

NAKLÁDÁNÍ S ODPADNÍMI VODAMI ZE ZDRAVOTNICKÝCH ZAŘÍZENÍ V ČR

Lada Stejskalová, Jiří Kučera, Matěj Kožíšek, Miroslav Váňa

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce, Podbabská 2582/30,
160 00 Praha 6, Česká republika

Abstrakt

Odpadní vody ze zdravotnických zařízení mohou představovat zdravotní rizika, proto se jim věnuje samostatná norma ČSN 75 6406, naposledy aktualizovaná v roce 2020. Dotazníkové šetření k nakládání s odpadními vodami ze zdravotnických zařízení provedené v roce 2023 ukázalo, že odpadním vodám z těchto zařízení není věnována výrazně zvýšená pozornost. Technologie, které by teoreticky mohly zabránit vypouštění farmak, využívá jen malá část zařízení. Uvedená norma se zabývá i možnostmi kvartérního čištění odpadních vod. Z tohoto důvodu bylo ověřováno, zda zdravotnická zařízení představují „hotspot“, tedy významný zdroj léčiv v městských odpadních vodách, které má význam čistit samostatně. Některé látky se v těchto vodách vyskytují v násobně vyšších koncentracích, většina je však na obvyklé úrovni a v konkrétní lokalitě byla zjištěna i léčiva, jejichž významnějším zdrojem jsou „běžné“ odpadní vody.

Klíčová slova

Odpadní vody, léčiva, hotspot, nemocnice, zdravotnická zařízení

Úvod

Odpadní vody vznikající ve zdravotnických zařízeních mají charakter splaškových odpadních vod, avšak se zvýšenými zdravotními riziky. Proto může být nutné zvláštní nakládání s některými proudy těchto vod. To se týká odpadních vod ze zubařských ordinací s možnou kontaminací rtuť, radioaktivních vod z některých vyšetření a především odpadních vod z infekčních oddělení se zvýšeným rizikem uvolnění nebezpečných patogenů do životního prostředí. Řešením je odstraňování amalgamu rovnou v zubařských křeslech a samostatné odvádění a čištění radioaktivních a infekčních odpadních vod. Z důvodu omezení rizika vzniku závažných chlorovaných organických látek je velmi žádoucí dezinfikovat jen vyčištěné odpadní vody, proto u zařízení, která jsou zdrojem těchto vod, bývají vybudovány samostatné mechanicko-biologické ČOV zakončené dezinfekcí.

V roce 2020 vyšlo nové vydání české technické normy ČSN 75 6406 Nakládání s vodami ze zdravotnických zařízení vypouštěnými do stokové sítě pro veřejnou potřebu. Norma kromě obecného popisu doporučených (nikoli závazných) technologií pro předčištění odpadních vod před vypouštěním do kanalizace pro veřejnou potřebu obsahuje i informace o odstraňování léčiv a podobných látek.

Příkladem zatím ojedinělé realizace kvartérního čištění nemocničních vod v ČR je přestavba ČOV ve Fakultní Thomayerově nemocnici v Praze [1]. Modernizace ČOV spočívala v zavedení mikrofiltrace přes mikrosítový bubnový filtr, následné ozonizace a sorpce na granulovaném aktivním uhlí. Vyčištěná odpadní voda je pak vedena do jímacího objektu a poté odtokovou kanalizací přes chloraci do veřejné kanalizace. Hlavním cílem modernizace bylo snížení koncentrace mikropolutantů minimálně o 90 %.

V souvislosti s požadavkem připravované revize evropské směrnice o čištění městských odpadních vod na zavedení kvartérního čištění k odstraňování mikropolutantů (především léčiv a prostředků osobní péče – PPCPs) z městských odpadních vod se stává zajímavou otázkou, zda odpadní vody ze zdravotnických zařízení tvoří významný zdroj těchto látek v přítoku městských ČOV a zda je účelné tyto látky odstraňovat před vypouštěním do veřejné kanalizace. Léčiva se do odpadních vod dostávají především vylučováním z těl jejich uživatelů, což je ale významná část populace. Užívání většiny léčiv není vázáno na pobyt v nemocnici. Zvýšenou spotřebu léků však lze předpokládat např. v domovech pro seniory.

Článek shrnuje zjištění k nakládání s odpadními vodami ze zdravotnických zařízení, mezi něž jsou zařazeny kromě nemocnic i domovy pro seniory a ústavy pro osoby s mentálním postižením.

Metodika

Důležitým východiskem pro hodnocení vlivu odpadních vod ze zdravotnických zařízení na kvalitu městských odpadních vod je znalost skutečného stavu nakládání s odpadními vodami v různých typech ústavů zdravotní a sociální péče v České republice. Z toho důvodu proběhl v roce 2023 výzkum pomocí anonymního dotazníku zaměřený na tři druhy zdravotnických zařízení, a to nemocnice, ústavy sociální péče pro osoby s mentálním postižením a domovy pro seniory.

Otázky v dotazníku byly rozděleny do čtyř tematických sekcí:

- i) údaje o produkovaných odpadních vodách (druh; způsob odvádění; dezinfekce)
- ii) údaje o ČOV (technologie; produkce odpadních vod; rok uvedení do provozu; rekonstrukce/intenzifikace; podmínky uložení kanalizačním řádem - parametry, četnost sledování)
- iii) způsob nakládání s inkontinenčními pomůckami a sáčky na moč (používání a způsoby jejich likvidace)
- iv) bližší charakteristika zdravotnického zařízení (název; kraj; velikostní kategorie obce; základní popis péče; počet lůžek včetně jejich průměrné obsazenosti).

K hodnocení významnosti odpadních vod ze zdravotnických zařízení jako zdroje PPCPs v městských odpadních vodách byl využit starší soubor dat o koncentracích mikropolutantů v přítocích 11 různě velkých komunálních ČOV v povodí vodárenské nádrže Švihov (Želivka). Do tří z těchto ČOV jsou v rámci kanalizační sítě napojeny domovy pro seniory a do největší ČOV Pelhřimov rovněž okresní nemocnice. V Pelhřimově byly kromě přítoku do ČOV sledovány také odpadní vody z městské sítě nad napojením nemocnice a domova pro seniory, odpadní vody z nemocnice a odpadní vody z domova pro seniory. Soubor, získaný v projektu řešeném v letech 2017–2019, obsahuje výsledky celkem 75 vzorků (24-hod. měření). Pro každé vzorkovací místo byly k dispozici výsledky tří až sedmi 24hodinových směsných vzorků vzniklých sléváním dílčích vzorků odebíraných po 15 minutách. Ve všech vzorcích bylo stanovováno 56 látek, v později odebíraných vzorcích bylo zjišťováno dalších 46 látek. Řada výsledků jednotlivých látek byla pod mezí stanovitelnosti. Výsledky projektu byly publikovány v článku [2], avšak nyní byla data vyhodnocena novým způsobem.

Koncentrace látek jsou ovlivněny celkovým ředěním odpadních vod (zejména podílem balastních vod v kanalizaci). Odpadní vody z pelhřimovské nemocnice zahrnovaly i vody ze souvisejících provozů, zejména prádelny. V odpadních vodách z pelhřimovského domova pro seniory tvořily nezanedbatelný podíl odpadní vody z kuchyně (při vzorkování byly pozorovány i zbytky jídel). Přesnější hodnocení významnosti nemocnic a domovů pro seniory jako zdroje farmak by přineslo bilancování produkce farmak na připojeného obyvatele. K tomu však nejsou k dispozici dostatečné údaje o průtocích ve všech proudech odpadních vod.

Ze souboru dat byly vypočteny průměry, mediány, minima, maxima a počty výsledků nad mezí stanovitelnosti, a to pro všechny výsledky, pro kanalizaci z nemocnice, pro kanalizaci z domova pro seniory, pro pelhřimovskou kanalizaci nad zaústěním přípojek z nemocnice a z domova pro seniory a pro přítok do ČOV Pelhřimov. Data pod mezí stanovitelnosti nebyla zahrnuta do výpočtu, dostatečný počet výsledků nad mezí stanovitelnosti byl k dispozici u 77 ukazatelů. V tomto příspěvku jsou prezentována jen data vycházející z průměrů a z maxim, ale vyhodnocení mediánů poskytovalo výsledky velmi podobné vyhodnocení průměrů.

V návaznosti na zjištění z dotazníku k nakládání s odpadními vodami ze zdravotnických zařízení byl v červnu 2024 proveden průzkum ČOV u tří fakultních nemocnic v různých městech. Na místě byly odebrány dvouhodinové směsné vzorky přítoku a odtoku. Ve vzorcích bylo provedeno stanovení základních chemických ukazatelů a dále stanovení vybraných mikropolutantů metodou kapalinové chromatografie s hmotnostní detekcí Agilent 6470 Triple Quadrupole LC-MS System. Cílem bylo získat další data o výskytu PPCPs v nemocničních odpadních vodách.

Zhodnocení relevance/významnosti jednotlivých mikropolutantů vypouštěných z nemocničních ČOV do kanalizační sítě bylo provedeno za použití nástroje šedá vodní stopa (Grey water footprint, GWF), dle Water Footprint Assessment manuálu [3]. V souladu s postupem popsaným Martínez-Alcalá [4] byla GWF mikropolutantů (jednotkového objemu) vyjádřena dle vzorce [5]:

$$GWF_i = \frac{\frac{L_i}{c_{\max,i} - c_{\text{nat},i}}}{Q} = \frac{\frac{c_i \times Q}{PNEC_i - 0}}{Q} = \frac{c_i}{PNEC_i} \quad [l/l]$$

kde:	GWF _i	šedá vodní stopa látky <i>i</i>
	L _i	množství vypouštěné látky <i>i</i>
	c _{max,i}	maximální povolená koncentrace látky <i>i</i> ve vodním prostředí (stanovený environmentální práh)
	c _{nat,i}	přírozená koncentrace látky <i>i</i> ve vodním prostředí; pro antropogenní látky = 0
	c _i	koncentrace látky <i>i</i> v odpadních vodách
	Q	průtok vypouštěné odpadní vody; při stanovení GWF jednotkového objemu je uvažováno Q = 1
	PNEC _i	koncentrace látky <i>i</i> , pod kterou není předpokládán žádný nepříznivý účinek expozice v ekosystému

Vyhodnocení dotazníkové akce

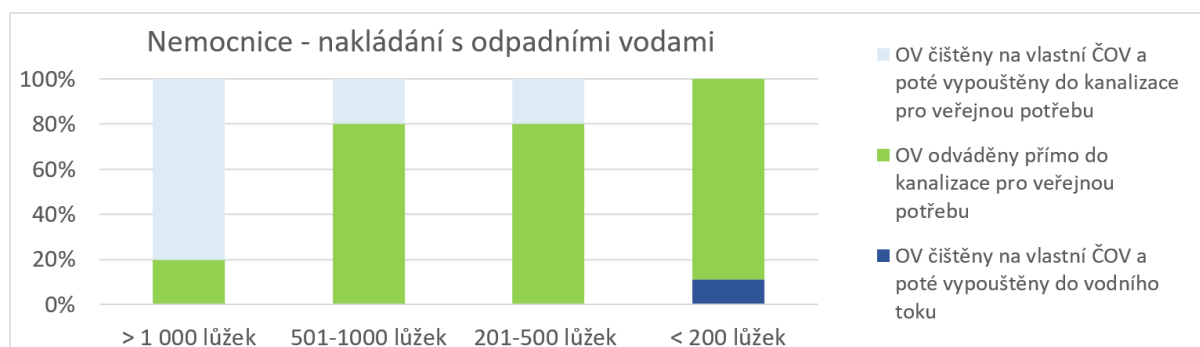
Z celkem 399 odeslaných dotazníků jsme obdrželi 54 odpovědi, a to 29 z nemocnic, 9 z ústavů pro osoby s mentálním postižením a 16 z domovů pro seniory. Návratnost dotazníků 13,5 % odpovídá běžné zkušenosti.

Nemocnice

Údaje byly získány z nemocnic ze všech krajů ČR, vyjma Karlovarského. Vzhledem k tomu, že se jednalo o nemocnice různé velikosti, byla zařízení rozdělena dle počtu lůžek do čtyř velikostních kategorií:

- A s kapacitou větší než 1 000 lůžek (průměrná obsazenost lůžek 78 %) n = 5
- B s kapacitou 501–1 000 lůžek (průměrná obsazenost lůžek 81 %) n = 5
- C s kapacitou 201–500 lůžek (průměrná obsazenost lůžek 79 %) n = 10
- D s kapacitou nižší než 200 lůžek (průměrná obsazenost lůžek 90 %) n = 9

Vlastní ČOV disponuje téměř polovina dotázaných zařízení. U zařízení s 1 000 a více lůžky se jedná o mechanicko-biologické ČOV, někdy vybavené dalším stupněm čištění. U středních a menších zařízení je situace velmi individuální, nezávislá na velikosti nemocnice. Dvě zařízení z velikostní kategorie B disponují pouze mechanickým stupněm čištění (česle). Vybavenost nemocnic vlastní ČOV je vyobrazena na Obr. 1.



Obr. 1: Nakládání s odpadními vodami z nemocnic dle jejich velikosti

Ve standardním provozu velkých nemocnic (kategorie A) jsou na nemocniční ČOV odváděny pouze infekční odpadní vody. Odpadní vody z neinfekčních oddělení jsou vedeny přímo do veřejné kanalizace. U středních a malých nemocnic (kategorie B a C) mají kanalizaci pro infekční odpadní vody zhruba v polovině dotázaných případů. Ohledně produkce radioaktivních odpadních vod odpověděly pozitivně pouze dvě nemocnice z kategorie A. Radioaktivní odpadní vody zavádějí do vymíracích nádrží. Radiofarmaka mají nízký poločas rozpadu a radioaktivita prostým stáním v nádrži klesá. Po snížení radioaktivity pod stanovenou mez je voda bez dalšího čištění odváděna do kanalizace pro veřejnou potřebu.

Dezinfekce splaškových odpadních vod před vypouštěním z areálu standardně prováděná není. U infekčních odpadních vod je prováděna vždy, a to nejčastěji za použití chloru, oxidu chloričitého nebo chlornanu sodného. Inkontinenční pomůcky používají, vyjma jednoho, všechna zařízení. Zhruba ve třetině zařízení jsou likvidovány přímo v místě jejich vzniku – ve vlastní spalovně nebezpečných odpadů či za pomoci speciálních dekontaminačních jednotek. V ostatních případech jsou inkontinenční pomůcky předávány oprávněné osobě k odborné likvidaci dle zákona o odpadech.

Sáčky na moč používají ve třech čtvrtinách dotázaných zařízení. Nejčastější způsob likvidace obsahu sáčků s močí je prosté vylití do výlevky či záchodu.

Ústavy pro osoby s duševním onemocněním

V těchto zařízeních, určených obvykle pro 50 až 100 klientů (s průměrnou obsazeností 96 %), jsou produkovány jen splaškové odpadní vody. Ty jsou ve 2/3 případů odváděny přímo do kanalizace pro veřejnou potřebu. Třetina dotázaných zařízení disponuje vlastní mechanicko-biologickou (aktivační) ČOV (je tomu tak spíše z důvodu nemožnosti připojení areálu na veřejnou kanalizaci než kvůli potřebě čistit vody samostatně). Vyčištěné odpadní vody nejsou před vypouštěním z areálu dezinfikovány.

Výjimku ze spektra dotázaných tvoří zařízení s kapacitou 1 040 lůžek, které má kanalizační větev splaškovou i infekční. Splaškové odpadní vody jsou odváděny přímo do kanalizace pro veřejnou potřebu. Odpadní vody z infekční větve jsou před vypouštěním do kanalizace dezinfikovány chlordioxidem.

Inkontinenční pomůcky, s výjimkou jednoho zařízení, používají všude. Nakládání s nimi je rozmanité a zahrnuje celou škálu možností. Nejčastěji jsou ukládány do černých igelitových pytlů a předávány oprávněné osobě k likvidaci jako nebezpečný odpad nebo likvidovány in-situ hygienizací v dekontaminačním přístroji a následně předávány oprávněné osobě jako ostatní odpad.

Sáčky na moč v těchto zařízeních ve velikostní kategorii do 100 klientů používány nejsou. Ve velkých zařízeních ano, obsah sáčků je pak vyléván do záchodu.

Domovy pro seniory

Údaje byly získány z domovů pro seniory ze všech krajů ČR. Průměrný počet lůžek v zařízení je 161 (v obvyklém rozmezí od 100 do 260). Průměrná obsazenost lůžek je 98 %.

Produkovány jsou pouze splaškové odpadní vody, odváděné přímo do kanalizace pro veřejnou potřebu. Výjimkou bylo jedno zařízení, které disponuje vlastní mechanicko-biologickou aktivační ČOV s výústí přímo do recipientu. Odpadní vody nejsou před vypouštěním z areálu dezinfikovány, s výjimkou jednoho, kde je prováděna dezinfekce chloraminem.

Na dotaz, zda jsou v zařízení používány inkontinenční pomůcky, odpověděla všechna zařízení kladně. Co se týče jejich likvidace, ve 25 % případů nelikvidují inkontinenční pomůcky v místě vzniku, ale mají smlouvu s firmou na jejich odvoz a odbornou likvidaci (obvykle odvoz na spalovnu). V 75 % případů se inkontinenční pomůcky likvidují in-situ, a to nejčastěji dekontaminací v přístroji Vacumet, kdy výsledkem procesu *dezinfekce-vakuumprese-zatavení-dezinfekce vnější* vzniká odpad, který již lze zařadit do kategorie 180104, tedy na jehož sběr a odstraňování nejsou kladeny zvláštní požadavky s ohledem na prevenci infekce.

Sáčky na moč v domech pro seniory standardně používají (v 15 z 16 dotázaných zařízení). Ve většině případů (87 %) je obsah sáčku vyléván do záchodu. Minoritně byly zmíněny i jiné způsoby likvidace, jako například vylévání do speciální láhve, která se i s obsahem vkládá do mycího a dezinfekčního zařízení (Meiko) nebo do speciální nádoby periodicky vyvážené oprávněným subjektem.

Představují zdravotnická zařízení tzv. HOTSPOTS?

V tabulce 1 jsou shrnuty výsledky z projektu v povodí vodárenské nádrže Švihov pro některé látky, u nichž byl zjištěn velký rozdíl mezi jednotlivými zdroji odpadních vod v rámci pelhřimovské kanalizace.

Tab. 1. Koncentrace vybraných mikropolutantů v odpadních vodách v Pelhřimově a srovnání s hodnotami ze všech sledovaných ČOV.

Ukazatel	Průměr (ng/l)				Maximum (ng/l)			
	Nem	Sen	ČOV	Vše	Nem	Sen	ČOV	Vše
Karbamazepin	355	8 196	442	2 922	736	22 400	631	51 000
Ibuprofen	10 186	34 357	11 067	14 166	16 500	56 500	16 000	56 500
Diklofenak	3 024	7 588	1 486	2 505	9 500	37 000	2 400	37 000
Iopromid	605	366	3 617	1 195	740	890	14 000	14 000
Metoprolol	2 161	12 513	1 171	2 498	2 900	28 800	1 600	28 800
Gabapentin	40 286	316 857	10 054	44 610	86 100	511 000	13 300	511 000
Sulfamethoxazol	2 173	6 846	301	2 339	4 760	16 000	430	31 900
Trimethoprim	2 143	2 221	190	916	8 560	4 900	240	8 560
Ketoprofen	2 492	1 363	212	2 498	6 670	5 600	400	6 670
Roxithromycin	1 260	< 10	32	113	1 260	< 10	49	1 260
Benzotriazol	117 367	2 580	7 323	16 215	154 000	5 370	8 440	154 000

Nem – odtok z pelhřimovské nemocnice do veřejné kanalizace

Sen – odtok z pelhřimovského domova pro seniory do veřejné kanalizace

ČOV – přítok do ČOV Pelhřimov

Vše – všechny sledované přítoky do ČOV v povodí (vč. odpadní vody v pelhřimovské kanalizaci)

Koncentrace mikropolutantů v odpadních vodách v Pelhřimově neovlivněných vodami z domova pro seniory a z nemocnice jsou obvykle nižší oproti koncentracím v přítoku do ČOV. Průměry se nejčastěji pohybují na úrovni 50 až 80 %, výjimečně jsou do dvojnásobku. U maxim je rozptyl o něco větší. Významnost odpadních vod z nemocnice a z domova pro seniory jako zdroje mikropolutantů v přítoku do ČOV shrnuje tabulka 2. V tabulce 3 je provedeno obdobné srovnání oproti průměrným hodnotám z celého souboru dat, menší počet látek umožňuje jejich vyjmenování.

Tab. 2. Počet látek se zvýšenými koncentracemi v odpadních vodách z nemocnice a z domova pro seniory oproti celkovému přítoku do ČOV Pelhřimov (z celkového počtu 77 látek)

Násobky	Nemocnice		Domov pro seniory	
	Průměry	Maxima	Průměry	Maxima
Více než 100×	11	12	27	29
50× až 100×	6	12	10	10

Tab. 3. Přehled látek se zvýšenými průměrnými koncentracemi v odpadních vodách z nemocnice a z domova pro seniory oproti hodnotám z celého souboru dat (z celkového počtu 77 látek)

Násobky	Nemocnice	Domov pro seniory
Více než 100×	Roxithromycin	–
50× až 100×	Iohexol; Clindamycin; Iomeprol; Phenazone; Benzotriazol	Metoprolol; Furosemide; Chloramphenicol; Gabapentin; Sertraline; Citalopram; Mirtazapine; Primidone; Climbazole

Srovnání průměrných a maximálních koncentrací z nemocnice a z domova pro seniory s hodnotami z celého souboru dat přináší poněkud odlišný pohled oproti srovnání vůči přítoku do ČOV Pelhřimov. Ukazuje se, že v jiných lokalitách byly obvyklé koncentrace vyšší oproti pelhřimovské kanalizaci neovlivněné vypouštěním z nemocnice a domova pro seniory, a počet významných odchylek je tak mnohem nižší oproti porovnání pouze v rámci Pelhřimova.

Kromě látek, které se v odpadních vodách z nemocnice a z domova pro seniory vyskytují v násobně vyšších koncentracích oproti „běžným“ splaškovým vodám, byla u některých jiných látek zjištěna situace zcela opačná a koncentrace v odtocích z nemocnice a z domova pro seniory byly významně nižší oproti hodnotám zjištěným jinde. Výjimečné nejsou hodnoty na úrovni čtvrtiny až poloviny celkového průměru. Nejnížší hodnoty (např. v odpadních vodách z nemocnice 5 % u Atorvastinu, používaného ke snížení cholesterolu, prevence srdečních onemocnění, včetně infarktu a mrtvice, a 6 % u antimykotika Climbazolu však byly zjištěny u ukazatelů s menším počtem stanovení a s malým počtem výsledků nad mezí stanovitelnosti, což mohlo ovlivnit hodnocení.

Z pohledu maximálních koncentrací vyznívá situace poměrně jednoznačně. Z uvedených 77 ukazatelů byla nejvyšší hodnota zjištěna v odtoku z nemocnice ve 13 případech a v odtoku z domova důchodců dokonce u 38 látek, tedy u poloviny. Specifický je karbamazepin, jehož koncentrace byly v přítoku do ČOV Lidmaň (s domovem pro seniory) dvaceti- až stonásobně vyšší oproti jiným lokalitám a dvakrát až desetkrát vyšší oproti odpadním vodám z pelhřimovského domova pro seniory.

Zhodnocení průzkumu tří ČOV fakultních nemocnic

Hodnocené ČOV ve třech fakultních nemocnicích byly vybudovány pro infekční odpadní vody, avšak úspěšnost oddělení infekčních vod závisí na provedení kanalizační sítě v areálu. Do některých sledovaných ČOV jsou přiváděny nejen infekční vody, ale také běžné splaškové vody či dokonce dešťové vody.

Obvykle proto probíhá běžné mechanicko-biologické čištění následované dezinfekcí, zpravidla chlorací. Dvě ze sledovaných ČOV používají v biologickém stupni aktivaci, ve třetí ČOV měl sloužit k čištění OV nefunkční skrápěný biofiltr. Vyčištěné odpadní vody jsou vypouštěny do kanalizace pro veřejnou potřebu.

Přebytečný kal je ve dvou ze sledovaných ČOV stabilizován párou a poté vypouštěn do kanalizace a v jednom případě je dlouhodobě skladován a poté, po odvodnění, používán jako zemina pro terénní úpravy.

V odebraných vzorcích bylo analyzováno 54 mikropolutantů, zejména léčiv. S vysokou účinností, standardně přesahující 85 %, byly ve všech ČOV odstraněny Acetaminofen (Paracetamol), Ibuprofen, Kofein a jeho metabolit Paraxantin. Vysokých účinností dosahovaly čistírny i v odstranění Naproxenu (NSAID) a salicylové kyseliny. Naopak, nejnižší účinnosti, pod 20 %, byly na všech ČOV zaznamenány v odstraňování Karbamazepinu, jeho metabolitu Karbamazepin 10,11-epoxid, dále antimykotika Fluconazole a repelentu DEET. Tato zjištění odpovídají běžně publikovaným údajům o odstranitelnosti jednotlivých látek biologickým čištěním.

Koncentrace ze vzorků z fakultních nemocnic byly porovnány s koncentracemi ze souboru dat z povodí vodní nádrže Švihov. Ve většině případů byly zjištěny koncentrace na úrovni běžných hodnot v přítocích do ČOV. Výrazně vyčnívá antibiotikum Sulfanilamide s hodnotami v intervalu 1 500 až 6 000 ng/l, který byl v odpadních vodách v povodí vodní nádrže Švihov obvykle pod mezí stanovitelnosti 50 ng/l a nejvyšší hodnota dosáhla 140 ng/l. Koncentrace antibiotika Trimethoprimu ve dvou fakultních nemocnicích byly o dva řády vyšší oproti „běžným“ odpadním vodám a asi 10× vyšší oproti pelhřimovské nemocnici a domovu pro seniory. Kontrastní látka pro rentgenové zobrazování Iomeprol byla ve dvou nemocnicích na úrovni nemocnice Pelhřimov (tedy výrazně více než v „běžných“ splaškových vodách) a ve třetí fakultní nemocnici ještě 30× vyšší. Vyšší koncentrace, kolem desetinásobku hodnot ze souboru dat, vykazovaly také např. Fluconazole a Sulfamethoxazol.

Šedá vodní stopa odpadních vod z hodnocených fakultních nemocnic

Jelikož na vypouštěné znečištění nelze pohlížet pouze skrze koncentrace, ale je třeba vzít v úvahu i „míru škodlivosti“ jednotlivých látek, byla u všech mikropolutantů na odtoku z ČOV vypočtena šedá vodní stopa. Hodnota šedé vodní stopy představuje hypotetické množství vody potřebné k naředění znečištění ve vodním prostředí na přijatelnou mez „bez účinku“. Hodnoty předpokládané koncentrace bez účinku (*Predicted No Effect Concentration*, PNEC) byly převzaty z databáze NORMAN [6].

Nejvyšší hodnotu šedé vodní stopy, tedy nejvyšší zátěž na odtoku z nemocničních ČOV, způsobovala kontrastní látka Iomeprol (s průměrnou GWF = 1 508 l/l, tzn., že vodu by bylo potřeba naředit 1 508×, aby koncentrace Iomeprolu dosáhla cílové hodnoty koncentrace bez účinku), dále Kofein (GWF = 316 l/l), Ibuprofen (GWF = 156 l/l), antibiotikum Clarithromycin (GWF = 40 l/l), antimykotikum Fluconazole (GWF = 8 l/l), antibiotikum Sulfamethoxazole (GWF = 5 l/l) a přípravek na zmírnění příznaků senné rýmy Cetirizine (GWF = 5 l/l).

Z ostatního znečištění byla významná šedá vodní stopa detekována u Benzotriazolu (GWF = 10 l/l; inhibitor koroze, UV stabilizátor aj.) a Bisfenolu A (GWF = 5 l/l) používaného zejména při výrobě plastů, mj. produktů používaných v medicíně nebo těch, jež přicházejí do kontaktu s potravinami nebo pitnou vodou.

Z výsledků je patrné, že i přes fakt, že koncentrace Ibuprofenu a Kofeinu jsou na ČOV velmi významně snižovány, zůstávají tyto látky díky velmi nízkým nastaveným hodnotám PNEC ($PNEC_{Ibuprofen} = 11 \text{ ng/l}$; $PNEC_{Kofein} = 100 \text{ ng/l}$) významným znečištěním v odtocích z nemocničních ČOV.

Závěr

Z dotazníkového šetření vyplývá, že odpadním vodám ze zdravotnických zařízení není věnována výrazně zvýšená pozornost. Technologie, které by teoreticky mohly zabránit vypouštění farmak, využívá jen malá část zařízení.

V zásadě byl potvrzen předpoklad, že z nemocnic a z domovů pro seniory odtékají odpadní vody s významně vyššími koncentracemi některých léčiv oproti „běžným“ splaškovým odpadním vodám. V případě Pelhřimova byl domov pro seniory mnohem významnějším zdrojem léčiv než nemocnice. Konkrétní „výčnivé“ látky se však u jednotlivých zdrojů liší. Většina léčiv dosahuje obdobných koncentrací jako v „běžných“ odpadních vodách a výjimečná nejsou ani léčiva nacházená v těchto zdrojích v mnohem nižších koncentracích. Pro rozhodování o účelnosti samostatného čištění těchto vod je nutné doplnit pohled produkce přepočtené na připojeného obyvatele, aby byl vyloučen vliv balastních vod.

Biologické čištění vod z nemocnic vypouštěných do kanalizace způsobuje, že tyto vody mají z pohledu organického znečištění charakter balastních vod. Sníží se koncentrace farmak rozložitelných biologickým čištěním (např. Ibuprofenu) stejně jako v městské ČOV a farmaka nerozložitelná v aktivaci v odpadních vodách zůstávají. Nebylo podrobněji zkoumáno, jak se na úbytku některých farmak v odtoku projevuje chlorace, díky níž mohou být tyto látky přeměněny na jiné, které nejsou při analýzách stanovovány. V případě kvartérního čištění odpadních vod ze zdravotnických zařízení budou tyto odpadní vody působit v kanalizaci jako balastní vody i z hlediska mikropolutantů.

Samostatnému kvartérnímu čištění odpadních vod ze zdravotnických zařízení (tedy „přímo u zdroje“) příliš nenahrává návrh revize směrnice 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod. V ní je totiž požadavek minimální účinnosti odstranění vybraných farmak a dalších látek vztažen přímo na městskou ČOV. Odstraňování farmak v „hotspotech“ však sníží koncentrace farmak v přítoku do městské ČOV, přičemž účinnost jejich odstraňování musí být zachována.

Poděkování

Práce vznikla v rámci projektu „Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost“ (SS02030008) v pracovním balíčku WP 2.A Kontaminace vodního prostředí.

Dále byla využita data z projektu „Ochrana kritické infrastruktury – vodního zdroje Želivka – před účinky PPCP a pesticidů v podmínkách dlouhodobého sucha“ (VI20172020097).

Literatura

1. Heřmánková M., Cypris M., Robek F.: Dočištění nemocničních odpadních vod – zkušenosti s instalací technologie. In.: Sborník konference Nové metody a postupy při provozování ČOV, 23. - 24. 4. 2024, Hotel Jezerka, Seč. ISBN: 978-80-86020-97-6 (2024)
2. Stejskalová L., Fiala D., Kólová A., Váňa M., Kučera J., Smetanová L., Rosendorf P.: Farmaka a vybrané mikropolutanty v surových a čištěných odpadních vodách v povodí VN Švihov. Vodní hospodářství 12 (2021)
3. Hoekstra A. Y., Chapagain A. K., Aldaya M. M., Mekonnen M. M.: The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard. London, Washington, DC: Earthscan, ISBN 978-1-84971-279-8 (2011)
4. Martínez-Alcalá I., Pellicer-Martínez F., Fernández-López, C.: Pharmaceutical Grey Water Footprint: Accounting, Influence of Wastewater Treatment Plants and Implications of the Reuse. Water Research, 135, s. 278–287. ISSN 0043-1354. DOI: 10.1016/j.watres.2018.02.033 (2018)
5. Ansorge L., Stejskalová L.: Srovnání šedé vodní stopy způsobené běžným znečištěním a mikropolutanty: případová studie ČOV Bandung v Indonésii. VTEI /2024/4. ISSN 1805-6555 (2024)
6. Dulio V., et al: The NORMAN Association and the European Partnership for Chemicals Risk Assessment (PARC): Let's Cooperate! Environmental Sciences Europe 32(1), 100. ISSN 2190-4715. DOI: 10.1186/s12302-020-00375-w (2020)