
Závěrečná zpráva č. HS122060025

Za zdravější a lepší vodu v Brně

Objednatel:

Statutární město Brno

se sídlem v Brně, Dominikánské nám. 196/1, 602 00

Zastoupené: JUDr. Markéta Vaňková, primátorka

IČ: 44992785, DIČ: CZ 44992785

Zhotovitel:

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Centrum AdMaS

Purkyňova 651/139, 612 00 Brno

IČ: 00216305, DIČ: CZ00216305

Spoluzhotovitel:

ALS Czech Republic s.r.o.

Na Harfě 336/9, 190 00 Praha 9

IČ: 27407551, DIČ: CZ27407551

Spoluzhotovitel:

Aquamonitoring s.r.o.

Jedovnická 2346/8 628 00 Brno

IČ: 29366810, DIČ: CZ29366810

V Brně 19. 4. 2022

**prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA (Dipl.
S.E. Delft)**

Vedoucí zájmového seskupení Ekonomika a
životní prostředí

Vedoucí řešitelského týmu

Ing. Zdeněk Krejza, Ph.D.

Ředitel Centra AdMaS

OBSAH

1	Projekt „Za zdravější a lepší vodu v Brně“	4
2	Účel monitoringu	5
3	Popis hospodaření s vodou ve městě Brno	6
3.1	Jakost vody v prameništi Březová nad Svitavou.....	6
3.2	Úpravna vody Švařec	7
3.3	Čištění odpadních vod města Brna	7
4	Zpracovatelé projektu	9
5	Lokality monitoringu	10
5.1	Lokality monitoringu pitné vody.....	10
5.2	Lokality monitoringu odpadní vody.....	14
5.2.1	Lokalita splachů ze silnice Vinohrady	19
5.2.2	Lokalita splachů ze silnice Rokytova.....	20
6	Rozsah monitoringu.....	23
6.1	Léčiva, hormony a drogy.....	23
6.2	Pesticidy	24
6.2.1	Biocidy	24
6.2.2	Přípravky pro ochranu rostlin	24
6.2.3	Monitoring pesticidů ve vodách.....	25
6.3	PAU a PCB.....	26
6.4	Těžké kovy	26
6.5	Alkylfenoly.....	26
6.6	Mikroplasty	27
7	Metodika vzorkování	30
7.1	Metodika vzorkování pitné vody.....	30
7.2	Metodika vzorkování odpadní vody.....	32
7.2.1	Metodika vzorkování splachů ze silnice	36
8	Metodika stanovení mikropolutantů	38
8.1	Metodika stanovení mikroplastů	40
8.1.1	Analýza mikroplastů v pitné vodě	40
8.1.2	Analýza mikroplastů v kontaminované (odpadní) vodě	40
8.1.3	Materiálové vyhodnocení detekovaných mikroplastů	40

9	Monitoring znečištění v projektu „Za zdravější a lepší vodu v Brně“	41
9.1	Výsledky monitoringu pitné vody	41
9.1.1	Lokalita podzemního zdroje vody Březová nad Svitavou	41
9.1.2	Lokalita úpravna vody Švařec	43
9.2	Výsledky monitoringu odpadní vody	46
9.2.1	Týdenní screeningový monitoring na přítoku ČOV Brno-Modřice	48
9.2.2	Dlouhodobý monitoring lokality čistírna odpadních vod Brno-Modřice	51
9.2.3	Kmenová stoka B u RN Jeneweinova a přítok na ČS Kuřim	57
9.3	Výsledky monitoringu splachů z komunikace	62
9.3.1	Splach ze sídliště Vinohrady	62
9.3.2	Splach z frekventované komunikace na ul. Rokytova	65
10	Shrnutí výsledků a závěr	67
10.1	Shrnutí výsledků monitoringu pitné vody	67
10.2	Shrnutí výsledků monitoringu odpadní vody	68
11	Bibliografie	70

1 Projekt „Za zdravější a lepší vodu v Brně“

Projekt „Za zdravější a lepší vodu v Brně“ zvítězil v roce 2018 v hlasování občanů města Brna v rámci projektu města Brna „Dáme na vás“. Jedná se o tzv. participativní rozpočet, který umožňuje občanům města rozhodovat o části rozpočtu. Projekt „Za zdravější a lepší vodu v Brně“ navrhl pan Zdeněk Herblich a projekt obdržel 2341 hlasů.

Ze zadání (dostupné na stránkách: <https://damenavas.brno.cz/projekt/?id=772>) vyplývá, že v navrhovaném projektu má být zkoumána jakost pitné vody ve vodovodu města Brna, ze kterého jsou obyvatelé Brna zásobeni, tak také jakost vody na výstupu z čistírny odpadních vod (ČOV) Brno-Modřice, kam je odpadní voda z města Brna odváděna, a kde je čištěna. Návrh realizace projektu je tak rozdělen do dvou hlavních částí:

- Vodovodní síť města Brna,
- kanalizační síť města Brna a čistírna odpadních vod

Tato závěrečná zpráva je u zhotovitele vedena pod zakázkovým číslem HS122060025 s názvem „Za zdravější a lepší vodu v Brně“.

2 Účel monitoringu

Účelem monitoringu je dlouhodobě zmonitorovat kvalitu pitné a odpadní vody ve městě Brně.

Pitná voda obecně průběžně splňuje požadavky na pitnou vodu, které jsou stanoveny platnými právními předpisy. Jedná se zejména o vyhlášku č.252/2004 Sb. [1], kterou se stanovují hygienické požadavky na pitnou vodu a čestnost a rozsah kontroly pitné vody, která navazuje na zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví. Uvedená vyhláška stanovuje mikrobiologické, biologické, fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele pitné vody a jejich hygienické limity. Mezi sledovanými látkami jsou i pesticidní látky (přípravky a prostředky, které jsou určeny k tlumení a hubení rostlinných a živočišných škůdců, a k ochraně rostlin, a které jsou používány hlavně v zemědělství) a jejich relevantní metabolity. Koncentrace pesticidů v pitné vodě tak v rámci tohoto projektu zkoumána být nemusí, avšak může být provedeno vyhodnocení koncentrace těchto látek na základě již provedených odběrů vzorků vody na brněnské vodovodní síti.

V posledních několika letech je odbornou i laickou veřejností často diskutován problém výskytu léčiv a tzv. mikroplastů nejen v povrchových, ale i v pitných vodách. Léčiva a hormonální přípravky jsou po podání v těle z části metabolizovány a metabolity i léčiva ve stále aktivní formě jsou převážně močí vylučovány z organismu. Vedle toho jsou léčiva s proslou dobou použitelnosti v rozporu s doporučením často likvidována spláchnutím do toalety nebo vyhozena do odpadu. Používané procesy čištění odpadních vod jsou schopny zachytit tyto látky pouze částečně nebo vůbec ne, a tak se léčiva dostávají do povrchových a vzácně i do podzemních vod, z nichž některé jsou zdrojem pitných vod.

Jako mikroplasty jsou označovány různé plastové částice o velikosti do 5 mm. Mikroplasty se mohou vyskytovat v kosmetických a čistících přípravcích, mohou vznikat i při tlakovém abrazivním čištění povrchů, kdy písek je nahrazen plastovými materiály. Další mikroplasty vznikají při otěru pneumatik, otěru syntetických tkanin nebo i rozpadem větších plastových kusů. Části syntetických tkanin lze najít i na výstupech z praček a sušiček.

Cílem monitoringu je stanovit úroveň znečištění pitných a odpadních vod látkami nepřírodního původu jako jsou léčiva, hormony, drogy, průmyslové látky a mikroplasty.

3 Popis hospodaření s vodou ve městě Brno

Město Brno má k dispozici dostatek zdrojů kvalitní pitné vody s kapacitními rezervami, které umožňují z pohledu zásobování vodou rozvoj města i celé brněnské aglomerace s mnohaletým výhledem do budoucna. Základními zdroji vody pro město Brno jsou prameniště podzemní vody v Březové nad Svitavou a úpravná vody (ÚV) Švařec upravující povrchovou vodu z vodárenské vodní nádrže Vír. Z těchto zdrojů je pitná voda do města Brna přiváděna celkem třemi přivaděči: I. a II. březovský přivaděč a Vírský oblastní vodovod.



Obr. 1 Mapa přivaděčů pitné vody [2]

Vodovodní síť města Brna je provozována společností Brněnské vodárny a kanalizace, a.s., které spravují celkem 1 421 km vodovodních potrubí (včetně 159 km přivaděčů). Materiálové zastoupení potrubí ve vodovodní síti města Brna tvoří šedá litina (50 %), tvárná litina (28 %), ocel (9 %), zbytek tvoří potrubí z PE, PVC, sklolaminátu, železobetonu a azbestocementu [3].

3.1 Jakost vody v prameništi Březová nad Svitavou

Jakost vody z prameniště Březová je velmi vyrovnaná a splňuje průběžně požadavky normy na pitnou vodu bez nutnosti úpravy. Tento zdroj má zároveň velmi vyvážený obsah minerálních látek, stálou teplotu 9 – 10 °C a patří mezi velmi kvalitní zdroje hodnotné a chutné pitné vody. Voda vzhledem ke svým parametrům splňuje vyhlášku Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví

hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, není dále upravována a je pouze hygienicky zabezpečena oxidem chloričitým pro zajištění mikrobiologických ukazatelů při transportu ke spotřebiteli [2].

3.2 Úpravna vody Švařec

Zdrojem povrchové vody (nejen pro město Brno) je údolní přehradní nádrž Vír I, která se nachází na řece Svratce. Tato nádrž má vyhlášena pásma hygienické ochrany již od roku 1964 a platí zde mimo jiné zákaz koupání a rybolovu. Surová voda je málo mineralizovaná a měkká, s poměrně nízkým obsahem organických látek přírodního původu. Toxické stopové kovy a organické látky nebyly nalezeny v koncentracích významných z hygienického hlediska.

Několikastupňová technologie úpravy vody na ÚV Švařec je tvořena stupni a) předoxidace surové vody ozonem, b) dávkování koagulantu síranu hlinitého s následnou koagulací a flokulací a c) následnou separací vzniklých vloček kalu na pískových rychlofiltrech. Dezinfekce upravené vody potom probíhá ozonizací s následnou filtrací přes druhý separační stupeň – filtry z granulovaného aktivního uhlí. Z důvodu, že ozonizace nevytváří ve vodě hygienické reziduum je upravená voda zabezpečena oxidem chloričitým v kombinaci s plynným chlorem. Před nátokem do akumulčních nádrží je upraveno pH upravené vody pomocí vápenné vody a poté míří do výstupní akumulace, odkud je upravená voda Vírským oblastním vodovodem dopravována do spotřebišť.

3.3 Čištění odpadních vod města Brna [4]

Větší část města, téměř dvě třetiny celkové rozlohy, je odkanalizována jednotným systémem, kdy jsou splaškové vody odváděny ve společném potrubí spolu s vodami dešťovými. Tento systém se zachoval z období tzv. prvního budování kanalizace, kdy veškeré odpadní vody byly odváděny do řek Svratky a Svitavy, resp. do místních vodotečí. Realizací čistírny odpadních vod došlo ke změně, vody již nevytékaly volně do řek či potoků, ale byly odvedeny až do čistírny, kde byly vyčištěny. Aby nedocházelo za deště k přetížení a nežádoucímu ovlivňování biologických procesů na čistírně odpadních vod, jsou součástí jednotného systému tzv. odlehčovací komory, zajišťující po příslušném nařazení odlehčení odpadních vod do recipientu, ještě před přítokem na čistírnu. Poměr ředění však musí být takový, aby nedošlo odlehčovými vodami k nežádoucímu ovlivnění života v toku.

Stavební expanze obytných sídlištních souborů v sedmdesátých a osmdesátých letech minulého století a tím pádem značný nárůst produkce odpadních vod z těchto komplexů by již nadměrně zatížil stávající jednotný systém včetně čistírny odpadních vod. Proto se začíná v sídlištních s budováním tzv. oddílného systému. Do stávající sítě jsou odváděny pouze splaškové vody a srážkové jsou vedeny samostatnou kanalizací přímo do toku. Oddílný systém je vybudován téměř ve všech sídlištních (Bohunice, Komín, Bystrc, Líšeň, Vinohrady, Kohoutovice, Komárov).

Stokový systém města Brna vyúsťuje na Čistírnu odpadních vod Brno-Modřice (ČOV Brno-Modřice), která má za úkol čistit přivedené odpadní vody nejen z města Brna, ale i dalších měst a obcí jeho širokého okolí. ČOV Brno-Modřice je koncipována jako mechanicko-biologická ČOV s primárním cílem odstraňovat z čištěné vody organické znečištění a nutrienty (dusík, fosfor), které zhoršují kyslíkový režim v recipientu a způsobují eutrofizaci vodních toků, čímž dochází k narušení biodiverzity ve vodním prostředí.

ČOV Brno-Modřice za rok 2020 vyčistila denně v průměru 101 500 kubických metrů odpadní vody. Čistírna splňuje předepsané požadavky na úroveň čištění ve všech parametrech a tím pozitivně zlepšuje kvalitu vody v recipientu Svratka (účinnosti čištění jsou uvedeny v Tab. 1). Provoz jednotlivých technologií čistírny v roce 2020 spotřeboval celkem 16 760 MWh elektrické energie.

Tab. 1 Průměrná účinnost čištění na ČOV Brno-Modřice v roce 2020 (Provozní data BVK a.s.)

<i>Parametr</i>	Účinnost čištění (dosažená/předeepsaná)	
BSK ₅	98,8 / 95	%
CHSK _{Cr}	96,2 / 85	%
Nerozpuštěné látky	97,5	%
N _{celk}	85,9 / 75	%
P _{celk}	90,8 / 85	%

Proces čištění na ČOV Brno-Modřice probíhá ve dvou stupních. Primární stupeň čištění je zaměřen na odstranění nerozpustného znečištění, odstranitelného fyzikálními procesy. Primárním stupněm protéká čištěná odpadní voda přes jemné, strojně stírané česle. Následně je voda zbavena písku v provzdušňovaných lapácích písku se zachycováním tuku pomocí flotace. Takto hrubě předčištěná voda je přivedena do usazovacích nádrží, kde dochází k sedimentaci nerozpuštěných látek.

Sekundární stupeň je založen na biologických procesech rozkladu organického znečištění pomocí funkční polykultury mikroorganismů (aktivovaný kal) v aktivačních nádržích. Na ČOV Brno-Modřice je biologická část je koncipována jako nitrifikace (oxidace za přístupu volného kyslíku) s předřazenou denitrifikací (redukce bez přístupu volného kyslíku) a s chemickým srážením fosforu. Aktivovaný kal je z čištěné vody odseparovaný v dosazovacích nádržích, kde dochází k usazování aktivovaného kalu. Takto vyčištěná voda je vypouštěna přes výustní objekt do řeky Svratky.

S pokročilými detekčními metodami jsou nejen v odpadních ale i v povrchových vodách (řeky, jezera, atd.) nalézány látky v nízkých koncentracích (mikrogramy na litr) vzniklé působením člověka. Tyto látky jsou schopné působit na organismy i v takto nízkých koncentracích, nejsou však schopny biologického rozkladu v přírodních podmínkách. Jedná se o takzvanou skupinu mikropolutantů, do kterých se nejčastěji řadí látky, jako jsou léčiva, hormony, produkty osobní péče, drogy nebo pesticidy. Konvenční mechanicko-biologické čistírny odpadních vod nejsou navrženy na odstraňování těchto látek a ty tak ve větší míře procházejí čistírnami odpadních vod beze změn a jsou vypouštěny do recipientů, kde působí toxicky na vodní organismy a ovlivňují ekologickou stabilitu vodního prostředí. Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. si plně uvědomují nové výzvy a trendy v oblasti čištění odpadních vod a proto jsou partnerem mnoha výzkumných projektů zaměřených na odstraňování mikropolutantů, např. projekt LIFE2Water nebo Oktagon.

4 Zpracovatelé projektu

Centrum AdMaS, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně:

Hlavním výzkumným střediskem Fakulty stavební VUT Brno je centrum AdMaS zaměřené na výzkum a vývoj v oblasti pokročilých stavebních materiálů, struktur a technologií a jejich skutečným uplatněním nejen ve stavebnictví, ale také v dopravních systémech a infrastruktuře měst a obcí. Výzkumná skupina Ekonomika a životní prostředí (středisko AdMaS) se zabývá aplikovaným výzkumem v oblastech environmentálních technologií, jako je technologie čištění odpadních vod; úprava pitné vody; nakládání s odpady; studium, monitoring, diagnostika a hodnocení technického stavu infrastruktury; chemie pitné vody a odpadních vod; zkoumání interdisciplinárního propojení mezi budovami, infrastrukturou a regionem.

ALS Czech Republic s.r.o.:

ALS Česká republika představuje přední a moderní analytické laboratoře poskytující služby v široké škále analýz, jako je radiochemie, mikrobiologie, fyzikální měření a organické a anorganické analýzy v různých typech potravin, farmaceutických a environmentálních vzorků. ALS Česká republika je akreditována ČIA podle ČSN EN ISO / IEC 17025: 2018.

Úkolem ALS Czech Republic s.r.o. v projektu je zabezpečovat analýzu sledovaného mikroznečištění ve vzorcích, které jsou navzorkovány a dodány hlavním zhotovitelem projektu Centrem AdMaS VUT v Brně. Centrum AdMaS VUT v Brně rovněž stanovuje rozsah analýz mikropolutantů pro jednotlivé vzorky.

AQUAMONITORING, s.r.o.:

Společnost AQUAMONITORING, s.r.o., nabízí sofistikovaný systém servisu a služeb v oblasti monitorování kvality a kvantity vod, dále monitoring životního prostředí, úřední měření průtoků, zajišťuje dodávky systémů měření průtoků, špičkovou přístrojovou techniku od renomovaných světových firem včetně výhradního zastoupení, technickou a poradenskou činnost.

V rámci projektu společnost AQUAMONITORING, s.r.o., zabezpečuje akreditované měření průtoků na lokalitě měřené zpracovatelem projektu a dohled nad metodikou vzorkování.

5 Lokality monitoringu

Pro projekt „Za zdravější a lepší vodu v Brně“ bylo zadavatelem definováno 11 lokalit pro monitoring mikroznečištění. Projekt definuje 5 míst monitoringu pro pitnou vodu a 6 míst pro vodu odpadní.

5.1 Lokality monitoringu pitné vody.

Pro monitoring pitné vody byly zvoleny lokality zdrojů pitné vody pro město Brno. Zdroj podzemní pitné vody v Březové nad Svitavou pokrývají 3 místa a zdroj surové povrchové vody z vodné nádrže Vír a její upravená forma z úpravny vody Švařec. Přehled lokalit je uveden v Tab. 2.

Tab. 2 Přehled lokalit pro monitoring zdrojů pitné vody

Označení místa	Místo	Skupina	Akronym pro projekt
1	Březová nad Svitavou – zdroj I. BV	Zdroj vody	BNS10
2	Březová nad Svitavou – zdroj II. BV I. horizont	Zdroj vody	BNS21
3	Březová nad Svitavou – zdroj II. BV II. horizont	Zdroj vody	BNS22
4	ÚV Švařec – přítok surové vody z VN Vír	Zdroj vody	SVAP
5	ÚV Švařec – odtok upravené vody	Zdroj vody	SVAO

BV – Březovský vodovod, VOV - Vířský oblastní vodovod, ÚV - úpravna vody, VN - vodní nádrž



Obr. 2 Úpravna vody Švařec



Obr. 3 Odběrné místo pro surovou vodu z VN Vír (vlevo) a odběrné místo pro upravenou vodu z ÚV Švařec (vpravo)



Obr. 4 Správní budova pro zdroj Březová nad Svitavou, odběrné místo pro zdroj Březová nad Svitavou I. zdroj



Obr. 5 Odběrné místo pro zdroj Březová nad Svitavou I. zdroj ve správní budově



Obr. 6 Vodojem zdroje Březová nad Svitavou II. zdroj



Obr. 7 Odběrné místo pro zdroj Březová nad Svitavou II. zdroj I. a II. horizont v armaturní komoře VDJ

5.2 Lokality monitoringu odpadní vody.

Pro monitoring odpadní vody byly zvoleny lokality, které jsou kontinuálně měřené provozovatelem stokové sítě BVK a.s. Klíčovým uzlem vnosu mikropolutantů do životního prostředí jsou odtoky z komunálních čistíren odpadních vod. Proto je v rámci projektu věnována čistírně odpadních vod Brno-Modřice speciální pozornost a v rámci projektu se zkoumá i schopnost odstranění těchto látek procesem čištění. Lokalita ČOV Brno-Modřice je tak sledována na dvou místech: přítok na ČOV za strojními česlemi a odtok z ČOV. V rámci stokové sítě města Brna byly zadavatelem projektu zvoleny další 2 místa pro monitoring: kmenová stoka B u RN Jeneweinova a ČS Kuřim. ČS Kuřim má za úkol čerpat veškeré odpadní vody (mimo odpadní vody odlehčené) z města Kuřim do stokové sítě města Brna. Monitorovaným profilem kmenové stoky u RN Jeneweinova protékají odpadní vody z lokalit Brna, ve kterých se vyskytují nemocniční zařízení (FNUŠA, Masarykův onkologický ústav).

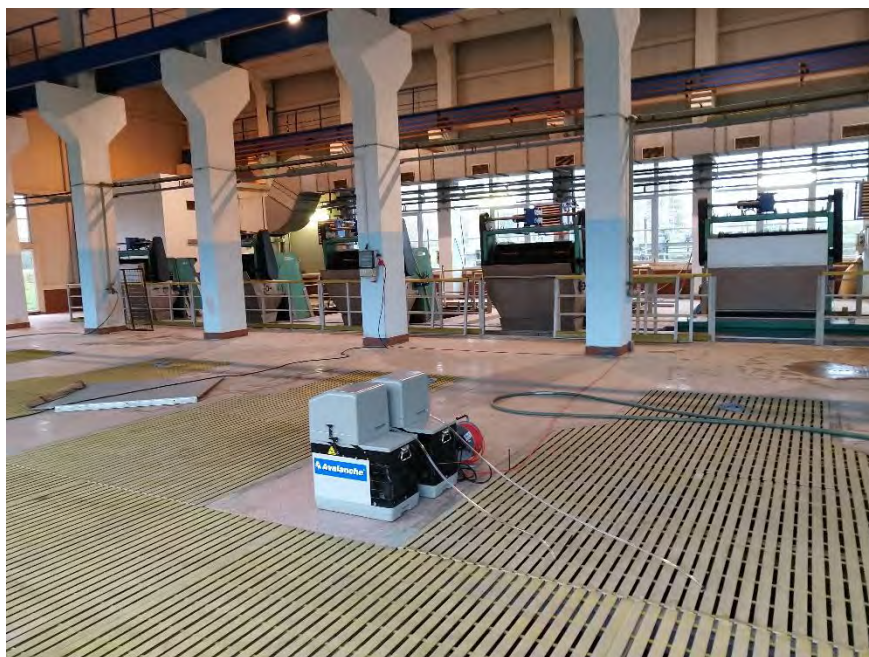
Tab. 3 Tabulka lokalit monitoringu odpadní vody

Označení místa	Místo	Dostupné měření průtoku	Skupina	Počet vzorků	Akronym pro projekt
1	Nátok na ČOV	ANO	ČOV	7 + 12	ČOVPP
2	Odtok z ČOV	ANO	ČOV	12	ČOVO
3	RN Jeneweinova	ANO	Stoková síť	6	JN
4	ČS Kuřim	ANO	Stoková síť	6	KU

ČOV – čistírna odpadních vod, RN – retenční nádrž, ČS – čerpací stanice



Obr. 8 Situace monitorovacích lokalit na ČOV Brno-Modřice



Obr. 9 Monitoring surové odpadní vody na přítoku na ČOV Brno-Modřice. Vzorky byly odebírané za strojními česly.



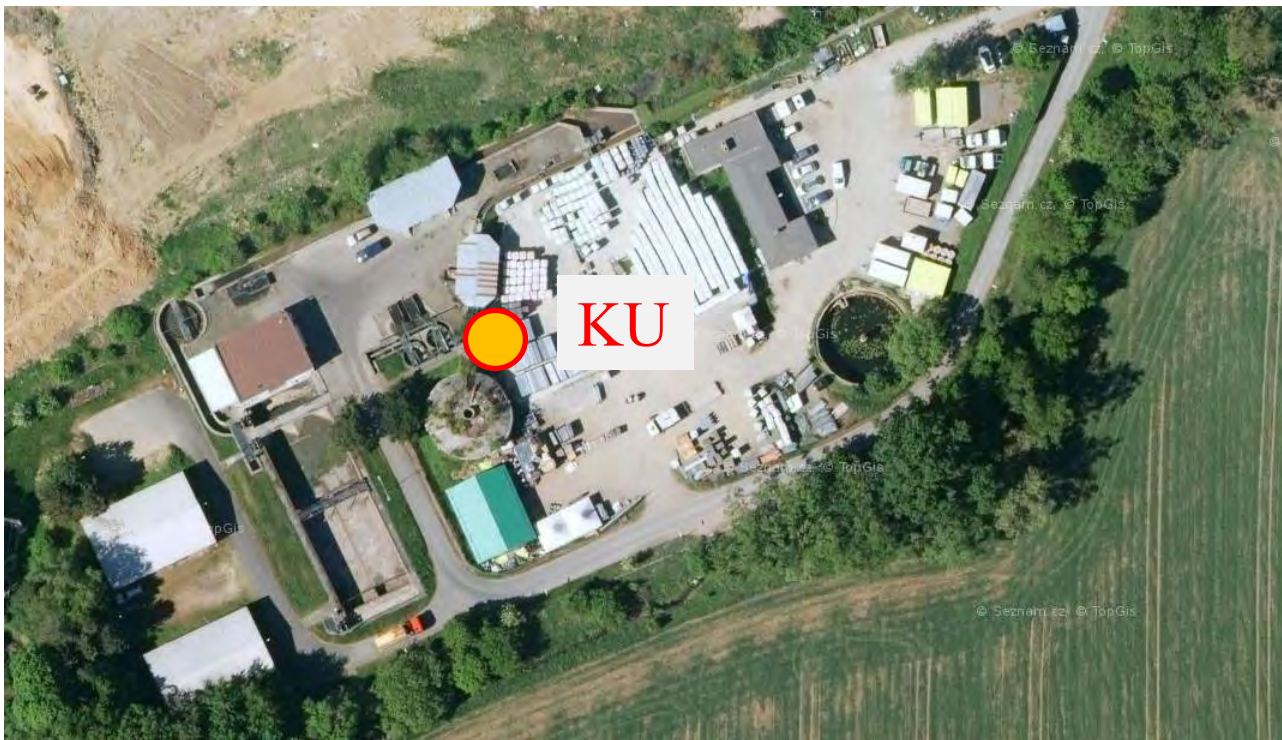
Obr. 10 Monitoring vyčištěné odpadní vody na odtoku z ČOV Brno-Modřice



Obr. 11 Situace monitorované lokality kmenové stoky u RN Jeneweinova



Obr. 12 Monitoring odpadní vody na kmenové stoce při retenční nádrže Jeneweinova



Obr. 13 Situace monitorované lokality ČS Kuřim



Obr. 14 Monitoring odpadní vody na ČS Kuřim

5.2.1 Lokalita splachů ze silnice Vinohrady

V rámci projektu byl rovněž navržen monitoring splachů z povrchů zpevněných území. Ve spolupráci s provozovatelem stokové sítě BVK a.s. byly vybrány lokality dešťového sběrače poblíž křižovatky ulic Věstonická, Křtinská, který odvádí dešťovou vodu přibližně z půlky sídliště Vinohrady a frekventovaná silnice Rokytova. Průtoky během dešťových událostí v dešťovém sběrači Vinohrady byly dle smlouvy o dílo monitorovány zpracovatelem projektu.

Tab. 4 Tabulka lokalit pro monitoring povrchového splachu v lokalitě Vinohrady

Označení místa	Místo	Dostupné měření průtoku	Skupina	Počet vzorků
5	Dešťový sběrač Vinohrady	NE, zajistí zhotovitel	Dešťové vody	3



Obr. 15 Situace monitorované lokality Vinohrady



Obr. 16 Monitoring splachů z povrchu lokality městské části Brno-Vinohrady

5.2.2 Lokalita splachů ze silnice Rokytova

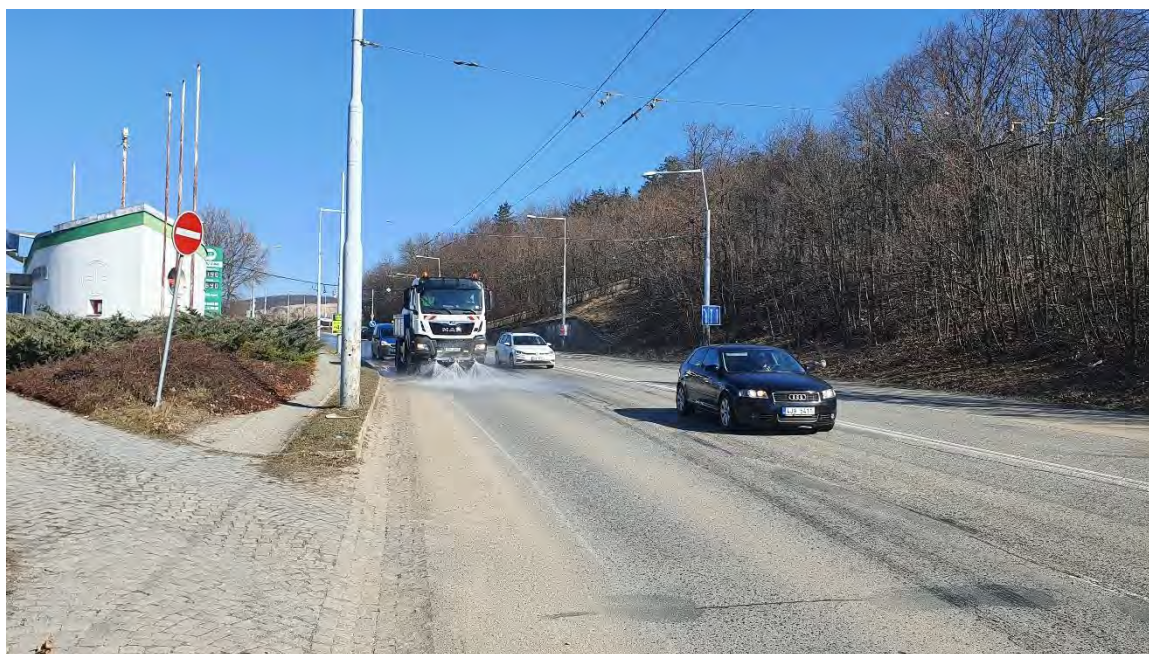
V projektu byla vytipována lokalita silnice ul. Rokytova pro odhad znečištění splachem z velice vytížené komunikace. Lokalita dle smlouvy o dílo i z důvodu technických nebyla monitorována z hlediska průtoku splachu. Proto v součinnosti s provozovatelem kanalizační sítě BVK a.s. proběhla dne 2.3.2022 jednorázová akce, kdy byla daná lokalita kropená uměle kropícím vozem (Obr. 18) na 3 lokalitách komunikace Rokytova (Obr. 17). Odběr vzorků i vzhledem k technickým podmínkám na lokalitě probíhal z povrchu vozovky pomocí automatického vzorkovače v manuálním režimu. Analýza těchto splachů by měla indikovat maximální možné znečištění z lokality.

Tab. 5 Tabulka lokalit pro monitoring povrchového splachu v lokalitě Rokytova

Označení místa	Místo	Dostupné měření průtoku	Skupina	Počet vzorků
6	Frekventovaná komunikace (povrchový splach)	-, není nutné	Dešťové vody	3



Obr. 17 Situace míst vzorkování a jejich přilehlých povodí na lokalitě Rokytova



Obr. 18 Umělé kroupení silnice na ul. Rokytova



Obr. 19 Povrchový odtok ze silnice na ul. Rokytova po umělém kropení



Obr. 20 Obr. 21 Vzorkování povrchového odtoku ze silnice na ul. Rokytova (ROK-C) po umělém kropení

6 Rozsah monitoringu

Rámcový rozsah monitoringu byl stanoven zadavatelem tohoto projektu. Rámcově byly pro projekt stanoveny skupiny mikroznečištění, které mají být během projektu monitorovány. Tyto skupiny znečištění byly stanoveny na základě charakteristik jednotlivých druhů analyzované vody:

- Pitná voda: farmaceutické látky, drogy, hormony, pesticidy, mikroplasty
- Odpadní voda: farmaceutické látky, drogy, hormony, pesticidy, mikroplasty, průmyslové látky, těžké kovy.

Konkrétní sledované látky byly definovány zhotovitelem při podání přihlášky do výběrového řízení. Výčet těchto látek spolu s mezemi stanovitelnosti je uveden v jednotlivých protokolech o provedených analýzách v příloze č. 1.

Některé z výše uvedených skupin látek jsou již sledovány provozovatelem vodovodní a stokové sítě. Z důvodu efektivního vynaložení prostředků je i v zadávací dokumentaci projektu požadováno vyhodnocení těchto provozních dat, aby bylo zabráněno zdvojení analýz. V rámci provozních analýz BVK a.s. je sledována skupina pesticidů v pitné vodě dle [1]. V odpadní vodě na přítoku a odtoku ČOV Brno-Modřice jsou sledovány průmyslové látky - polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) a polychlorované bifenylly (PCB).

V rámci výrobních výborů (VV) projektu byli stanoveny frekvence analýz jednotlivých skupin znečištění i případné úpravy sledovaných skupin. V rámci VV bylo po čtyřech měsících dlouhodobého monitoringu schváleno zastavení sledování hormonů (z důvodů koncentrací pod mezí stanovitelnosti) a k přesunu finančních prostředků k monitoringu dodatečných skupin znečištění – např. sledování alkylfenolů (patřících do skupiny xenoestrogenů).

6.1 Léčiva, hormony a drogy

Farmaceutické látky jsou v celosvětové pozornosti nejen z důvodu jejich léčivých účinků, ale i z důvodu jejich výskytu v životním prostředí a s tím spojených možných environmentálních rizik. Jejich zdrojem v životním prostředí je antropogenní činnost (lidská a veterinární medicína), kdy jsou tyto látky (nebo jejich metabolity) vylučovány z těl lidí a zvířat do odpadních vod, které v současné době končí na ČOV. Současné čistírny odpadních vod (ČOV) mají za úlohu čistit odpadní vody z urbanizovaných území tak, aby splňovaly emisní limity, které byly stanoveny zejména pro zabránění vzniku eutrofizace vodních toků (odstranění a sledování organických látek, dusíku a fosforu). Současné ČOV tak nejsou navrženy na eliminaci perzistentních látek, což způsobuje kontaminaci recipientů těmito látkami.

V rámci evropských zemí nastává značný trend v ochotě řešit tuto problematiku, s čímž je spojena značná výzkumná a legislativní aktivita. Nejdále je v tomto ohledu Švýcarsko, které už má platnou legislativu, a ČOV musí odstraňovat průměrně 80 % z vybraných mikropolutantů. V rámci Evropské unie dochází taktéž k legislativním krokům, kdy je odstraňování mikropolutantů přímo podporováno směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2008/105/EC, ve které byl stanoven druhý "watchlist" prioritních mikropolutantů 2018/840/EC [5], které mají být sledované. V budoucnu tak lze předpokládat zpřísnění legislativy z pohledu sledovaných parametrů na odtoku v ČOV, která se s vysokou pravděpodobností zaměří i na limity organických polutantů ve vypouštěných OV z ČOV.

Tato změna legislativy bude vyžadovat nutnost zapojení dalšího stupně čištění OV, který by dokázal účinně a efektivně toto znečištění mikropolutanty odstranit. Uvažovaných technologií pro odstranění mikropolutantů z OV je několik, avšak dle současných poznatků jsou oxidační procesy nejslibnější a nejekonomičtější variantou.

V ČR není v současnosti legislativně nařízeno sledování farmaceutických látek v pitných nebo v odpadních vodách a není ani vytvořen seznam farmaceutických látek, které by měly být sledovány. V rámci zadávací dokumentace výzvy Norských fondů „call Trondheim“ pod záštitou Státního fondu životního prostředí (SFŽP), zaměřeného na snižování farmaceutických látek v životním prostředí, byl stanoven indikativní seznam látek farmaceutických látek. Seznam obsahuje celkem 30 léčiv a 3 hormonální látky, jejichž redukce je prioritním cílem této výzvy. SFŽP uvádí, že indikativní seznam tvoří takové látky, které se vyskytují v povrchových vodách v koncentracích nad 0,1 µg/l a vychází se z monitoringu povrchových vod v letech 2015 – 2018 v různých odběrných profilech v rámci České republiky. Každoroční výsledky monitoringu mikropolutantů obecně v přírodních vodách bývají uvedené v rámci výročních zpráv o stavu vodního hospodářství České republiky viz. [6].

6.2 Pesticidy

Pesticidy jsou přípravky, které jsou určeny k ochraně rostlin před chorobami a škůdci případně pro hubení nežádoucích rostlin. Pesticid zastřešuje dvě hlavní podskupiny: biocidy a přípravky pro ochranu rostlin.

6.2.1 Biocidy

Biocidy jsou látky určené k hubení, odpuzování nebo omezování škodlivých organismů, které mají nepříznivý účinek na člověka, živé organismy nebo životní prostředí. Biocidy jsou používány např. k hubení nežádoucího hmyzu (např. komárů) nebo zvířat (myši a potkanů) popř. pro dezinfekci a odstranění plísní a řas. Povolení biocidů je v kompetenci Ministerstva zdravotnictví. [7]

6.2.2 Přípravky pro ochranu rostlin

Přípravky pro ochranu rostlin jsou dle EU terminologie všechny pesticidy, které se používají k ochraně rostlin, tj. k hubení nebo regulaci škůdců, chorob nebo plevelů. Tyto prostředky jsou aplikovány v případech, kdy všechna další opatření selžou nebo vykazují neuspokojivou účinnost. Mezi tyto látky patří přípravky obsahující živé mikroorganismy, feromony, repelenty na odpuzování škůdců, výluhy a extrakty z bylin i látky používané v potravinářství (např. ocet, soda, alkohol). [7]

Přípravky pro ochranu rostlin lze dále na základě biologické účinnosti rozdělit na fungicidy (používané k likvidaci nebo potlačení houbových onemocnění rostlin), zoocidy (přípravky určené k hubení živočišných škůdců), herbicidy (využívány k potlačení plevelů nebo invazních rostlin na obhospodařované půdě, které mohou působit selektivně nebo neselektivně) a rostlinné regulátory (nepůsobí přímo na škodlivý organismus, ale ovlivňují některé životní pochody rostlin např. růstu). [7]

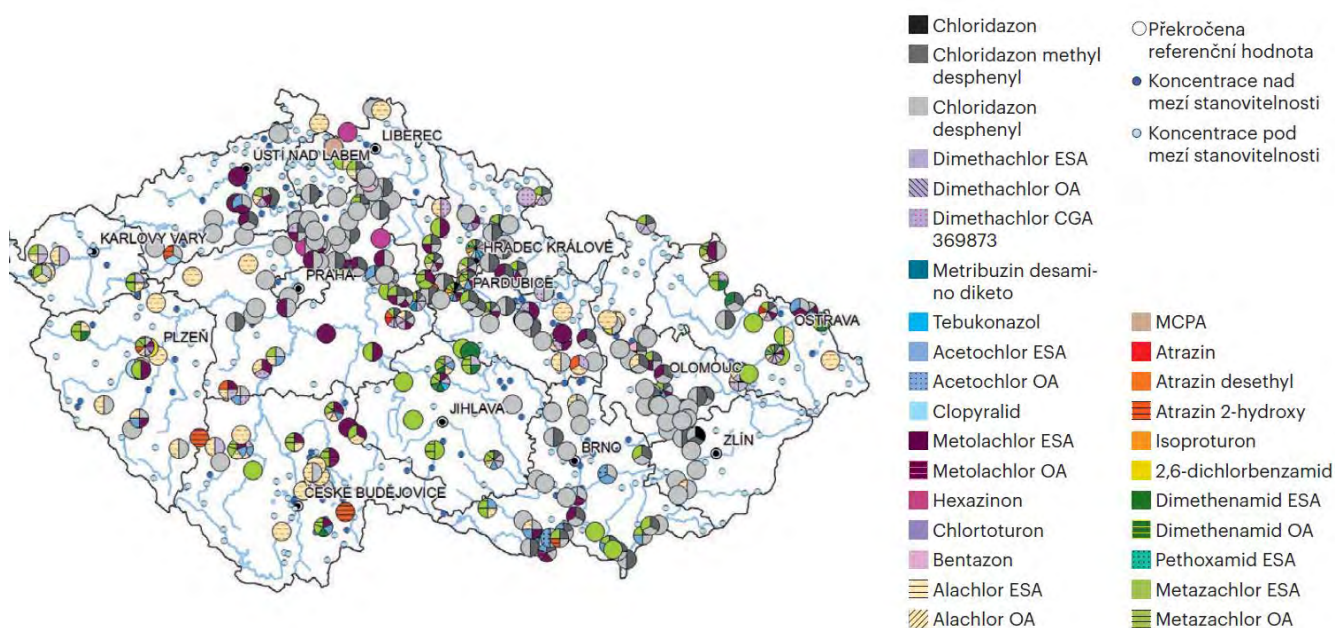
6.2.3 Monitoring pesticidů ve vodách

Pesticidy jsou jako jeden z mála skupin mikropolutantů sledovány v pitných vodách i ve vodách životního prostředí.

Koncentrace pesticidů v pitných vodách je řešena i v rámci legislativy vyhláškou 252/2004 Sb., novelizovaná vyhláškou č.70/2018 Sb., která stanovuje hygienické limity koncentrací a frekvenci vzorkování pesticidů v pitné vodě. Pro jednotlivé pesticidní látky a jejich relevantní metabolity platí limit max. koncentrace 0,1 µg/l (s výjimkou aldrinu, dieldrinu, heptachloru a heptachlorepoxydu, kde platí limitní hodnota 0,03 µg/l). Rovněž platí limit na celkové pesticidní látky, který je 0,5 µg/l.

Vyhláška rozděluje metabolity mateřských látek pesticidů na relevantní a nerelevantní. Toto rozdělení je odůvodněno tím, že některé metabolity pesticidů jsou stejně toxické jako jejich mateřské látky, zatímco jiné jsou nebezpečné jen velmi málo. V případě, že je v pitné vodě analyzován v nadlimitním množství metabolit, který je posouzen jako relevantní, postupuje se dále jako v případě nadlimitního nálezu mateřské pesticidní látky. V případě, že je v pitné vodě analyzován v nadlimitním množství metabolit, který není posouzen jako relevantní postupuje se jako při nálezu jakékoliv další látky neupravené prováděcím předpisem. [8]

Přípustné znečištění povrchových vod stanovuje nařízení vlády č. 401/2015 Sb. [9] V rámci tohoto nařízení se stanovují v Tab. 1b normy environmentální kvality (NEK), které stanovují celoroční průměrné a nejvyšší přípustné koncentrace i pro vybrané pesticidy (např. alachlor, cyklodyénové pesticidy, DDT atd.) z důvodu ochrany lidského zdraví a životního prostředí. Tyto normy vychází ze směrnice Evropského parlamentu a Rady 2013/39/EU. Rovněž jsou zde stanoveny NEK, (i pro pesticidní látky) pro útvary povrchových vod užívaných pro vodárenské účely pro úpravu na pitnou vodu.



Obr. 22 Mapa výskytu pesticidů v podzemních vodách. Převzato z [10]

6.3 PAU a PCB

PAU (polycyklické aromatické uhlovodíky) jsou látky nebezpečné pro životní prostředí i pro zdraví člověka. PAU jsou obsaženy v celé řadě produktů (např. motorová nafta, výrobky z černouhelného dehtu, asfalt a materiály používané při pokrývání střech a při stavbě silnic). Přirozeně vznikají při spalovacím procesu jakýchkoli organických materiálů. Některé PAU mají vysoký bioakumulační potenciál a řada z nich je řazena mezi lidské karcinogeny. [11]

PCB (polychlorované bifenyly) jsou syntetické organické sloučeniny, které byly vyráběny a používány zejména v 30-70 letech minulého století. V současnosti se do prostředí můžou dostávat při nevhodném zacházení s nebezpečným odpadem, starou ekologickou zátěží, spalováním odpadů nebo hořením olovnatého benzínu. PCB se vyznačují svou perzistencí a bioakumulačními schopnostmi v potravních řetězcích a jsou považovány za lidské karcinogeny. [12]

Vybrané látky PAU a PCB jsou stejně jako výše uvedené pesticidy monitorovány v normách environmentální kvality dle NV č. 401/2015 Sb.

6.4 Těžké kovy

Těžké kovy jsou jakékoliv kovy nebo polokovy, které představují hrozbu pro životní prostředí. Jejich dopad na životní prostředí závisí na dávce, expozici, genetice organismu nebo nutričního stavu exponovaných jedinců. Základní těžké kovy vykonávají biochemické a fyziologické funkce v rostlinách a zvířatech. Jsou důležitými složkami několika klíčových enzymů a hrají důležitou roli v různých oxidačně-redukčních reakcích. [13]

V biologických systémech bylo hlášeno, že těžké kovy ovlivňují buněčné organely a složky, jako je buněčná membrána, mitochondriální, lysozom, endoplazmatické retikulum, jádra a některé enzymy zapojené do metabolismu, detoxikace a opravy poškození. Bylo zjištěno, že kovové ionty interagují s buněčnými složkami, jako je DNA a jaderné proteiny, způsobují poškození DNA a konformační změny, které mohou vést k modulaci buněčného cyklu, karcinogenezi nebo apoptóze. [13]

Z hlediska vysoké toxicity pro veřejné zdraví je věnována pozornost zejména arzenu, kadmiu, chromu, olovu a rtuti, které vyvolávají poškození vícero orgánů již při nižších úrovních expozice [13], [14]. Jejich koncentrace ve vodním životním prostředí jsou sledovány v rámci norem environmentální kvality v rámci NV č. 401/2015 Sb.

6.5 Alkylfenoly

Alkylfenoly jsou vysoce perzistentní organické sloučeniny odvozené od fenolu, které jsou vyráběny jako základní surovina pro syntézu neiontových detergentů – alkylfenol ethoxylátů. Z hlediska dopadů na životní prostředí se vyznačují svou bioakumulací v potravních řetězcích a svou vysokou toxicitou pro vodní organizmy. Svými biologickými účinky napodobňují estrogény (samičí hormony) což u vodních organismů může způsobovat poruchy reprodukce. Největší rizika jsou spojovaná s nonylfenolem a oktylfenolem a souvisejí s jejich schopností napodobovat účinky přirozených estrogenních hormonů. V procesu technologie čištění na ČOV dokážou být alkylfenol ethoxyláty biodegradovány na několik skupin látek, z nichž právě alkylfenoly představují mnohem lipofilnější a toxičtější látky než jejich mateřské sloučeniny. [15]

Koncentrace některých alkyfenolů jsou sledovány i v rámci nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. V tabulce 1b Normy environmentální kvality pro útvary povrchových vod jsou stanoveny průměrné roční koncentrace nonylfenolů a oktylfenolů.

Dle souhrnné zprávy Povodí Moravy a.s. o jakosti povrchových vod ve dvouletí 2019-2020 nevyhovují nařízení vlády lokality na Ostrovském potoce pod Lanškrounem a na Svatce pod Brnem. Obě lokality jsou situovány pod čistírnami odpadních vod. [16]

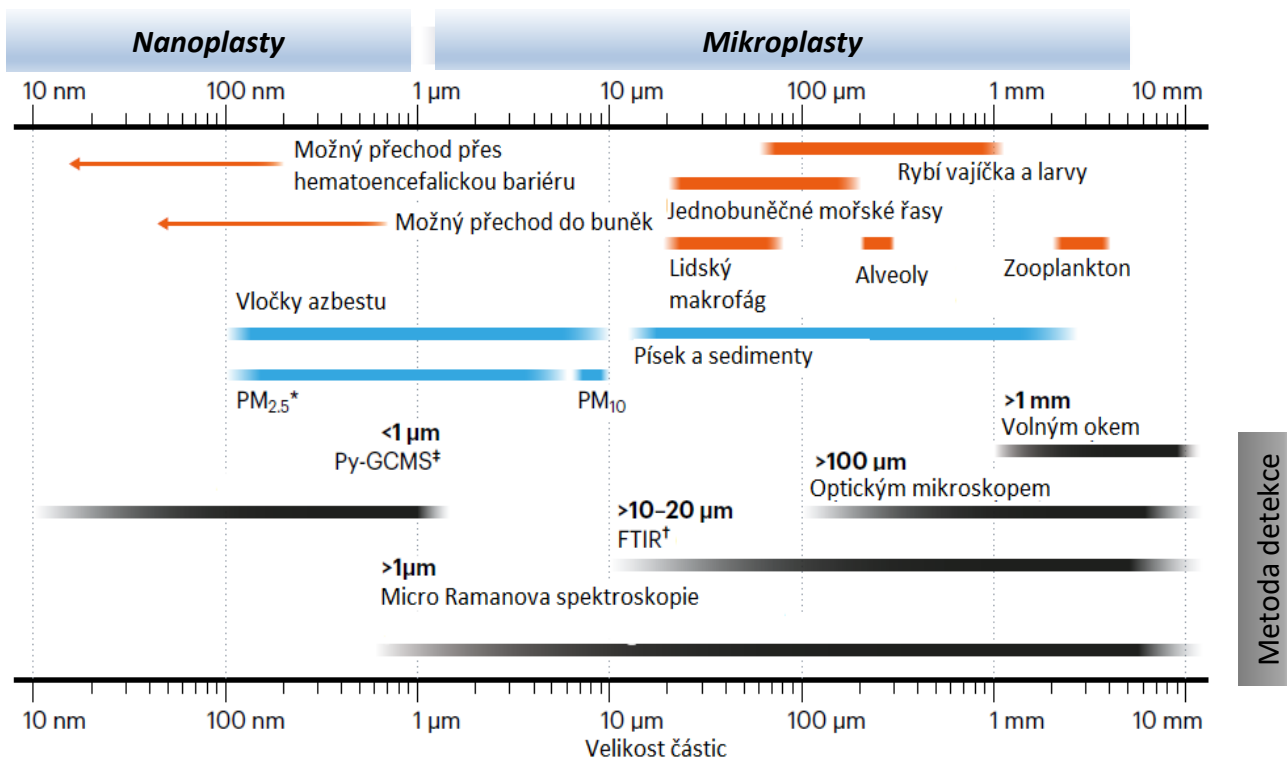
6.6 Mikroplasty

Pojmem mikroplasty je obecně označováno znečištění plastovými částicemi, jejichž rozměr je menší než 5 milimetrů. Po prvních studiích monitorujících výskyt těchto částic v životním prostředí a s vylepšenými detekčními metodami se problematice jejich výskytu a problematice jejich možných škodlivých účinků věnuje více pozornosti od výzkumných týmů i od laické veřejnosti.

Dle současných studií jsou tyto částice nalézány ve všech složkách životního prostředí jako jsou všechny druhy přírodních vod, v půdě, ve vzduchu i v tělech živých organismů. Jejich zdroji v životním prostředí jsou antropogenní činnosti jako jsou např. nevhodné nakládání s plastovým odpadem, praní nebo otěry z pneumatik na silnicích. [17]

Možný škodlivý efekt mikroplastů ve vodách je zkoumán zejména z hlediska neblahého vlivu na vodní organismy a na člověka. Nejvíce uvažované škodlivé efekty jsou následující [17]:

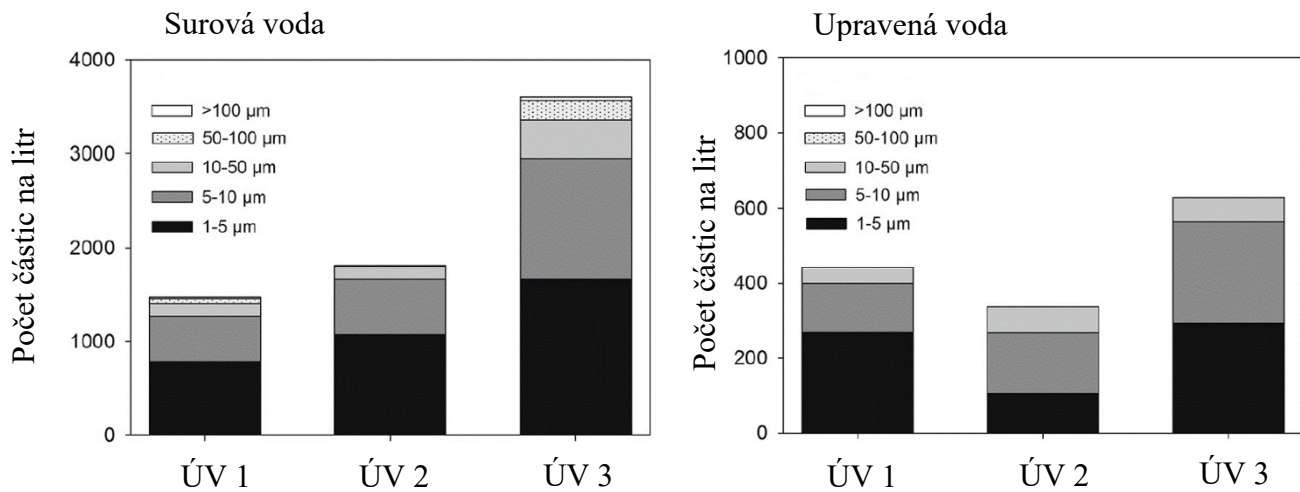
1. zejména u vodních organismů (ale i u např. hmyzu) může docházet k přijímání potravy spolu s částicemi plastů, které zaplňují gastrointestinální systém, a tím redukuje množství živin, které je schopen organismus přijmout, což vede k pomalejšímu růstu a vývoji organismů;
2. mikroplasty by na sebe mohly vázat chemické znečištění, které by se tak následně mohly dostat do organismu pozřením potravy nebo vody;
3. v případě, že jsou mikročástice dostatečně malé, mohou pronikat do buněk a tkání, kde mohou škodlivě působit jen svojí cizorodou přítomností (podobně jako mohou vlákna azbestu, způsobovat zápal v plicích tkáních). Tak malé částice se prakticky již řadí do kategorie nanočástic, které jsou charakterizovány velikostí do 1 mikrometru.



Obr. 23 Porovnání škály velikosti mikročastic a limity metod detekce jednotlivých mikroplastů. Převzato a přeloženo z [17]

Souvislý monitoring mikroplastů v pitných, odpadních nebo přírodních vodách v České republice, z důvodů legislativních, finančních i kapacitních neprobíhá. Mikroplasty jsou sledovány zejména v menších výzkumných projektech, které mají za cíl vyvinout vhodné a přesné metody pro jejich detekci ve vodním prostředí. V roce 2018 vyšla studie [18], která zkoumala výskyt v surové a upravené pitné vodě třech úpravěn pitných vod v ČR. Autoři studie byly schopni detekovat částice s limitem velikosti jen 1 mikrometr a rovněž byli schopni stanovit i podíl různých druhů plastů zachycených mikročastic.

Monitoring zjistil, že v surové vodě pro úpravu (jednalo se o zdroje povrchové vody) se objevují tisíce částecek mikroplastů na litr, z nichž největší počty jsou výhradně ve velikostech 1-10 μm/l s tím, že větší částecčky tvoří jen malé procento počtů mikročastic. V rámci úpravárenských procesů zahrnujících koagulaci, flokulaci a filtraci došlo k redukci množství mikroplastů na stovky částic na litr. Z hlediska velikostního rozdělení nenastala výraznější změna a došlo pouze ke snížení podílů částic nad 50 μm.



Obr. 24 Počet mikročastic v surové a upravené vodě ve třech úpravách vody v ČR; rozdělení dle velikosti. Převzato a přeloženo z [18]

I k předmětné studii se vyjádřil Státní zdravotní ústav (SZÚ) ve svém aktualizovaném vyjádření z 5. 9. 2018 [19], kde hodnotí výskyt mikroplastů v pitných vodách z hlediska zdravotního rizika pro člověka. Ve svém stanovisku SZÚ nepovažuje výskyt mikroplastů v pitné vodě za „významný zdravotní problém“, protože dosud dle SZÚ „neexistují žádné vážné indicie, že by tato expozice představovala pro člověka zdravotní riziko“. Rovněž SZÚ nepovažuje hrozbu vázání škodlivých látek (jako PAU nebo těžké kovy) na mikroplasty za akutní z důvodu, že tyto látky by již byli detekovány v rámci povinných rozborů dle příslušné legislativy.

Nejvíce diskutované částice plastů z hlediska dopadů na životní prostředí a člověka jsou nanoplasty, tedy částice o velikosti pár set nanometrů a méně, které by mohly být schopny proniknout a udržet se v živých tkáních a buňkách. Analýza kvantity a struktury nanoplastů je však v současnosti velmi obtížná a prakticky se vyvíjejí spolehlivé metody pro jejich detekce. Toto omezení značně komplikuje studium vlivů nanoplastů vyskytujících se v životním prostředí na živé organismy. Většina studií je tak omezena na vliv „uměle“ vyrobené částice (například s parametry pro sledování – fluorescentní nanočástice) vložených do tkání organismů. [17]

7 Metodika vzorkování

Metodika a četnost vzorkování byla stanovena zadavatelem a čestnost jednotlivých skupin znečištění byla stanovena na výrobních výběrech k projektu.

7.1 Metodika vzorkování pitné vody

Vzorkování pitné vody provedli pracovníci Centra AdMaS do příslušných předem připravených vzorkovnic. Pro jeden odběr přísluší dvě vzorkovnice – 2 l čirá skleněná vzorkovnice s modrým uzávěrem pro vzorkování mikropolutantů a 2 l hnědá skleněná vzorkovnice se zábrusovým uzávěrem pro vzorkování mikroplastů. Odběr probíhal ze standardních odběrových míst pro jednotlivé lokality, ze kterých je běžně odebírána voda pro provozní odběry dle vyhlášky [1]. Frekvence vzorkování pitné vody ve vybraných lokalitách byla zadána na 1x za měsíc, kdy byl vždy odebrán prostý vzorek.



Obr. 25 Typy láhví pro vzorkování pitné vody. Láhev s modrým uzávěrem pro vzorkování mikropolutantů (vlevo) a hnědá láhev se zábrusovým uzávěrem pro vzorkování mikroplastů (vpravo)

Odebrané vzorky byly do doby předání akreditované laboratoře ALS Czech republic s.r.o. uskladněny v tmavém prostředí při teplotách 3 – 5 °C (průmyslová laboratorní lednice). Jednotlivé vzorky byly označeny dle identifikátoru uvedeného v Tab. 6.

Tab. 6 Identifikátor vzorkovnic pro vzorkování pitné vody

Lokalita	Akronym lokality	Identifikátor
Březová nad Svitavou - zdroj I. BV	BNS10	BNS10-DDMMRR
Březová nad Svitavou - zdroj II. BV I. Horizont	BNS21	BNS21-DDMMRR
Březová nad Svitavou - zdroj II. BV II. Horizont	BNS22	BNS22-DDMMRR
ÚV Švařec - přítok surové vody z VN Víř	SVAP	SVAP-DDMMRR
ÚV Švařec - odtok upravené vody	SVAO	SVAO-DDMMRR

*DDMMRR – den/měsíc/rok. Např. 8.3.2021= 080321

Harmonogram analýz jednotlivých mikropolutantů v pitné vodě, které byly schváleny v rámci výrobních výborů na základě rámce smlouvy o dílo pro projekt „Za zdravější a lepší vodu v Brně“, je uveden v Tab. 7.

Tab. 7 Harmonogram rozborů v monitoringu pitné vody

Měsíc	Farmaceutické látky	Estrogenní hormony	Narkotika a psychotropní látky	Mikroplasty	Pesticidy
Březen 2021	X	X		X	Dle rozborů BVK a.s.
Duben 2021	X	X			
Květen 2021	X	X		X	
Červen 2021	X	X	X		
Červenec 2021	X	X			
Srpen 2021	X	-			
Září 2021	X	-		X	
Říjen 2021	X	-			
Listopad 2021	X	-			
Prosinec 2021	X	-	X	X	
Leden 2022	X	-			
Únor 2022	X	-			

7.2 Metodika vzorkování odpadní vody

Metodika vzorkování odpadní vody na lokalitách ČOV Brno-Modřice, kmenová stoka B u RN Jeneweinova a ČS Modřice vycházela z požadavků zadávací dokumentace projektu. Pro tyto lokality bylo nutno zabezpečit 24hodinový slévaný vzorek slévaný po půl hodině odebraný během bezdeštných průtoků na stokové síti.

Pro vzorkování odpadní vody byly použity dva typy automatických vzorkovačů. Pro lokality přítoku a odtoku ČOV Brno-Modřice byli využity vzorkovače ISCO Avalanche a pro lokality RN Jeneweinova a ČS Kuřim ISCO 6712. Technický popis použitých vzorkovačů je uveden níže:

Tab. 8 Identifikátor vzorkovnic pro vzorkování odpadní vody

Lokalita	Akronym lokality	Identifikátor
Přítok ČOV Brno-Modřice	ČOVP	ČOVP-DDMMRR
Odtok ČOV Brno-Modřice	ČOVO	ČOVO-DDMMRR
Kmenová stoka u RN Jeneweinova	JN	JN-DDMMRR
ČS Kuřim	KU	KU-DDMMRR

*DDMMRR – den/měsíc/rok. Např. 8.3.2021= 080321

Parametry použitých ISCO sampler Avalanche:

Počet lahví	14
Objem a materiál láhví:	1000 ml; PE
Půdorys vzorkovače:	36 x 60 cm
Výška:	78 cm
Maximální sací výška:	8,5 m
Typická opakovatelnost odebraných objemů:	±5 ml nebo ±5 % průměru objemu v sadě
Materiál sací hadice:	Vinyl
Způsob čerpání:	peristaltické čerpadlo
Chlazení:	ano, 4 °C

Parametry použitých ISCO 6712 full size:

Počet lahví	24
Objem a materiál láhví:	1000 ml; PE
Průměr vzorkovače:	54 cm
Výška:	69 cm
Maximální sací výška:	8,5 m
Typická opakovatelnost odebraných objemů:	±5 ml nebo ±5 % průměru objemu v sadě
Materiál sací hadice:	Vinyl
Způsob čerpání:	peristaltické čerpadlo



Obr. 26 Vzorkovače ISCO 6712 Avalanche a ISCO 6712 compact



Obr. 27 Standardní sací koše ISCO použité při monitoringu

Harmonogram analýz jednotlivých mikropolutantů v odpadní vodě, které byly schváleny v rámci výrobních výborů na základě rámce smlouvy o dílo pro projekt „Za zdravější a lepší vodu v Brně“. Lokality přítoku a odtoku ČOV Brno-Modřice jsou dle smlouvy o dílo vzorkovány v screeningové etapě sedm 24hodinových slévaných vzorků během bezdeštných dní a 1x v rámci každého kalendářního měsíce (uveden níže v Tab. 9) pro dlouhodobý roční monitoring. Lokality kmenové stoky B u RN Jeneweinova a ČS Kuřim byly monitorovány 1x za dva kalendářní měsíce (uveden níže v Tab. 10).

Tab. 9 Harmonogram rozborů v monitoringu odpadní vody na lokalitě ČOV Brno-Modřice

Měsíc	Farmaceutické látky	Estrogenní hormony	Narkotika a psychotropní látky	Pesticidy	PAU, PCB (dle rozborů BVK a.s.)	Mikroplasty	Alkylfenoly
Březen 2021	X	X	X	X	ΣPAU ΣPCB		
Duben 2021	X	X	X	X		X	
Květen 2021	X	X	X	X			
Červen 2021	X	X	X	X		X	
Červenec 2021	X	X	X	X			
Srpen 2021	X	-	X	X		X	
Září 2021	X	-	X	X			
Říjen 2021	X	-	X	X		X	X
Listopad 2021	X	-	X	X			
Prosinec 2021	X	-	X	X		X	X
Leden 2022	X	-	X	X			
Únor 2022	X	-	X	X		X	X

Tab. 10 Harmonogram rozborů v monitoringu odpadní vody na lokalitách kmenová stoka B u RN Jeneweinova a ČS Kuřim

Měsíc	Farmaceutické látky	Estrogenní hormony	Narkotika a psychotropní látky	Pesticidy	PAU, PCB
Duben 2021	X	X	X	X	X
Červen 2021	X	X	X	X	X
Srpen 2021	X	-	X	X	X
Říjen 2021	X	-	X	X	X
Prosinec 2021	X	-	X	X	X
Únor 2022	X	-	X	X	X

7.2.1 Metodika vzorkování splachů ze silnice

Metodika vzorkování splachů je odlišná od kvalitativního vzorkování odpadní vody na stokové síti a ČOV. Hlavním rozdílem je vzorkování v čase srážky, kdy dochází ke splachu znečištění z povrchu vozovek. Z celé srážkové události byl vyhotoven jeden směsný vzorek, který byl vytvořen slitím dílčích vzorků vzorkovaných po 10 minutách (do max. 40 min od začátku dešťového průtoku) od počátku dešťného průtoku. Pro vzorkování byl použit automatický vzorkovač ISCO 6712 compact a jeho aktivace byla zabezpečována kontaktním čidlem umístěným ve výšce dešťného průtoku.

Parametry použitých ISCO 6712 compact:

Počet lahví	24
Objem a materiál láhví:	500 ml; PE
Průměr vzorkovače:	45 cm
Výška:	60 cm
Maximální sací výška:	8,5 m
Typická opakovatelnost odebraných objemů:	±5 ml nebo ±5% průměru objemu v sadě
Materiál sací hadice:	Vinyl
Způsob čerpání:	peristaltické čerpadlo

8 Metodika stanovení mikropolutantů

Vzorky vod byly testovány na přítomnost širokého spektra reziduí pesticidů, léčiv a návykových látek. Analytický rozbor vzorků vod zahrnoval celkové stanovení více než 500 analytů, rozdělených do pěti komerčních LC-MS analytických metod. Vzorky byly testovány v laboratořích ALS Czech Republic v Praze, které disponují moderním laboratorním vybavením a instrumentací se speciálním zaměřením na kapalinovou chromatografii s hmotnostní detekcí. Tato technika zajišťuje rychlé, citlivé a přesné stanovení i stopových množství mikropolutantů v různých složkách životního prostředí, a může tak nabídnout stanovení širokého spektra látek v kombinaci s nízkými detekčními limity v pitných, povrchových, podzemních i odpadních vodách. Všechny použité LC-MS metody jsou akreditovány dle ČIA dle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018.

Použité analytické standardy i isotopově značené látky (ISTD) byly zakoupeny převážně od firem: Neochema, Sigma-Aldrich, Dr. Ehrenstorfer. Pro přípravu mobilních fází byly použity organická rozpouštědla methanol (MeOH) a acetonitril (ACN), obě v kvalitě LC-MS grade. Pro zpracování vzorků bylo využito běžné laboratorní zařízení. Standardy byly skladovány při teplotách 4 °C, vzorky ve vysokokapacitních chladicích zařízeních v teplotních rozmezí 4-8°C.

Vzorky byly připraveny jednoduchou metodou „přímého nástřiku“, kdy jsou vzorky vod před vlastní LC-MS analýzou pouze přefiltrovány přes 0,22µm celulosové mikrofiltry. V případě potřeby mohou být vzorky naředěny, především z důvodu minimalizace nežádoucích matričních efektů nebo zředění vysoké kontaminace vzorků určitými analyty. Směs ISTD se ke vzorkům přidává před filtrací.

Všechny cílové analyty byly stanoveny metodou kapalinové chromatografie ve spojení s tandemovou hmotnostní detekcí (UPLC-MS/MS). Separace analytů byla provedena pomocí kapalinové chromatografie na přístrojích Acquity UPLC I-Class od firmy Waters (USA), na kolonách Acquity UPLC BEH C18 1.7 µm (2,1 x 100/50 mm), (Waters, USA). V metodách byla teplota kolon nastavena na 40 °C a nástřikový objem vzorků 100 µL. Ve všech případech byla použita gradientová eluce analytů. Pesticidní metody pracují s 5mM octanem amonným (mobilní fáze A) a methanolem (MF B); kyselé herbicidy používají 0,005% HCOOH (MF A) a MeOH (MF B); stanovení léčiv využívá 0,01% HCOOH (MF A) a směs MeOH/ACN (4:1, v/v) jako mobilní fázi B; stanovení drog a návykových látek je založeno na 0,1% NH₄F (MF A) a ACN (MF B).

Detekce analytů byla provedena na přístrojích XEVO TQ/TQ-XS (Waters, USA), pracující s elektrosprejem v pozitivním i negativní módu (ESI+/ESI-). Nastavení základních parametrů MS metod bylo následující: Capillary voltage (1000-2000 V), cone voltage (dle specifického nastavení analytů), desolvation temperature (400-600°C), source temperature (150°C), desolvation gas (1000 L/Hr). Cílové analyty byly identifikovány dle specifických MRM přechodů a retenčních časů.

LC-MS systémy jsou kontrolovány a ovládány softwarem MassLynx (verze 4.1 Waters), kvantifikace analytů byla provedena automatickým vyhodnocovacím softwarem TargetLynx (verze 4.1, Waters). Kvantifikace analytů je založena na metodě vnitřního standardu, kdy ke každému analytu je, na základě podobnosti fyzikálně-chemických vlastností a výtěžností látek, přiřazen isotopově značený analyt, pomocí kterého jsou v rámci analýz kontrolovány a regulovány nesystematické ztráty analytů, matriční efekty, celková výtěžnost a robustnost metod.

Metody byly validovány pro stanovení stopového množství pesticidů, léčiv a návykových látek ve vzorcích pitných, povrchových, podzemních a odpadních vod. Validace všech metod byla provedena

analýzou uměle fortifikovaných vzorků vod na dvou koncentračních hladinách (0,01 a 0,1 µg/l) a v sedmi opakováních. Ze získaných dat byly pomocí interního předpisu definovány validační parametry metod: limit detekce (LOD), limit kvantifikace (LOQ), limit reportování (LOR), opakovatelnost, reprodukovatelnost, lineární rozsah metody a nejistota měření.

Limit detekce (LOD) - Odhad limitu detekce byl proveden na základě opakované analýzy 7 fortifikovaných blanků MQ vody na koncentrační úrovni 0,001 µg/L. Avšak některé analyty nejsou na této koncentrační hladině dostatečně citlivé a pro odhad LOD byla využita vyšší koncentrační úroveň. Mez detekce je vyjádřena jako koncentrace odpovídající 3,143 násobku výběrové směrodatné odchylky:

$$\text{LOD} = k * \text{SD (ng/ml v extraktu)},$$

kde SD je výběrová směrodatná odchylka, k je koeficient Studentova rozdělení pro n-1 počet opakování (hodnota 3,143, jednostranný test na hladině pravděpodobnosti 99% pro 7 opakování). LOD je limit, kdy je metoda schopna látku ve vzorku detekovat (zjistit).

Limit kvantifikace (LOQ) – je vypočtena jako trojnásobek hodnoty LOD a reprezentuje limit, kdy je možno zjistit koncentraci (množství) látky ve vzorku, s určitou nejistotou stanovení.

Limit reportování (LOR) - je interní reportovací limit ALS, který je vyšší než LOQ. Hodnota LOR je vyšší, aby co nejlépe pokryla matriční vlivy.

Přestože jsou validační metody uskutečněné na vybraných vzorcích různých typů vod (kohoutková, povrchová, podzemní, odpadní), i tak se u multireziduálních metod může stát, že tento LOR limit je třeba ještě zvýšit, pro některé vybrané velmi citlivé analyty, především se to týká špinavých vod.

V případě analýz některých komplexních matic jsou analytici a supervizoři laboratoří ALS nuceni, při reportu vzorků, využít možnost zvyšování limitů reportu (LOR) určitých analytů. Jednají tak v rámci dobré QC (Quality Control) praxe ALS laboratoří. Důvodem nejčastěji bývá složitá matrice odpadních vod nebo nestandardní vzorky vod s příměsí nedefinovaných látek. Tyto látky následně ruší přesné analytické stanovení a způsobují tak nepředvídatelné matriční efekty cílových analytů, které zhoršují možnost přesné kvantifikace těchto látek. Na zhoršené analytické podmínky stanovení poukazují špatné odezvy isotopově značených interních standardů látek, dle kterých analytik posuzuje správné zpracování vzorků a report pozitivních nálezů. V případě zhoršených odezev interních standardů se vzorek automaticky přeměruje, a v případě opakovaného zhoršení analytického signálu dojde ke zvyšování limitů reportu příslušných analytů. V daném případě je totiž velmi pravděpodobné, že se několikanásobně zhoršil i detekční limit cílových analytů. Pokud by klient vyžadoval nižší limity reportu, musel by daný vzorek být zpracován jinou než akreditovanou metodou, a nemohl by tak být vydán přesný akreditovaný výsledek dle správně QC praxe. Díky specifickému zpracování vzorku by byl od laboratoří vyžadován významně delší čas pro report výsledků, a díky speciálnímu zpracování vzorku by také došlo k významnému navýšení ceny analýzy.

8.1 Metodika stanovení mikroplastů

Analýza mikroplastů ve sledovaných vodách probíhala v laboratořích partnerské laboratoře partnera projektu ALS Scandinavia AB. Metodika stanovení mikroplastů je vytvořena laboratoří ALS Scandinavia AB a není akreditována. Analýza mikroplastů se liší v závislosti na testované matrici.

8.1.1 Analýza mikroplastů v pitné vodě

Analýza mikroplastů v čisté (pitné) vodě spočívá ve filtraci analyzovaného vzorku přes kovové síto s póry 20 μm s analýzou zachycených částec pomocí metody μFTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy). Zachycené částice (mimo černé částice) s průměry mezi 20 až 5 000 μm jsou spočítány a identifikovány s výjimkou černých částic. Černé částice jsou počítány a identifikovány v rozmezí velikosti 40 až 5 000 μm .

Černé částice (např. pneumatiky) vyžadují při analýze použití technologie ATR (Attenuated Total Reflectance). Při analýze ATR musí být každá individuální částice analyzována manuálně, což zvyšuje nároky na čas a cenu analýzy.

8.1.2 Analýza mikroplastů v kontaminované (odpadní) vodě

Při analýze mikroplastů ve špinavé vodě, jako je odpadní voda, povrchové vody a dešťové vody, se pro odstranění organických látek do analyzovaného vzorku přidává peroxid vodíku a následně se vzorek míchá při nízké teplotě 24 hodin. Minerální částice jsou ze vzorku odstraněny hustotou separace ve fyziologickém roztoku. Roztok se pak filtruje přes kovové síto o velikosti pórů 500 μm . Částice, které jsou zachyceny filtrem 500 μm , se zkoumají opticky a jsou ponechány pro analýzu pomocí μFTIR . Následně se do vzorku přidá Fentonovo činidlo a roztok se nechá míchat při kontrole teploty. Vzorek se následně přefiltruje přes kovové síto s velikostí pórů 40 μm .

Analýza zachycených částic na filtrech se provádí pomocí metody μFTIR . Počet částic (včetně černých) se identifikuje v rozmezí 40 až 5 000 μm .

8.1.3 Materiálové vyhodnocení detekovaných mikroplastů

Analýza zachycených částic na filtrech se provádí pomocí metody μFTIR . Materiálově jsou tyto zachycené částice zařazeny do kategorií:

- Organické částice PP (Polypropylen), PE (Polyetylen), PS (Polystyren)
- Organické částice PMMA (Polymethylmethakrylát / plexisklo), PUR (Polyuretan), PET (Polyethylentereftalát), EVA (Ethylenvinylacetát)
- Organické částice se silikonem (např. EPDM)
- Organické částice s chlorem (např. PVC - Polyvinylchlorid)
- Organické částice s fluorem (např. PTFE - Polytetrafluorethylen / teflon)

9 Monitoring znečištění v projektu „Za zdravější a lepší vodu v Brně“

9.1 Výsledky monitoringu pitné vody

Výsledky monitoringu pitné vody vyhodnocují získaná data skupin znečištění farmaceutických látek (12 sad vzorků), narkotik a psychotropních látek (2 sady vzorků), mikroplastů (4 sady vzorků), hormonů (4 sad vzorků) a pesticidů (provozní monitoring BVK za roky 2019 - 2021). Vyhodnocení je provedeno jednotlivě po zdrojích pitné vody.

9.1.1 Lokalita podzemního zdroje vody Březová nad Svitavou

Dle výsledků dlouhodobého monitoringu nejsou podzemní vody lokality Březová nad Svitavou zatíženy mikropolutanty skupin farmaceutických, narkotik a hormonálních látek. Látky ze skupin hormonů a narkotik nebyly nad mezí kvantifikace nalezeny pro žádnou lokalitu (BNS10, BNS21, BNS22) ani v jednom případě. Farmaceutické látky byly v rámci monitoringu sporadicky nalézány nad mezí kvantifikace ve všech lokalitách. Nejčastěji byl nalézán kofein, který byl na každé lokalitě nalezen ve dvou až třech vzorcích viz Tab. 11. Pro porovnání 1 šálek espressa obsahuje dle [20] 63 mg kofeinu a pro dosažení této dávky kofeinu by při koncentraci kofeinu 0,045 µg/l ve vodě by bylo nutno vypít 1,4 milionu litrů vody.

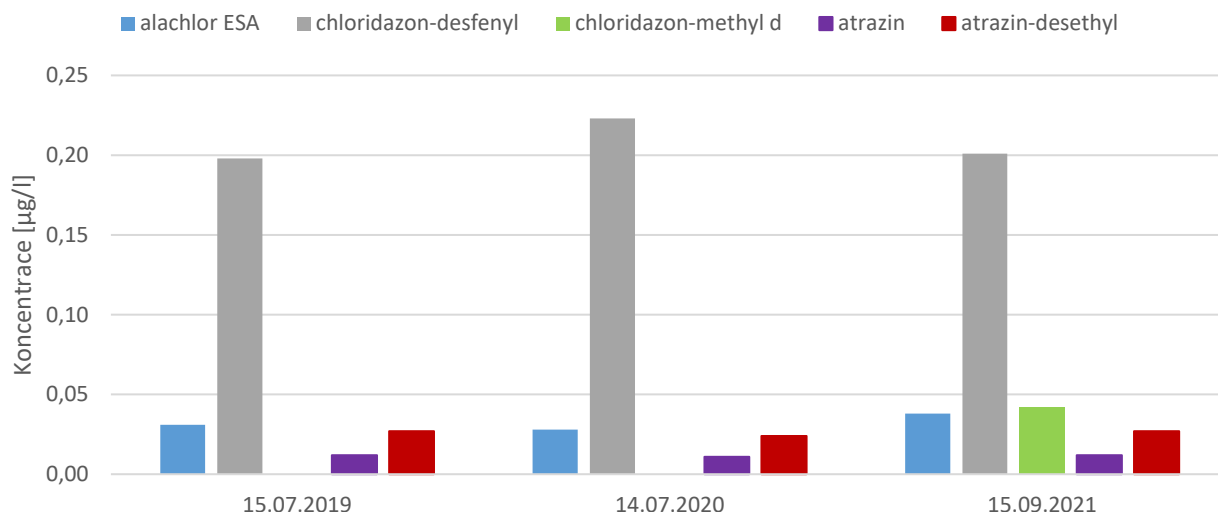
Tab. 11 Nálezy kofeinu nad mezí kvantifikace

Měsíc	BNS10	BNS21	BNS22
	µg/l	µg/l	µg/l
07/2021		0,045	0,022
10/2021	0,017		
01/2022			0,032
02/2022	0,035	0,021	0,027

Další pozitivní nález nad mezí kvantifikace bylo léčivo diklofenak (nesteroidní protizánětlivý lék používaný k léčbě bolesti a zánětlivých onemocnění), které mělo 1 pozitivní nález (08/2021) na lokalitě BNS10 na koncentraci 0,014 µg/l. Léčivo karbamazepin (léčba epilepsie a neuropatických bolestí) nebylo nalezeno ani v jednom případě nad mezí kvantifikace (0,01 µg/l) avšak na lokalitě BNS22 bylo toto léčivo téměř každý měsíc nalezeno nad mezí detekce.

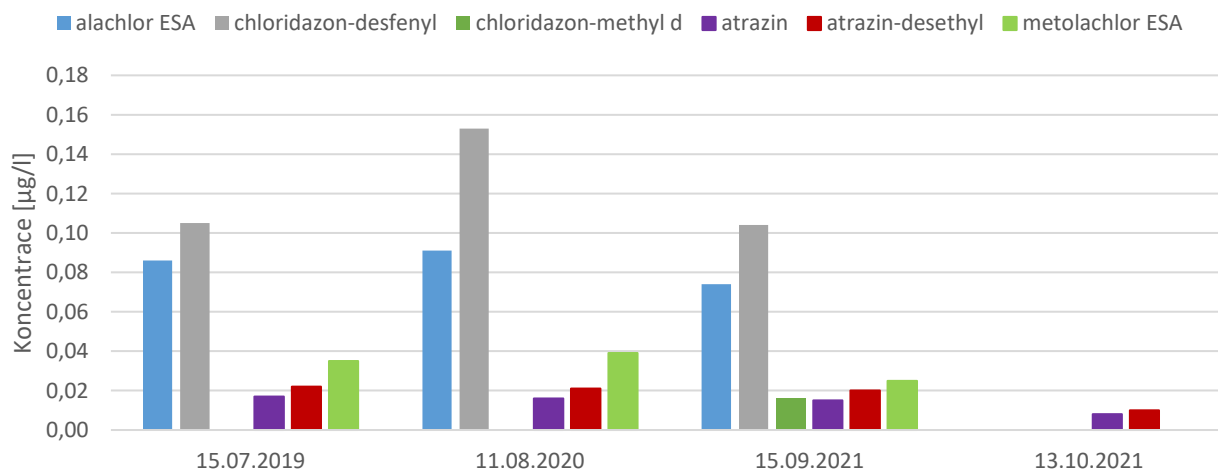
Nalezené koncentrace pesticidů splňují vyhlášku č. 252/2004 Sb. pro oba zdroje v Březové nad Svitavou ve všech vzorcích za uplynulé tři roky, kdy jsou všechny pesticidy a jejich relevantní metabolity pod vyhláškovým limitem 0,1 µg/l. V monitorovaných vzorcích byly nalezeny zejména nerelevantní metabolity chloridazon-desfenyl (metabolit herbicidy chloridazon) aalachlor ESA (metabolit herbicidualachlor), které mají dle [21] zvýšené limity na 6 µg/l u metabolitů chloridazonu a 1 µg/l ualachloru ESA.

Březová nad Svitavou - zdroj I



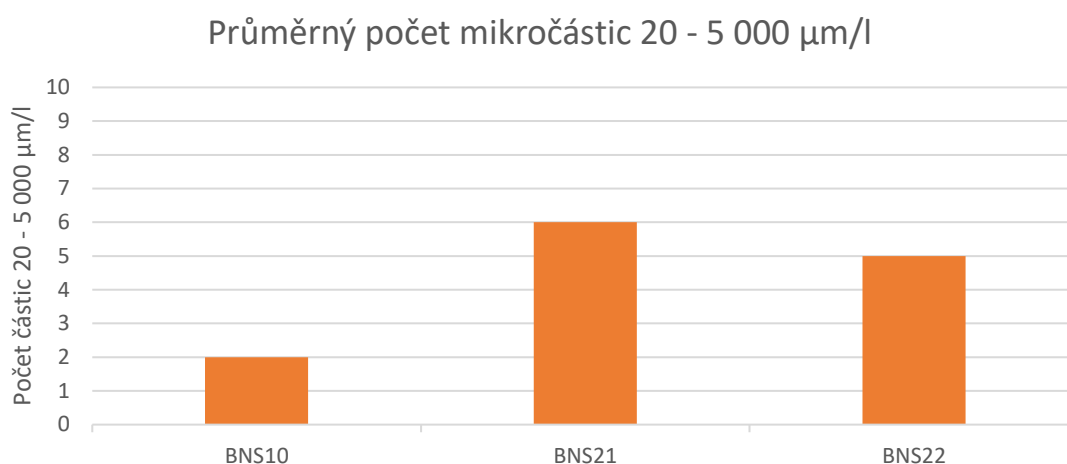
Obr. 28 Koncentrace sledovaných pesticidů na lokalitě Březová nad Svitavou I. zdroj (data dodané BVK a.s. na základě pravidelného monitoringu pesticidů)

Březová nad Svitavou - zdroj II



Obr. 29 Koncentrace sledovaných pesticidů na lokalitě Březová nad Svitavou II. zdroj (data dodané BVK a.s. na základě pravidelného monitoringu pesticidů)

Průměrné počty mikroplastů o velikosti 20 - 5 000 μm se pohybují v jednotkách na 1 litr viz. Obr. 30. Z materiálového hlediska se zejména jedná o částice PP, PE, PS, které byly nalezeny na každé lokalitě, následované mikroplasty typu PMMA, PUR, PET nalezeny na lokalitě BNS22 a mikročástice s chlorem (např. PVC).



Obr. 30 Průměrný počet mikročastic v lokalitě Březová nad Svitavou

Zjištěné počty jsou v souladu se studií uváděnou v [19], kde jsou nálezy reportovány v rámci jednotek částic, avšak řádově nižší než ve studii [18], kde jsou tyto částice nalézány ve stovkách. V rámci studie [18] byla použita metoda detekce s rozlišením již od 1 μm . Tato studie ukázala, že prakticky absolutní většina mikroplastů ve vodě upravené je menší než 10 μm , tedy v hodnotách pod mezí detekce metody použité v rámci projektu.

9.1.2 Lokalita úpravna vody Švařec

Kvalita vody v monitorované lokalitě je ovlivněná tím, že ÚV Švařec upravuje povrchovou vodu z vodné nádrže Vír. Povrchové vody se vyznačují zvýšenou mírou znečištění, což klade přísnější podmínky pro použitou technologii úpravy vody.

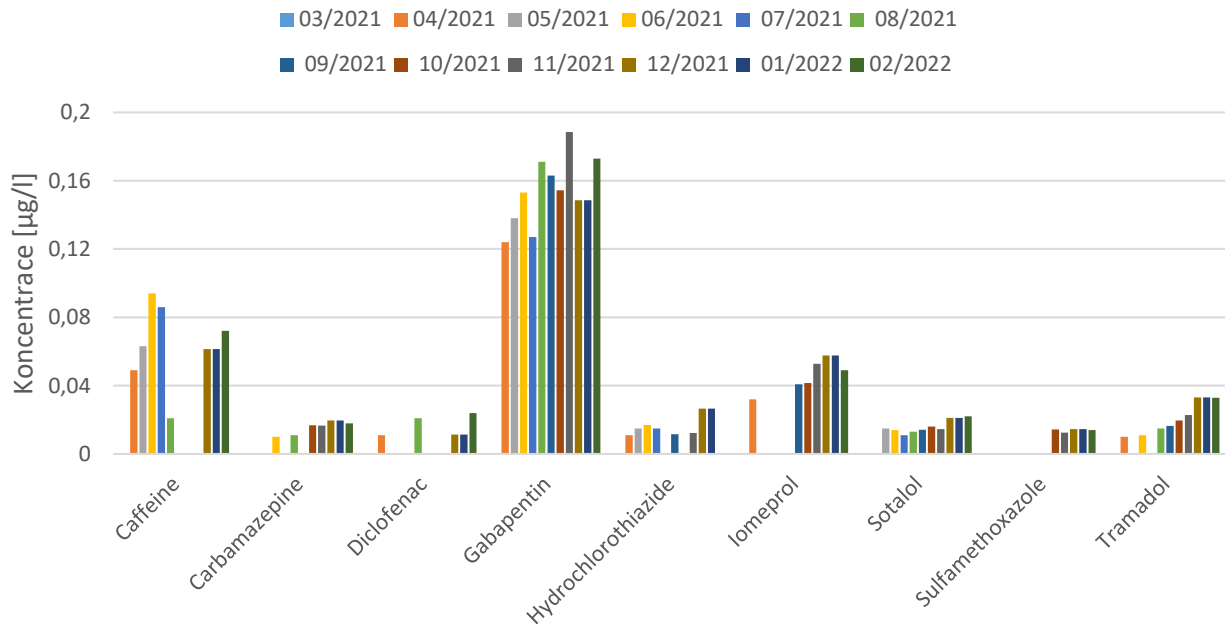
Monitoring prokázal, že surová voda z VN Vír obsahuje vyšší množství znečištění mikropolutanty než zdroje podzemní vody v Březové nad Svitavou. V rámci dlouhodobé monitorovací kampaně byly v přítoku na ÚV Švařec nalezeno 8 látek z kategorie farmaceutických látek (Obr. 31) a 9 látek z kategorie pesticidů (Obr. 32). Hormonální léčiva nebyla na lokalitě nalezena nad mezí kvantifikace.

Z hlediska spotřebitele pitné vody je rozhodující kvalita na výstupu úpravní vody Švařec. Technologie ÚV Švařec dokázala v rámci sledovaného znečištění úplně odstranit 7 z 8 látek v kategoriích léčiva a narkotika a 7 z 9 pesticidních látek.

Celkem byly v upravené vodě z úpravní vody Švařec nalezeny 3 látky ze seznamu sledovaných látek, a to léčivo kofein a pesticidy metazachlor ESA (metabolit herbicidu metazachlor) a 1,2,4 triazol (relevantní metabolit azolových pesticidů s fungicidními účinky). Kofein byl nalezen ve dvou vzorcích v měsících 07/2021 (0,029 $\mu\text{g/l}$) a 02/2022 (0,032 $\mu\text{g/l}$).

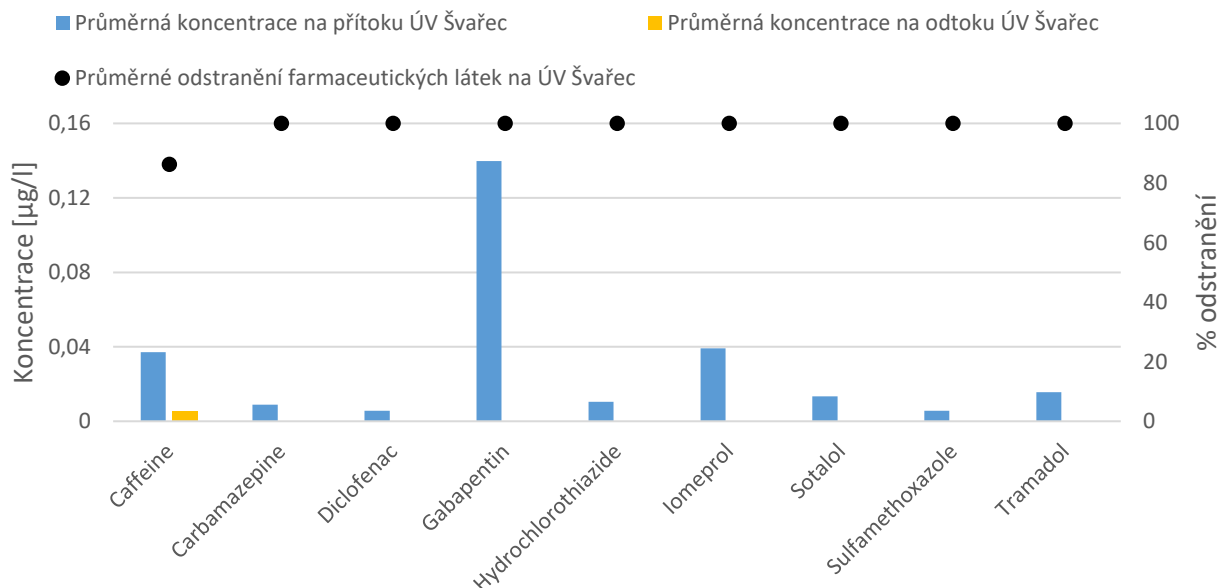
Koncentrace nalezených pesticidů na výstupu z ÚV Švařec splňují vyhlášku č. 252/2004 Sb, kdy relevantní metabolit 1,2,4 triazol je ve všech vzorcích pod úrovní 0,1 $\mu\text{g/l}$ a nerelevantní metabolit metazachlor ESA pod 5,0 $\mu\text{g/l}$.

ÚV Švařec přítok - farmaceutické látky



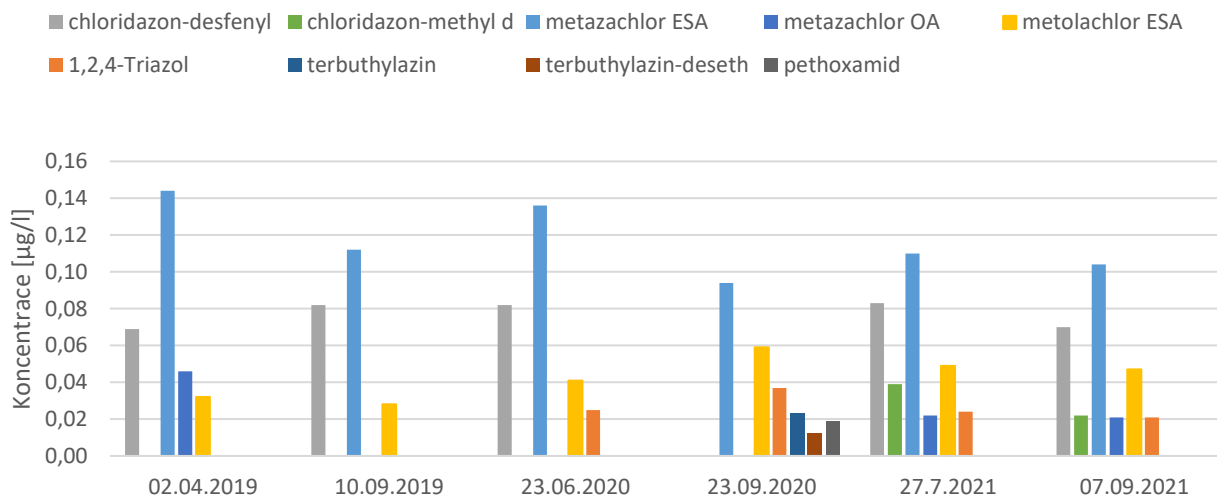
Obr. 31 Koncentrace farmaceutických látek na přítoku do ÚV Švařec během jednotlivých měsíců

ÚV Švařec průměrné odstranění farmaceutických látek



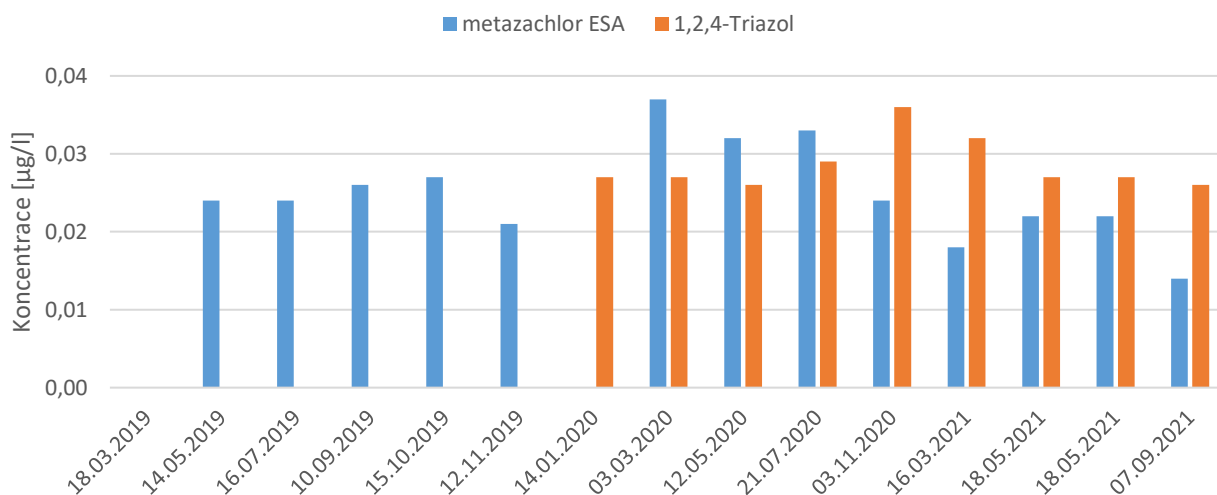
Obr. 32 Průměrné koncentrace farmaceutických látek na přítoku a odtoku ÚV Švařec a jejich průměrné odstranění v procesu úpravy vody

Přítok ÚV Švařec (VN Vír) - pesticidy

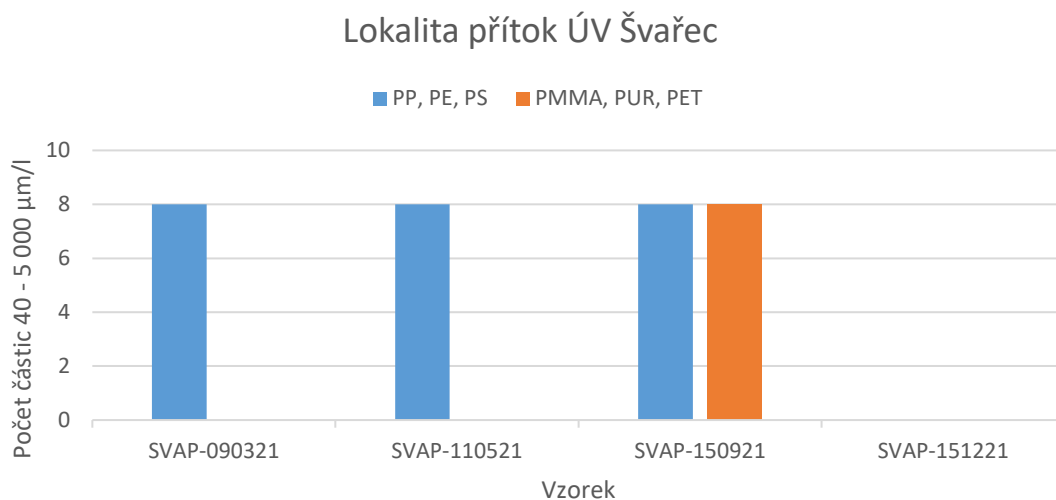


Obr. 33 Koncentrace sledovaných pesticidů na Přítok na ÚV Švařec (data dodané BVK a.s. na základě pravidelného monitoringu pesticidů)

Koncentrace pesticidů v upravené vodě z ÚV Švařec



Obr. 34 Koncentrace sledovaných pesticidů v upravené pitné vodě z ÚV Švařec (data dodané BVK a.s. na základě pravidelného monitoringu pesticidů)



Obr. 35 Počty nalezených mikroplastů na přítoku ÚV Švařec

Průměrné počty mikroplastů o velikosti 20 - 5 000 μm se v surové vodě opět pohybují v počtech jednotek částic na liter (průměr 8 částic na 1 liter) a z materiálového hlediska se jedná zejména o částice PP, PE, PS popřípadě PMMA, PUR a PET. Procesem úpravy vody došlo k odstranění těchto mikročástic v rozmezí velikosti 20 - 5 000 μm a nebyly nalezeny v žádném analyzovaném vzorku.

9.2 Výsledky monitoringu odpadní vody

Odpadní vody ze své povahy obsahují široké spektrum různých druhů znečištění. Tyto látky se do kanalizace dostávají zejména splaškovými vody, které jsou znečištěny zejména lidskou činností, průmyslovými odpadními vodami a povrchovými splachy povrchů při srážkách.

Farmaceutické látky, hormony a psychotropní látky se do stokové sítě dostávají zejména vylučováním mateřských farmaceutických látek nebo metabolitů z lidských těl. Původem pesticidů v odpadních vodách jsou splachy z ploch ošetřovaných těmito látkami a jedná se zejména o splachy ze zemědělské půdy, popř. z ploch parků a zelených ploch v intravilánech měst a obcí. Těžké kovy a průmyslové látky PAU, PCB mají původ v průmyslu a automobilové dopravě.

Výsledky monitoringu jsou vyhodnocené nejen pro zjištěné koncentrace ale i pro absolutní znečištění v gramech čisté látky za jeden den (g/den). Tento propočít byl vyhotoven z provozního měření průtoků v monitorovaných profilech realizovaného provozovatelem stokové sítě BVK a.s.. Výčet denních průtoků v monitorovaných profilech je uveden v tabulkách Tab. 12, Tab. 13 a Tab. 14.

Sledované hormonální látky byly během prvních 4 měsíců monitorovány, avšak i z důvodu matričního efektu analyzované vody, byly tyto látky téměř výhradně pod mezí kvantifikace. Jako jejich náhrada byla ve třech měsících na lokalitě ČOV Brno-Modřice sledována skupina látek alkylfenolů, které jsou považovány za xenoestrogeny (látky s podobným účinkem jako estrogeny). Koncentrace těchto látek, stejně tak jako hormonální látky nebyly i vlivem matričního efektu nalezeny nad mezí kvantifikace.

Tab. 12 Denní průtoky na přítoku ČOV Brno-Modřice během screeningové kampaně

Lokalita / vzorek	Denní průtok [m ³ /den]
ČOVP-291120	82249
ČOVP-301120	92737
ČOVP-011220	89090
ČOVP-021220	89262
ČOVP-051220	84927
ČOVP-101220	89266
ČOVP-111220	99684
Průměr ČOVP	89602

Tab. 13 Denní průtoky na ČOV Brno-Modřice ve dnech odběru vzorků

Lokalita / vzorek	Denní průtok [m ³ /den]	Lokalita / vzorek	Denní průtok [m ³ /den]
ČOVP-150321	91014	ČOVO-160321	88347
ČOVP-100421	80756	ČOVO-110421	79535
ČOVP-080521	77320	ČOVO-090521	74383
ČOVP-030621	88621	ČOVO-040621	86402
ČOVP-050721	70865	ČOVO-060721	68644
ČOVP-140821	81490	ČOVO-150821	71413
ČOVP-090921	87595	ČOVO-100921	80526
ČOVP-151021	85231	ČOVO-161021	70418
ČOVP-141121	78451	ČOVO-151121	83313
ČOVP-111221	100655	COVO-121221	90483
ČOVP-150122	81613	ČOVO-160122	79724
ČOVP-050222	80561	ČOVO-060222	80054
Průměr ČOVP	83681	Průměr ČOVO	79437

Tab. 14 Denní průtoky kmenové stoce u RN Jeneweinova a ČS Kuřim ve dnech odběru vzorků

Lokalita /	Denní průtok	Lokalita /	Denní průtok
------------	--------------	------------	--------------

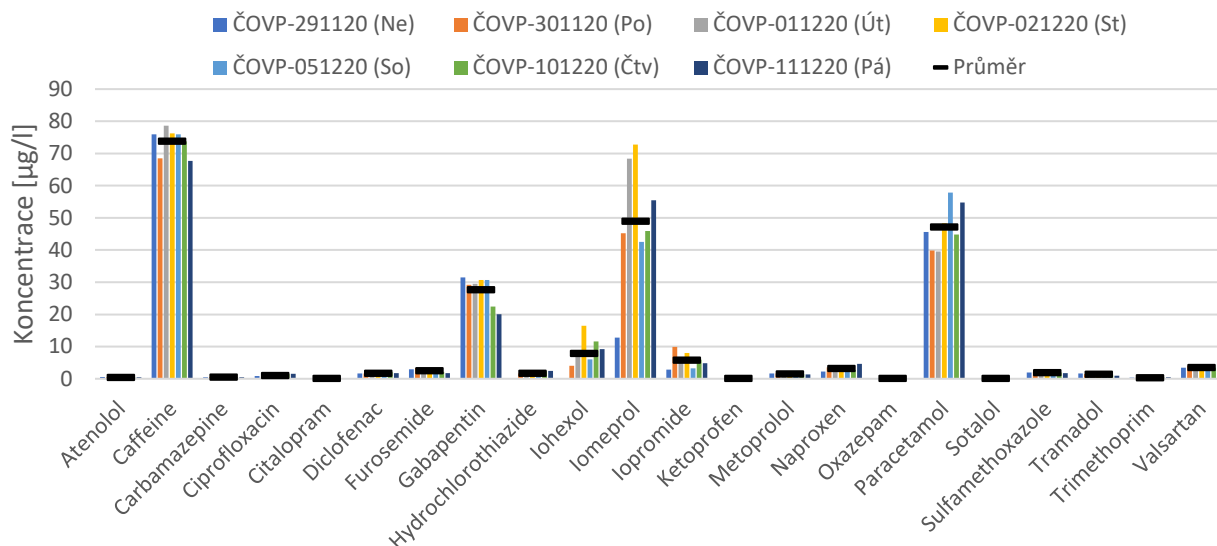
vzorek	[m ³ /den]	vzorek	[m ³ /den]
JN-110421	9098	KU-110421	3058
JN-040621	13109	KU-040621	3157
JN-150821	17938	KU-140821	2888
JN-151021	15502	KU-151021	2077
JN-1111221	16237	KU-111221	2453
JN-050222	14235	KU-050222	2189
Průměr JN	14353	Průměr KU	2637

9.2.1 Týdenní screeningový monitoring na přítoku ČOV Brno-Modřice

Čistírna odpadních vod Brno-Modřice je výustní bod stokového systému města Brna do recipientu řeky Svratky a má za úkol čistit odpadní vody z tohoto území, tak aby výsledný odtok splňoval platné emisní limity [4].

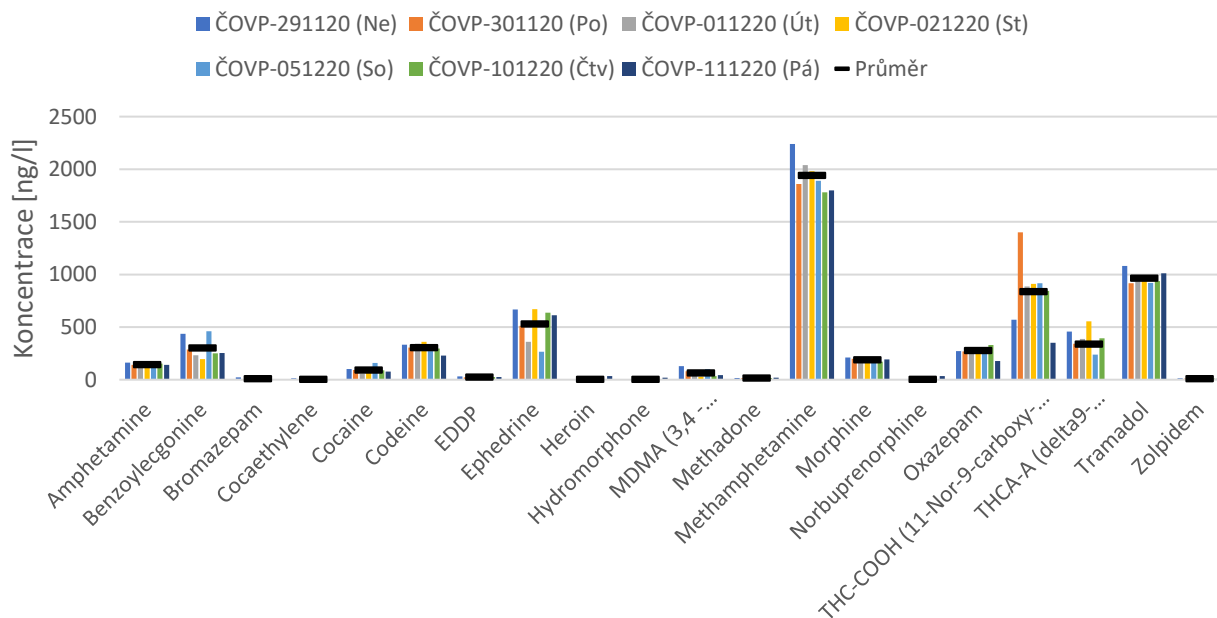
V rámci zadávací dokumentace bylo zadáno provést před započítím dlouhodobého monitoringu krátkodobý týdenní screening surových odpadních vod přítékajících na ČOV Brno-Modřice. Screening pokrýval každý den v týdnu (po-ne) při bezdeštném průtoku. V rámci jednotlivých skupin mikropolutantů byly identifikovány látky, které se v surových odpadních vodách vyskytují v největších koncentracích viz. Obr. 36, Obr. 37, Obr. 38 a Obr. 39. Mezidenní rozdíly u skupin mikropolutantů nejsou velké a oscilují blízko průměrných hodnot.

Screening přítok ČOV - farmaceutické látky



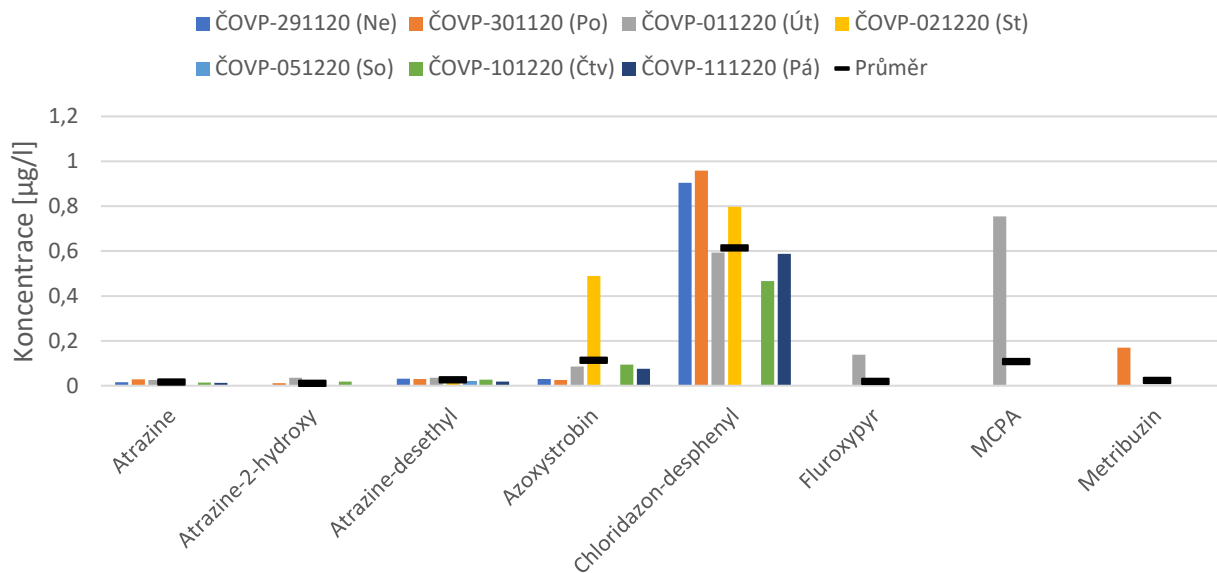
Obr. 36 Koncentrace farmaceutických látek na přítoku ČOV Brno-Modřice během screeningové kampaně

Screening přítok ČOV - narkotika a psychotropní látky



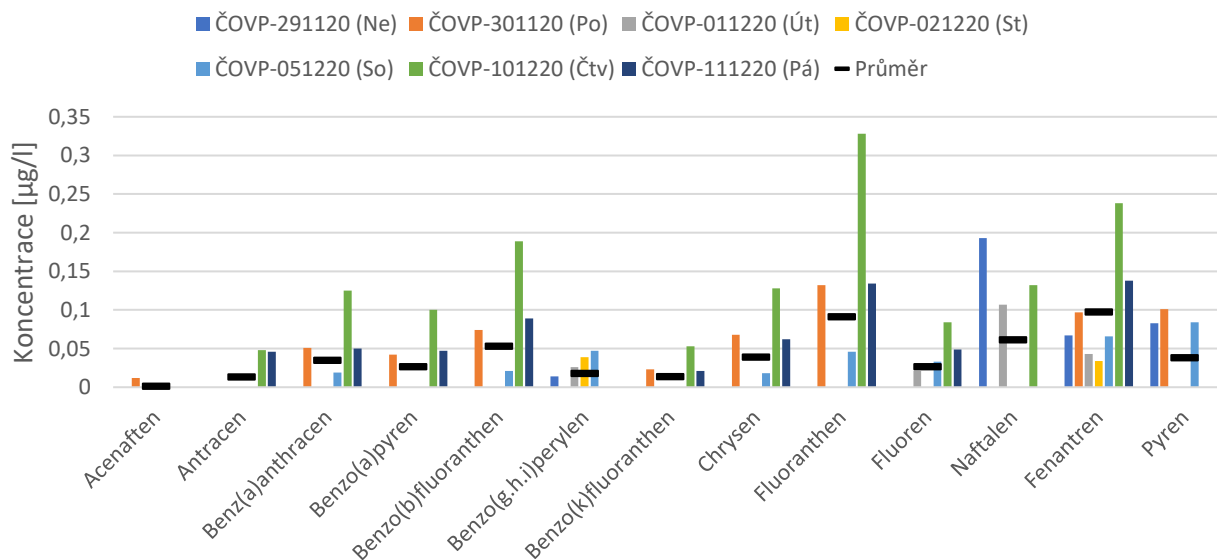
Obr. 37 Koncentrace narkotik a psychotropních látek na přítoku ČOV Brno-Modřice během screeningové kampaně

Screening přítok ČOV - pesticidy



Obr. 38 Koncentrace pesticidů na přítoku ČOV Brno-Modřice během screeningové kampaně

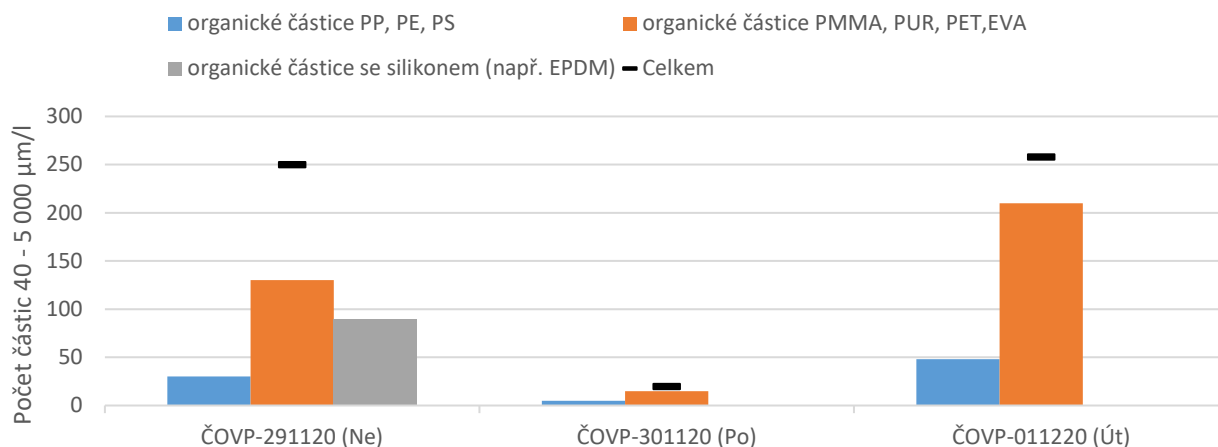
Screening přítok ČOV - PAU



Obr. 39 Koncentrace látek PAU na přítoku ČOV Brno-Modřice během screeningové kampaně

Ze screeningových vzorků byly pro stanovení mikroplastů analyzovány 3 vzorky, ve kterých bylo průměrně detekováno 176 částic mikroplastů. Z materiálového složení byla nejvíce zastoupena skupina organických částic PMMA, PUR, PET, EVA (67 %). V rámci analyzovaných tří vzorků byla pozorována velká variabilita v počtu detekovaných mikroplastů, kdy ve dvou vzorcích byl počet detekovaných částic 250 resp. 258 a v jednom pouze 20.

Screening mikroplastů přítok ČOV Brno-Modřice

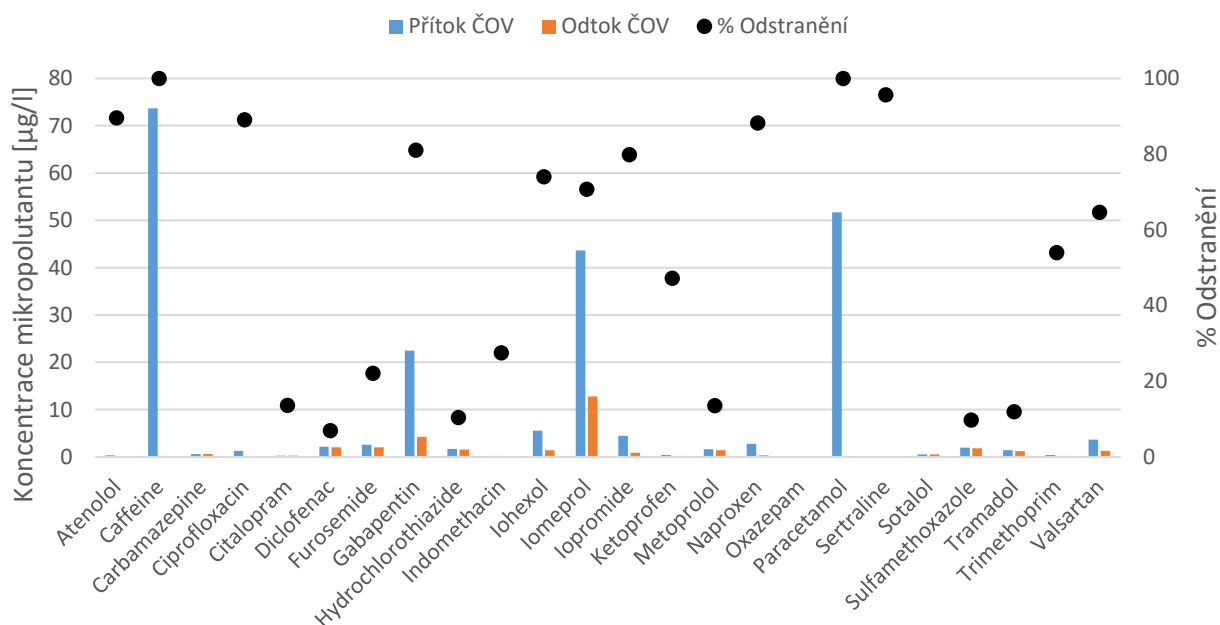


Obr. 40 Počty mikroplastů na přítoku ČOV Brno-Modřice během screeningové kampaně

9.2.2 Dlouhodobý monitoring lokality čistírna odpadních vod Brno-Modřice

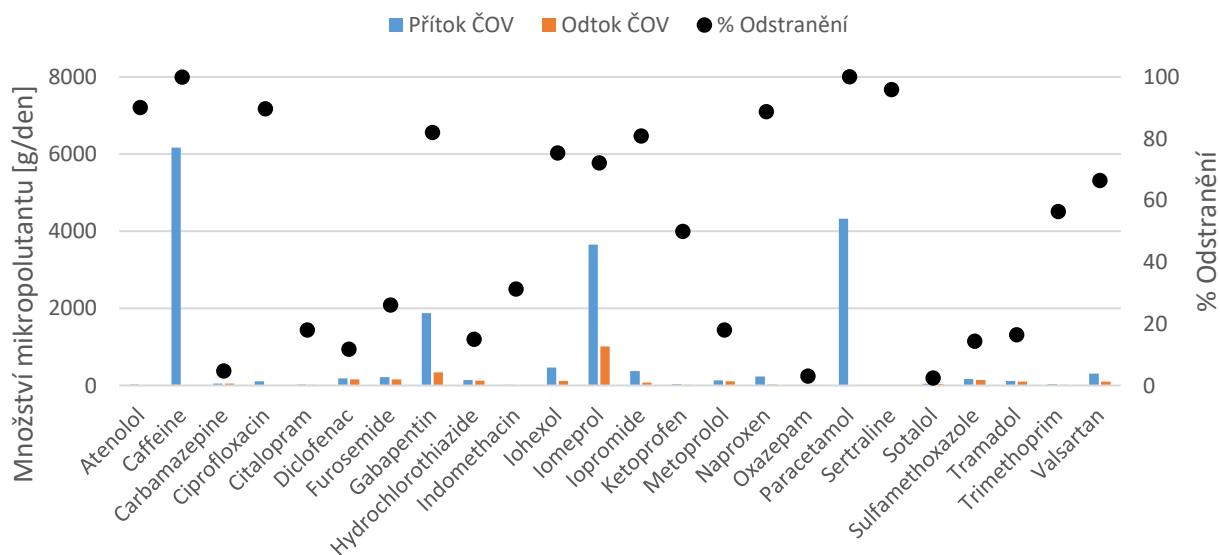
V dlouhodobém ročním monitoringu byly potvrzeny látky identifikované ve screeningové etapě, které se v největších množstvích nacházejí v surové i vyčištěné odpadní vodě. Z farmaceutických látek se v surové odpadní vodě nachází látky kofein, paracetamol (analgetikum a antipyretikum), iomeprol (radiokontrastní látka) a gabapentin (k léčbě parciálních záchvatů a neuropatické bolesti), kterých v průměru doteče na ČOV nad 2 kg čisté látky za den. Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.3, ČOV není koncipována pro odstranění mikroznečištění a i z tohoto důvodu jsou patrné různé účinnosti odstranění mikropolutantů, které se pohybují v celém spektru od 0 do 99%. Čistírenské procesy na ČOV Brno-Modřice prakticky úplně odstraňují nejvíce se vyskytované farmaceutické látky jako kofein nebo paracetamol a naopak nedokážou výrazně redukovat látky jako diklofenak nebo sulfamethoxazol (antibiotikum). Ve vypouštěných vodách mají největší zastoupení léčiva iomeprol (1017 g/den), gabapentin (338 g/den), což koresponduje s nálezy farmak v přírodních vodách [6]. Zbytek nalezených látek v odtoku se pohybuje pod 160 g/den.

Farmaceutické látky - koncentrace



Obr. 41 Průměrné koncentrace farmaceutických látek na ČOV Brno-Modřice a jejich průměrné odstranění (látky v množstvích nad 1 g/den na přítoku ČOV Brno-Modřice)

Farmaceutické látky - celkové znečištění



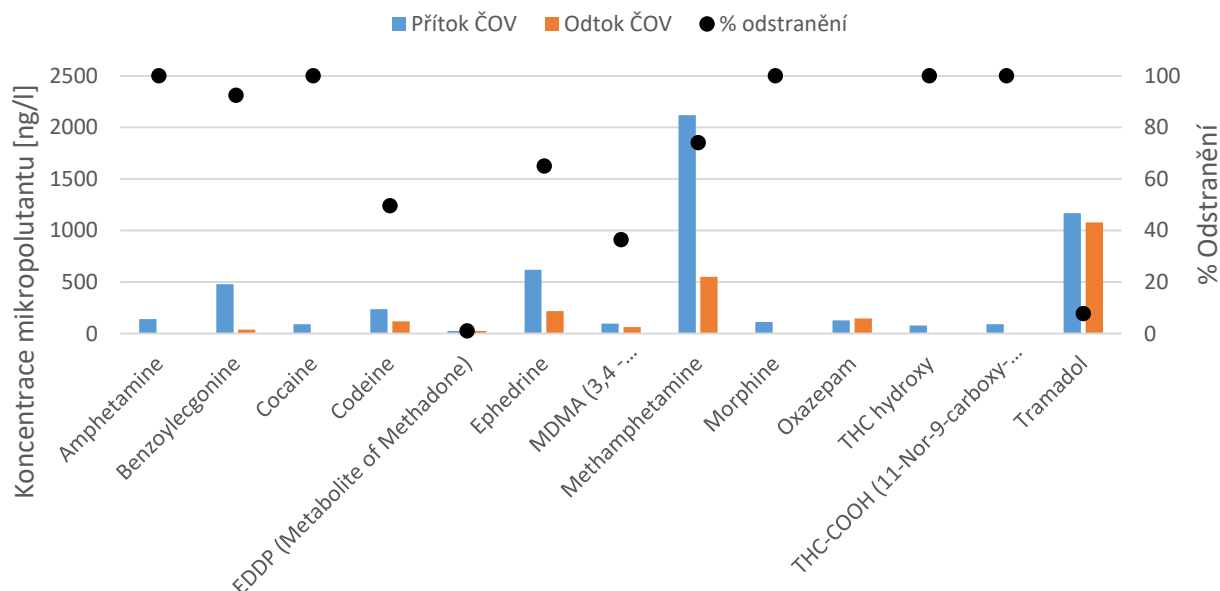
Obr. 42 Průměrné množství vypouštěných farmaceutických látek na ČOV Brno-Modřice a jejich průměrné odstranění (látky v množstvích nad 1 g/den na přítoku ČOV Brno-Modřice)

Narkotika a psychotropní látky se v odpadní vodě nacházejí řádově v nižších koncentracích (ng/l). V největším množství byl na přítoku na ČOV detekován metamfetamin (pervitin; v průměru 177

g/den), tramadol (opioid a lék proti bolesti; 98 g/den), efedrin (52 g/den) a benzoylecgonin (metabolit kokainu, 40 g/den). Dle [22] se běžná dávka pervitinu pohybuje v rozmezí 10 – 40 mg a průměrná nalezená koncentrace v odpadních vodách tudíž odpovídá cca 4 400 – 17 700 dávkám této drogy za den. V porovnání se screeningovou etapou byly zaznamenány výrazně nižší koncentrace metabolitů THC. Tyto nižší koncentrace byly způsobené matričními efekty jednotlivých vzorků, které násobně zvýšily mez kvantifikace těchto metabolitů a tudíž v rámci vzorků nebyly zachyceny. Z důvodu, že při porovnání screeningu a dlouhodobé kampaně jsou koncentrace ostatních látek ve velké míře podobné, lze se domnívat že se koncentrace metabolitů THC v surové odpadní vodě nacházejí ve stejných hodnotách jako v týdenním screeningu.

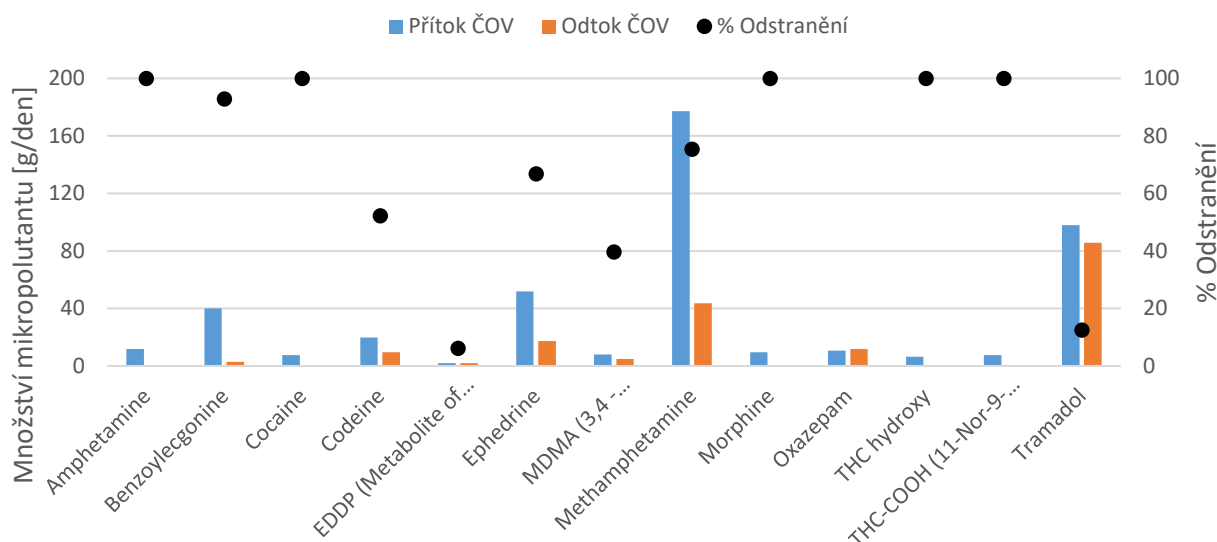
V procesu čištění docházelo k výraznější redukci metamfetaminu (75 %), efedrinu (65 %) a benzoylecgonin (92 %) ovšem k minimální redukci tramadolu (7 %). V odtoku z čistírny je nejvíce zastoupeny tramadol (85 g/den), pervitin (44 g/den), oxazepam (léčba úzkostí a nespavosti; 12 g/den) a kodein (opioid k úlevě od bolesti a léčbě symptomů kašle a nachlazení; 10 g/den).

Narkotika a psychotropní látky - koncentrace



Obr. 43 Průměrné koncentrace narkotik na ČOV Brno-Modřice a jejich průměrné odstranění (látky v množstvích nad 1 g/den na přítoku ČOV Brno-Modřice)

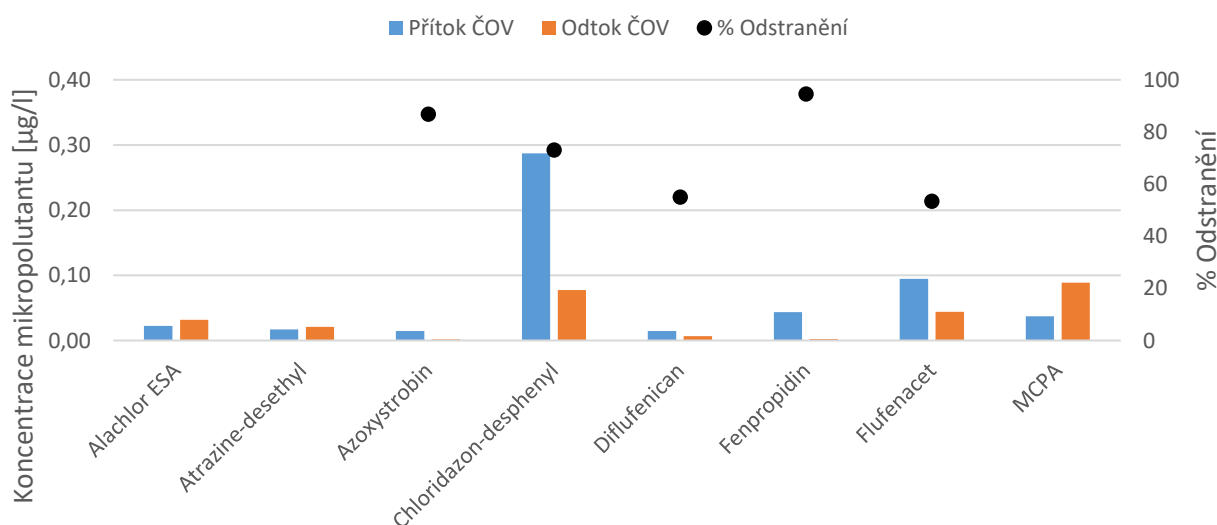
Narkotika a psychotropní látky - celkové znečištění



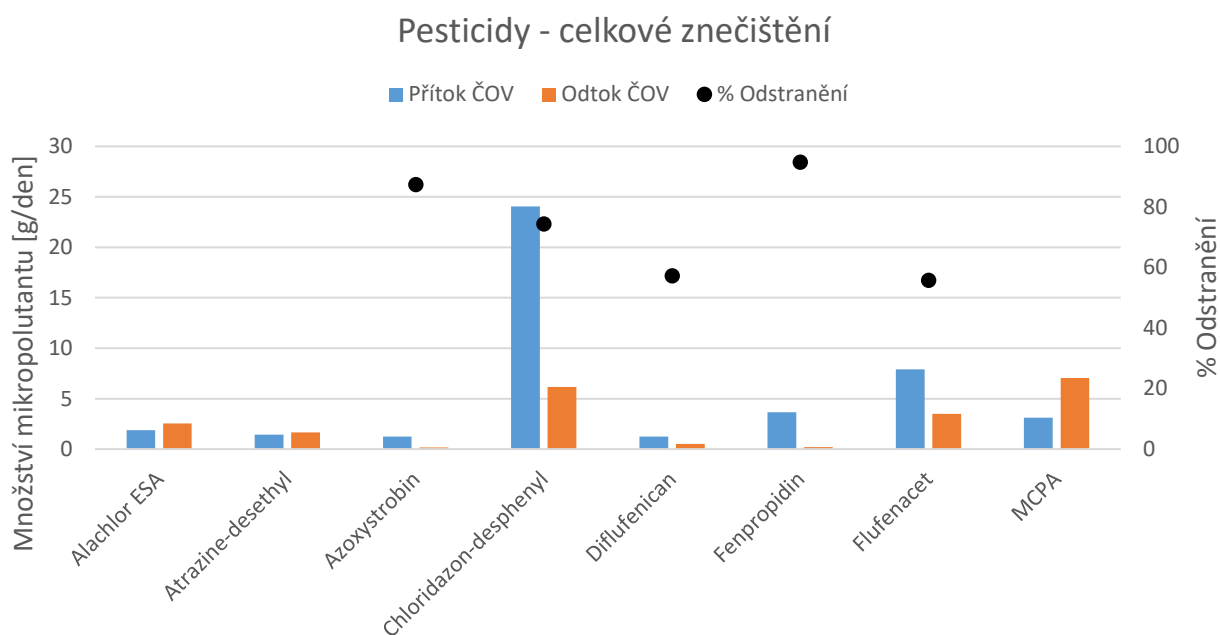
Obr. 44 Průměrné množství vypouštěných narkotik na ČOV Brno-Modřice a jejich průměrné odstranění (látky v množstvích nad 1 g/den na přítoku ČOV Brno-Modřice)

Koncentrace a absolutní znečištění pesticidy je na základě získaných výsledků monitoringu menší než u léčiv a drog. Ovšem v rámci vyhodnocení výsledků je důležité myslet na to, že analyzované vzorky byly odebrány za bezdeštných průtoků, a tudíž byly omezeny/minimalizovány povrchové splachy, které jsou potenciálním hlavním zdrojem pesticidů v odpadních vodách. V největší míře byl zachycován metabolit pesticidu chloridazonu chloridazon-desphenyl (24 g/den), který byl ve velké míře detekován i v pitných vodách.

Pesticidy - koncentrace

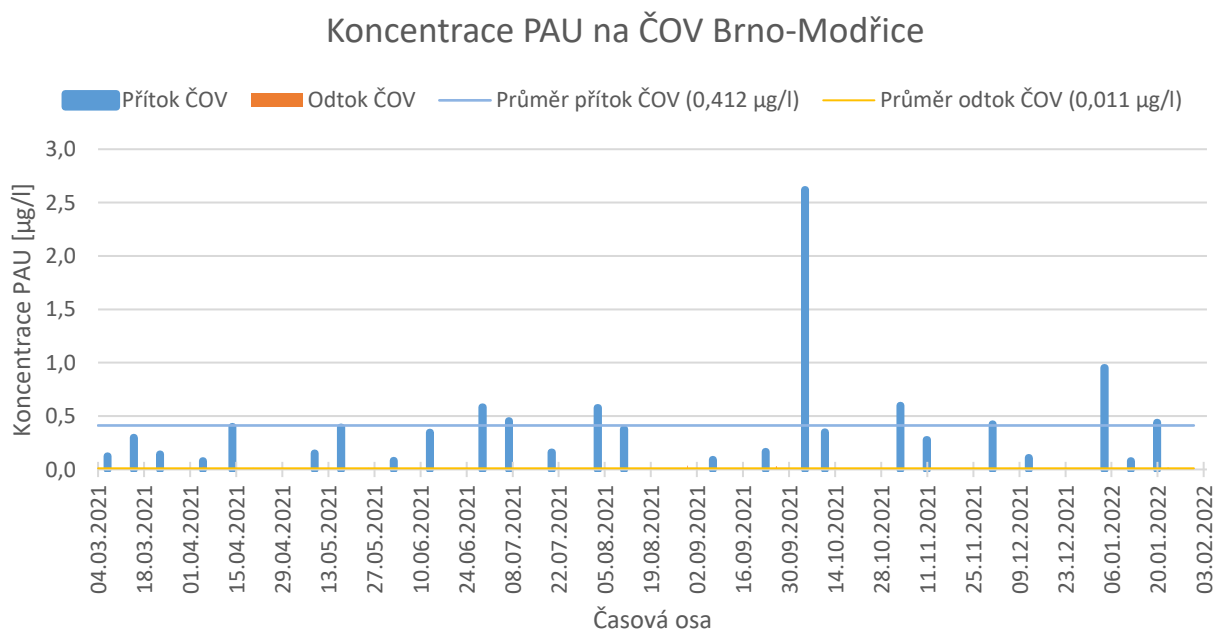


Obr. 45 Průměrné koncentrace pesticidů na ČOV Brno-Modřice a jejich průměrné odstranění (látky v množstvích nad 1 g/den na přítoku ČOV Brno-Modřice)



Obr. 46 Průměrné množství vypouštěných pesticidů na ČOV Brno-Modřice a jejich průměrné odstranění (látky v množstvích nad 1 g/den na přítoku ČOV Brno-Modřice)

Průmyslové látky jsou pravidelně monitorovány provozovatelem BVK a.s. jako celkové sumy PAU a sumy PCB. V období monitoringu byly prakticky výhradně v odpadní vodě detekovány látky PAU a to v průměru 0,412 $\mu\text{g/l}$. Technologie čištění dokázala toto znečištění odstranit na průměrnou koncentraci 0,011 $\mu\text{g/l}$, což představuje přibližně 97 % odstranění.

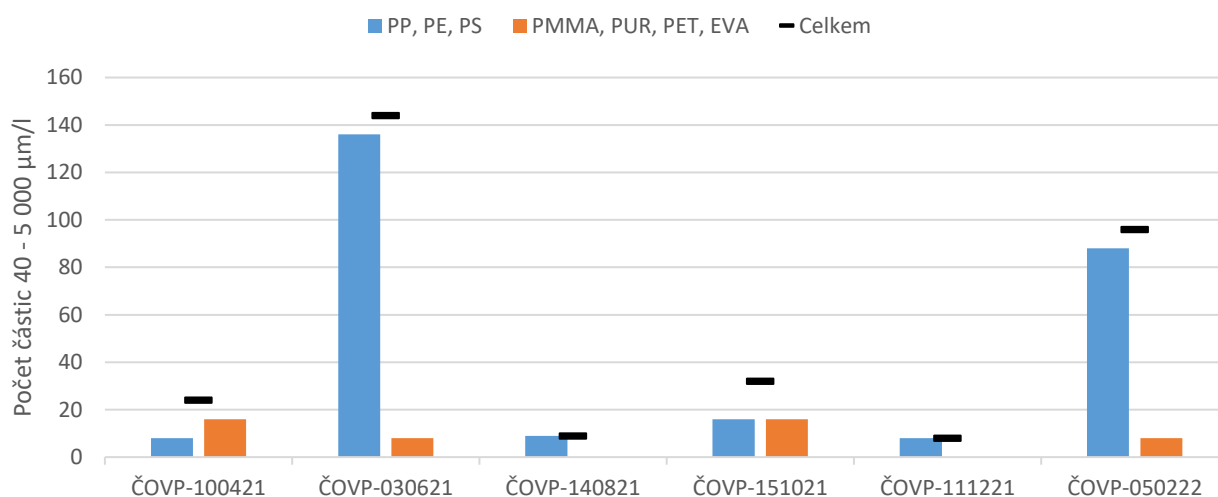


Obr. 47 Koncentrace látek PAU na přítoku a odtoku ČOV Brno-Modřice v rámci provozního monitoringu BVK a.s.

Z provedeného monitoringu bylo možno odhadnout průměrné odstranění mikroplastů o velikosti 40 – 5 000 μm v technologickém procesu Brno-Modřice na 85 %. Zaznamenaný průměrný nátok mikroplastů v surové vodě je 52 částic (o velikosti 40 – 5 000 μm) na 1 litr surové odpadní vody. Z hlediska složení se jedná ve velké míře jedná o skupinu materiálů PP, PE, PS. Průměrný počet částic na odtoku Brno-Modřice v šesti 24hodinových slévaných vzorcích byl 8 s totožným materiálovým profilem jako v surové vodě.

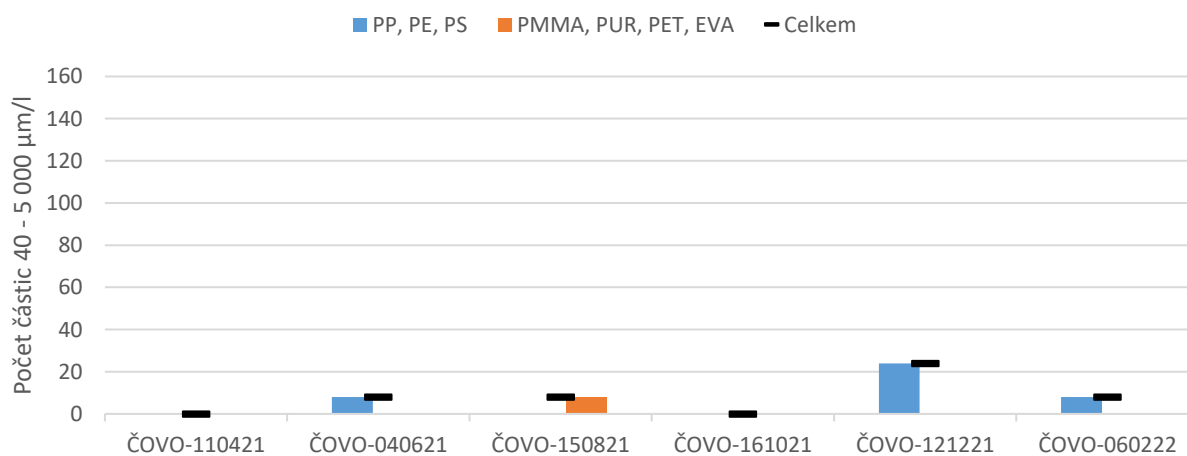
V porovnání se screeningem bylo v dlouhodobém monitoringu v průměru detekováno o cca dvě třetiny méně částic mikroplastů v analyzovaném rozsahu velikostí. Rovněž zde byla potvrzena velká rozkolísanost hodnot přes jednotlivé vzorky, kdy se počty mikroplastů pohybovaly v rozsahu 8 – 144 částic na litr.

Počet mikroplastů ve vzorcích přítoku ČOV Brno-Modřice



Obr. 48 Počet mikroplastů na přítoku ČOV Brno-Modřice

Počet mikroplastů ve vzorcích odtoku ČOV Brno-Modřice

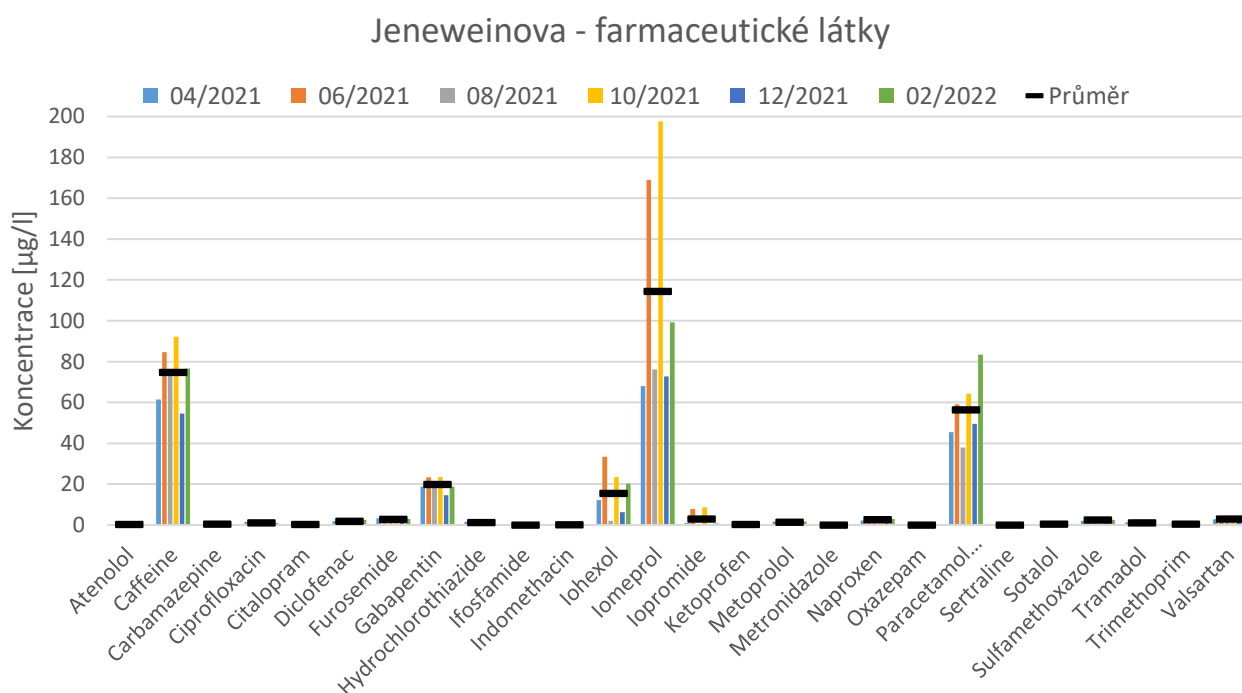


Obr. 49 Počet mikroplastů na odtoku ČOV Brno-Modřice

9.2.3 Kmenová stoka B u RN Jeneweinova a přítok na ČS Kuřim

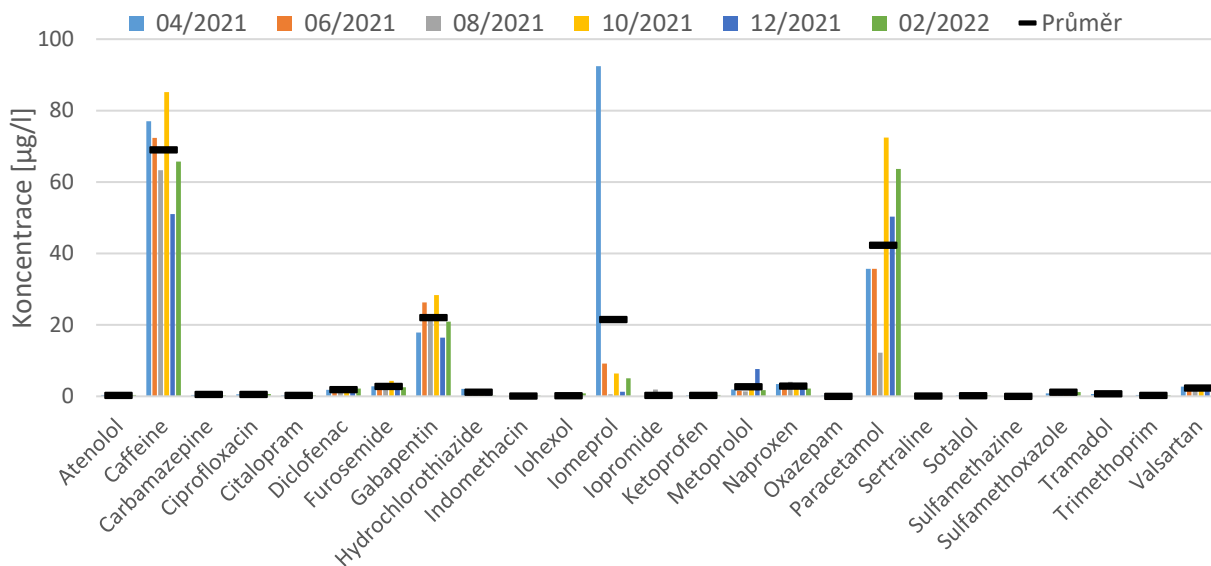
V rámci projektu byly zadavatelem vytipovány dva profily pro sledování mikroznečištění, které jsou provozovatelem BVK a.s. kontinuálně měřeny. Na základě získaných dat bylo možné najít podobnosti i rozdílnosti v jednotlivých obdobích roku.

V rámci porovnání nejčastějších léčiv se léčiva kofein, paracetamol a gabapentin nacházejí ve všech monitorovaných profilech v přibližně stejných koncentracích jako v přítoku surové vody na ČOV Brno-Modřice. Značně jiná koncentrace byla pozorována u látky iomeprol. Iomeprol je farmaceutické léčivo používáno jako radiokontrastní látka při zobrazovacích metodách. Tato látka se v průměru nacházela na ČOV v koncentraci 43 µg/l, na kmenové stoce RN Jeneweinova 114 µg/l a na ČS Kuřim 21 µg/l (po nezapočítání maximální hodnoty z 4/2021, 6 µg/l). Vyšší koncentrace na kmenové stoce B u RN Jeneweinova je způsobena napojením zdravotnických zařízení na tuto stoku (Nemocnice u Sv. Anny, Masarykův onkologický ústav), kde jsou tyto látky využívány při diagnostických výkonech. Zajímavost byla zaznamenána na lokalitě ČS Kuřim ve vzorku 04/2021, kdy byla zaznamenána koncentrace iomeprolu 92 µg/l. Toto období se vyznačovalo ústupem koronavirových opatření a obnovením odkládaných vyšetření, a tedy byla i zvýšená zátěž na radiologická vyšetření. V následujících měsících už na lokalitě ČS Kuřim nepřekročily koncentrace iomeprolu hodnotu 10 µg/l.



Obr. 50 Průměrné koncentrace farmaceutických látek na kmenové stoce u RN Jeneweinova (látky v množstvích nad 0,2 g/den)

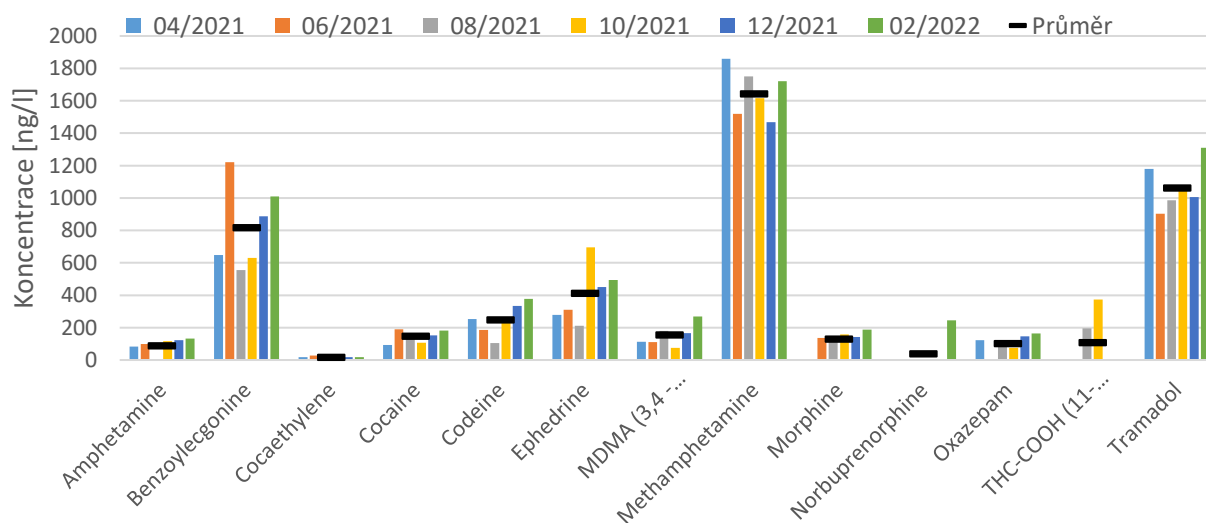
ČS Kuřim - farmaceutické látky



Obr. 51 Průměrné koncentrace farmaceutických látek na přítoku na ČS Kuřim (látky v množstvích nad 0,1 g/den)

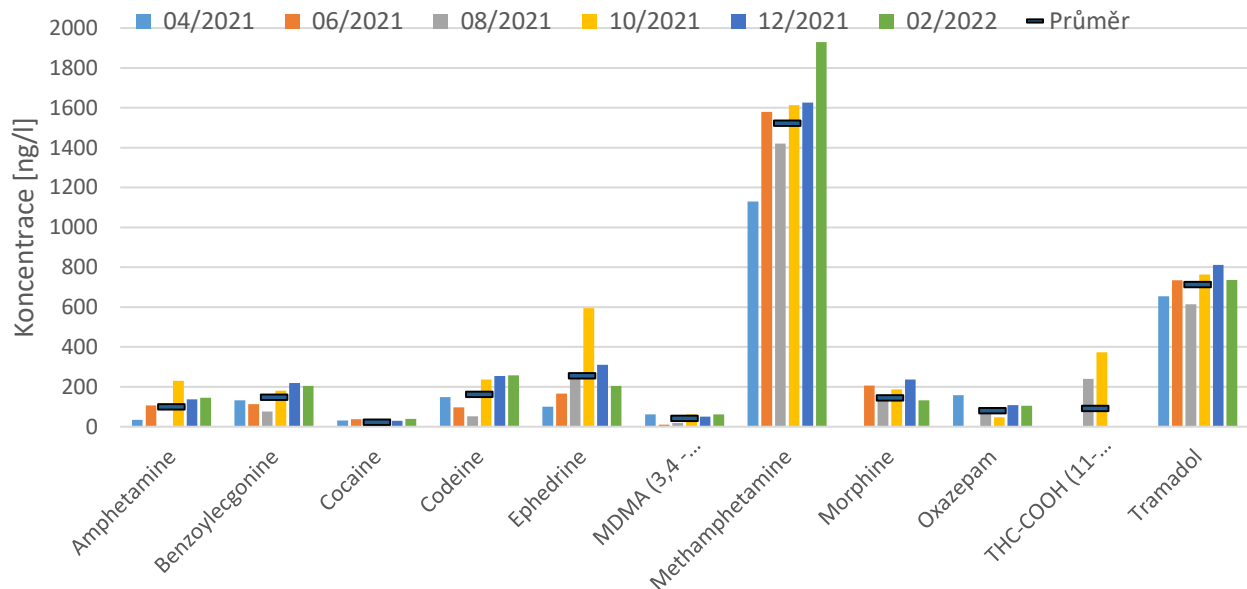
Z proporcionálního hlediska jsou i u těchto profilů nejvíce zastoupenými narkotiky a psychotropními látkami látky metamfetamin, tramadol a efedrin. Rozdílné koncentrace byly zaznamenány u látky benzoylekgonin, což je hlavní metabolit kokainu. Průměrná koncentrace této látky na ČOV byla 480 µg/l, ve stoce B u RN Jeneweinova 817 µg/l a na ČS Kuřim 148 µg/l. Tyto rozdíly mohou být prakticky způsobeny pouze rozdílnou spotřebou drogy kokain v těchto odkanalizovaných územích.

Jeneweinova - narkotika a psychotropní látky



Obr. 52 Průměrné koncentrace narkotik na kmenové stoce u RN Jeneweinova (látky v množstvích nad 0,2 g/den)

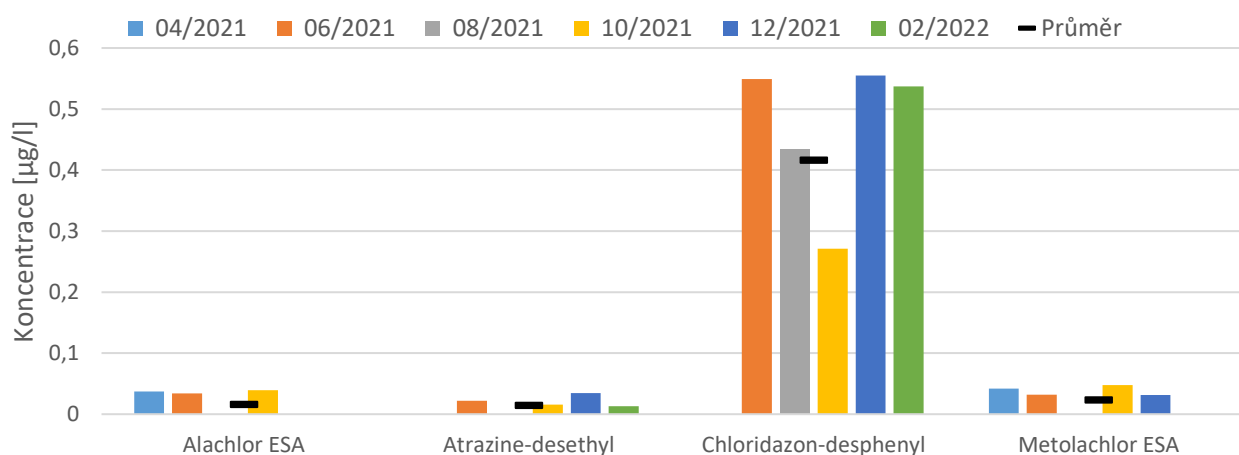
ČS Kuřim - narkotika a psychotropní látky



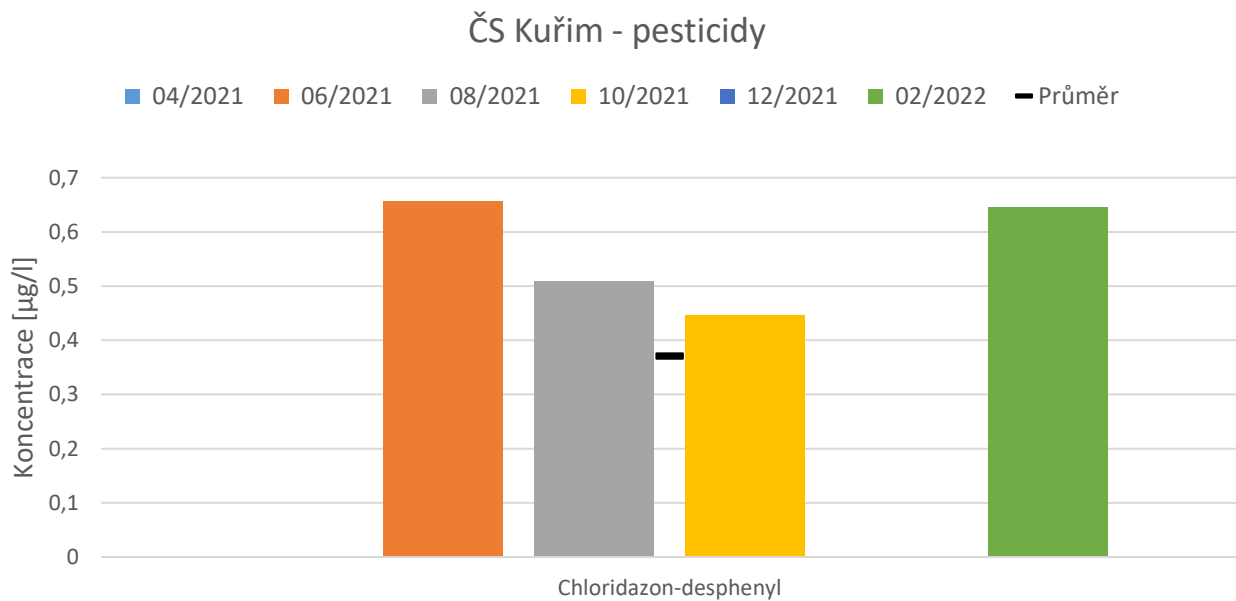
Obr. 53 Průměrné koncentrace narkotik na přítoku na ČS Kuřim (látky v množstvích nad 0,1 g/den)

Monitoring pesticidů na stokové síti neukázal žádné zásadně jiné výsledky jako monitoring pesticidů na ČOV. Opět je nejvíce se vyskytovaným pesticidem látka chloridazon-desfenyl ovšem již se zde nenachází nad mezí kvantifikace pesticidy flufenacet a MCPA.

Jeneweinova - pesticidy



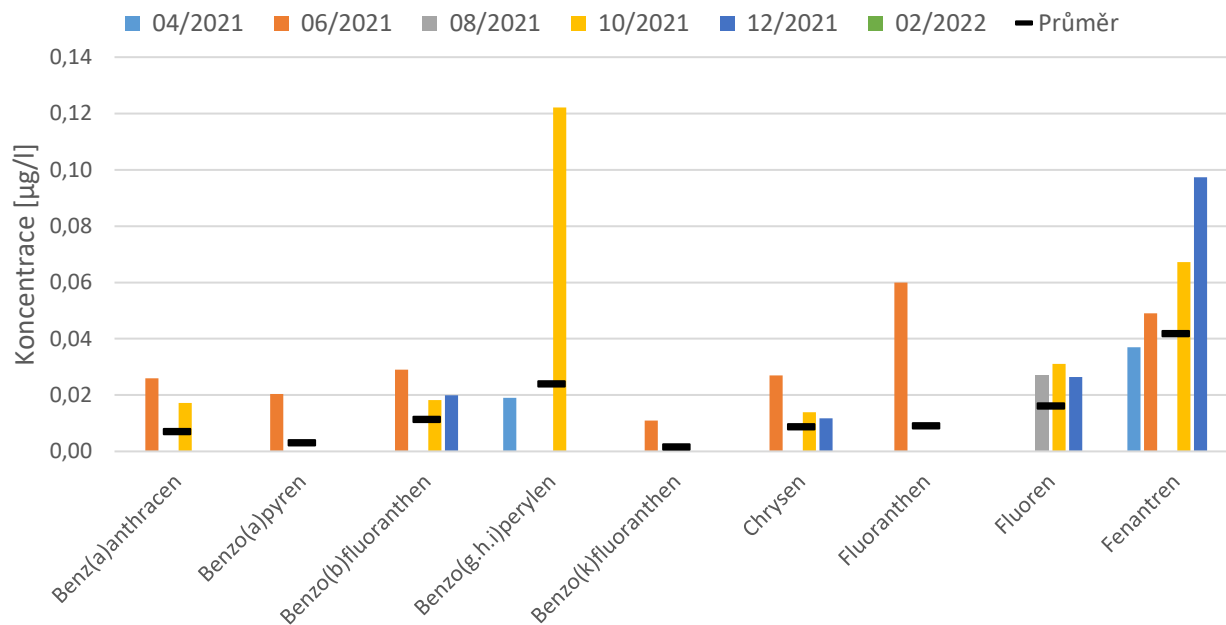
Obr. 54 Průměrné koncentrace pesticidů na kmenové stoce u RN Jeneweinova (látky v množstvích nad 0,2 g/den)



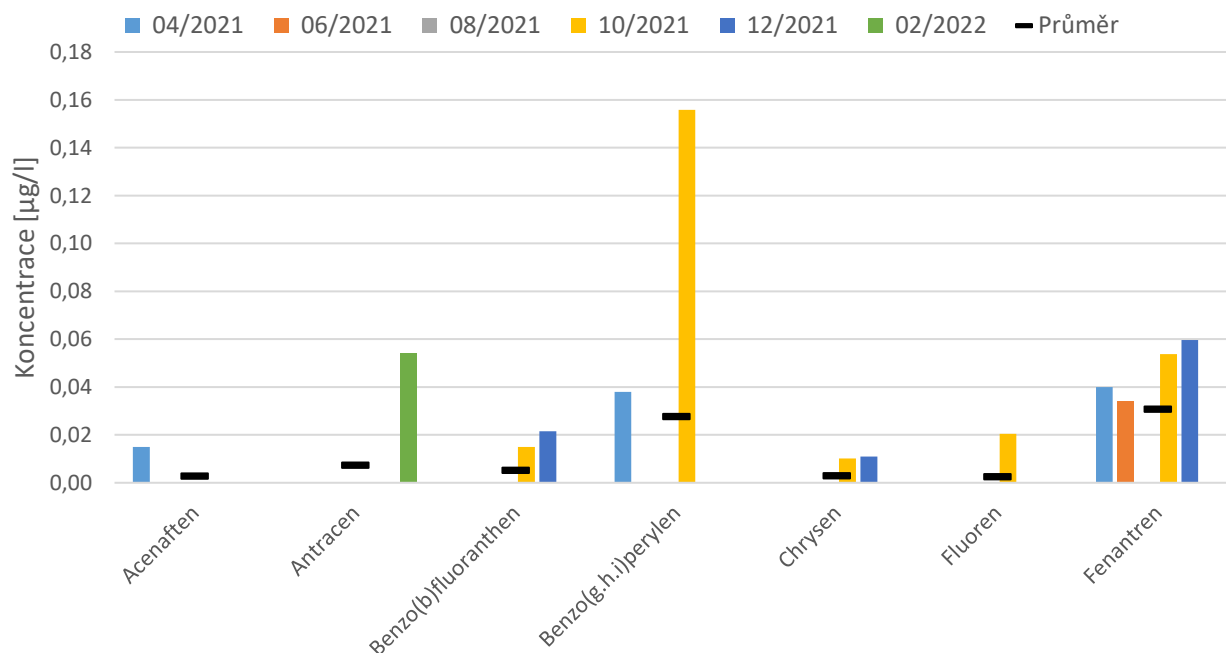
Obr. 55 Průměrné koncentrace pesticidů na přítoku na ČS Kuřim (látky v množstvích nad 0,1 g/den)

V rámci podrobných rozborů průmyslových látek PAU a PCB na síti byly identifikovány nejčastěji se vyskytující látky v odpadních vodách, kterými byly látky ze skupiny PAU: fenantren, benzo(ghi)perylen, fluoren. Z látek PCB byla v rámci monitoringu sporadicky nalezena (celkem 5 nálezů) na obou lokalitách pouze látka PCB 28 v maximální koncentraci 0,057 µg/l (KU-111221) přičemž ostatní pozitivní nálezy nebyly větší než 0,015 µg/l.

Jeneweinova - PAU



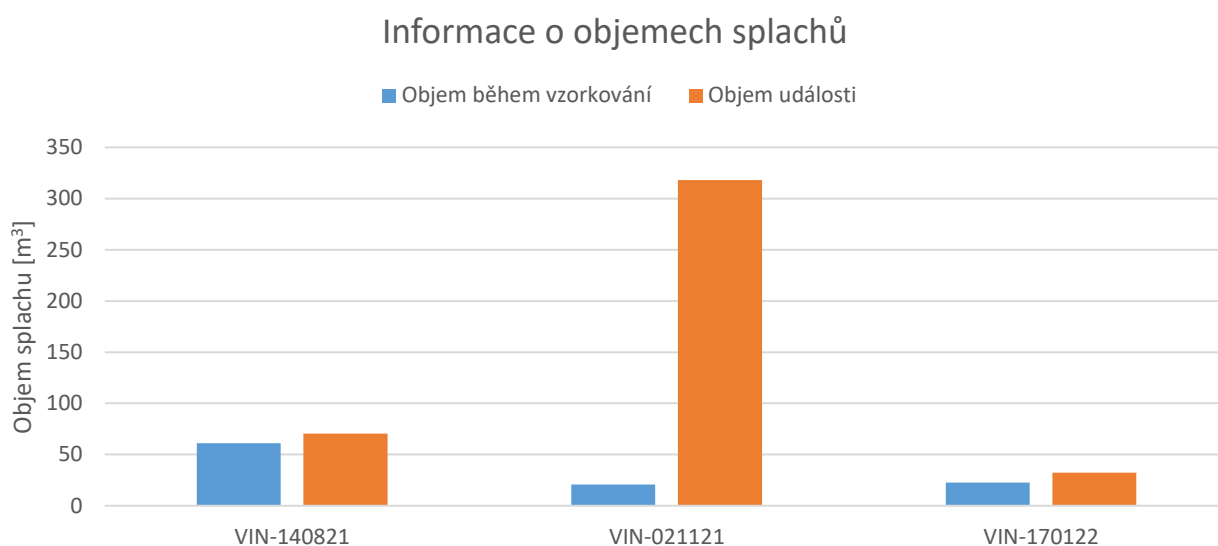
ČS Kuřim - PAU



9.3 Výsledky monitoringu splachů z komunikace

9.3.1 Splach ze sídliště Vinohrady

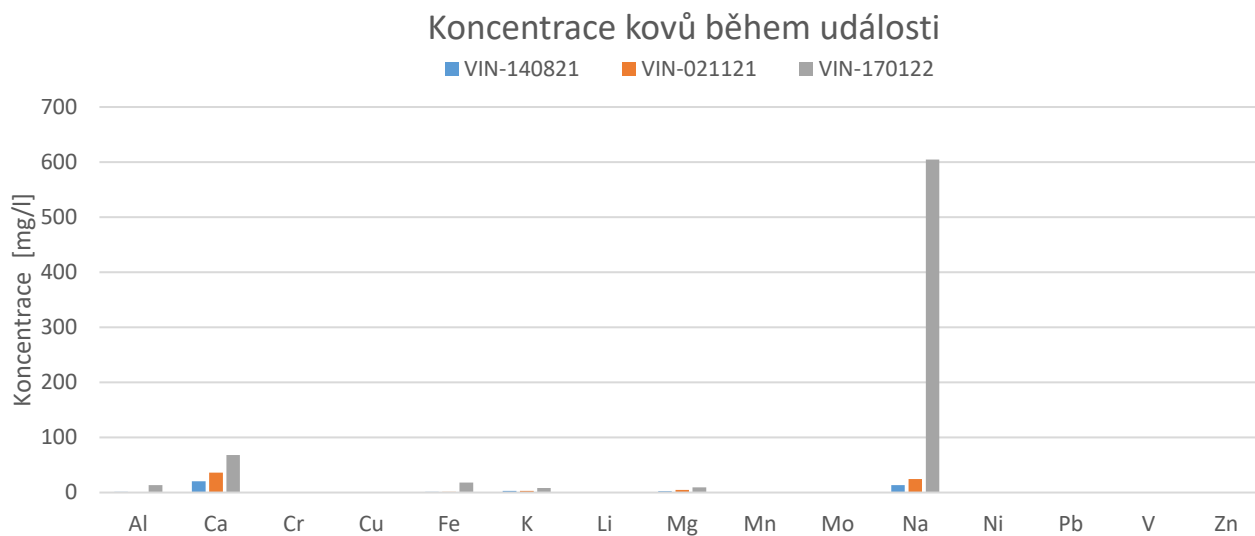
Jeden ze dvou profilů povrchových splachů je profil, který odvádí povrchový odtok z přibližně poloviny území sídliště Vinohrady. Na tomto profilu byl zhotovitelem kontinuálně měřen průtok a vzorkování probíhalo každých 10 minut od počátku odtoku v kanalizaci, maximálně však do doby 40 minut od započetí odtoku. V rámci monitoringu byly zachyceny dle zadání 3 srážky, které vedly k odtoku do dešťové kanalizace.



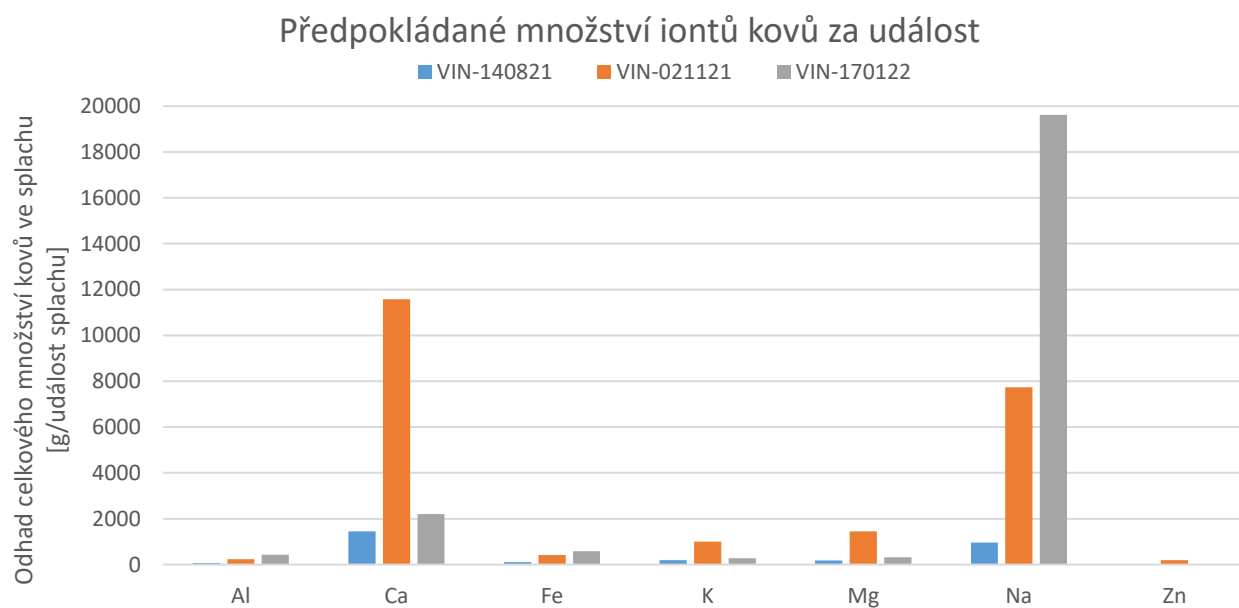
Obr. 56 Objemy splachů během vzorkování a během události

Monitoring znečištění pokrývá období léta až zimy, což je projevilo i na výsledcích analýz. Ve vodách splachu se nejvíce objevují kovy sodík (Na) a vápník (Ca). Další nalezené kovy se převážně nacházejí v koncentracích kolem 1 mg/l. Z rozborů je rovněž patrné zatížení sodíkem (z posypové soli) v zimním období a jeho porovnání s obdobím, kde nedochází k solení vozovek. Z nejtoxičtějších iontů kovů uvedených v kapitole 6.4 se v odebraných vzorcích vyskytly chrom (max. 0,065 mg/l) a olovo (max. 0,032 mg/l).

Rovněž v zimním období bylo detekováno zvýšené množství polycyklických aromatických uhlovodíků oproti teplejším obdobím. V zimním období dochází k horší efektivitě spalování konvenčních spalovacích motorů aut a tím i ke zvýšení produktů nedokonalého spalování, které byly nalezeny viz Obr. 59.

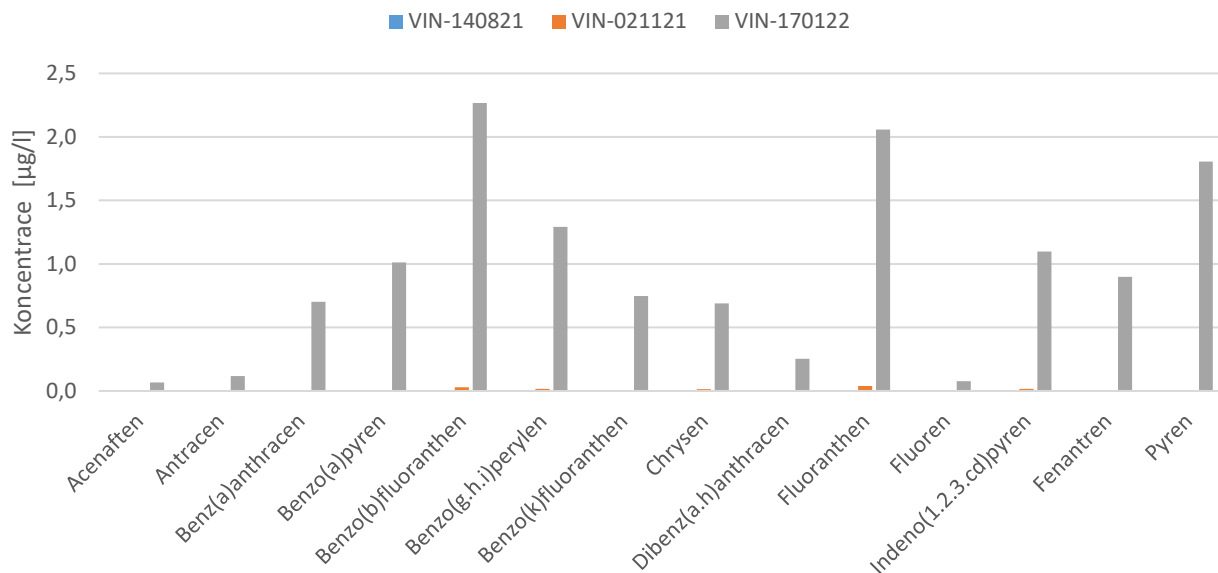


Obr. 57 Koncentrace iontů kovů během doby vzorkování



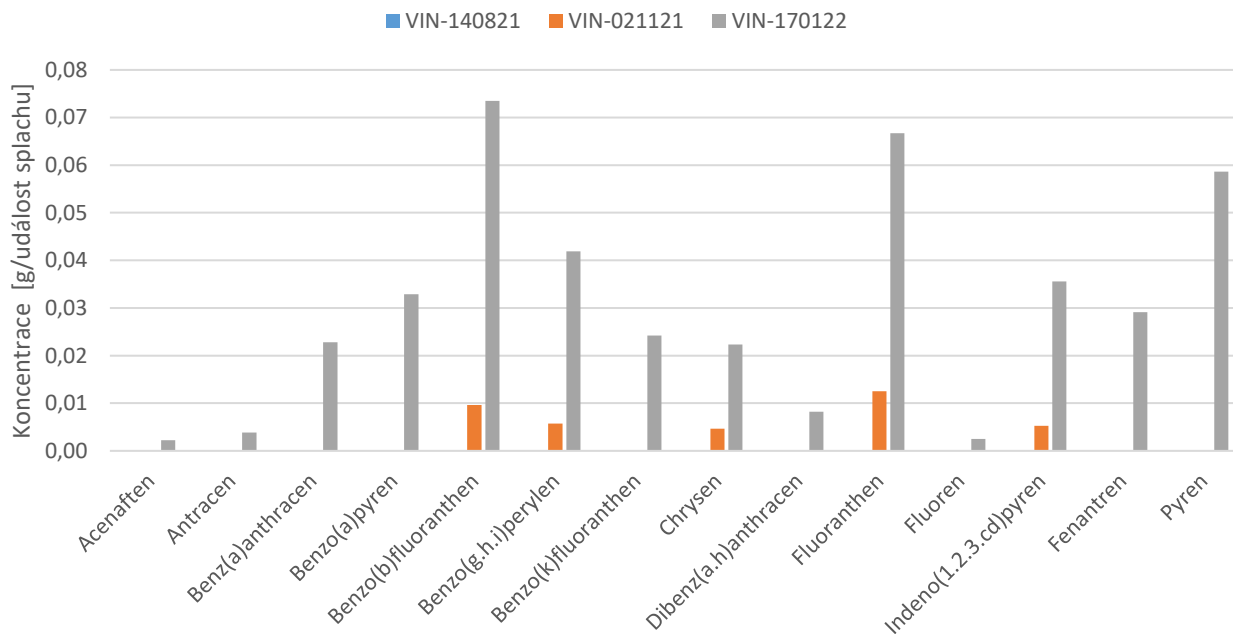
Obr. 58 Odhad celkového množství iontů kovů ve splachu za událost

Koncentrace PAU a PCB během události



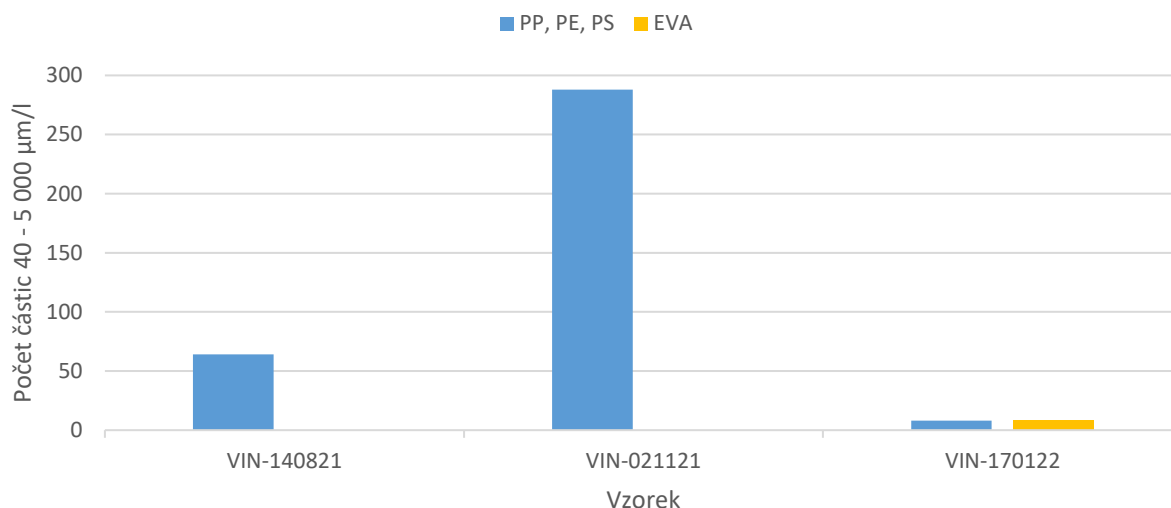
Obr. 59 Koncentrace PAU a PCB během doby vzorkování

Předpokládané množství PAU a PCB za událost



Obr. 60 Odhad celkového množství PAU a PCB ve splachu za událost

Počet mikroplastů v povrchovém splachu lokality Vinohrady

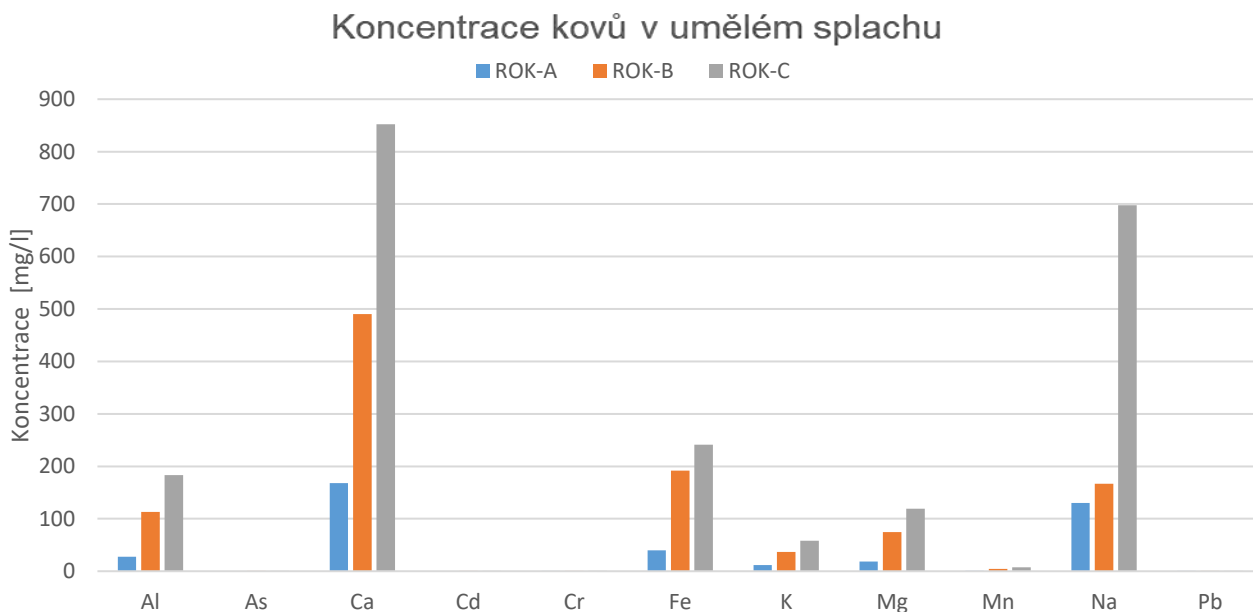


Obr. 61 Počet mikroplastů v povrchovém splachu lokality Vinohrady

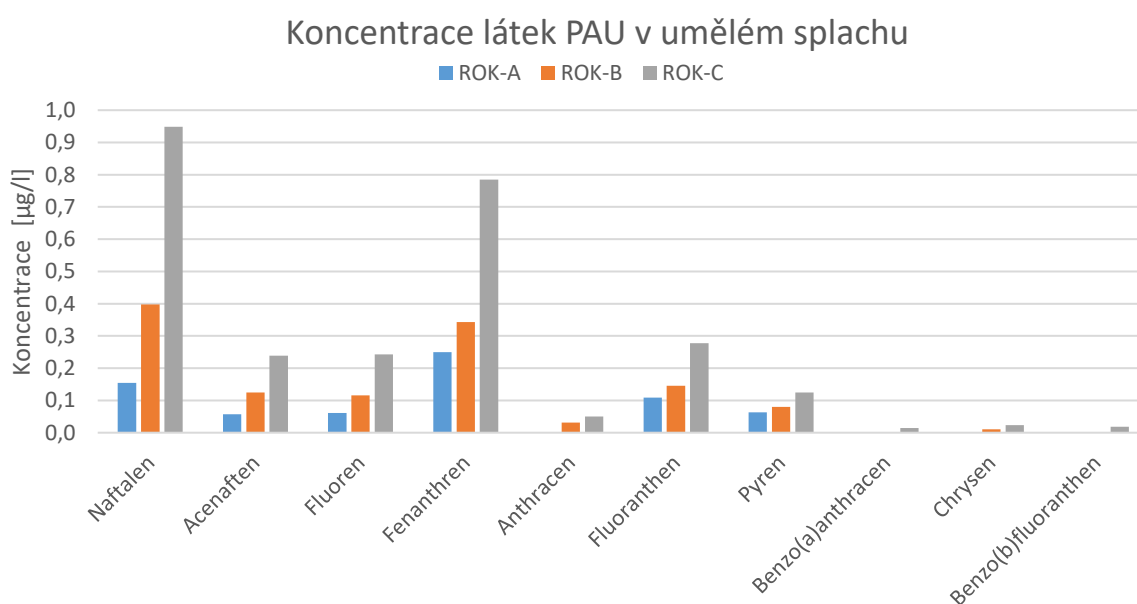
9.3.2 Splach z frekventované komunikace na ul. Rokytova

Monitoring znečištění splachu na ulici Rokytova byl vykonán jednorázově pomocí kropícího vozu dne 2.3.2022. Ulice Rokytova je svažité s velkým sklonem a zatížena intenzivní automobilovou dopravou. Jednotlivé profily jsou koncipovány tak, že povodí vzorku ROK-A je umístěno nejvýše a povodí vzorku ROK-C nejnižší. Výškové uspořádání jednotlivých bodů odběru je patrné i v analyzovaných vzorcích, kde byla pozorována akumulace znečištění v nižších místech odběru.

V analyzovaných vzorcích byly tak jako na lokalitě Vinohrady nejčastěji nalezeny prvky vápník a sodík. Ve větších množstvích se zde nachází i železo, hliník, hořčík a draslík. Z nejtoxičtějších iontů kovů uvedených v kapitole 6.4 pak byly nalezeny arsen (max. 0,057 mg/l), kadmium (max. 0,004 mg/l), chrom (max. 0,734 mg/l) a olovo (max. 0,332 mg/l). Koncentrace látek PAU zhruba odpovídají koncentracím naměřených v lokalitě Vinohrady v zimním období.



Obr. 62 Koncentrace iontů kovů v povrchovém splachu na ulici Rokytova



Obr. 63 Koncentrace látek PAU v povrchovém splachu na ulici Rokytova

10 Shrnutí výsledků a závěr

Dlouhodobý monitoring skupin mikropolutantů v pitných a odpadních vodách potvrdil, že výskyt nepřírodních látek není ojedinělý a s pomocí novodobých detekčních metod jsme schopni je rozpoznat a kvantifikovat i ve velmi nízkých koncentracích. Jejich výskyt prakticky ve všech druzích životního prostředí je potvrzen mnohými vědeckými studiemi a potvrzuje to i tento projekt. Je možné se domnívat, že s ještě vyspělejšími metodami detekce budeme schopni detekovat látky, které se v životním prostředí nachází v ještě nižších dávkách (pg-ng/l).

Avšak pouhá detekce těchto látek nutně neznamená přímé ohrožení vystaveného organismu, protože o toxicitě a nežádoucích účincích rozhoduje zejména dávka a expozice [23]. Stanovení koncentračních limitů, které negativně neovlivní vodní organismy nebo člověka, pro jednotlivé látky je velmi náročný úkol z důvodu multifaktoriálních vlivů. Mezi vlivy na určení toxicity jednotlivých látek patří kupříkladu citlivost organismu (na člověka, na vodní organismus atd.), synergický efekt jednotlivých mikropolutantů v matrici nebo délka expozice.

V rámci budoucího řešení snížení těchto látek v pitných a vyčištěných odpadních vodách je potřeba, aby byly na základě monitoringů mikropolutantů ve vodním prostředí a na základě studií ekotoxicity jednotlivých látek, doplněny seznamy sledovaných indikativních látek, jejichž limitní koncentrace budou vyžadovány a které jsou i reálně dosažitelné současnými ověřenými technologiemi.

10.1 Shrnutí výsledků monitoringu pitné vody

Výsledky monitoringu vykazaly nízké zatížení mikropolutantech v pitných vodách určených pro distribuci pro obyvatele města Brna. V analyzovaných vzorcích nebyly v žádném vzorku nalezeny polutanty ze skupin hormonů a narkotik a psychotropních látek nad mezí kvantifikace. Z farmaceutických látek bylo v pitné vodě určené pro distribuci prakticky nalezeno pouze léčivo kofein. V těchto 7 vzorcích byla největší zaznamenaná koncentrace kofeinu 0,045 µg/l. V kontextu je pro dosažení dávky kofeinu jednoho espresa nutno vypít přibližně 1,7 milionů litrů vody.

Skupina pesticidů je jediná skupina sledovaných mikropolutantů, která je ošetřena vyhláškou č.252/2004 Sb. Pro jednotlivé látky pesticidů a jejich relevantních metabolitů je stanoven limit 0,1 µg/l v souhrnu pak tyto látky nemohou překročit koncentraci 0,5 µg/l. Limity pro nerelevantní metabolity jsou stanovovány individuálně. Seznam již posouzených nerelevantních metabolitů pesticidů a jejich limitní hodnoty v pitné vodě jsou uvedeny v [21].

Všechny odebrané a analyzované vzorky pitné vody určené pro distribuci obyvatelům splňovaly tyto limity. Nejčastěji nalezené pesticidní látky ve zdroji podzemní vody Březová nad Svitavou jsou nerelevantní metabolity chloridazon-desphenyl, metazachlor ESA a alachlor ESA. Surová voda z tohoto zdroje již splňuje vyhlášku č.252/2004 a tak nemusí být technologicky dále upravována a je pouze hygienicky zabezpečena.

Úpravna vody ÚV Švařec upravuje povrchovou vodu z vodní nádrže Vír, která ze své povahy nesplňuje všechny parametry pro pitnou vodu. Z tohoto důvodu jsou na ÚV Švařec aplikovány úpravárenské technologie (viz. kapitola 3.2) úpravy surové vody na vodu pitnou, která splňuje parametry vyhlášky pro pitnou vodu (i z hlediska pesticidních látek). Použité úpravárenské technologie, zejména ozonizace s GAU filrací, výrazně redukuje koncentrace pesticidních látek. Ve

výsledném odtoku byly z pesticidních látek identifikovány pouze látky metazachlor ESA a 1,2,4 triazol v koncentracích bezpečně pod požadovanými limity.

Počet nalezených mikroplastů v jednotkách částic v rozmezí velikostí 20 – 5 000 μm odpovídá dosavadním poznatkům z jiných výzkumů řešících problematiku mikroplastů pitných vod. Ze studie [18] vyplývá, že v pitné vodě se významná většina mikroplastů nachází ve velikostech pod 10 μm a částice nad tuto velikost tvoří pouze malý zlomek z celkového počtu mikročástic. Ke zdravotnímu riziku těchto mikročástic se vyjádřil Státní zdravotní ústav, který ve svém stanovisku [19] konstatuje, že SZÚ nepovažuje „tento jev za významný zdravotní problém, protože opravdu dosud (pozn. do 09/2018) neexistují žádné vážné indicie, že by tato expozice představovala pro člověka zdravotní riziko“.

10.2 Shrnutí výsledků monitoringu odpadní vody

Odpadní vody ze své povahy obsahují široké množství znečištění, které má původ ve všech oblastech činností urbanizovaného území jako jsou splašky, odpadní vody z různých druhů průmyslů nebo splachy z ploch intravilánových území. Z tohoto důvodu není překvapivé, že v odpadní vodě byly analyzovány desítky nepřírodních látek v koncentracích nanogramů až mikrogramů na litr. Odpadní vody z urbanizovaných území jsou pro ochranu životního prostředí čištěny na komunálních čistírnách odpadních vod. Minimální úroveň čištění je obecně stanovena nařízením vlády č. 401/2015 Sb., které stanovuje přípustné koncentrace vypouštěného znečištění, popř. minimální procentuální účinnosti odstranění tohoto znečištění. Nařízení vlády stanovuje tyto limity pro organické znečištění (CHSKBSK, NL) a nutrienty (dusík a fosfor). Současná česká legislativa se nezabývá sledováním a odstraňováním látek, které by i v malých koncentracích mohly působit na životní prostředí toxicky. Ve vyspělém světě se v současné době věnuje skupině znečištění mikropolutanty větší a větší pozornost, kdy vznikají studie řešící ekotoxicitu jednotlivých látek, řeší se projekty testování různých technologií pro jejich eliminaci příp. jsou vytvářeny seznamy potenciálních škodlivých látek, kterými je nutno se zabývat. Legislativní nařízení odstraňovat mikropolutanty má již zavedené Švýcarsko, které legislativně požaduje minimální míru (80 %) odstranění vybraných reprezentativních látek mikropolutantů.

Z důvodu, že míra odstranění mikropolutantů na ČOV není v současnosti vyžadována, nejsou technologie použité v procesu čištění uzpůsobené na odstraňování tohoto znečištění, a i dle výsledků této studie se úroveň odstranění pro jednotlivé látky pohybuje v celém spektru od 0 do 99 %. Látky neodbourané v procesu čištění na ČOV jsou vypouštěny do recipientu a životního prostředí, kde mohou potenciálně představovat ekologickou zátěž, a z kterých se tyto látky dál transportují např. do podzemních zdrojů vody.

V provedeném monitoringu odpadních vod byly identifikovány látky ze sledovaných skupin mikropolutantů, které se v odpadních vodách vyskytují v největších množstvích, i skupiny mikropolutantů, které jsou nejvíce rezistentní vůči současně používaným technologiím čištění na ČOV.

Ze sledovaných skupin znečištění se v surové odpadní vodě nejvíce nacházely farmaceutické látky, zejména kofein, paracetamol, iomeprol a gabapentin, jejichž denní množství přitečené na ČOV Brno-Modřice bylo nad 1 kg/den. Tyto látky ale byly v procesu čištění výrazně eliminovány (kofein a

paracetamol prakticky úplně) a tak byly v odtoku ČOV nejvíce zastoupeny látky iomeprol, gabapentin, diclofenak, furosemid. O ekologické zátěži ovšem nerozhoduje pouze koncentrace ale i její vliv na životní prostředí. Ku příkladu antibiotika (v projektu sledovaný sulfamethoxazol nebo ciprofloxacín) se nacházejí v řádově nižších koncentracích, avšak mohou přispívat k vytváření a šíření antibiotické rezistence, a proto nemohou být opomíjeny látky, které tvoří např. desítky procenta skladby mikropolutantů ve vodách.

Očekáváno bylo pozorování o počtech mikroplastů v odpadních vodách, kdy byly v surové vodě nalezeny vyšší počty mikročástic než ve vodě pitné příp. povrchové i přes menší detekční rozsah 40 – 5 000 μm . Tak jako u pitné vody tu lze předpokládat, že částic menších než je detekční limit bude řádově větší množství. V rámci technologie ČOV, zejména zachycením těchto částic v aktivovaném kalu, bylo pozorováno průměrné odstranění mikroplastů o sledované velikosti přibližně na úrovni 85 %. Přítomnost mikroplastů v odtoku z ČOV a zároveň následně v životní prostředí představuje míru rizika zejména pro vodní organizmy, kdy jsou v jejich trávících traktech nebo jiných tkáních tyto částice pravidelně nalézány.

Redukce mikropolutantů v procesu čištění na ČOV je v dnešní době technologicky možná, realizovatelná a pro některé technologie i provozně ověřená. Nejověřenější technologie je oxidace těchto látek pomocí ozonu a následné dočištění na filtrech s granulovaným aktivním uhlím, který je v plném provozu používán na švýcarských ČOV. Za účelem odstranění mikropolutantů jsou rovněž testovány i technologie membránové filtrace (ultrafiltrace, nanofiltrace, reverzní osmóza), sorpční procesy pokročilých materiálů nebo jiné oxidační technologie.

Aplikace těchto technologií by výrazně zvýšila kvalitu výsledného odtoku, z hlediska chemického ale i mikrobiologického, a otevřela by tím i možnost k znovuvyužívání těchto vod např. v obdobích sucha pro zemědělské nebo průmyslové účely a tím vytvořila nový sektor v hospodaření s vodou. Aplikace těchto technologií by ale rovněž znamenala zvýšení nákladů na vyčištění vody, protože by představovala značné investiční a provozní prostředky, které jsou v konečném důsledku přenášeny na spotřebitele ve formě stočného. Proto i v rámci stanovování legislativního rámce pro odstranění mikropolutantů je nutno přihlídnout na závislost míry odstranění a vynaložených nákladů.

11 Bibliografie

- [1] ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška č. 252/2004 Sb.: Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody*. In: . 82/2004.
- [2] Březovské přivaděče. In: *Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.* [online]. Dostupné také z: <https://www.bvk.cz/o-spolecnosti/zasobovani-pitnou-vodou/brezovske-privadece>
- [3] Vodovodní síť. In: *Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.* [online]. Dostupné také z: <https://www.bvk.cz/o-spolecnosti/vodovodni-sit>
- [4] Čistírna odpadních vod Brno - Modřice. In: *Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.* [online]. Dostupné také z: <https://www.bvk.cz/o-spolecnosti/odvadeni-a-cisteni-odpadnich-vod/cov-brno-modrice>
- [5] *COMMISSION IMPLEMENTING DECISION (EU) 2018/840 of 5 June 2018 establishing a watch list of substances for Union-wide monitoring in the field of water policy pursuant to Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council and repealing Commission Implementing Decision (EU) 2015/495*. In: .
- [6] *Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2020*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2021. ISBN 978-80-7434-626-2.
- [7] DVORŽÁKOVÁ, Miluše. *Fakta o pesticidech, aneb, Co o nich asi nevíte...* Praha: Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny, 2020. ISBN 978-80-88019-42-8.
- [8] STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. *Metodické doporučení SZÚ – Národního referenčního centra pro pitnou vodu pro hodnocení relevantnosti metabolitů pesticidů v pitné vodě*. 2014. Dostupné také z: http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/Methodicke_doporuceni_NRC_relevance_pesticidu.pdf
- [9] ČESKÁ REPUBLIKA. *Nářízení vlády č. 401/2015 Sb.: Nářízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech*. In: . 166/2015.
- [10] *Zpráva o životním prostředí České republiky 2020*. Praha: Česká informační agentura životního prostředí, 2021. ISBN 978-80-7674-028-0. Dostupné také z: <https://www.cenia.cz/publikace/zpravy-o-zp/>
- [11] *Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAHs)* [online]. Arnika. Dostupné také z: <https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/polycyklicke-aromaticke-uhlovodiky-pahs>
- [12] *Polychlorované bifenyly (PCB)* [online]. Arnika. Dostupné také z: <https://arnika.org/polychlorovane-bifenyly-pcb>
- [13] TCHOUNWOU, Paul, Clement YEDJOU, Anita PATLOLLA a Dwayne SUTTON. Heavy Metal Toxicity and the Environment. *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology*. Basel: Springer Basel, 2012, 133-164. Experientia Supplementum. ISBN 978-3-7643-8339-8. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-7643-8340-4_6
- [14] *Olovo a další těžké kovy* [online]. Arnika [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://arnika.org/toxicke-latky/nase-temata/toxicke-latky/olovo-a-dalsi-tezke-kovy>

- [15] *Alkylfenoly* [online]. Arnika. Dostupné také z: <https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/alkylfenoly>
- [16] PROCHÁZKOVÁ, Lenka, Zuzana LOŠŤÁKOVÁ, Dušan KOSOUR, Rodan GERIŠ, Dagmar JAHODOVÁ a Vladimír HUSÁK. *Souhrnná zpráva o vývoji jakosti povrchových vod v povodí Moravy ve dvouletí 2019–2020*. Brno: Povodí Moravy, s.p., 2021. Dostupné také z: <http://www.pmo.cz/download/souhrnna-zprava-2019-20-internet.pdf>
- [17] LIM, XiaoZhi. Microplastics are everywhere — but are they harmful?. *Nature*. 2021, **593**(7857), 22-25. ISSN 0028-0836. Dostupné z: doi:10.1038/d41586-021-01143-3
- [18] PIVOKONSKY, Martin, Lenka CERMAKOVA, Katerina NOVOTNA, Petra PEER, Tomas CAJTHAML a Vaclav JANDA. Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. *Science of The Total Environment*. 2018, **643**, 1644-1651. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2018.08.102
- [19] STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. *Stanovisko Státního zdravotního ústavu – Národního referenčního centra pro pitnou vodu ke zprávě o výskytu mikroplastů v pitné vodě a jeho zdravotním riziku*. Státní zdravotní ústav, 2018. Dostupné také z: http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/Stanovisko_NRC_mikroplasty_v_pitne_vode.pdf
- [20] *Jak silné je espresso?* [online]. dTest, o.p.s. Dostupné také z: <https://spotrebitele.dtest.cz/clanek-6400/jak-silne-je-espresso>
- [21] *Seznam posouzených nerelevantních metabolitů pesticidů a jejich doporučené limitní hodnoty v pitné vodě* [online]. Ministerstvo zdravotnictví České republiky. Dostupné také z: <https://www.mzcr.cz/seznam-posouzenych-nerelevantnich-metabolitu-pesticidu-a-jejich-doporucene-limitni-hodnoty-v-pitne-vode/>
- [22] *Vše o drogách.cz: Pervitin – metamfetamin* [online]. Dostupné také z: <https://vseodrogach.cz/stimulanty/meth/>
- [23] KOŽÍŠEK, František. *Má Česká republika skutečně měkké a zastaralé normy na pitnou vodu?: Stanovisko Státního zdravotního ústavu - Národního referenčního centra pro pitnou vodu k "expertnímu" stanovisku Akademie věd ČR č. 2/2019 (Pitná voda - je a bude?)*. Státní zdravotní ústav, 2019.