýznamnějšími nalezenými farmaky v tomto toku byly metformin a telmisartan. V jeho povodí leží obec Netín (369 obyv.) a Zadní Zhořec (139 obyv.), které nemají kanalizaci. V bezejmenném potoce vytékajícím ze Závistského rybníka byl ve významné koncentraci v pasivních vzorkovačích potvrzen pouze klaritromycin.

17. Estradiol (E2) byl v pasivních vzorkovačích zachycen v podstatně nižších koncentracích, než estron (E1). To může být dáno tím, že estradiol je v těle metabolizován na estron a dále na 2-hydroxyestron a 4-hydroxyestron. [32] K procesu přeměny E2 na E1 dochází také v čištění městských odpadních vod. V práci Y. F. Tinga [32] je publikováno, že enzymaticky je E2 v procesu čištění odpadních vod degradován přes E1 na další metabolity. Koncentrace E2 je v nátoku na čistírny zpravidla nižší. Účinnost odstranění E1 v klasické komunální čistírně odpadních vod s konvekční aktivací kalu v aktivační nádrži činí 78 až 80 %. E2 na odtoku z těchto čistíren nebyl detekován.

18. V roce 2024 uběhne 50 let od zákazu použití DDT v Československu. Přesto jsou v povrchových vodách nacházeny stále rozkladné produkty (o,p´-DDD, p,p´-DDD, o,p´-DDE, p,p´-DDE). Z organochlorových pesticidů v pasivních vzorkovačích ve všech přítocích do řešených vodárenských nádrží převládaly izomery p,p´-DDE a p,p´-DDD, a to v desítkách, výjimečně ve stovkách ng/SR vzorkovač. Obsahy mateřské sloučeniny o,p´-DDT a p,p´DDT byly minoritní. Vysoké obsahy těchto látek byly typické převážně pro jarní vzorkovací kampaně. V povodí VN Vír I byly nálezy nejvýznamnější v pravostranných přítocích do VN, bilančně nejvýznamnější byl hlavní přítok (Svratka), v horní části povodí Bílý potok. V povodí VN Opatovice byla metabolity DDT znečištěna Malá Haná (desítky ng/SR). V Ludkovickém potoce byla ve větším množství (oproti ostatním lokalitám) nalezena i mateřská DDT, max. však 19 ng/SR. Nejvyšší koncentrace p,p´-DDE a p,p´-DDE byly zjištěny v Maršovském potoce (max. 254 ng/SR), přítoku do VN Hubenov. Tyto látky se dostávají i do surové vody: v čerpací stanici Rantířov (z VN Humenov) bylo nalezeno až 99 ng/SR a v ÚV Mostiště max. 198 ng/SR.

19. K organochlorovým pesticidům náleží rovněž lindan (γ-HCH) a tzv.driny (aldrin, dieldrin, endrin a isodrin). Lindan a další izomery hexachlorcyklohexanu byly v pasivních vzorkovačích zachyceny pravidelně ve všech sledovaných lokalitách, koncentrace však byly velmi nízké s převahou mateřské sloučeniny (γ-HCH), max. 2,3 ng/SR. Z drinů byl silikonovými membránami (SR) sporadicky zachycen dieldrin v nízkých koncentracích do 7 ng/SR. Poločas rozpadu této velmi perzistentní látky v půdě dle Arniky činí 7 let. Proto se tento insekticit, jehož použití bylo v roce 1980 zakázáno, v povrchové vodě stále nachází. Z ostatních organochlorových sloučenin byl ještě ve vzorkovačích SR zjištěn

heptachlorbenzen v jednotkách ng/SR s výjimkou toků Babačka a Maršovského potoka (u obou max. 14 ng/SR v jarních vzorkovacích kanpaních).

20. Z nepolárních organických látek byla zjišťována úroveň znečištění polycyklickými aromatickými uhlovodíky (suma 13PAU). Jejich koncentrace byla sledována v pasivních vzorkovačích typu SR. V povodí VN Vír I byl PAU nejvíce znečištěn Bílý potok pod městem Polička (max. ∑PAU 3205 ng/SR). Ve Svratce byly koncentrace PAU naředěny, bilančně však jde o nejvýznamnější zdroj. Nejvíce byl zastoupen fluoranthen a pyren. V ostatních přítocích do VN Vír I zpravidla nepřekračovala ∑PAU hodnotu 1 000 ng/SR. Výjimkou byla jednorázová významná překročení nad tuto hodnotu v Janovickém potoce, Písečenském potoce a Karasínském potoce (max. ∑PAU 3 888 ng/SR). V oblasti bezprostředně kolem VN Vír I probíhala intenzívní těžba kůrovcem napadeného smrkového porostu. Koncentrace ∑PAU v přítocích do VN Opatovice byla poměrně vyrovnaná ve stovkách ng/SR. V Ludkovickém potoce vysoké koncentrace PAU převládaly od dubna do června s maximem v dubnové vzorkovací kampani 3 832 ng/SR ∑PAU. Z přítoků do VN Hubenov byl PAU více znečištěn Maršovský potok, kdy jejich sumární koncentrace činila 1 172 až 2 430 ng/SR s maximy v jarní a podzimní vzorkovací kampani. V Jedlovském přivaděči jejich koncentrace nepřekročila hodnotu 450 ng/SR. V povodí VN Mostiště byly nejvyšší koncentrace ∑PAU zjištěny v Babačce, a to 2 154 až 4 662 ng/SR. V Oslavě, hlavním přítoku do VN Mostiště, koncentrace ∑PAU pouze jednou mírně překročila hodnotu 1 000 ng/SR.

21. Necílenou organickou analýzou v extraktech pasivních vzorkovačů byly potvrzeny další rozličné chemické látky syntetické i přírodního původu. Byla to další léčiva: např. acecarbromal (sedativum), helvolová kyselina (antibiotikum), rozuronium (anestetikum), ziprasidon (léčba schizofrenie) a další. Dále to byly syntetické emulgátory (např. PEG-7mer ammonium) široce používané v kosmetickém průmyslu (šampony, sprchové gely, prací prostředky) či změkčovadla plastických hmot dibutyl ftalát a dioktylftalát. Z přírodních látek byly nalezeny mykotoxiny kyselina cyklopiazonová, fumigaclavin A, kyselina arachidovová (esenciální složka strukturovaných lipidů v buněčných membránách savců), přírodní insekticid dnes synteticky vyráběný spinosyn a další.

22. Žádný z testovaných izolátů/vzorků (nátok do VN, odtok z VN) nevykazoval genotoxické účinky u žádného z použitých kmenů salmonel. Amesovým bakteriálním testem nebyly detekovány přímé mutageny přítomné ve vzorcích, tedy látky, které jsou schopny způsobovat změny genetické informace ve své původní formě bez metabolické aktivace. U dvou vzorků Svratka pod hrází-náhon a Svratka nad VN (Dalečín) byl v první vzorkovací kampani v roce 2021 zaznamenán zvýšený počet revertant oproti negativní kontrole u kmene TA 100, který ovšem nebyl statisticky významný pro vyhodnocení pozitivity vzorku. Genotoxické účinky nevykazovaly ani izoláty z pasivních vzorkovačů umístěných v povodí VN Hubenov a VN Mostiště.

Doporučení ke snížení znečištění povrchových vod

a) Pasivní vzorkování vod umožňuje podchytit náchodné znečištění pesticidů, které je spojeno se srážko-odtokovými událostmi a erozí při přívalových srážkách. S prohlubující se extremitou srážek vlivem klimatické změny proto doporučujeme širší využití této techniky vzorkování za účelem hodnocení antropogenních vlivů ze zemědělské činnosti. Svou úlohu může tato technika vzorkování sehrát i při ověření možného vyplavování metabolitů pesticidů z ploch, které byly v minulosti zemědělsky obhospodařované. Proces vyplavování metabolitů je totiž dlouhodobý a koncentrační nálezy metabolitů jsou významné.

b) Pozornost je potřeba věnovat rovněž výzkumným aktivitám, které se zabývají zpřesňováním odhadu množství organických látek zachycených pasivními vzorkovači na reálnou koncentraci v toku (průměrnou koncentraci během expozice).

c) Ke snížení vnosu pesticidů do vodních toků a částečnému omezení půdní eroze přispěje rozšíření ochranných pásů podél vodních toků v šířce 6/12 m od hranice DPB – vazba na ekoplatbu. Podmínkou splnění ekoplatby je rovněž splnění standardu DZES 4 (na pozemcích se sklonitostí vyšší než 4°). Na takovémto ochranném pásu nesmí být aplikována hnojiva, upravené kaly a přípravky na ochranu rostlin v období od 1. 6. do 31. 10.

d) V pravostranných a některých levostranných přítocích do VN Vír I (zvl. Janovický potok, Písečenský potok, potok od obce Chlum) byly zjištěny vysoké koncentrace účinných látek rostlinolékařských přípravků včetně metabolitů přípravků, které již dlouhou dobu nejsou registrovány. Doporučujeme monitorovat jakost těchto přítoků na obsah relevantních pesticidů v nejvíce exponovaných měsících roku (květen, červen, srpen).

e) V přítocích do VN Vír I Svratka, Písečenský potok a potok od obce Hluboké byly zjištěny vysoké koncentrace některých farmak. Připravovaná novela směrnice 2008/105/ES o normách environmentální kvality (NEK) navrhuje NEK pro azithromycin, karbamazepin, klarithromycin, diklofenak, erythromycin a ibuprofen. Zároveň stanovuje NEK pro endokrinní látky estron (E1), 17beta-estradiol (E2) a 17alfa-ethinylestradiol (EE2). Do budoucna bude tedy třeba počítat s monitorováním těchto látek v povrchových vodách a bude vhodné ověřit jejich přítomnost ve výše uvedených přítocích. V současné době probíhá připomínkování návrhu novely této směrnice členskými státy.

f) Vzhledem k vysoké teoretické době zdržení vody ve VN Opatovice doporučujeme pokračovat v opatřeních ke snižování zátěže této nádrže pesticidy.

g) Zatížení Ludkovického potoka farmaky je významnější než zatížení pesticidy. Při významnějších srážkách dochází k zatížení Ludkovického potoka přetoky z dešťových oddělovačů a obtoku čistírny odpadních vod obce Provodov (vyčištěná odpadní voda je čerpána do jiného povodí). V současné době je zpracováván projekt na výstavbu oddílné kanalizace a intenzifikaci obecní ČOV (předpoklad realizace v letech 2025 až 2026). Na základě výsledků pasivního vzorkování doporučujeme rozšířit monitoring farmak v Ludkovickém potoce nad vodárenskou nádrží. Vzhledem k tomu, že se farmaka neodbourávají zcela v čistírenském procesu, bude vhodné zachovat přečerpávání vyčištěných odpadních vod do jiného povodí i po intenzifikaci ČOV Provodov.

h) V povodí VN Hubenov doporučujeme vyhodnotit podíl vnosu pesticidů a případně farmak do Maršovského potoka z Jiřinského přivaděče po jeho rekonstrukci (v době realizace

projektu nebyl v činnosti). Doporučujeme v budoucnu monitoring nejvýznamnějších farmak v Maršovském potoce nad VN.

i) Babačka je významným zdrojem pesticidů a farmak v povodí VN Mostiště. Doporučujeme rozšířit monitoring tohoto toku o nejvýznamnější farmaka. Zdrojem pesticidů je i tok Zátoky, který ústí do Oslavy těsně nad VN Mostiště. Doporučujeme monitoring těchto látek dle výsledků pasivního vzorkování pod Ústeckým rybníkem v nejexponovanějších měsících roku (jaro, začátek podzimu).

6 Poděkování

Děkujeme Technologické agentuře ČR za poskytnutí dotace v rámci programu Prostředí pro život. Byla využita ze 100 %. Mohl tak být realizován nákladný screening znečištění antropogenně významně ovlivněných vodárenských zdrojů v povodí Moravy a Dyje, a to po celou dobu vegetační sezóny. Byly tak získány cenné informace o dynamice znečištění povrchových vod širokou škálou organických mikropolutantů polární i nepolární povahy. Zvláště mohly být screeningu podrobeny i méně významné přítoky do vodárenských nádrží, které nejsou předmětem pravidelného sledování správcem povodí v tak širokém spektru ukazatelů znečištění.

Děkujeme rovněž pracovníkům Povodí Moravy, s.p. za spolupráci především v úvodní části řešení projektu a poskytnutí potřebných dat. Získaná data z projektu budou pro ně velmi cenná.

Děkujeme majitelům nebo správcům bodových zdrojů znečištění, kteří nám umožnili přístup a vzorkování jakosti jimi vypouštěných odpadních vod.

Děkujeme aplikačnímu garantovi, kterým je Odbor ochrany vod Ministerstva životního prostředí, za průběžné sledování řešení výzkumného projektu a zpracovaná vyjádření.

7 Použité zdroje

[1] Spotřeba účinných látek obsažených v přípravcích na ochranu rostlin v jednotlivých krajích a okresech. Dostupné na webové stránce ÚKZÚZ: http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/pripravky-na-or/ucinne-latky-v-por-statistika-spotreba/spotreba-pripravku-na-or/spotreba-por-kraje-okresy/

[2] Annex I: JRC_modeling report_annex_I_substances_07062016_final.xls. Dostupné na CIRCABC: https://circabc.europa.eu/faces/jsp/extension/wai/navigation/container.jsp (po registraci).

[3] LETTIERI, T., CHIRICO, N., CARVALHO, R. N., NAPIERSKA, D., LOOS, R., SANSEVERINO, I., MARINOV, D., CERIANI, L., UMLAUF, G. Monitoring-based stratégy for the Priorisitation Exercise under the Water Framework Directive. JRC Science and Policy Report, November 2016, pp. 78.

[4] Dodávky léčiv se zaměřením na léčivé látky za 1. Q/2019. Dostupné na webové stránce SÚKL: https://www.sukl.cz/dodavky-leciv-v-ceske-republice-v-jednotlivych-letech

[5] Stockholm Country Council: Environmentally Classified Pharmaceuticals, 2009, 40 pp.

[6] https://www.omega.com/en-us/data-acquisition/data-loggers/ethernet-and-wireless-data-logging/p/MX2201-2202

[7] GRABIC, R., VRANA, B., FEDOROVA, G., ŠVECOVÁ, H., URÍK, J., ČERVENÝ, D., GOLOVKO, O., GRABICOVÁ, K., ŠANDOVÁ, M., TUREK, J., RANDÁK, T. Využití pasivních vzorkovačů POCIS pro monitoring farmak a pesticidů v povrchových vodách. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany 2018, s. 50. ISBN 978-80-7514-067-8.

[8] CLAUDE, B., BERHO, C., BAYOUDH, S., AMALRIC, L., COISY, E., NEHMÉ, R., MORIN, P. Preliminary recovery study of a commercial molecularly imprinted polymer for the extraction of glyphosate and AMPA in different environmental waters using MS. Environ. Sci. Pollut. Res. 24, pp. 12293–12300, 2017.

[9] SMEDES, F., BOOIJ, K. Guideline for passive sampling of hydrophobic contaminants in water using silicone rubber sampler. ICES Techniques in Marine Environmental Sciences No. 52, pp. 24, June 2012.

[10] Zdroj: http://www.prehradavir.cz/historie-vodarenske-vyuziti-vir-i/

[11] BENTO, C. P. M., YANG, X., GORT, G., XUE, S., DAM, R., ZOMER, P., MOL, H. G. J., RITSEMA, C. J., GEISSEN, V. Persistence of Glyphosate and Aminomethylphosphonic Acid in Loess Soil under Different Combinations of Temperature, Soil Moisture and Light/Darkness. Science of the Total Environment. 2016, 572, pp. 301–311.

[12] BENTO, C. P. M., HOEVEN, S., YANG, X., RIKSEN, M. J. P. M., MOL, H. G. J., RITSEMA, C. J., GEISSEN, V. Dynamics of Glyphosate and AMPA in the Soil Surface Layer of Glyphosate-Resistant Crop Cultivations in the Loess Pampas of Argentina. Environmental Pollution. 2019. 244, pp. 323–331.

[13] MURRAY, R. K., GRANNER, D. K., MAYES, P. A., RODWELL, V. W., Harperova biochemie, nakladatelství H & H, 1993.

[14] VD Hubenov. Dostupné na webové stránce Povodí Moravy, s.p.: http://www.pmo.cz/cz/o-podniku/vodni-dila/hubenov/

[15] Rekonstrukce Jedlovského přivaděče posílí vodní zdroje pro Jihlavu. Dostupné na webové stránce Povodí Moravy, s.p.: http://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/rekonstrukce-privadece-zajisti-vice-kvalitni-vody-pro-hubenov/

[16] Dispečink Povodí Moravy, s.p.

[17] Srážky ze srážkoměrných stanic Povodí Moravy, s.p. Dostupné na webové stránce

Povodí Moravy, s.p.: https://sap.pmo.cz/portal/Srazky/cz/pc/

[18] Terbutryn EQS Dossier. Dostupné na webové stránce CIRCABC EU: https://circabc.europa.eu/sd/a/6a543374-01c4-4002-a7b5-f6fbd2794c41/Terbutryn%20EQS%20dossier%202011.pdf

[19] Pravidla pro užívání glyfosátu jsou připravená, před sklizní ho nebude možné použít na řepku ani obiloviny. Tisková zpráva MZe 19. 11. 2018. Dostupné na webové stránce: https://eagri.cz/public/web/mze/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2018_pravidla-pro-uzivani-glyfosatu-jsou.html

[20] Rekonstrukce přivaděče zajistí pro Jihlavu vodu v potřebné kvalitě a zamezí ztrátám. Dostupné na webové stránce Povodí Moravy, s.p.: http://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/rekonstrukce-privadece-zajisti-pro-jihlavu-vodu-v-potrebne-kvalite-a-zamezi-ztratam/

[21] FRENZILLI, G., RIBERA, J. M., BERNARDERSHCI, M, SCARCELLI, V., JÖNSSON, E., DIANO, N., MOGGIO, M., GUIDI, P., STURVE, J., ASKER, N. Bisphenol A and Bisphenol S Induce Endocrine and Chromosomal Alterations in Brown Trout. Front. Endocrinol., 11 March 2021, Volume 12 – 2021.

[22] VN Mostiště. Dostupné na webové stránce Povodí Moravy, s.p.: http://www.pmo.cz/cz/o-podniku/vodni-dila/mostiste/

[23] Hlásná a předpovědní povodňová služba. Dostupné na webové stránce Českého hydrometeorologického ústavu: https://hydro.chmi.cz/hpps/

[24] Chemicals&Engineering News, April, 2016: EU bans endocrine disrupting herbicides. Dostupné na webové stránce: https://cen.acs.org/articles/94/i17/EU-bans-endocrine-disrupting-herbicides.html

[25] European Chemicals Agency, Committee for Risk asseeement, Annex I – Background Document to RAC Opinion on Metazachlor, 8 March 2011, pp. 81.

[23] Prováděcí nařízení Komise (EU) 2018/84 ze dne 19. ledna 2018, kterým se mění prováděcí nařízení (EU) č. 540/2011, pokud jde o prodloužení doby platnosti schválení účinných látek chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl, klothianidin, sloučeniny mědi, dimoxystrobin, mankozeb, mekoprop-P, metiram, oxamyl, pethoxamid, propikonazol, propineb, propyzamid, pyraklostrobin a zoxamid.

[24]Prováděcí nařízení Komise (EU) 2018/1865 ze dne 28. listopadu 2018, kterým se v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1107/2009 o uvádění přípravků na ochranu rostlin na trh neobnovuje schválení účinné látky propikonazol a kterým se mění prováděcí nařízení Komise (EU) č. 540/2011.

[25]Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1107/2009 ze dne 21. října 2009 o uvádění přípravků na ochranu rostlin na trh a o zrušení směrnic Rady 79/117/EHS a 91/414/EHS.

[26] Regulation (EU) No. 528/2012 concerning the making available on the market and use of biocidal products. Evaluation of active substances. Assessment Report – Propiconazole. January 2015, Finland, pp. 72. Dostupné na webové stránce: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://echa.europa.eu/documents/10162/a2efc9fe-98ed-de5e-fe77-e87b8822b6d9

[27] BERHO, C., CLAUDE, B., COISY, E., TOGOLA, A., BAYOUDH, S., MORIN, P., AMALRIC, L. Laboratory calibration of a POCIS-like sampler based on molecularly imprinted polymers for glyphosate and AMPA sampling in water. Anal Bioanal Chem (2017) 409:2029–2035. DOI 10.1007/s00216-016-0150-4.

[28] AHRENS, L., DANESHVAR, A., LAU, A. E., KREUGER, J. Characterization of five passive sampling devices for monitoring ofpesticides in water. Journal of Chromatography A, 1405, 2015, pp. 1–11.

[29] MORIN, N., CAMILLERI, J., CREN-OLIVÉ, C., COQUERY, M., MIEGE, C. Determination of uptake kinetics and sampling rates for 56 organic micropollutants using ‘‘pharmaceutical’’ POCIS. Talanta 109 (2013), pp. 61–73.

[30] KIM, H., HOMAN, M. Evaluation of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in drinking water originating from Lake Erie. Journal of Great Lakes Research 46 (2020), pp. 1321–1330.

[31] EFSA Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance acetochlor. EFSA Journal 2011;9(5):2143, p. 109.

[32] SEEGER, H., MUECK, A. O. Estradiol Metabolites and their Possible Role in Gynaecological Cancer. J. Reproduktionsmed. Endokrinol 2010; 7, pp. 62-66.

[33] TING, Y. F., PRAVEENA, S. M. Sources, mechanisms, and fate of steroid estrogens in wastewater treatment plants: a mini review. Environ Monit Assess (2017) 189: 178. DOI 10.1007/s10661-017-5890-x.

8 Seznam zkratek

2,4-D	kyselina dichlorfenoxyoctová
AMPA	kyselina aminomethylfosfonová
ANT	anthracen
BaA	benzo(a)anthracen
BaP	benzo(a)pyren
BbF	benzo(b)fluoranthen
BBCH	mezinárodní stupnice vývojových a růstových stádií rostlin (fenologických fází, fenofází)
BghiP	benzo(g,h,i)perylen
BGP	benzo(g,h,i)perylen
BkF	benzo(k)fluoranthen
CE	kolizní energie
CENIA	Česká informační agentura životního prostředí
CXP	výstupní potenciál na kolizní cele
ČOV	čistírna odpadních vod
ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
DBaA	dibenzo(a,h)anthracen
DDD	definovaná denní dávka
DDT	dichlordifenyltrichloretan (1,1,1-trichloro-2,2-bis(p-chlorfenyl)ethan)
DEET	diethyltoluamid
DIA	atrazin desisopropyl
DP	deklastrační potenciál
DPB	díl půdního bloku
DPZ	dálkový průzkum Země
DT_{50}	poločas rozpadu
DZES	dobrý zemědělský a environmentální stav půdy
E1	estron
E2	17β-estradiol
EDs	endocrine substances (endokrinní látky)
EE2	17α-ethynyl estradiol
EN	Evropská norma
EP	vstupní potenciál
ES	Evropská společenství
ESA	ethane sulfonic acid
EU	Evropská unie
FEN	fenanthren
FLU	fluoren
FR	Francie
FRT	fluoranthen
FS	final risk
Gly	glyfosát
HCH	hexachlorcyhlohexan
CHRY	chrysen
IcdP	indeno(1,2,3-c,d)pyren
IDA	Information Dependent Acquisition

ISO	International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)
ISTA	informační systém pro přípravu a správu výzkumných projektů TA ČR a dalších zapojených ministerstev
KS	klimatologická stanice
LC	liquid chromatography
log Kow	rozdělovací koeficient oktanol/voda
M, R, C	mutagenita, toxicita pro reprodukci, karcirogenita
max.	maximum
MCPA	kyselina 4-chloro-o-tolyloxyoctová
min.	minuta
MS	mass spektrometry
MS	mez stanovitelnosti
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NFT	naftalen
NK	negativní kontrola
OA	oxanilic acid
obyv.	obyvatel
OCP	organochlorové pesticidy
OPVZ	ochranné pásmo vodního zdroje
P, B, T	perzistence, bioakumulace, toxicita
PAU	polycyklické aromatické uhlovodíky
PCB	polychlorované bifenyly
PK	pozitivní kontrola
PMO	Povodí Moravy, s.p.
POCIS	Polar Organic Chemical Integrative Sampler
PRC	performance reference compound
PYR	pyren
Q0D	disociační potenciál
R_s	vzorkovací rychlost
ř. km	říční kilometr
s.p.	státní podnik
SPE	solid-phase extraction
SR	silicone rubber (silikonové membrány)
SÚKL	Státní ústav pro kontrolu léčiv
SUM	suma
SVTI	středisko výpočetní techniky a informatiky
SW	software
SWATH	Sequential Window Acquisition of all THeoretical Ions
TA ČR	Technologická agentura České republiky
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
ÚV	úpravna vody
v.v.i.	veřejná výzkumná instituce

VD	vodní dílo
VN	vodárenská nádrž
VTEI	Vodohospodářské technicko-ekonomické informace
VÚV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka

9 Přílohy

Posterová prezentace projektu PESPOM na konferenci
„Životní prostředí – prostředí pro život“
konané v Praze 16. až 17. 9. 2021

DYNAMIKA VNOSU VYBRANÝCH MIKROPOLUTANTŮ DO VODÁRENSKÝCH NÁDRŽÍ V POVODÍ MORAVY A DYJE

VÚV TGM

Úvod

Do vodního prostředí jsou antropogenní činností vnášeny tisíce chemických látek, z nichž mnohé mohou různou měrou nepříznivě ovlivňovat život vodních organismů nebo dokonce vykazovat ekotoxické účinky. Zvláštní ochranu vyžadují povrchové vody, které jsou používány jako zdroj pro úpravnu na vodu pitnou. Přednáška jsou vodní nádrže určené k výše uvedenému účelu ztrouvky v horních částech povodí, znečištěné vlivy zde často a reálně (i vyšší) mírou působí. A to jak vlivem zemědělského hospodaření, tak průmyslové činností a výskytu lidských sídel. V posledních desetiletích se do popředí zájmu dostávají mikropolutanty ze skupiny rostlinolékařských přípravků a tzv. PPCPs (pharmaceutical and personal care products), které do vodního prostředí se také stále v malém množství dostávají z různých zdrojů, jejichž zdroje výroby a použití existuje již mnoho desetiletí.

Za tím účelem byl v rámci Podprogramu I Programu Prostředí pro život navržen a schválen k realizaci projekt „Studie vnosu pesticidů a dalších mikropolutantů do vodárenských nádrží v povodí Moravy a Dyje“, akronym PESPOM, reg. č. SS01010243.

Do výzkumu byly ve spolupráci s Povodím Moravy, s.p. vybrány vodárenské nádrže (VN) s významným antropogenním ovlivněním: Vír I v povodí Řeky Svratky (celkový objem nádrže 30,1 mil. m³), VN Opatovice na toku Malá Haná (10,62 mil. m³), VN Ludkovice na Ludkovickém potoce (0,68 mil. m³), VN Mostiště na řece Oslavě (11,91 mil. m³) a VN Hlubonín, která je dotována vodou z Mankovického p. a Jedlovského přivaděče (3,26 mil. m³).

Cíl projektu

Cílem projektu je zhodnotit časoprostorovou dynamiku vnosu vybraných pesticidů, fenolů a perzistentních organických látek do vybraných vodárenských nádrží v povodí řek Moravy a Dyje v průběhu celé vegetační sezóny.

Řešení

Práce na projektu byly zahájeny v květnu 2020, kdy byl VÚV TGM, v. v. i. společně s pracovníky Povodí Moravy, s.p. proveden terénní průzkum u zvolených VN za účelem stanovení vhodných lokalit pro následný screening. Celkem bylo vybráno 31 profilů, které zahrnují významné i menší přítoky do nádrží a nátok z VN do úpravny vody nebo, pokud to nebylo technicky možné, profil v blízkosti odběrné věže přímo ve vodárenské nádrži. Do screeningu bylo zahrnuto i několik významných bodových zdrojů znečištění, především nad vodárenskými nádržemi Vír I.

Screening mikropolutantů je prováděn pomocí pasivních vzorkovacích technik, které umožňují záchyt kolísavého znečištění nízkých koncentrací látek, které při bodovém odběru nelze současnými analytickými technikami zachytit. Výběr znečišťujících látek zahrnuje nepolární organické látky včetně perzistentních (PAU, DDT, OCP), jejichž používání je již několik desetiletí zakázáno, a polární organické látky ze skupiny pesticidů a fenolů. Z pesticidů bylo vytipováno 30 účinných látek rostlino-lékařských přípravků, jejichž skupina včetně metabolitů zahrnuje 58 látek. Fenolka jsou reprezentována 33 látkami vybranými podle významnosti preteriace a jejich rizikových vlastností: perzistence, bioakumulace, toxicita (P, B, T).

P. č.	Název profilu
1	Svratecký potok od obce Olšava
2	Bystřický potok
3	Koroutvický potok
4	Svratecký potok od obce Hluboké
5	Veselský potok ústí
6	Svratka nad VN
7	Janovický potok ústí
8	Písečňanský potok ústí
9	Kacanovský potok ústí
10	VN Vír - odtok

Obr. 1 Vybrané profily pro screening mikropolutantů pomocí pasivních vzorkovačů na VN Vír I

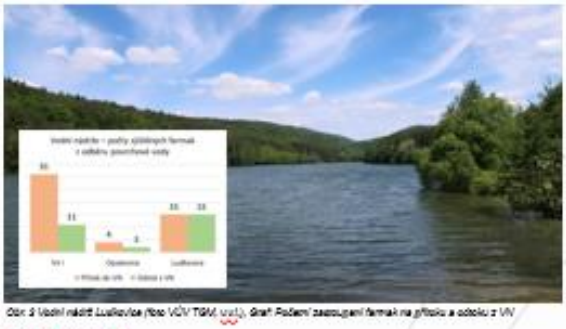
Vlastní screening ve vytipovaných profilech tří vodárenských nádrží Vír I, Opatovice a Ludkovice byl zahájen v dubnu 2021. Paralelní monitoring k běžení expozici v rámci každé vzorkovací kampaně probíhá po celou vegetační sezónu až do listopadu 2021 (celkem 6 kampaní). Vzhledem k rozsahu sledovaných látek je použito několik typů pasivních vzorkovačů: silikonové gumy pro záchyt nepolárních látek a více druhů vzorkovačů typu POCIS (HLB, HLB-PRC, Glyphosate, EDC) pro záchyt polárních látek. V současné době probíhají jednotlivé vzorkovací kampaně a následná analytická zpracovávání exponovaných vzorkovačů. Každý druh vzorkovače vyžaduje vlastní postup extrakce zájmových analytů z membrány/sorbentu.

Během celého období vzorkování jsou v hodinovém a denním kroku zaznamenávány hydrologické a klimatologické údaje z on-line přístupných dat ČHMÚ a správce povodí. Současně jsou na hlavním přítoku a na odtoku z nádrže zaznamenávány údaje o teplotě vody s časovým krokem 30 minut pomocí dataloggerů umístěných přímo ve vzorkovacím koši.

Obr. 2 Ukázka exponovaných pasivních vzorkovačů POCIS a silicone rubber (foto VÚV TGM, v.v.i.)

V extraktech z membrán vzorkovačů POCIS z vybraných profilů a vzorkovacích kampaní bude ověřen potenciální genotoxický efekt pomocí Ames fluktuačního testu (dle ISO 11 350) prostřednictvím geneticky modifikovaných bakteriálních kmenů Salmonella typhimurium bez metabolické aktivace (S9-).

V roce 2022 bude obdobný screening probíhat na vodárenských nádržích Mostiště a Hlubonín.



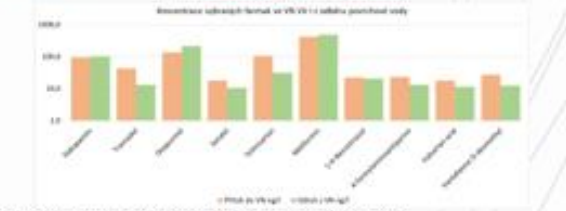
Obr. 3 Vodní nádrž Ludkovice (foto VÚV TGM, v.v.i.), dole: Počení zastoupení farmak na přítoku a odtoku z VN

Dílčí výsledky

Vzhledem k tomu, že vzorkovací kampaně nadále probíhají, jsou prezentovány první dílčí výsledky chemických analýz. Nejrozšířenější aplikovaným rostlinolékařským přípravkem v ČR i v okresech, v nichž se nachází povodí zájmových vodárenských nádrží, je glyfosát. Tato silně polární látka je charakteristická vysokou rozpustností ve vodě a tedy i možností ve vodním prostředí. Zároveň má v půlicích prostředí schopnost rychlé degradace na hyvelinu aminomethylfosfonovou (AMPA). Proto na přítocích do VN převažuje AMPA nad mateřskou sloučeninou (grafy na Obr. 4 a výsledky z prvních tří vzorkovacích kampaní). Největší zátěž se projevila na přítoku do VN Ludkovice, která je svou velikostí nádrže i povodím nejmenší ze tří sledovaných VN v roce 2021.

Obr. 4 Obsah glyfosátu a metabolitu AMPA ze vzorkovačů POCIS-Gly+ v 1. až 3. vzorkovací kampani 2021

Ve spolupráci s vodohospodářskými laboratořemi Povodí Vltavy, státní podnik byly na přelomu června a července 2021 jednorázově v povrchové vodě na hlavním přítoku a odtoku z vodárenských nádrží analyzovány léčiva a některé další organické látky. Z celkem 123 ověřovaných látek byl nejvyšší počet nalezen na přítoku do VN Vír I – 31 látek, do VN Ludkovice – 15 látek a nejméně do VN Opatovice – 4 látky (graf v Obr. 3). Počet nalezených látek na odtoku z nádrží byl až na VN Ludkovice výrazně nižší, nicméně koncentrace látek, které byly současně povrženy na přítoku i odtoku z VN, byly vesměs srovnatelné a v některých případech i vyšší (Obr. 5). Z analgetických látek byl v jednotlivých ngll pozitivní 17-methylestradiol (VN Opatovice a Ludkovice) a Cetron (VN Ludkovice). Nejvyšší koncentrace farmak (nad 100 ng/l) byly pozitivny v případě glukosamínu (antiepileptikum, léčba neuralgií) – VN Vír I a Ludkovice, jelmikitinu (léčba vysokého krevního tlaku) – VN Vír, oxypurinolu (metabolit allopurinolu, léčba hyperurikémie) – VN Vír I a metformínu (léčba cukrovky) – všechny 3 vodárenské nádrže (Obr. 6).



Obr. 5 Koncentrace vybraných farmak v povrchové vodě na přítoku a odtoku z VN Vír I

Obr. 6 Koncentrace gabapentinu a metformínu v povrchové vodě na přítoku a odtoku z VN

KONTAKT:
Ing. Tomáš Mičanik, Ph.D. a kol. +420 595 134 811 | tomas.micanik@vuv.cz

VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T. G. MASARYKA
Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i. | Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6 | +420 220 197 111 | info@vuv.cz, www.vuv.cz
Pobočka Brno | Mojmírovo náměstí 16, 612 00 Brno-Královo Pole | +420 541 126 311 | info.brno@vuv.cz
Pobočka Ostrava | Macharova 5, 702 00 Ostrava | +420 595 134 800 | info.ostrava@vuv.cz

Uznání dílčích výsledků projektu PESPOM v roce 2022

N_{map} (8 souborů map)

Ministerstvo životního prostředí

Odbor ochrany vod
Vršovická 1442/65
100 10 Praha 10

Praha dne 20. prosince 2022
Č. j.: MZP/2022/640/1420
Sp. zn.: ZN/MZP/2018/740/235
Vaše č. j.
Vyřizuje: Mgr. Martin Udatný, Ph.D.
Tel.: 267 122 142
E-mail: Martin.Udatny@mzp.cz

Vážený pan
Ing. Tomáš Mičaník, Ph.D.
Vedoucí oddělení ochrany jakosti vod
Výzkumný ústav vodohospodářský TGM,
v.v.i., pobočka Ostrava
Macharova 5
700 02 Ostrava

Uznání dílčích výsledků projektu PESPOM

Vážený pane doktore,

potvrzuji převzetí výsledků projektu *Studie vnosu pesticidů a dalších mikropolutantů do vodárenských nádrží v povodí Moravy a Dyje (PESPOM)* (SS1010248) v programu Prostředí pro život vyhlášeného TA ČR.

Jedná se o výsledky za rok 2022; mapové výstupy výše uvedeného projektu:

N_{map} (N/D) – Specializovaná mapa s odborným obsahem 8 výsledků (8 souborů map).

Tento výstup uznávám jako výsledek projektu *PESPOM* (SS1010248) za rok 2022.

S pozdravem

Mgr. Lukáš Záruba
ředitel odboru ochrany vod
podepsáno elektronicky

Ministerstvo životního prostředí
Vršovická 1442/65, 100 10 Praha 10

(+420) 26712-1111
posta@mzp.cz
ISDS: 9gsaax4
www.mzp.cz

Elektronický podpis
Mgr. Lukáš Záruba
Ministerstvo životního prostředí
21.12.2022 15:19

Uznání dílčích výsledků projektu PESPOM v roce 2023

N_{map} (27 souborů map), V_{souhrn} a J_{ost}

Ministerstvo životního prostředí

Odbor ochrany vod
Vršovická 1442/65
100 10 Praha 10

Praha dne 13. listopadu 2023
Č. j.: MZP/2023/640/880
Sp. zn.: ZN/MZP/2018/740/84
Vaše č. j.
Vyřizuje: Mgr. Martin Udatný, Ph.D.
Tel.: 267 122 142
E-mail: Martin.Udatny@mzp.cz

Vážený pan
Ing. Tomáš Mičaník, Ph.D.
Vedoucí oddělení ochrany jakosti vod
Výzkumný ústav vodohospodářský TGM,
v.v.i., pobočka Ostrava
Macharova 5
700 02 Ostrava

Uznání dílčích výsledků projektu PESPOM

Vážený pane doktore,

potvrzuji převzetí níže uvedených výsledků výzkumného projektu reg. č. SS01010248 *"Studie vnosu pesticidů a dalších mikropolutantů do vodárenských nádrží v povodí Moravy a Dyje"*, akronym PESPOM. Projekt byl součástí programu Prostředí pro život vyhlášeného TA ČR a byl realizován v letech 2020 – 2023.

Jedná se o výsledky:

SS01010248-V1 N_{map}

Mapy lokalit vodárenských nádrží s grafickým znázorněním výsledků pasivního vzorkování povrchových vod (27 souborů map)

SS01010248-V2 V_{souhrn}

Souhrnná výzkumná zpráva popisuje způsob a metody řešení, popis vzorkovacích míst v povodí pěti vodárenských nádrží v povodí Moravy a Dyje, prezentuje nejvýznamnější dosažené výsledky a závěry, které z těchto výsledků vyplývají.

SS01010248-V3 J_{ost}

Mičaník, T., Sýkora, F., Chrastina, D., Pospíchalová, D., Verlíková, N., Kristová, A., Hradil, M. Dynamika vnosu pesticidů do vodárenských nádrží Vír I, Opatovice a Ludkovice. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace VTEI, 2023/1, str. 4–22., ISBN 0322-8916

Ministerstvo životního prostředí
Vršovická 1442/65, 100 10 Praha 10

(+420) 26712-1111
posta@mzp.cz
ISDS: 9gsaax4
www.mzp.cz

Elektronický podpis
Jana Tejkalová
Ministerstvo životního prostředí
13.11.2023 16:07

Ministerstvo životního prostředí

Odbor ochrany vod
Vršovická 1442/65
100 10 Praha 10

Tyto výstupy uznávám jako výsledek projektu PESPOM (reg. č. SS01010248) za rok 2023.

S pozdravem

Mgr. Lukáš Záruba
ředitel odboru ochrany vod

v z. Ing. Mgr. Jana Tejkalová
vedoucí oddělení mezinárodní spolupráce,
plánování a ochrany před povodněmi
a zástupkyně ředitele odboru ochrany vod
podepsáno elektronicky

Ministerstvo životního prostředí
Vršovická 1442/65, 100 10 Praha 10

(+420) 26712-1111
posta@mzp.cz
ISDS: 9gsaax4
www.mzp.cz