

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Geologie

Studijní obor: Geotechnologie



Tomáš Pohan

Problematika Emerging pollutants ve vodách

Emerging pollutants issues in waters

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Zbyněk Hrkal, CSc.

Praha 2020

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze 10. 6. 2020

.....

Poděkování

Na tomto místě chci poděkovat doc. RNDr. Zbyňkovi Hrkalovi, CSc. za čas strávený vedením mé bakalářské práce a podnětné připomínky.

V neposlední řadě patří dík i mé rodině a přátelům, kteří mě ve studiu podporovali, především mé mamce Ing. Marcele Pohanové za pomoc.

Abstrakt

Emerging pollutants (EPs) je označení pro velmi nesourodou skupinu mnoha znečišťujících látek, které se objevují v povrchových i podzemních vodách v několika posledních letech. Jelikož se jedná o problematiku poměrně novou a rozsáhlou, objevují se zde problémy s nedostatkem dat, ze kterých bychom mohli jednoznačně posoudit jejich dlouhodobé chování, ekologické dopady v životním prostředí a v neposlední řadě i dlouhodobý vliv na zdraví člověka. Náplní této práce je ucelit pohled na EPs a shrnutí dosavadních poznatků o jejich chování ve vodním prostředí, vlivu na zdraví člověka, způsoby monitoringu, technologickými způsoby čištění vody a platnou legislativou členských států Evropské unie a ČR.

Klíčová slova: Emerging pollutants, podzemní voda, povrchová voda, legislativa, management vodních zdrojů

Abstract

Emerging pollutants (EPs) is the name for a very heterogenous group of many pollutants that have appeared in surface and groundwaters in the last few years. As this is a relatively new and extensive issue, there are problems with the lack of data, from which we could clearly assess their long-term behavior, environmental impact in the environment and, last but not least, the long-term impact on human health. The purpose of this work is to comprehend the view of EPs and summarize the existing knowledge about their behavior in the aquatic environment, the impact on human health, monitoring methods, technological water treating methods and applicable legislation of the European Union and the Czech Republic.

Keywords: Emerging pollutants, ground water, surface water, legislation, water management

Obsah

Úvod.....	1
1 Co je to kontaminace a co znečištění.....	2
2 Emerging pollutants	3
2.1 Rozdílná znění definic	3
2.2 Rozdíl mezi Emerging pollutants a Priority pollutants.....	4
2.3 Způsoby klasifikace EPs	5
2.4 Možná zdravotní rizika EPs.....	6
2.5 Původ EPs	7
2.6 Výskyt EPs v životním prostředí	8
2.7 Odpadní vody a čističky odpadních vod jako možný zdroj EPs.....	9
2.7.1 EPs v povrchových vodách a pitné vodě.....	10
2.7.2 EPs v podzemních vodách.....	11
2.7.3 EPs v mořské vodě	12
2.8 Technologické možnosti pro čištění kontaminovaných vod	13
2.9 Způsoby monitorování EPs.....	15
3 Legislativa	18
3.1 Normy a regulace	18
3.2 Směrnice Evropské unie	19
3.2 Ochrana vod v ČR	21
Závěr	22
Seznam použité literatury.....	24
Přílohy	34

Úvod

V několika posledních letech se ve vodním prostředí po celém světě začaly objevovat znečišťující látky, které se v něm dříve buď vůbec nevyskytovaly, nebo je nebylo možné detekovat. Vzhledem k rozvoji nových analytických metod bylo možné začít tyto látky pozorovat v jejich velmi nízkých koncentracích [1, 2]. Důvodů, proč se tyto látky objevují, je hned několik. Může to být například znatelně zvýšené množství produkce odpadů oproti minulosti, používání nových chemických látek v průmyslu, farmacii, zemědělství, osobní kosmetiky aj. [3]

Znečišťující látky dostaly označení v anglickém jazyce „Emerging pollutants“ (dále jen EPs), což můžeme volně přeložit jako „nově objevující se znečištění“ nebo „znečišťující látky objevující se v poslední době“. V této práci bude používán pouze anglický termín pro lepší přehled a srozumitelnost textu.

Jedním z hlavních problémů EPs je, že neexistují dlouhodobé studie na tyto látky. To vede k obtížnému určení mezních hodnot, které by legislativa jasně stanovila a rozhodla, co a v jakém množství se ve vodním prostředí může objevit a co již nikoli. Také nevíme, jak na látky bude reagovat lidské tělo i celkově životní prostředí, pokud je těmto látkám budeme vystavovat dlouhodobě [2, 4].

Cesty těchto látek od zdrojů na receptory, kde jsou detekovány, jsou předmětem dalších průzkumů. Je důležité prohloubit znalosti o fyzikálně-chemických vlastnostech v interakci s vnějším prostředím, neboť mohou tyto látky způsobit neočekávané chování v půdě, vzduchu a vodě [3].

Možné následky těchto mikropolutantů vyvolávají obavy o vodní ekosystémy, protože v nich přítomné živé organismy budou možným vlivům EPs vystavovány i pro budoucí generace [3].

1 Co je to kontaminace a co znečištění

Tato práce se zaměřuje především na látky objevující se ve vodním prostředí, jejich přítomnost zde bude chápána nejčastěji ve významu znečištění či kontaminace vod. Těmto výrazům je třeba přidělit charakterizaci pro lepší porozumění.

Znečištění je proces, během kterého se do půdy, vody, vzduchu či dalších částí životního prostředí dostávají nežádoucí látky, které narušují přirozený stav nebo vývoj životního prostředí. Někdy se výraz „kontaminace“ zaměňuje za výraz „znečištění“. Přestože lze obě označení považovat za synonyma, může jejich použití v určitých kontextech vyvolávat nejistotu v chápání jejich významu [2].

V roce 2007 se pokusil Chapman vyjasnit výraz kontaminace jako přítomnost látky, která by v daném prostředí neměla být nebo jejíž koncentrace je vyšší než průměrné hodnoty naměřené v daném prostředí. Znečištění je pak výsledek kontaminace, které může mít za následek nepříznivé biologické účinky na obyvatele společnosti [5].

„All pollutants are contaminants, but not all contaminants are pollutants.“ [5]

„Veškeré znečišťující látky mohou být kontaminanty, ale ne všechny kontaminanty jsou znečišťujícími látkami.“ [5]

Výraz „emise“ se pak používá pro popsání kontaminantů, které se uvolňují do prostředí z různých zdrojů. Emise mohou mít původ jak přírodní, tak antropogenní. Např. oxid uhličitý (CO₂) je produkován interakcemi přírodních organismů, vody, půdy, kamenů v atmosféře, ale i lidskou činností [2].

2 Emerging pollutants

2.1 Rozdílná znění definic EPs

Definovat EPs je poměrně komplikovaná úloha. Mnoho mezinárodních organizací a národních agentur se pokusilo o vlastní definice. Přestože toto heterogenní pojetí komplikuje ucelení pohledu na tuto problematiku, jejich odlišnosti nám mohou pomoci pochopit rozměr a míru dopadu EPs [2].

Podle evropského projektu NORMAN¹ jsou chemikálie, spadající do skupiny EPs, látky, které byly nalezeny v životním prostředí, ale které v současné době nejsou zahrnuty v rutinních monitorovacích programech na úrovni Evropské unie a jejichž budoucí přítomnost v životním prostředí, chování a (eko)toxikologické projevy nejsou dobře známy. NORMAN rovněž používá označení „emerging compounds“ nebo také „emerging substance“ tedy nově objevující se sloučeniny či substance [6]. Právě termín „emerging compounds“ se poslední dvě desetiletí používal nejčastěji pro označení nově objevujících se sloučenin v odpadních vodách [7].

V USA organizace EPA² nahradila výraz „EPs“ zkratkou „CECs“ (Contaminants of Emerging Concern). Volně přeloženo jako „znepokojivě objevující se kontaminanty, které mohou být možným budoucím zdrojem ohrožení“ [9].

CECs jsou definovány dle USGS³ (U.S. Geological Survey) jako jakákoliv syntetická nebo přirozeně vyskytující se chemická látka nebo jakýkoliv mikroorganismus, který není běžně monitorován v prostředí, ale má potenciál vstoupit do životního prostředí a způsobit

¹ NORMAN je mezinárodní projekt založen v roce 2005 a je financován evropskou komisí za účelem vytváření stálé sítě mezi referenčními laboratořemi, výzkumnými centry a zúčastněnými stranami - průmysl, normalizační orgány, nevládní organizace atd. [6]

² EPA či USEPA (U. S. Environmental Protection Agency) je agentura pro ochranu životního prostředí spadající pod federální vládu Spojených států amerických. [8]

³ USGS (United States Geological Survey) je americká vědeckovýzkumná vládní agentura zabývající se geografií, USA, přírodními zdroji a přírodními katastrofami. [10]

tak známé nebo podezřele nepříznivé ekologické efekty nebo nepříznivě ovlivnit lidské zdraví [11].

Jelikož se CECs objevují v nízkých koncentracích, někteří členové vědecké komunity pro ně vytvořili termín „micro-pollutants“. Chemické sloučeniny vzbuzující obavy jsou přítomny v odpadních vodách, půdě, podzemních vodách a také v pitné vodě v nízkých až velmi nízkých koncentracích (pg/l až ng/l) [12].

Další vlastností EPs je jejich neustálá produkce i spotřeba a následně nepřetržité zavádění do životního prostředí. Vzhledem k nepřetržité expozici EPs v životním prostředí nemusí být tyto látky odolné tak, aby způsobily nepříznivé účinky v dlouhodobém časovém horizontu. To znamená, že přestože se některá látka rozpadne, vzápětí se objeví znovu, a tím je prostředí neustále dlouhodobě vystavováno vlivům dané látky [2].

Z předešlého textu tedy vyplývá, že EPs jsou chemické substance, které nejsou nijak regulovány. Jsou detekovatelné ve velmi malých koncentracích. Jejich dlouhodobý dopad na životní prostředí nebo lidské zdraví není zatím příliš dobře prozkoumán. Jedná se o příměsi odlišného původu a chemické povahy, jejichž přítomnost v životním prostředí nebo důsledky jejich přítomnosti zůstávaly dlouhou dobu bez povšimnutí a nadále jsou neregulovány [2].

2.2 Rozdíl mezi Emerging pollutants a Priority pollutants

Podle definic v předešlé kapitole jsou EPs především látky, které byly v životním prostředí zpozorovány teprve nedávno. V nízkých koncentracích obvykle nejsou zahrnuty v běžných monitorovacích programech a jejich budoucí vliv na lidské zdraví a životní prostředí není příliš dobře prozkoumán.

To můžeme považovat za hlavní rozdíl oproti známým již monitorovaným látkám, které znečišťují životní prostředí. Tyto látky EPA označuje jako „Priority pollutants“ (volně přeloženo jako „prioritní znečišťující látky“). Podle klasifikace EPA se jedná o soubor 126 již regulovaných, chemických látek, které byly vybrány na základě jejich známé nebo suspektní

karcinogenity, mutagenity, teratogenity nebo vysoké akutní toxicity, pro které existují dobře definované analytické zkušební metody [2, 12].

Většina tzv. prioritních znečišťujících látek oproti EPs podléhá regulaci podle zákonů dané země nebo nadnárodní agentury. Jsou do nich zahrnuty POPs⁴, těžké kovy, některé pesticidy nebo polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH). V této prioritní kategorii jsou tedy látky nebo skupiny látek, které jsou známé svou toxicitou, schopností bioakumulace a možným ohrožením životního prostředí [2, 12, 13].

Z toho vyplývá, že můžeme i předurčit jejich dlouhodobý dopad na lidské zdraví a životní prostředí oproti možným následkům EPs, kde obvykle nemáme takové množství informací o chování těchto látek a jejich možném vlivu v dlouhodobém časovém horizontu [2].

Všechny prioritní znečišťující látky ovšem nemusí mít svou podstatou negativní efekt na životní prostředí či lidské tělo. V některých případech jsou škodlivé pouze vysoké koncentrace těchto látek [2].

Vzhledem k netradičním vlastnostem EPs vyžadují tyto látky změny v konvenčním přístupu k prevenci a dohledu nad znečištěním, přestože jsou výsledkem podobných domácích, obchodních a průmyslových činností jako běžné konvenční kontaminanty [15].

2.3 Způsoby klasifikace EPs

Klasifikovat EPs lze mnoha způsoby, například podle jejich původu, použití, potencionálních vlivů nebo podle jejich dalšího osudu v životním prostředí. Některé hlavní skupiny EPs jsou shrnuty jako:

- Farmaceutické a veterinární produkty
- Dezinfekční prostředky a biocidy
- Nelegální drogy
- Chemikálie používané pro osobní péči a jiné výrobky pro životní styl
- Průmyslové chemikálie

⁴ POPs (persistent organic pollutants) jsou částečně těkavé nebo téměř netěkavé molekuly známé svou toxicitou. Silně odolávají degradaci, takže v půdě nebo vodě jsou schopny vydržet desítky let. [2]

- Potravinářská aditiva
- Vedlejší produkty pro dezinfekci vody
- Nanomateriály
- Vodní patogeny
- Biologické toxiny

Kromě těchto skupin existují i další kategorie, které popisují povahu těchto látek. Většina těchto skupin se mohou překrývat a neexistuje standardizovaná sada kategorií, která by se používala pro popis EPs a CECs například ve vědeckých publikacích [2].

NORMAN vytvořil pravidelně aktualizovaný seznam těchto nejčastěji objevujících se chemikálií považovaných za „EPs“ a „emerging compounds“ tak, aby odpovídal aktuálním citacím vědecké literatury zahrnujících definice „EPs“ a „emerging compounds“. Tedy nově objevujícího se znečištění a nově objevujících se sloučenin [6].

Přestože je látek na tomto seznamu již více než 1000, ani zde neexistují konkrétní kategorie. NORMAN však přišel s vlastním způsobem hodnocení. EPs začal třídit podle jejich priority. Jedním z hlavních kritérií je především míra nebezpečnosti dané látky. Tento způsob dává možnost snazšímu monitoringu EPs [6, 16].

2.4 Možná zdravotní rizika EPs

Zdravotní rizika může způsobovat mnoho látek z řad EPs např. farmaceutika, endokrinní disruptory, hormony, toxiny, nelegální drogy aj. [3]

Právě endokrinní disruptory (EDCs) tvoří významnou a zajímavou oblast pro další studie. Mají mnoho zástupců ze skupin EPs. Tyto látky svými chemickými strukturami a vlastnostmi mohou narušit endogenní hormonální systémy a následně ovlivnit zdraví nejen u lidí, ale i dalších organismů. Svými účinky narušují činnost žláz s vnitřní sekrecí, který se stará o tělní funkce jako je růst, metabolismus a reprodukce např. populaci ryb mohou negativně ovlivňovat některé steroidy používané jako estrogeny [4]. Jsou špatně regulovány, a neexistují dostatečné informace o jejich výskytu, osudu a možném dopadu na životní

prostředí, i když se tyto látky běžně využívají jako PPCPs⁵ (např. hormony, glukokortikoidy, analgetika, ibuprofen, estriol, aditiva v lécích a kosmetice jako jsou siloxany, parabeny, čisticí prostředky pro domácnost aj.). Kromě těchto zmíněných EDCs, mají podobné vlastnosti a účinky na endogenní hormonální systém některé další produkty například retardanty hoření, těžké kovy (kadmium, olovo nebo rtuť), dále hojně rozšířený Bisfenol A a některé další pesticidní látky. Vzhledem k ekotoxikologickým účinkům těchto látek je nezbytné nasbírat ještě více informací o, jejich účincích, analýze a možnosti jejich odstranění z životního prostředí [2, 4, 17–19].

Dlouhodobá expozice lidského organismu těmito látkám tak může vést například k již zmíněné endokrinní disrupci, chronické toxicitě a celou řadou dalších možných onemocnění [20].

2.5 Původ EPs

Tisíce látek EPs se objevilo v důsledku lidské činnosti v posledních desetiletích [21]. Pochází především z průmyslu a z aktivit souvisejících s životním stylem lidí. Některé chemikálie jsou poměrně nové v důsledku objevení nových materiálů spojených s nanotechnologiemi. Nejvýznamnější zdroj těchto látek ovšem zaujímají látky využívané v každodenních činnostech domácností a obsahující farmaceutické produkty (PPCPs). Tato odvětví jsou zdrojem nejvíce druhů EPs a právě jejich nadměrné používání v Evropě vedlo k tomu, aby tři celosvětově užívaná léčiva byla zařazena na seznam prioritních monitorovaných látek (směrnice 2013/39/ES) [22]. Především jde o látky, které při výrobě některých krmiv využívají antibiotika, antiseptika nebo plagicidy za účelem prevence nemocí a škůdců u hospodářských zvířat a zemědělských plodin [2, 3].

⁵ PPCPs (Pharmaceuticals and Personal Care Products) je zkratka pro farmaceutické výrobky a výrobky pro osobní péči. [2]

2.6 Výskyt EPs v životním prostředí

Mnoho chemických a mikrobiálních látek, které dříve nebyly považovány za kontaminanty se začaly objevovat v oblastech, kde nikdy nebyly použity. Je to z důvodu odolnosti EPs a jejich schopnosti se přepravovat na velké vzdálenosti. Cesty a zdroje EPs souvisí s odpadem a odpadními vodami z průmyslových, zemědělských a městských činností [23]. Najít konkrétní zdroj kontaminace je obvykle velmi náročné, protože tyto látky jsou ve vodách volně rozprostřeny ve velmi malých koncentracích [2].

EPs jsou zapojeny do mnoha otázek týkajících se problémů spojených s oblastmi životního prostředí, které se týkají ovzduší, půdy nebo přírodních vod (oceány, řeky, jezera, podzemní i pitné vody). Mnoho reziduí EPs se v těchto oblastech životního prostředí objevují po nedokonalém čištění odpadních vod [24].

Chemické mikropolutanty se nejčastěji objevují v životním prostředí díky degradaci organických sloučenin, což má za následek hromadění perzistentních metabolitů [15] nebo se objevují v důsledku používání léčiv.

Zvýšený výskyt biologických polutantů je v důsledku změn v zemědělských činnostech. Jednak je zemědělská činnost v dnešní době mnohem intenzivnější a o to více probíhá šíření hnojů a kalů na zemědělské plochy za účelem hnojení. To může způsobit jejich vyluhování a následně se tak mohou dostat do povrchových a podzemních vod a způsobit tak zdravotní problémy [25, 26].

Pesticidy se stále objevují v povrchových a podzemních vodách, přestože se některé nahradily alternativami, které jsou přijatelné pro životní prostředí [27, 28]. To se týká rovněž metabolitů pesticidních látek, které jsou detekovány jak ve zdrojích pitné vody, tak i v odpadních vodách a zůstávají i nadále biologicky aktivní a toxické [28, 29].

Dále tu jsou již zmíněné endokrinní disruptory, které se dostávají do životního prostředí a mohou výrazně ovlivnit činnost endogenního hormonálního systému a tím i zdraví těl organismů [17, 31].

2.7 Odpadní vody a čističky odpadních vod jako možný zdroj EPs

Odpadní vody jsou obvykle produkovány činností průmyslových odvětví, obyvateli měst, zemědělskou činností, nemocnicemi aj. Obvykle většina těchto látek dorazí do čističek odpadních vod (ČOV) ve formě splašků [20, 32]. Vyčištěná voda po opuštění zařízení je obvykle vypouštěna do povrchových vodovodních toků [3]. Právě v těchto odpadních vodách jsou tyto kontaminanty nejčastěji přítomné [2]. Například farmaceutika jsou koncentrována v odpadních vodách z nemocnic nebo ze zařízení dlouhodobé péče [33–35]. Ekonomicky i technologicky by proto mělo být efektivnější se vypořádat s těmito látkami přímo v místě jejich zdroje a tím snížit jejich další uvolňování do životního prostředí.

Z prvních měření koncentrací EPs v povrchových vodách a v odtokových vodách z ČOV na různých místech Severní Ameriky, Evropy, Asie a Austrálie, vyplynula velká variabilita koncentrací. Pravděpodobným důvodem budou odlišně velké dávky vstupujících do ČOV nebo odlišná efektivita čištění odpadních vod [27, 28].

Pro ČOV je velmi obtížné vypořádat se běžnými konvenčními metodami s látkami, jako jsou estrogény, androgeny nebo prací prostředky. Je to z důvodu chemické strukturní stability těchto látek. Komunální splašky a čistírenské odtoky se tak stávají jedním ze zdrojů EPs. Až v posledních několika letech došlo k jejich podrobnějšímu posouzení jejich fungování a možnému dalšímu biologickému čištění [36].

ČOV jsou tak považovány za jeden ze zdrojů znečištění EPs, přestože jejich postupy splňují všechny dnešní zákonné normy. Některé technologie, které se využívají pro odstranění regulovaných kontaminantů, by přitom byly schopny odstranit i některé chemikálie a látky z řad EPs. Obvykle to ale není možné vzhledem k velmi nízkým koncentracím EPs nebo vzhledem k jejich samotné povaze (velikost molekul aj.). S tím se běžné konvenční metody nejsou schopny vypořádat [2]. Nabízí se zde možnost filtrace aktivním uhlím, která je schopná poradit si velmi efektivně s naprostou většinou EPs. Její nevýhodou je finanční náročnost, která je spojená s recyklací a likvidací použitého aktivního uhlí [37–39].

Kontaminanty, odstraněné během procesu čištění v ČOV, jsou velmi často přepraveny ve formě kalů do biomasy. Odstraněním vody pak vzniká pevná konzistence kalů a

důkladným čištěním jsou následně odstraněny patogeny. Výsledkem vzniká organický odpad, velmi bohatý na uhlík, dusík, kyslík a mnohé další živiny. Takto připravená biomasa se nejčastěji aplikuje na zemědělské plochy jako hnojiva. Pokud tyto biomasy nejsou náležitě upraveny, pak hnojiva a další produkty biomasy mohou být považovány jako zdroj EPs [11].

2.7.1 EPs v povrchových vodách a pitné vodě

Ve vodním prostředí se tyto látky nejčastěji pohybují formou difúze [1]. Vzhledem k jejich malé koncentraci ve vodním prostředí, $\mu\text{g/l}$ nebo dokonce ng/l , je lze obtížně v prostředí detekovat [2].

Nejčastěji se EPs dostávají do povrchových vod uvolněním ze zdroje znečištění například prosakováním ze septiků, skládek a z odtoků ČOV [32]. Dále do povrchových vod vstupuje mnoho léčiv využívané ve zdravotní péči a veterinárních zařízeních jak z vyčištěné tak i nevyčištěné vody [15, 40]. Mnoho veterinárních léčiv je vylučováno zvířaty přímo na zem nebo do povrchových toků bez průtoku skrze ČOV a podobně se tak děje i v rybích farmách [41].

Dezinfekce pitné vody byla jedním z hlavních cílů 20. století. Než se začala voda dezinfikovat, mnoho milionů lidí po celém světě umíralo na infekce spojené s vodními patogeny. Dezinfekce vody plynným chlorem (Cl_2) nebo kapalným chlornanem sodným (bělidlo, NaOCl) vytváří kyselinu chlornou (HClO). Ta společně s kyselinou bromnou (HBrO) tvoří mnohé dezinfekční vedlejší produkty [42].

Aby voda byla pitná, je třeba ji upravit nejen dezinfekcí. Dezinfekce je až poslední krok úpravy vody pro pitné účely. Celý postup úpravy lze rozepsat do několika kroků:

- 1) Odstranění hrubých nečistot.
- 2) Přirozená sedimentace velkých částic na dno.
- 3) Přidáním chemikálií pro sražení malých částic k sobě a následné usazení na dně.
- 4) Filtrace velmi jemných částic.

- 5) Přidání fluoridu pro ochranu zubů.
- 6) Dezinfekce (obvykle chlorováním) pro zničení bakterií

Pro opětovné využití použité vody za účelem pití je třeba dodržet striktní pravidla. Právě výskyt EPs v pitné vodě je jeden z klíčových problémů [2, 43].

Přítomnost EPs v pitné vodě může představovat riziko pro zdraví člověka i jiných organismů. Pití těchto látek může způsobit respirační onemocnění, rakovinu, reprodukční problémy, narušení kognitivních funkcí zahrnující mentální retardaci aj. Míra dopadu EPs na zdraví je v závislosti na množství, které je ve vodě obsaženo. Ovšem i slabé koncentrace EPs mohou přivodit zdravotní problémy, pokud jim naše tělo bude čelit dlouhodobě a vytváří se zde riziko chronické toxicity [4, 21, 31].

2.7.2 EPs v podzemních vodách

Podzemní voda je velmi často využívána jako zdroj pitné vody. Ta je náchylná na znečištění ze septiků nebo odtoků z ČOV. K tomu dochází především v písčitéch a štěrkovitých aquiferech, které disponují svou vysokou propustností. Mnoho organických sloučenin je přítomných v podzemních vodách [44]. V porovnání s povrchovou vodou jsou podzemní vody méně kontaminovány mikropolutanty [43, 45].

Mnoho EPs se vyskytují v podzemních vodách v poměrně nízkých koncentracích (≈ 100 ng/l). Znalosti o jejich výskytu a způsobu distribuce však zůstávají na poměrně nízké úrovni [46].

Způsobů, kterými mohou být podzemní vody znečištěny, je mnoho - například možné průsaky ze skládek, interakcemi povrchové a podzemní vody, infiltrace kontaminované vody ze zemědělské půdy nebo průsakem ze septiků a kanalizací. Koncentrace z průsaků skládek a septiků se pak pohybují v rozmezí $10-10^4$ ng/l a $10-10^3$ ng/l [46].

Transport EPs podpovrchovým tokem může být tlumen různými procesy jako je ředění, adsorpcí jílovými minerály v nenasycené zóně, degradace a doba transportu [37]. Jakmile se kontaminovaný podpovrchový tok dostane do podzemních vod, EPs se zde mohou

zdržovat mnohá desetiletí, a to z důvodu speciálních podmínek v podzemních vodách jako je nízká mikrobiální aktivita a nízké redoxní aktivity, které dohromady zvyšují dobu zdržení takovýchto sloučenin ve srovnání s dobou zdržení v povrchových vodách. Látky detekované v podzemních vodách jsou velmi často nacházeny i ve vodách povrchových [48].

V Evropě je stanovena rámcová směrnice EU o vodě 2000/60/ES [49] a její dceřiná směrnice o podzemních vodách 2006/118/ES o ochraně podzemních vod před znečištěním a zhoršováním stavu. Ta ovšem bere v potaz pouze sledování několika málo látek v podzemní vodě a nezahrnuje do něj EPs [50].

2.7.3 EPs v mořské vodě

Oceány a moře se poslední roky staly potencionálními zdroji energií a mimo jiné i surovin pro výrobu potravin. Je zde pozorováno jasné spojení mezi osídlením (hustotou zalidnění) a změnami životního prostředí v přímořských oblastech. Vody na pobřeží moří a oceánů jsou brány jako konečná destinace odpadů vyprodukovaných průmyslem, zemědělstvím a odtoky z městských obydlí. Do těchto oblastí se EPs dostávají především říčními sítěmi a odtoků z ČOV [51–53].

Intenzivní zemědělství a živočišná nebo akvakulturní produkce, produkuje velké množství odpadů, které obsahují EPs a vytváří tak skutečné riziko pro organismy žijící ve vodním prostředí, protože mořské ekosystémy jsou schopny přijmout velké množství chemického znečištění skrze přímé úniky kontaminantů, jejich přepravou říčními sítěmi nebo z jejich uložení v atmosféře [2].

Na základě Úmluvy o ochraně mořského prostředí severovýchodního Atlantiku a rámcové směrnice o evropské strategii 2008/56/ES je poměrně jednoduché vypořádat se s regulovanými, monitorovanými polutanty [54]. Problém nastává v momentě, kdy se začaly čím dál více objevovat EPs [55]. Ty představují vážný problém pro vodní prostředí, jelikož svou přítomností mohou způsobit a znatelně ovlivnit život vodních organismů. Také se mohou akumulovat ve vodních ekosystémech, způsobovat chronickou toxicitu, snížení biodiverzity a ohrozit lidské zdraví [56].

Mořské potraviny jsou celosvětově konzumovány ve velkých množstvích, a pokud jsou odebírány ze znečištěných mořských vod, mohou tak být zdrojem škodlivých látek jako jsou polychlorované bifenylly, dioxiny, pesticidy, kovy a samozřejmě další neregulované látky [47]. Tyto potraviny jsou pravidelně testovány na přítomnost zmíněných látek a pro řadu z nich jsou legislativou nastaveny maximální limity. Výsledné nasbírané informace se ukládají do evropské databáze a jsou vyvíjeny další monitorovací projekty, které se zabývají nezávadností mořských produktů na EPs [55, 58].

2.8 Technologické možnosti pro čištění kontaminovaných vod

Bakterie a střevní viry jsou hojně nalézány v kanalizacích, z nichž některé se vyskytují i v odtokových vodách z ČOV [59]. Vyčištěná voda pouze od regulovaných látek může stále obsahovat některé biologické mikropolutanty a následně je dopravit do zdrojů pitné vody. Rovněž mohou zdroje pitné vody ohrozit nevyčištěné vody z prosakujících kanalizací. Je proto třeba vyvíjet další efektivní a cenově dostupné technologie, které budou moci vodu dezinfikovat. Kromě toho, jsou pro vyčištění vod potřeba další pokročilé metody za účelem degradace chemických látek - například použití speciálních mikroorganismů nebo využití UV světla. Ukazuje se také, že biologicky vyrobené nanočástice zerovalentního stříbra (bio-Ag⁰) mohou být použity jako vysoce efektivní dezinfekční prostředek, který by mohl mít využití v ČOV [32, 33].

Odstranění EPs z vodního prostředí je mnohem těžší než se zdá, jelikož se tyto látky objevují ve vodách v nízkých koncentracích (ng/l nebo µg/l) v závislosti na jejich zdroji [29].

Přes všechny obtíže je nutností hledat nová řešení, jak se s touto problematikou vypořádat. Jelikož opětovné použití vyčištěné vody, ve které se stále budou objevovat kontaminanty, může vést k ohrožení udržitelnosti vodního cyklu a také k ohrožení lidského zdraví [20].

Přestože je prováděno mnoho studií, jsou údaje o možných dopadech EPs na životní prostředí stále nedostatečné. Jde především o absenci studií, které by sledovaly dopady dlouhodobé expozice těmito látkám. To vytváří problém ve vývoji nových technologií pro sanaci a dezinfekci vodních zdrojů podle standardů pro pitnou vodu. V některých

případech totiž nařízení pro regulaci určitých látek přímo vyžaduje dlouhodobé studie a ty v mnohých případech chybí. Aby mohly být studie prováděny, musely by splňovat vhodné standardy pro techniky instrumentální analýzy v takto nízkých koncentracích a právě tyto standardy často chyběly [16, 53].

Rizika pro životní prostředí a další rizika, která se objevují v důsledku akumulace toxických nebo biologických mikropolutantů, mohou být snížena nebo úplně odstraněna za pomoci aplikace různých (bio)technologií [62].

Tato řešení zahrnují působení mikrobů, rostlin a jiných organismů za speciálních podmínek spojených s biotickými a abiotickými faktory za účelem docílení mineralizace kontaminantů, jejich přeměn nebo znemožnění jejich dalšímu transportu [62–65]. Například kombinací biologických procesů s adsorcí na pevné látky lze docílit 45-99% efektivity v odstranění EDCs z odpadních vod [17].

Další možností je použití membránových bioreaktorů (MBRs) což je poměrně realizovatelný a efektivní způsob, jak se zbavit nejvíce odolných sloučenin z odpadních, které není možné eliminovat nebo biodegradovat v běžných metodách používaných v ČOV. Použitím těchto membrán ještě před tím, než je voda dezinfikována, lze dosáhnout až 96% efektivity v jejich odstranění oproti běžným konvenčním metodám ČOV, kde se efektivita pohybuje okolo 85% při stejném objemu. Tyto výsledky se týkají cholesterolu, stigmastanolu a coprostanolu v městských odpadních vodách. Čím déle jsou membrány vystavovány splaškům, tím více se může účinnost těchto membrán snižovat [17, 66]. Bílá plísňová houba a její oxidativní enzymy je další možností, jak odstranit EDCs, především pak všudypřítomný Bisfenol A. Mikroby a enzymy jsou dalším tématem ke zkoumání pro budoucí využití možného čištění znečištěných vod [67, 68].

Dále existují izolované aktivované bakterie, které jsou schopny poměrně efektivně degradovat obtížně odstranitelné EDCs [67, 68].

Velmi účinnou metodou je také adsorpce na aktivní uhlí. To je metoda velmi efektivní pro odstranění mnohých organických sloučenin s nižší molekulovou hmotností. Práškové

aktivní uhlí je považováno za účinný adsorbent pro odstranění nejodolnějších, biologicky nerozložitelných organických sloučenin [2].

Biofiltrace je jeden z hlavních postupů, jak organické kontaminanty odstranit z toků, které těmito filtry, obsahující inertní nosič s mikroorganismy adsorbovanými na povrchu filtru, prochází a jsou schopny transformovat organické sloučeniny. Mnoho druhů bakterií se používají pro degradaci sloučenin. Výhodou těchto filtrů je také jejich sebe-regenerace díky neustálému růstu bakterií. Tím si udržují svojí adsorpční kapacitu a organické kontaminanty jsou tak skutečně odstraňovány [69].

Chemickými účinnými metodami jsou například oxidace pomocí ozonace a H_2O_2 /Fenton, které jsou vhodnými metodami pro odstranění EPs. Obě technologie jsou účinnější než běžné konvenční úpravy pro své dezinfekční účinky a pro opětovné použití upravené vody [70]. O_3 dokáže přímo a nepřímo degradovat organické kontaminanty tvorbou radikálu HO, neselektivního oxidačního činidla, které je schopné ničit velké množství molekul. Radikál $HO\cdot$ může být rovněž utvořen ve vodě s H_2O_2 , Fentonovým činidlem⁶ a UV světlem [38].

V posledních letech se Evropská unie snaží aktualizovat protokoly a postupy ČOV, aby se mohly začít využívat metody - například ozonizace nebo oxidace s použitím aktivního uhlí. Cílem je zlepšení a zefektivnění odstranění EPs a tím i zlepšení kvality vyčištěné vody [22, 49].

2.9 Způsoby monitorování EPs

Vhodnou ukázkou jsou například chemické a mikrobiální kontaminanty, které se v prostředí pravděpodobně objevovaly po dlouhou dobu, ale nebyly mnoho let pozorovány až do doby, kdy se vyvinuly nové analytické metody. Vzhledem k jejich malé koncentraci (ng/l) je i technologicky náročné jejich odstranění z vodního prostředí [2].

⁶ Fentonovo činidlo je roztok peroxidu vodíku se železným železem jako katalyzátorem, který se používá k oxidaci kontaminantů nebo odpadních vod.

Vzhledem k tomuto uvědomění mohou být EPs novými látkami nebo to mohou být látky, které se již dlouhou dobu objevují v životním prostředí, ale jsou detekovány až v posledních několika letech. Jsme teprve na začátku chápání jejich vlivu na životní prostředí nebo na lidské zdraví [11].

Pro pochopení celého spektra potencionálních účinků EPs je důležité monitorovat koncentrace přímo na zdroji emisí i v dalších složkách životního prostředí jako například v živých organismech (ryby, bezobratlí aj.) [64, 65].

Jednou ze základních technik pro provádění environmentální analýzy byla plynová chromatografie (GC), která umožňuje detekovat organické sloučeniny považované za znečišťující látky. Tyto konvenční techniky GC byly omezeny jen na určité nenabitě polární sloučeniny a polární sloučeniny byly analyzovány plynovou chromatografií/hmotnostní spektrometrií (GC/MS). Poté se vyvinula kapalinová chromatografie/hmotnostní spektrometrie (LC/MS), která nabízí jednodušší a účinnější postupy. To umožňuje identifikovat jak polární tak nepolární organické sloučeniny v rozsahu ng/l ve všech druzích vod (odpadní, povrchové, podzemní, pitné vody) mimo jiné i v pevných vzorcích (splaškové kaly, hnoje, půda či sedimenty) [2].

Je snaha celé monitorování zefektivnit v podobě online monitoringu. Ten má výhodu, že může zpřesnit spolehlivost monitorovaných dat. Na druhou stranu vyžaduje poměrně drahé vybavení a je finančně náročný na údržbu [73, 74]. Jedna z účinných a efektivních variant, která se týká pasivních metod pro odběr vzorků, je například Polar Organic Chemical Integrative Samplers (POCIS). Tato metoda může odbírat vzorky vody po dlouhou dobu, což poskytuje vážené průměry koncentrací v čase [75, 76].

Dále se využívají biomonitorovací nástroje (biotesty, biomarkery, analýzy mikrobiálních komunit). Ty mají dobrý potenciál pro zvýšení důvěry při vyhodnocování možných rizik již regulovaných polutantů i EPs. Senzory umožňují stanovit několik analýz paralelně a jsou užitečnými nástroji pro monitorování prostředí [77].

Pro monitoring endokrinních disruptorů (EDCs) jsou vyvíjeny biosenzory, které využívají schopnosti většiny EDCs vázat se na estrogenní receptor. Využití je především ke zjišťování potencionální toxicity těchto látek [78, 79].

K úspěšnému použití těchto monitorovacích i sanačních metod lze docílit pouze za předpokladu, že známe chování látek obsažených v znečištěných vodách v souvislosti s jejich vlastnostmi. I přes úspěšné použití těchto metod není možné zaručit, že dopad na životní prostředí bude minimální nebo úplně odstraněn z důvodu nedostatečných studií o životnosti těchto polutantů [3].

3 Legislativa

3.1 Normy a regulace

EPs jsou definovány jako sloučeniny, které nejsou předmětem regulací. Normy a regulace se soustředí primárně na obvykle se objevující polutanty, o kterých bylo psáno v předchozí kapitole. Různé organizace a vládní instituce po celém světě mají normy a směrnice pro zajištění čistého životního prostředí. Tyto normy jsou spojeny primárně s vodou, jak povrchovou, tak podzemní především těch vod, které se týkají využití jako pitných zdrojů. Na druhou stranu organizace (např. WHO, organizace pro zemědělství a potraviny Spojených států (FAO), USEPA, USGS, Australská ekotoxikologická společnost SETAC-AU atd.) přicházejí pravidelně s návrhy pro omezení EPs především z důvodu jejich možných nepříznivých účinků na životní prostředí. Jsou určitá doporučení na mnoha úrovních spojených s testovanými nebo potencionálně ohrožujícími chemickými látkami [2].

EPA v USA nalezené kontaminanty reguluje v pitné vodě, aby mohla být použita pro veřejné vodovodní systémy. EPA se snaží chránit veřejné zdraví tím, že ve spolupráci s dalšími vládami, agenturami a mnoha dalšími partnery implementuje standardy pro pitnou vodu do zákona o vodě pro bezpečné užívání (SDWA). Tyto zákony jsou navrženy ve třech vrstvách. V první vrstvě (NPDWRs) jsou zahrnuty látky, které ohrožují lidské zdraví a mají jasně stanovené maximální limity kontaminace. Ve druhé vrstvě (NSDWRs) jsou zahrnuty látky, které se neprezentují jako látky ohrožující zdraví, ale mohou ovlivnit například zbarvení kůže či zubů a i tyto látky mají své maximální limity. Ve třetí vrstvě jsou látky, které nejsou předmětem regulací, ale jsou detekovány ve veřejných vodovodních sítích a jsou tak možnými budoucími adepty pro budoucí regulace [2, 80].

Evropská komise navrhla právní předpisy, které pokrývají širokou škálu organických a anorganických znečišťujících látek v průběhu několik předešlých let. Předpokládá se, že do právní předpisů zahrne i větší množství chemikálií, které jsou pozorovány ve městech a jsou popisovány jako EPs [2].

3.2 Směrnice Evropské unie

Všechny evropské státy jsou povinny dodržovat platné právní předpisy a nařízení Evropské unie. Jeden z významných právních předpisů pro regulaci znečišťujících látek je směrnice 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, která stanovuje rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky [49]. S touto směrnicí byl současně přijat seznam (rozhodnutí č. 2455/2001/ES) 33 prioritních látek, které budou monitorovány [81]. Rada ministrů pro životní prostředí ES se v roce 2007 shodla na návrhu „o normách environmentální kvality v oblasti vodní politiky a o změně směrnice 2000/60/ES“. Tím vyšla v platnost dne 16. prosince 2008 aktualizovaná verze původní směrnice s označením 2008/105/ES. Tato směrnice mimo jiné stanovuje nově normy environmentální kvality (NEK) pro všech 33 prioritních látek v povrchových vodách. Jedná se o hodnoty, které nesmí být překročeny v daném místě vodního útvaru, kde je prováděno měření [82].

Dne 12. srpna 2013 byla vydána další nová směrnice Evropského parlamentu a rady 2013/39/EU. S její platností se mění směrnice 2000/60/ES a 2008/105/ES, pokud jde o prioritní látky v oblasti vodní politiky. Tato směrnice má rozšířený seznam na 45 prioritních látek (viz příloha 1 a 2) a zařadila tak do něj navíc některé biocidy a pesticidy oproti předchozí verze směrnice. Pro tyto nově zařazené látky (34 až 45 v příloze 2) byly stanoveny přísnější NEK. Některé látky na tomto seznamu jsou pak ještě upřesněny a označeny jako „prioritní nebezpečné látky“ z důvodu jejich potencionálních rizik. Dále se pak zabývá emisemi znečišťujících látek na zdroji znečištění a inovativními technologickými metodami pro čištění vody a odpadních vod se snahou vyhnout se nákladným řešením aj. Současně s tímto nařízením byly doporučeny další látky pro zařazení do prvního seznamu 10 sledovaných látek [22].

„Diklofenak (CAS 15307-79-6), 17-beta-estradiol (E2) (CAS 50-28-2) a 17-alfa-ethinylestradiol (EE2) (CAS 57-63-6) se zahrnou do prvního seznamu sledovaných látek s cílem shromáždit údaje z monitorování pro účely snazšího stanovení vhodných opatření s cílem řešit rizika, která uvedené látky představují.“ [22]

Evropská komise se snaží směrnice postupně upravovat dle dostupných vědeckých zjištění. Některé látky se tedy mohou z neregulované kategorie EPs dostat do prioritní kategorie monitorovaných a regulovaných látek.

„Komise během roku 2014 shromáždila údaje o různých dalších látkách, které by mohly být zařazeny do seznamu sledovaných látek. Zohlednila informační zdroje uvedené v čl. 8b odst. 1 směrnice 2008/105/ES a konzultovala odborníky z členských států a skupiny zúčastněných stran. Stanovovalo se pořadí látek. Týkalo se to zejména látek, které měly při nedávno dokončeném přezkumu prioritních látek blízko k tomu, aby byly zařazeny mezi prioritní látky, pro něž jsou však ještě potřebné údaje z monitorování, aby bylo významné riziko potvrzeno. Týkalo se to rovněž několika dalších látek, které byly identifikovány jako potenciální nové znečišťující látky, pro něž byly k dispozici omezené nebo žádné údaje z monitorování. Riziko, které představuje každá z těchto látek, bylo vypočteno z dostupných informací o jejich vnitřní nebezpečnosti a o expozici životního prostředí těmito látkám. Expozice byla odhadnuta na základě údajů o rozsahu výroby a používání, přičemž byly zohledněny veškeré aktuální údaje z monitorování.“ [83]

V rozhodnutí prováděcí komise (EU) 2015/495 ze dne 20. března 2015, kterým se stanoví seznam sledovaných látek pro monitorování v rámci celé Evropské unie v oblasti vodní politiky podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/105/ES, bylo usneseno, že kromě výše uvedených látek budou monitorovány také látky, jako jsou tři makrolidová antibiotika (erythromycin, klarithromycin, azithromycin), hormon estron (E1), některé pesticidy atd. (celý seznam viz příloha 3). Rovněž jsou tyto látky monitorovány pomocí metod extrakce LLE (extrakce kapalina-kapalina), SPE (extrakce na pevné fázi) SLE (extrakce pevná látka – kapalina) a analytických indikativních metod GC-MS (plynová chromatografie – hmotnostní spektrometrie), LC-MS-MS (kapalinová chromatografie s tandemovou hmotnostní spektrometrií s trojitým kvadrupólem) [83].

3.2 Ochrana vod v ČR

V České republice se ochrana vod podřizuje českému právu a od vstupu do Evropské unie dne 1. května 2004 i evropskému právu. České právo nesmí být v rozporu s komunitárním právem EU. Základním právním předpisem Evropského parlamentu a Rady ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky členských států je rámcová směrnice 2000/60/ES z 23. října 2000. Ochranu vod pak ještě doplňuje zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Ten je doplněn a rozveden některými dalšími podzákonými předpisy jako jsou nařízení vlády a vyhlášky. Veškerými směrnici se musí členské státy EU řídit do určitého data (veškeré podrobnosti jsou rozepsané v daných směrniciích). Ve výsledku to znamená, že se členské státy snaží směrnice implementovat do svých zákonů. S příchodem nového znění evropské směrnice 2013/39/ES ze dne 12. srpna 2013 přišla i novela zákona č. 61/2003 Sb., který se změnil na aktuální znění nařízení vlády č. 401/2015 Sb. „Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech“ platný od 1. 1. 2016. [84]

Závěr

Emerging pollutants představují velmi heterogenní skupinu zcela nových polutantů, o které věda ještě relativně nedávno neměla tušení. Dostávají se do životního prostředí v mimořádně nízkých koncentracích.

Zdrojem EPs jsou především produkty spojené s trendem životního stylu lidí v posledních letech (farmaceutika, nelegální drogy, čisticí prostředky v domácnostech, osobní kosmetika atd.). Také jsou do ní zahrnuty chemikálie využívané v hospodářské a zemědělské činnosti jako jsou antibiotika, plaguicidy, antiseptika, pesticidy aj.

Je důležité pravidelně sledovat výskyt EPs na mnoha receptorech jako jsou povrchové, podzemní vody a zdroje pro pitné vody. S technologickým pokrokem a snahou zefektivnit sledování EPs se zavádí online monitoring. Pro pravidelný pasivní odběr vzorků se často využívají zařízení POCIS. Pro analýzu vzorků se nejčastěji využívá kombinace chromatografie a spektrometrie. Mimo to je také podstatné sledovat koncentrace látek v živých tělech organismů zejména pak v rybách a dalších potravinových produktech pocházejících především z vodního prostředí.

Odstranění EPs z vod je technologicky náročné a je důležité hledat efektivní a zároveň ekonomicky dostupná řešení. Pro jejich odstranění je snaha využít pokroku v oblasti biotechnologie použitím mikrobů, bakterií, hub aj. Aktivní uhlí v kombinaci s dalšími metodami pak může být vysoce účinným způsobem filtrace, pokud by se tato technologie stala finančně méně náročnou. Samotná dezinfekce vody pro pitné účely si s odstraněním EPs poradit nedokáže.

Vliv EPs na zdraví lidí je potřeba podrobit dlouhodobým studiím. I při nízkých koncentracích mají mnohé z nich potvrzené toxické účinky a mohou tak nepříznivě ovlivnit tělesné funkce našeho organismu. Především pak endokrinní disruptory mohou výrazně narušit činnost hormonálních endokrinních systémů lidí i zvířat.

V životním prostředí EPs mohou způsobit mnoho problémů. Mohou se akumulovat v půdě ale i tělech organismů, kontaminovat podzemní vody, ovlivnit reprodukci živočichů aj.

Legislativa na EPs dosud pamatuje jen velmi okrajově. Celý proces, než se látky dostanou na seznam regulovaných látek, je zdlouhavý. Nicméně se podařilo zregulovaných několik polutantů ze skupiny EPs. Lze očekávat, že se tento seznam hlídaných látek bude v budoucích letech dále rozšiřovat o další EPs.

Problematika EPs ve vodních zdrojích je především zcela nová vědecká multidisciplinární výzva, která vyžaduje úzkou spolupráci pestré skupiny odborníků v oblastech vodního hospodářství, chemie, biologie, lékařství, biotechnologie a mnoha dalších oborů. Je tak příležitostí pro další vědecké studie v oblasti znečištění vod i životního prostředí. Mimo jiné vytváří prostor pro hledání inovativních technologických řešení pro čištění vod a hledání způsobů jak zabránit dalšímu znečištění a jak se s ním vypořádat v budoucích letech.

Seznam použité literatury

- [1] GEISSEN, Violette, Hans MOL, Erwin KLUMPP, Günter UMLAUF, Marti NADAL, Martine VAN DER PLOEG, Sjoerd E. A. T. M. VAN DE ZEE a Coen J. RITSEMA. Emerging pollutants in the environment: A challenge for water resource management. *International Soil and Water Conservation Research* [online]. 2015, **3**(1), 57–65. ISSN 2095-6339. Dostupné z: doi:10.1016/j.iswcr.2015.03.002
- [2] G. CALVO-FLORES, Francisco, Joaquin ISAC-GARCÍA a Jose DOBADO. *Emerging Pollutants: Origin, Structure and Properties* [online]. 2017. Dostupné z: doi:10.1002/9783527691203
- [3] GAVRILESCU, Maria, Kateřina DEMNEROVÁ, Jens AAMAND, Spiros AGATHOS a Fabio FAVA. Emerging pollutants in the environment: present and future challenges in biomonitoring, ecological risks and bioremediation. *New Biotechnology* [online]. 2014, **32**(1), 147–156. ISSN 1876-4347. Dostupné z: doi:10.1016/j.nbt.2014.01.001
- [4] PREDA, Cristina, Maria UNGUREANU a Carmen VULPOI. Endocrine disruptors in the environment and their impact on human health. *Environmental Engineering and Management Journal* [online]. 2012, **11**, 1697–1706. Dostupné z: doi:10.30638/eemj.2012.210
- [5] CHAPMAN, Peter M. Determining when contamination is pollution - weight of evidence determinations for sediments and effluents. *Environment International* [online]. 2007, **33**(4), 492–501. ISSN 0160-4120. Dostupné z: doi:10.1016/j.envint.2006.09.001
- [6] *Emerging substances / NORMAN* [online]. [vid. 2020-05-31]. Dostupné z: <https://www.norman-network.net/?q=node/19>
- [7] DEBLONDE, Tiphanie, Carole COSSU-LEGUILLE a Philippe HARTEMANN. Emerging pollutants in wastewater: A review of the literature. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* [online]. 2011, **214**(6), The second European PhD students workshop: Water and health ? Cannes 2010, 442–448. ISSN 1438-4639. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijheh.2011.08.002
- [8] US EPA. *US EPA* [online]. [vid. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/>
- [9] US EPA, OW. Contaminants of Emerging Concern including Pharmaceuticals and Personal Care Products. *US EPA* [online]. 18. srpen 2015 [vid. 2020-05-30]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/wqc/contaminants-emerging-concern-including-pharmaceuticals-and-personal-care-products>
- [10] *USGS.gov | Science for a changing world* [online]. [vid. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.usgs.gov/>

- [11] RAGHAV, Madhumitha, Susanna EDEN, Becky WITTE, John POLLE a Katharine MITCHELL. Contaminants of Emerging Concern in Water. 2013, 12.
- [12] SCHWARZENBACH, René P., Beate I. ESCHER, Kathrin FENNER, Thomas B. HOFSTETTER, C. Annette JOHNSON, Urs VON GUNTEN a Bernhard WEHRLI. The challenge of micropollutants in aquatic systems. *Science (New York, N.Y.)* [online]. 2006, **313**(5790), 1072–1077. ISSN 1095-9203. Dostupné z: doi:10.1126/science.1127291
- [13] US EPA, OW. Toxic and Priority Pollutants Under the Clean Water Act. *US EPA* [online]. 10. září 2015 [vid. 2020-05-31]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/eg/toxic-and-priority-pollutants-under-clean-water-act>
- [14] US EPA, OITA. Persistent Organic Pollutants: A Global Issue, A Global Response. *US EPA* [online]. 2. duben 2014 [vid. 2020-05-31]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/international-cooperation/persistent-organic-pollutants-global-issue-global-response>
- [15] KOLPIN, Dana W., Edward T. FURLONG, Michael T. MEYER, E. Michael THURMAN, Steven D. ZAUGG, Larry B. BARBER a Herbert T. BUXTON. Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in U.S. streams, 1999-2000: a national reconnaissance. *Environmental Science & Technology* [online]. 2002, **36**(6), 1202–1211. ISSN 0013-936X. Dostupné z: doi:10.1021/es011055j
- [16] EBELE, Anekwe Jennifer, Mohamed ABOU-ELWafa ABDALLAH a Stuart HARRAD. Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in the freshwater aquatic environment. *Emerging Contaminants* [online]. 2017, **3**(1), 1–16. ISSN 2405-6650. Dostupné z: doi:10.1016/j.emcon.2016.12.004
- [17] CALIMAN, Florentina Anca a Maria GAVRILESCU. Pharmaceuticals, Personal Care Products and Endocrine Disrupting Agents in the Environment – A Review. *CLEAN – Soil, Air, Water* [online]. 2009, **37**(4–5), 277–303. ISSN 1863-0669. Dostupné z: doi:10.1002/clen.200900038
- [18] GAVRILESCU, Maria. Behaviour of persistent pollutants and risks associated with their presence in the environment—Integrated studies. *Environmental Engineering and Management Journal* [online]. 2008, **8**. Dostupné z: doi:10.30638/eemj.2009.221
- [19] COOK, Sherri M., Bryan J. VANDUINEN, Nancy G. LOVE a Steven J. SKERLOS. Life cycle comparison of environmental emissions from three disposal options for unused pharmaceuticals. *Environmental Science & Technology* [online]. 2012, **46**(10), 5535–5541. ISSN 1520-5851. Dostupné z: doi:10.1021/es203987b
- [20] ROSAL, Roberto, Antonio RODRÍGUEZ, José Antonio PERDIGÓN-MELÓN, Alice PETRE, Eloy GARCÍA-CALVO, María José GÓMEZ, Ana AGÜERA a Amadeo R. FERNÁNDEZ-ALBA. Occurrence of emerging pollutants in urban wastewater and their removal

- through biological treatment followed by ozonation. *Water Research* [online]. 2010, **44**(2), 578–588. ISSN 1879-2448. Dostupné z: doi:10.1016/j.watres.2009.07.004
- [21] HALDEN, R. U. Introduction to Contaminants of Emerging Concern in the Environment: Ecological and Human Health Considerations. In: *Contaminants of Emerging Concern in the Environment: Ecological and Human Health Considerations* [online]. B.m.: American Chemical Society, 2010 [vid. 2020-05-31], ACS Symposium Series, 1048, s. 1–6. ISBN 978-0-8412-2496-4. Dostupné z: doi:10.1021/bk-2010-1048.ch001
- [22] *Directive 2013/39/EU of the European Parliament and of the Council of 12 August 2013 amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy Text with EEA relevance* [online]. 24. srpen 2013 [vid. 2020-06-07]. Dostupné z: <http://data.europa.eu/eli/dir/2013/39/oj/eng>. volume: 226
- [23] IKS-R-CIPR-ICBR. *Strategy for micro-pollutants – strategy for municipal and industrial wastewater*. 2010.
- [24] BHANDARI, Alok, Rao Y. SURAMPALLI, Craig D. ADAMS, Pascale CHAMPAGNE, Say Kee ONG, R. D. TYAGI a Tian C. ZHANG. *Contaminants of emerging environmental concern* [online]. B.m.: American Society of Civil Engineers (ASCE), 2009 [vid. 2020-06-10]. ISBN 978-0-7844-1014-1. Dostupné z: doi:10.1061/9780784410141
- [25] GOEL, P. K. *Water Pollution: Causes, Effects and Control*. B.m.: New Age International Publishers, 2011. ISBN 978-81-224-1839-2.
- [26] HOUTMAN, Corine J. Emerging contaminants in surface waters and their relevance for the production of drinking water in Europe. *Journal of Integrative Environmental Sciences* [online]. 2010, **7**(4), 271–295. ISSN 1943-815X. Dostupné z: doi:10.1080/1943815X.2010.511648
- [27] STUART, Marianne, Dan LAPWORTH, Emily CRANE a Alwyn HART. Review of risk from potential emerging contaminants in UK groundwater. *The Science of the Total Environment* [online]. 2012, **416**, 1–21. ISSN 1879-1026. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2011.11.072
- [28] GAVRILESCU, Maria. Fate of Pesticides in the Environment and Its Bioremediation. *Engineering in Life Sciences* [online]. 2005, **5**, 497–526. Dostupné z: doi:10.1002/elsc.200520098
- [29] LAPWORTH, Dan a Daren GODDY. Source and Persistence of Pesticides in a Semi-Confined Chalk Aquifer of Southeast England. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)* [online]. 2007, **144**, 1031–44. Dostupné z: doi:10.1016/j.envpol.2005.12.055
- [30] CLAUSEN, Liselotte, Niels P. ARILDSKOV, Flemming LARSEN, Jens AAMAND a Hans-Jørgen ALBRECHTSEN. Degradation of the herbicide dichlobenil and its metabolite

- BAM in soils and subsurface sediments. *Journal of Contaminant Hydrology* [online]. 2007, **89**(3–4), 157–173. ISSN 0169-7722. Dostupné z: doi:10.1016/j.jconhyd.2006.04.004
- [31] CHANDER, Vikas, Bhavtosh SHARMA, Vipul NEGI, Ravinder Singh ASWAL, Prashant SINGH, Rakesh SINGH a Rajendra DOBHAL. Pharmaceutical Compounds in Drinking Water. *Journal of Xenobiotics* [online]. 2016, **6**(1) [vid. 2020-06-14]. ISSN 2039-4705. Dostupné z: doi:10.4081/xeno.2016.5774
- [32] MURRAY, Kyle E., Sheeba M. THOMAS a Adria A. BODOUR. Prioritizing research for trace pollutants and emerging contaminants in the freshwater environment. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)* [online]. 2010, **158**(12), 3462–3471. ISSN 1873-6424. Dostupné z: doi:10.1016/j.envpol.2010.08.009
- [33] FATTA-KASSINOS, Despo, Sureyya MERIC a Anastasia NIKOLAOU. Pharmaceutical residues in environmental waters and wastewater: current state of knowledge and future research. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* [online]. 2011, **399**(1), 251–275. ISSN 1618-2650. Dostupné z: doi:10.1007/s00216-010-4300-9
- [34] LIENERT, Judit, Mirjam KOLLER, Jonas KONRAD, Christa S. MCARDELL a Nele SCHUWIRTH. Multiple-criteria decision analysis reveals high stakeholder preference to remove pharmaceuticals from hospital wastewater. *Environmental Science & Technology* [online]. 2011, **45**(9), 3848–3857. ISSN 1520-5851. Dostupné z: doi:10.1021/es1031294
- [35] VERLICCHI, Paola, Alessio GALLETTI a Mustafa AL AUKIDY. Hospital wastewaters: quali-quantitative characterization and strategies for their treatment and disposal, Springer. *Water treatment and pollution prevention: advances in research* [online]. 2013, 225–251. Dostupné z: doi:10.1007/978-94-007-4942-9_8
- [36] STAMATELATOU, K., C. PAKOU a G. LYBERATOS. Comprehensive Biotechnology - 2nd Edition. In: . 2nd ed. 2011, s. 473–84.
- [37] JEIRANI, Zahra, Catherine Hui NIU a Jafar SOLTAN. Adsorption of emerging pollutants on activated carbon. *Reviews in Chemical Engineering* [online]. 2017, **33**(5), 491–522. ISSN 2191-0235, 0167-8299. Dostupné z: doi:10.1515/revce-2016-0027
- [38] GERRITY, Daniel, Sujanie GAMAGE, Janie C. HOLADY, Douglas B. MAWHINNEY, Oscar QUIÑONES, Rebecca A. TRENHOLM a Shane A. SNYDER. Pilot-scale evaluation of ozone and biological activated carbon for trace organic contaminant mitigation and disinfection. *Water Research* [online]. 2011, **45**(5), 2155–2165. ISSN 1879-2448. Dostupné z: doi:10.1016/j.watres.2010.12.031
- [39] PHAM THI THUY, NGUYEN VIET ANH a VAN DER BRUGGEN BART. Pilot-Scale Evaluation of GAC Adsorption Using Low-Cost, High-Performance Materials for Removal of Pesticides and Organic Matter in Drinking Water Production. *Journal of*

- Environmental Engineering* [online]. 2013, **139**(7), 958–965. Dostupné z: doi:10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000704
- [40] HEBERER, Th, K. REDDERSEN a A. MECHLINSKI. From municipal sewage to drinking water: fate and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment in urban areas. *Water Science and Technology: A Journal of the International Association on Water Pollution Research*. 2002, **46**(3), 81–88. ISSN 0273-1223.
- [41] HALLING-SØRENSEN, B., S. NORS NIELSEN, P. F. LANZKY, F. INGERSLEV, H. C. HOLTEN LÜTZHØFT a S. E. JØRGENSEN. Occurrence, fate and effects of pharmaceutical substances in the environment- A review. *Chemosphere* [online]. 1998, **36**(2), 357–393. ISSN 0045-6535. Dostupné z: doi:10.1016/S0045-6535(97)00354-8
- [42] ROOK, J. J. Formation of haloforms during chlorination of natural waters [online]. 1974 [vid. 2020-06-11]. Dostupné z: doi:null
- [43] VULLIET, Emmanuelle a Cécile CREN-OLIVÉ. Screening of pharmaceuticals and hormones at the regional scale, in surface and groundwaters intended to human consumption. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)* [online]. 2011, **159**(10), 2929–2934. ISSN 1873-6424. Dostupné z: doi:10.1016/j.envpol.2011.04.033
- [44] SCHAIDER, Laurel A., Ruthann A. RUDEL, Janet M. ACKERMAN, Sarah C. DUNAGAN a Julia Green BRODY. Pharmaceuticals, perfluorosurfactants, and other organic wastewater compounds in public drinking water wells in a shallow sand and gravel aquifer. *Science of The Total Environment* [online]. 2014, **468–469**, 384–393. ISSN 0048-9697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2013.08.067
- [45] LOOS, Robert, Giovanni LOCORO, Sara COMERO, Serafino CONTINI, David SCHWESIG, Friedrich WERRES, Peter BALSAA, Oliver GANS, Stefan WEISS, Ludek BLAHA, Monica BOLCHI a Bernd Manfred GAWLIK. Pan-European survey on the occurrence of selected polar organic persistent pollutants in ground water. *Water Research* [online]. 2010, **44**(14), 4115–4126. ISSN 1879-2448. Dostupné z: doi:10.1016/j.watres.2010.05.032
- [46] LAPWORTH, D. J., N. BARAN, M. E. STUART a R. S. WARD. Emerging organic contaminants in groundwater: A review of sources, fate and occurrence. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)* [online]. 2012, **163**, 287–303. ISSN 1873-6424. Dostupné z: doi:10.1016/j.envpol.2011.12.034
- [47] TEIJON, Gloria, Lucila CANDELA, Karim TAMOH, Antonio MOLINA-DÍAZ a A. R. FERNÁNDEZ-ALBA. Occurrence of emerging contaminants, priority substances (2008/105/CE) and heavy metals in treated wastewater and groundwater at Depurbaix facility (Barcelona, Spain). *Science of The Total Environment* [online]. 2010, **408**(17), 3584–3595. ISSN 0048-9697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2010.04.041
- [48] LUO, Yunlong, Wenshan GUO, Huu Hao NGO, Long Duc NGHIEM, Faisal Ibney HAI, Jian ZHANG, Shuang LIANG a Xiaochang C. WANG. A review on the occurrence of

- micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment. *Science of The Total Environment* [online]. 2014, **473–474**, 619–641. ISSN 0048-9697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2013.12.065
- [49] *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy* [online]. 22. prosinec 2000 [vid. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj>
- [50] *Directive 2006/118/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 on the protection of groundwater against pollution and deterioration* [online]. 27. prosinec 2006 [vid. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32006L0118>
- [51] BUENO, M. J. Martínez, M. J. GOMEZ, S. HERRERA, M. D. HERNANDO, A. AGÜERA a A. R. FERNÁNDEZ-ALBA. Occurrence and persistence of organic emerging contaminants and priority pollutants in five sewage treatment plants of Spain: Two years pilot survey monitoring. *Environmental Pollution* [online]. 2012, **164**, 267–273. ISSN 0269-7491. Dostupné z: doi:10.1016/j.envpol.2012.01.038
- [52] JIA, Ai, Yi WAN, Yang XIAO a Jianying HU. Occurrence and fate of quinolone and fluoroquinolone antibiotics in a municipal sewage treatment plant. *Water Research* [online]. 2012, **46(2)**, 387–394. ISSN 1879-2448. Dostupné z: doi:10.1016/j.watres.2011.10.055
- [53] ZHENG, Qian, Ruijie ZHANG, Yinghui WANG, Xiaohui PAN, Jianhui TANG a Gan ZHANG. Occurrence and distribution of antibiotics in the Beibu Gulf, China: Impacts of river discharge and aquaculture activities. *Marine Environmental Research* [online]. 2012, **78**, 26–33. ISSN 0141-1136. Dostupné z: doi:10.1016/j.marenvres.2012.03.007
- [54] *Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive) (Text with EEA relevance)* [online]. 25. červen 2008 [vid. 2020-06-10]. Dostupné z: <http://data.europa.eu/eli/dir/2008/56/oj/eng>. volume: 164
- [55] VANDERMEERSCH, Griet, Helena Maria LOURENÇO, Diana ALVAREZ-MUÑOZ, Sara CUNHA, Jorge DIOGÈNE, German CANO-SANCHO, Jens J. SLOTH, Christiaan KWADIJK, Damia BARCELO, Wim ALLEGAERT, Karen BEKAERT, José Oliveira FERNANDES, Antonio MARQUES a Johan ROBBENS. Environmental contaminants of emerging concern in seafood – European database on contaminant levels. *Environmental Research* [online]. 2015, **143**, Non-regulated environmental contaminants in seafood: contributions of the ECsafeSEAFOOD EU project, 29–45. ISSN 0013-9351. Dostupné z: doi:10.1016/j.envres.2015.06.011

- [56] SÁNCHEZ-AVILA, Juan, Romà TAULER a Silvia LACORTE. Organic micropollutants in coastal waters from NW Mediterranean Sea: sources distribution and potential risk. *Environment International* [online]. 2012, **46**, 50–62. ISSN 1873-6750. Dostupné z: doi:10.1016/j.envint.2012.04.013
- [57] *Omega-3 fatty acids and the benefits of fish consumption: is all that glitters gold? - Abstract - Europe PMC* [online]. [vid. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://europepmc.org/article/med/17540446>
- [58] *ECsafeSEAFOOD Project* [online]. [vid. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.ecsafeseafood.eu/>
- [59] Poliovirus surveillance by examining sewage specimens. Quantitative recovery of virus after introduction into sewerage at remote upstream location. *ResearchGate* [online]. [vid. 2020-06-14]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/11785975_Poliovirus_surveillance_by_examining_sewage_specimens_Quantitative_recovery_of_virus_after_introduction_into_sewerage_at_remote_upstream_location
- [60] DE GUSSEME, Bart, Liesje SINTUBIN, Leen BAERT, Ellen THIBO, Tom HENNEBEL, Griet VERMEULEN, Mieke UYTENDAELE, Willy VERSTRAETE a Nico BOON. Biogenic silver for disinfection of water contaminated with viruses. *Applied and Environmental Microbiology* [online]. 2010, **76**(4), 1082–1087. ISSN 1098-5336. Dostupné z: doi:10.1128/AEM.02433-09
- [61] MACKOVA, Martina, Ondrej UHLIK, Petra LOVECKA, Jitka VIKTOROVA, Martina SURADE JONG, Katerina DEMNEROVA, Michel SYLVESTRE a Tomas MACEK. Bacterial Degradation of Polychlorinated Biphenyls. In: *Geomicrobiology: Molecular and Environmental Perspective* [online]. 2010, s. 347–366. Dostupné z: doi:10.1007/978-90-481-9204-5_16
- [62] GAVRILESCU, Maria. Environmental Biotechnology: Achievements, Opportunities and Challenges. *Dynam Biochem Process Biotechnol Mol Biol*. 2010, **4**.
- [63] GAVRILESCU, Maria a Yusuf CHISTI. Biotechnology—a sustainable alternative for chemical industry. *Biotechnology Advances* [online]. 2005, **23**(7), 471–499. ISSN 0734-9750. Dostupné z: doi:10.1016/j.biotechadv.2005.03.004
- [64] SØRENSEN, Sebastian R., Allan SIMONSEN a Jens AAMAND. Constitutive mineralization of low concentrations of the herbicide linuron by a *Variovorax* sp. strain. *FEMS microbiology letters* [online]. 2009, **292**(2), 291–296. ISSN 1574-6968. Dostupné z: doi:10.1111/j.1574-6968.2009.01501.x
- [65] UHLIK, Ondrej, Mary-Cathrine LEEWIS, V. KURZAWOVÁ, P. LOVECKÁ, P. ŠTURSA a Katerina DEMNEROVA. Approaches to microbial diversity analysis in contaminated environments. *Trends in bioremediation and phytoremediation*. 2010, 55–71.

- [66] SPRING, Andrew, David BAGLEY, Robert ANDREWS, S LEMANIK a P YANG. Removal of endocrine disruptors using a membrane bioreactor and disinfection. *Journal of Environmental Engineering and Science* [online]. 2011, **6**, 131–137. Dostupné z: doi:10.1139/s06-049
- [67] ARBOLEDA, Carolina, Hubert CABANA, E. PRIL, J Peter JONES, G. JIMÉNEZ, A. MEJÍA, Spiros AGATHOS a Michel PENNINGKX. Elimination of Bisphenol A and Triclosan Using the Enzymatic System of Autochthonous Colombian Forest Fungi. *ISRN Biotechnology* [online]. 2012, **2013**. Dostupné z: doi:10.5402/2013/968241
- [68] DOBRITZSCH, Dirk, Irene KYRIAKIDES a Spiros AGATHOS. White-rot fungi and their enzymes for the treatment of industrial dye effluents. *Biotechnology advances*. 2004, **22**, 161–87.
- [69] REUNGOAT, J., B. I. ESCHER, M. MACOVA a J. KELLER. Biofiltration of wastewater treatment plant effluent: Effective removal of pharmaceuticals and personal care products and reduction of toxicity. *Water Research* [online]. 2011, **45**(9), 2751–2762. ISSN 0043-1354. Dostupné z: doi:10.1016/j.watres.2011.02.013
- [70] HERNÁNDEZ-LEAL, L., H. TEMMINK, G. ZEEMAN a C. J. N. BUISMAN. Removal of micropollutants from aerobically treated grey water via ozone and activated carbon. *Water Research* [online]. 2011, **45**(9), 2887–2896. ISSN 0043-1354. Dostupné z: doi:10.1016/j.watres.2011.03.009
- [71] PEIJNENBURG, Willie, Ettore CAPRI, Christine KULA, Matthias LIESS, Robert LUTTIK, Mark MONTFORTS, Karin NIENSTEDT, Jörg RÖMBKE, José Paulo SOUSA a John JENSEN. Evaluation of Exposure Metrics for Effect Assessment of Soil Invertebrates. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* [online]. 2012, **42**(17), 1862–1893. ISSN 1064-3389. Dostupné z: doi:10.1080/10643389.2011.574100
- [72] YI, Andy Xianliang, Kenneth M. Y. LEUNG, Michael H. W. LAM, Jae-Seong LEE a John P. GIESY. Review of measured concentrations of triphenyltin compounds in marine ecosystems and meta-analysis of their risks to humans and the environment. *Chemosphere* [online]. 2012, **89**(9), 1015–1025. ISSN 0045-6535. Dostupné z: doi:10.1016/j.chemosphere.2012.05.080
- [73] VANROLLEGHEM, P. A. a D. S. LEE. On-line monitoring equipment for wastewater treatment processes: state of the art. *Water Science and Technology* [online]. 2003, **47**(2), 1–34. ISSN 0273-1223. Dostupné z: doi:10.2166/wst.2003.0074
- [74] YOO, Chang Kyoo, Kris VILLEZ, Stijn W. H. Van HULLE a Peter A. VANROLLEGHEM. Enhanced process monitoring for wastewater treatment systems. *Environmetrics* [online]. 2008, **19**(6), 602–617. ISSN 1099-095X. Dostupné z: doi:10.1002/env.900
- [75] MACLEOD, Sherri L., Evelyn L. MCCLURE a Charles S. WONG. Laboratory calibration and field deployment of the Polar organic chemical integrative sampler for pharmaceuticals and personal care products in wastewater and surface water.

Environmental Toxicology and Chemistry [online]. 2007, **26**(12), 2517–2529. ISSN 1552-8618. Dostupné z: doi:10.1897/07-238.1

- [76] ALVAREZ, David A., James N. HUCKINS, Jimmie D. PETTY, Tammy JONES-LEPP, Frank STUER-LAURIDSEN, Dominic T. GETTING, Jon P. GODDARD a Anthony GRAVELL. Chapter 8 Tool for monitoring hydrophilic contaminants in water: polar organic chemical integrative sampler (POCIS). In: R. GREENWOOD, G. MILLS a B. VRANA, ed. *Comprehensive Analytical Chemistry* [online]. B.m.: Elsevier, 2007 [vid. 2020-06-01], Passive Sampling Techniques in Environmental Monitoring, s. 171–197. Dostupné z: doi:10.1016/S0166-526X(06)48008-9
- [77] GU, Man Bock, Robert J. MITCHELL a Byoung Chan KIM. Whole-Cell-Based Biosensors for Environmental Biomonitoring and Application. In: Jian-Jiang ZHONG, ed. *Biomanufacturing* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004 [vid. 2020-06-01], Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology, s. 269–305. ISBN 978-3-540-20501-2. Dostupné z: doi:10.1007/b13533
- [78] SCOGNAMIGLIO, Viviana, Italo PEZZOTTI, Gianni PEZZOTTI, Juan CANO, Ivano MANFREDONIA, Katia BUONASERA, Fabiana ARDUINI, Danila MOSCONE, Giuseppe PALLESCHI a Maria Teresa GIARDI. Towards an integrated biosensor array for simultaneous and rapid multi-analysis of endocrine disrupting chemicals. *Analytica Chimica Acta* [online]. 2012, **751**, 161–170. ISSN 0003-2670. Dostupné z: doi:10.1016/j.aca.2012.09.010
- [79] MARTINS, Tatiana Duque, Antonio Carlos Chaves RIBEIRO, Henrique Santiago de CAMARGO, Paulo Alves da Costa FILHO, Hannah Paula Mesquita CAVALCANTE a Diogo Lopes DIAS. New Insights on Optical Biosensors: Techniques, Construction and Application. *State of the Art in Biosensors - General Aspects* [online]. 2013 [vid. 2020-06-01]. Dostupné z: doi:10.5772/52330
- [80] US EPA, OW. National Primary Drinking Water Regulations. *US EPA* [online]. 30. listopad 2015 [vid. 2020-06-08]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulations>
- [81] *Decision No 2455/2001/EC of the European Parliament and of the Council of 20 November 2001 establishing the list of priority substances in the field of water policy and amending Directive 2000/60/EC (Text with EEA relevance)*
- [82] *Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council* [online]. 24. prosinec 2008 [vid. 2020-06-07]. Dostupné z: <http://data.europa.eu/eli/dir/2008/105/oj/eng>. volume: 348

- [83] *Commission Implementing Decision (EU) 2015/495 of 20 March 2015 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 (notified under document C(2015) 1756) Text with EEA relevance* [online]. 24. březen 2015 [vid. 2020-06-08]. Dostupné z: http://data.europa.eu/eli/dec_impl/2015/495/oj/eng
- [84] PROSTŘEDÍ, Ministerstvo životního. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [vid. 2020-06-08]. Dostupné z: <https://www.mzp.cz/cz/>

Přílohy

Příloha 1

SEZNAM PRIORITYNÍCH LÁTEK V OBLASTI VODNÍ POLITIKY				
Číslo	Číslo CAS (1)	Číslo EU (2)	Název prioritní látky (3)	Identifikována jako prioritní nebezpečná látka
(1)	15972-60-8	240-110-8	alachlor	
(2)	120-12-7	204-371-1	anthracen	X
(3)	1912-24-9	217-617-8	atrazin	
(4)	71-43-2	200-753-7	benzen	
(5)	nepoužije se	nepoužije se	bromované difenyletery	X (4)
(6)	7440-43-9	231-152-8	kadmium a jeho sloučeniny	X
(7)	85535-84-8	287-476-5	chloralkany, C ₁₀₋₁₃	X
(8)	470-90-6	207-432-0	chlorfenvinfos	
(9)	2921-88-2	220-864-4	Chlorpyrifos (chlorpyrifos-ethyl)	
(10)	107-06-2	203-458-1	1,2-dichlorethan	
(11)	75-09-2	200-838-9	dichlormethan	
(12)	117-81-7	204-211-0	bis(2-ethylhexyl)ftalát (DEHP)	X
(13)	330-54-1	206-354-4	diuron	
(14)	115-29-7	204-079-4	endosulfan	X
(15)	206-44-0	205-912-4	fluoranthen	
(16)	118-74-1	204-273-9	hexachlorbenzen	X
(17)	87-68-3	201-765-5	hexachlorbutadien	X
(18)	608-73-1	210-168-9	hexachlorcyklohexan	X
(19)	34123-59-6	251-835-4	isoproturon	
(20)	7439-92-1	231-100-4	olovo a jeho sloučeniny	
(21)	7439-97-6	231-106-7	rtuť a její sloučeniny	X
(22)	91-20-3	202-049-5	naftalen	
(23)	7440-02-0	231-111-4	nikl a jeho sloučeniny	
(24)	nepoužije se	nepoužije se	nonylfenoly	X (5)
(25)	nepoužije se	nepoužije se	oktylfenoly (6)	
(26)	608-93-5	210-172-0	pentachlorbenzen	X
(27)	87-86-5	201-778-6	pentachlorfenol	
(28)	nepoužije se	nepoužije se	polyaromatické uhlovodíky (PAU) (7)	X
(29)	122-34-9	204-535-2	simazin	
(30)	nepoužije se	nepoužije se	tributylcín a jeho sloučeniny	X (8)

Příloha 2

Číslo	Číslo CAS ⁽¹⁾	Číslo EU ⁽²⁾	Název prioritní látky ⁽³⁾	Identifikována jako prioritní nebezpečná látka
(31)	12002-48-1	234-413-4	trichlorbenzeny	
(32)	67-66-3	200-663-8	trichlormethan (chloroform)	
(33)	1582-09-8	216-428-8	trifluralin	X
(34)	115-32-2	204-082-0	dikofol	X
(35)	1763-23-1	217-179-8	perfluoroktansulfonová kyselina a její deriváty (PFOS)	X
(36)	124495-18-7	nepoužije se	chinoxifen	X
(37)	nepoužije se	nepoužije se	dioxiny a sloučeniny s dioxinovým efektem	X ⁽⁴⁾
(38)	74070-46-5	277-704-1	aclonifen	
(39)	42576-02-3	255-894-7	bifenox	
(40)	28159-98-0	248-872-3	cybutryn	
(41)	52315-07-8	257-842-9	cypermethrin ⁽¹⁰⁾	
(42)	62-73-7	200-547-7	dichlorvos	
(43)	nepoužije se	nepoužije se	hexabromcyklododekany (HBCDD)	X ⁽¹¹⁾
(44)	76-44-8/ 1024-57-3	200-962-3/ 213-831-0	heptachlor a heptachlorepoxid	X
(45)	886-50-0	212-950-5	terbutryn	

⁽¹⁾ CAS: Chemical Abstracts Service.

⁽²⁾ Číslo EU: Evropský seznam existujících obchodovaných chemických látek (EINECS) nebo Evropský seznam oznámených chemických látek (ELINCS).

⁽³⁾ V případech, kdy byly vybrány skupiny látek, jsou, pokud to není výslovně zmíněno, uvedeni jednotliví typičtí zástupci v rámci stanovení norem environmentální kvality.

⁽⁴⁾ Pouze tetra-, penta-, hexa- a heptabromdifenyloether (čísla CAS 40088-47-9, 32534-81-9, 36483-60-0, 68928-80-3).

⁽⁵⁾ Nonylfenol (čísla CAS 25154-52-3, EU 246-672-0), včetně izomerů 4-nonylfenolu (čísla CAS 104-40-5, 203-199-4 EU) a rozvětveného 4-nonylfenolu (čísla CAS 84852-15-3, EU 284-325-5).

⁽⁶⁾ Oktylfenol (čísla CAS 1806-26-4, EU 217-302-5), včetně izomeru 4-(1,1',3,3'-tetramethylbutyl)fenolu (čísla CAS 140-66-9, EU 205-426-2).

⁽⁷⁾ Včetně benzo(a)pyrenu (čísla CAS 50-32-8, EU 200-028-5), benzo(b)fluoranthenu (čísla CAS 205-99-2, EU 205-911-9), benzo(g,h,i)perylenu (čísla CAS 191-24-2, EU 205-883-8), benzo(k)fluoranthenu (čísla CAS 207-08-9, EU 205-916-6), indeno(1,2,3-cd)pyrenu (čísla CAS 193-39-5, EU 205-893-2) a bez anthracenu, fluoranthenu a naftalenu, které jsou uvedeny samostatně.

⁽⁸⁾ Včetně kationtu tributylcínu (čísla CAS 36643-28-4).

⁽⁹⁾ Vztahuje se na tyto sloučeniny:

7 polychlorovaných dibenzo-p-dioxinů (PCDD): 2,3,7,8-T4CDD (čísla CAS 1746-01-6), 1,2,3,7,8-P5CDD (čísla CAS 40321-76-4), 1,2,3,4,7,8-H6CDD (čísla CAS 39227-28-6), 1,2,3,6,7,8-H6CDD (čísla CAS 57653-85-7), 1,2,3,7,8,9-H6CDD (čísla CAS 19408-74-3), 1,2,3,4,6,7,8-H7CDD (čísla CAS 35822-46-9), 1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDD (čísla CAS 3268-87-9)

10 polychlorovaných dibenzofuranů (PCDF): 2,3,7,8-T4CDF (čísla CAS 51207-31-9), 1,2,3,7,8-P5CDF (čísla CAS 57117-41-6), 2,3,4,7,8-P5CDF (čísla CAS 57117-31-4), 1,2,3,4,7,8-H6CDF (čísla CAS 70648-26-9), 1,2,3,6,7,8-H6CDF (čísla CAS 57117-44-9), 1,2,3,7,8,9-H6CDF (čísla CAS 72918-21-9), 2,3,4,6,7,8-H6CDF (čísla CAS 60851-34-5), 1,2,3,4,6,7,8-H7CDF (čísla CAS 67562-39-4), 1,2,3,4,7,8,9-H7CDF (čísla CAS 55673-89-7), 1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDF (čísla CAS 39001-02-0)

12 polychlorovaných bifenyly s dioxinovým efektem (PCB-DL): 3,3',4,4'-T4CB (PCB 77, čísla CAS 32598-13-3), 3,3',4,5'-T4CB (PCB 81, čísla CAS 70362-50-4), 2,3,3',4,4'-P5CB (PCB 105, čísla CAS 32598-14-4), 2,3,4,4',5'-P5CB (PCB 114, čísla CAS 74472-37-0), 2,3',4,4',5'-P5CB (PCB 118, čísla CAS 31508-00-6), 2,3',4,4',5'-P5CB (PCB 123, čísla CAS 65510-44-3), 3,3',4,4',5'-P5CB (PCB 126, čísla CAS 57465-28-8), 2,3,3',4,4',5'-H6CB (PCB 156, čísla CAS 38380-08-4), 2,3,3',4,4',5'-H6CB (PCB 157, čísla CAS 69782-90-7), 2,3',4,4',5,5'-H6CB (PCB 167, čísla CAS 52663-72-6), 3,3',4,4',5,5'-H6CB (PCB 169, čísla CAS 32774-16-6), 2,3,3',4,4',5,5'-H7CB (PCB 189, čísla CAS 39635-31-9).

⁽¹⁰⁾ Číslo CAS 52315-07-8 se vztahuje ke směsi izomerů cypermethrinu, alfa-cypermethrinu (čísla CAS 67375-30-8), beta-cypermethrinu (čísla CAS 65731-84-2), theta-cypermethrinu (čísla CAS 71697-59-1) a zeta-cypermethrinu (52315-07-8).

⁽¹¹⁾ Vztahuje se na 1,3,5,7,9,11-hexabromcyklododekan (čísla CAS 25637-99-4), 1,2,5,6,9,10-hexabromcyklododekan (čísla CAS 3194-55-6), alpha-hexabromcyklododekan (čísla CAS 134237-50-6), beta-hexabromcyklododekan (čísla CAS 134237-51-7) a gamma-hexabromcyklododekan (čísla CAS 134237-52-8).*

Příloha 3

Seznam sledovaných látek pro monitorování v rámci celé Unie stanovený v článku 8b směrnice 2008/105/ES				
Název látky/skupiny látek	Číslo CAS ⁽¹⁾	Číslo EU ⁽²⁾	Indikativní analytická metoda ⁽³⁾ ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾	Maximálně přípustná mez detekce metody (ng/l)
17-alfa-ethinylestradiol (EE2)	57-63-6	200-342-2	velkoobjemové SPE – LC-MS-MS	0,035
17-beta-estradiol (E2), estron (E1)	50-28-2, 53-16-7	200-023-8	SPE – LC-MS-MS	0,4
diklofenak	15307-86-5	239-348-5	SPE – LC-MS-MS	10
2,6-di-terc-butyl-4-methylfenol	128-37-0	204-881-4	SPE – GC-MS	3 160
2-ethylhexyl-4-methoxycinnamát	5466-77-3	226-775-7	SPE – LC-MS-MS nebo GC-MS	6 000
makrolidová antibiotika ⁽⁶⁾			SPE – LC-MS-MS	90
methiokarb	2032-65-7	217-991-2	SPE – LC-MS-MS nebo GC-MS	10
neonikotinoidy ⁽⁷⁾			SPE – LC-MS-MS	9
oxadiazon	19666-30-9	243-215-7	LLE/SPE – GC-MS	88
triallát	2303-17-5	218-962-7	LLE/SPE – GC-MS nebo LC-MS-MS	670

⁽¹⁾ Organizace Chemical Abstracts Service (CAS)
⁽²⁾ Číslo Evropské unie – není k dispozici pro všechny látky
⁽³⁾ K zajištění srovnatelnosti výsledků z různých členských států, všechny látky se sledují ve všech vzorcích vody.
⁽⁴⁾ Metody extrakce:
LLE – extrakce kapalina-kapalina
SPE – extrakce na pevné fázi
Analytické metody:
GC-MS – plynová chromatografie – hmotnostní spektrometrie
LC-MS-MS – kapalinová chromatografie s tandemovou hmotnostní spektrometrií s trojitým kvadrupólem
⁽⁵⁾ Pro monitorování 2-ethylhexyl-4-methoxycinnamátu v suspendovaných částicích (SPM) nebo v sedimentu (velikost < 63µm) se uvádí tato analytická metoda: SLE (extrakce pevná látka – kapalina) – GC-MS, přičemž maximální mez detekce je 0,2 mg/kg.
⁽⁶⁾ Erythromycin (číslo CAS 114-07-8, číslo EU 204-040-1), klarithromycin (číslo CAS 81103-11-9), azithromycin (číslo CAS 83905-01-5, číslo EU 617-500-5)
⁽⁷⁾ Imidakloprid (číslo CAS 105827-78-9/138261-41-3, číslo EU 428-040-8), thiakloprid (číslo CAS 111988-49-9), thiamethoxam (číslo CAS 153719-23-4, číslo EU 428-650-4), klothianidin (číslo CAS 210880-92-5, číslo EU 433-460-1), acetamiprid (číslo CAS 135410-20-7/160430-64-8)