

Existuje čistá voda? O tom, co laboratoře objevují ve vodním prostředí.

Publikace byla vydána v rámci projektu Smart Water.
Tento projekt byl podpořen grantem z Norských fondů.

Státní fond životního prostředí ČR: www.sfzp.cz/norskefondy
Fondy EHP a Norska: www.eeagrants.org



STÁTNÍ FOND
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
ČESKÉ REPUBLIKY

Společně pro **zelenou** Evropu

Zbyněk Hrkal



Existuje čistá voda? O tom, co laboratoře objevují ve vodním prostředí.



Zbyněk Hrkal



STÁTNÍ FOND
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
ČESKÉ REPUBLIKY

Společně pro zelenou Evropu

Publikace byla vydána v rámci projektu Smart Water.
Tento projekt byl podpořen grantem z Norských fondů.

Státní fond životního prostředí ČR: www.sfzp.cz/norskefondy
Fondy EHP a Norska: www.eeagrants.org

Všechny fotografie v publikaci jsou pod licencí www.pixabay.com.

Grafická úprava a tisk: AVAS s.r.o.

Vydal Metcenas, o.p.s., Praha, 2022

www.metcenas.cz

© Zbyněk Hrkal, 2022

ISBN 978-80-11-00421-7 (tisk)

ISBN 978-80-11-00422-4 (pdf)

Obsah

Úvod	5
Co je to znečištění?	7
Kde se „emerging contaminants“ ve vodě berou?	11
Pesticidy ve vodách	15
Látky kategorie PPCP v řekách.	18
Látky kategorie PPCP v pitných vodách – případ vodáren Káraný a Drážďan	20
Co s tím?	23
Řešení příčin	23
Řešení následků	27
Závěr	30

Úvod

Problém, o kterém budeme mluvit, způsobila taková maličkost – rozvoj jedné vědní disciplíny předběhl ostatní. Oním nesmírně rychle se rozvíjícím oborem je analytická chemie. Před několika lety její schopnosti postoupily skokově kupředu a kolegům v ostatních odbornostech předložily nové výsledky. Na stole se objevily analýzy zcela nových látek ve vodním prostředí – ve vodách srážkových, povrchových i podzemních, včetně těch, které využíváme pro pitné účely. Byly to většinou velmi překvapivé informace. Civilizovaný svět má detailně rozpracovanou metodiku, normy, které říkají, jaké látky se v pitných vodách mohou vyskytovat a jaké nikoliv. A pokud je ve vodě přeci jen najdeme, víme, jaká je jejich nejvyšší povolená koncentrace.

Nyní se před odborníky dostaly informace o tom, že ve vodách máme stovky dosud naprosto neznámých látek nesmírně pestrého původu. Byla to léčiva, nejrůznější stimulanty, jako kofein, nikotin, přepestrá škála drog, pesticidy, ale i na první pohled tak nevinné látky jako jsou kosmetické přípravky. Pro tyto látky začali odborníci používat zkratku PPCP, která vznikla z anglického názvu Pharmaceuticals and Personal Care Products (Léčiva a prostředky osobní potřeby).

Současně se ale v anglosaské literatuře začal pro tuto nesmírně heterogenní skupinu látek používat i další název, Contaminants of Emerging Concern, (CECs). Do češtiny se tento termín buď nepřekládá a používá původní anglický, nebo, nepřesně, se používá výraz „nově vznikající kontaminanty“. Ono to znečištění totiž není nové, pravděpodobně ve vodách bylo už dávno, jen jsme o něm nevěděli. Pod pojmem Emerging contaminants tedy dnes chápeme skupinu látek, většinou organických sloučenin, které byly detekovány v extrémně malých koncentracích, ale dosud nepodléhají žádným omezením. Navzdory absenci současné legislativní regulace vzrostly obavy kvůli jejich potenciálním účinkům na ekosystémy a živé organismy vystavené dlouhodobé expozici.

Je třeba ještě objasnit výraz „extrémně malé koncentrace“. V případě rozpuštěných látek ve vodě nejčastěji pracujeme s jednotkami gramy v jed-

nom litru vody, případně miligramy. S takovou přesností vystačíme u všech hlavních komponent formujících složení povrchových i podzemních vod.



Pak jsou ale i látky, například některé kovy, o kterých jsme věděli, že se vyskytují v koncentracích v mikrogramech na litr. Pro ně jsme začali používat termín mikropolutanty. Mikrogram rozpuštěné látky znamená, že je jí v litru kapaliny 0,000 001 g. Jenže nyní máme před sebou nové znečištění, jehož koncentrace se pohybují v nanogramech na litr.

Jeden nanogram rozpuštěné látky znamená, že je jí v litru vody 0,000 000 001 g. Takovou koncentraci byste přibližně docílili, kdybyste krystalek cukru vhodili do padesátimetrového plaveckého bazénu.

Co je to znečištění?

Dříve, než si začneme povídat o nových druzích kontaminace, musíme si vyjasnit jednu, na první pohled jednoduchou otázku. V případě Emerging contaminants si ji budeme klást často a uvidíte, jak nám bude pohled na tento problém komplikovat.

Možná, že vám přijde otázka, co je špinavé jako zbytečná, přímo hloupá. Zablácené auto přece pozná každý. Dovolím si ale vaši jistotu poněkud zpochybnit. Můj mužský pohled a názor mé manželky na to, zdali mé kalhoty jsou již zralé do pračky, se obvykle značně odlišuje. Je to nazírání do značné míry subjektivní. Podobně je to i s termínem znečištění.

V obecné rovině je znečištění definováno jako proces zavádění cizorodých látek do půdy, vody, vzduchu nebo jiných částí životního prostředí. Kontaminace je jednoduše definována jako přítomnost látky tam, kde by neměla být, nebo v koncentracích vyšších než je přirozené pozadí. V případě podzemních vod Evropská direktiva 80/86/EEC chápe znečišťování jako proces přímého nebo nepřímého vypouštění látek člověkem, jejichž důsledkem je například ohrožení lidského zdraví nebo zásobování vodou, poškození zdrojů obživy a vodního ekosystému nebo narušení jiného oprávněného užívání vod. Cítíte, že i v těchto definicích pracujeme s poměrně neurčitými výrazy. Jenže v případě tradičních kontaminantů se již společnost shodla, většinou na základě epidemiologických a lékařských studií, na určitých pravidlech. Víme například, že když je obsah dusičnanů menší než 50 mg/l voda je vhodná pro pitné účely, když je koncentrace vyšší, pro pití se nedoporučuje.

Jenže jak se postavit k informaci, že v jednom litru pitné vody máme 10 nanogramů ofloxacinu, což je běžné antibiotikum, používané v urologii. Jednoznačně se jedná o cizorodou látku, která by neměla ve vodě být. Jenže Evropská direkti-



va zároveň hovoří o tom, že pokud je to znečištění, pak by důsledkem její přítomnosti mělo být ohroženo lidské zdraví.

Představuje ale 10 nanogramů ofloxacinu ve vodě pro člověka nebezpečí? Je tedy nutno provést nějaká opatření? Odpověď na tuto otázku vodohospodář nezná, musí se proto obrátit na lékaře. Jenže od nich se také nic moc nedozví.

Zcela jisté je, že jednorázová konzumace vody s takto nízkými obsahy antibiotik, ale ani žádných jiných látek spadajících do kategorie emerging contaminants, lidské zdraví neohroží. Poněkud opatrnější bychom ale měli být, pokud takovou vodu pijeme systematicky, dlouhodobě po řadu let. Podle některých lékařských názorů pak hrozí zvýšení výskytu nádorů pohlavních orgánů, naopak snížení počtu a kvality spermií a může rovněž dojít ke zvýšení reprodukčních abnormalit.

Skupina lékařů přišla rovněž s teorií, že pokud konzumujeme v pravidelných dávkách vodu obsahující nanogramové obsahy antibiotik, můžeme si „vypěstovat“ na tyto látky odolnost. Jinými slovy, když pak skutečně onemocníme a lékař vám předepíše obvyklou dávku antibiotik, lék nemusí přinést očekávaný účinek, prostě ve vašem těle přestal fungovat. Je tady ještě další nezodpovězená otázka. Ukazuje se, že ve většině případů se nesetkáváme jen s jedním lékem, ale s velmi pestrout škálou farmak. Jaký bude dopad jejich vzájemné kombinace? Řada lékařů vody s extrémně nízkými obsahy léků a dalších látek přirovnávají k homeopatikům.

Homeopatie je léčebná metoda alternativní medicíny. Je založená na zkoumání pacienta a jeho symptomů jako celku, který je potom jako celek i léčen. Používá vysoce ředěné látky, které ve vyšší dávce u zdravého člověka vyvolávají příznaky podobné těm, jaké má léčená choroba. Stupeň zředění je často tak vysoký, že se v přípravku s největší pravděpodobností nevyskytuje ani jedna molekula účinné látky. Účinnost metody ani fungování jejích principů nebyly spolehlivě vědecky prokázány, naopak v rozsáhlých studiích se nepodařilo potvrdit, že by měla homeopatie účinek

lepší než placebo; homeopatie je tedy v medicínském kontextu přinejmenším kontroverzní záležitostí. (definice wikipedia)

A tím se dostáváme k významnému problému, o kterém jsme se zmínili v úvodu – jedna vědní disciplína předběhla ostatní. S informacemi o mimořádně nízkých koncentracích pestrého souboru látek ve vodách si nevíme rady, protože neexistují lékařské klinické studie, které by hypotézy o škodlivosti, nebo naopak nevinnosti těchto látek prokázaly.

Vodohospodář tedy pracuje s velmi neurčitými, vágními doporučeními a je veřejností tlačěn do přijetí opatření, založených na principu tzv. předběžné opatrnosti.

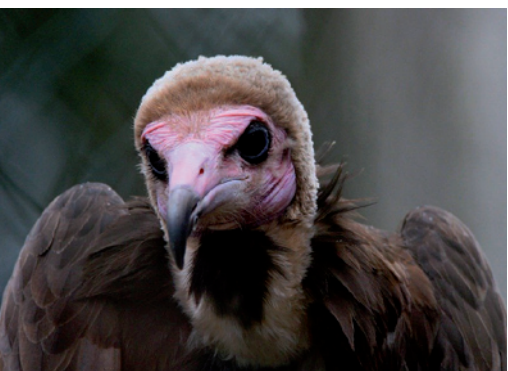
Předběžná opatrnost je právní, etický i politický princip z oblasti řízení rizik, který říká: „I když není jisté, zda hrozící nevratné nebo závažné poškození skutečně nastane, není to důvod pro odklad opatření, jež mu mají zabránit.“ Uplatňuje se v současnosti zejména v právu životního prostředí, ve výrobě léčiv nebo v oblasti genové techniky a genetických manipulací. Význam předběžné opatrnosti často vyjadřují už lidová přísloví, v například „dvakrát měř, jednou řež“ (definice wikipedia)

Zastánci zařazení „emerging contaminants“ do kategorie znečišťujících látek velmi často argumentují studiemi, které doložily změny pohlaví ryb, žijících pod vyústěním čistíren odpadních vod do řek. Rybí společenstva jsou v takových podmínkách vystavena celoživotnímu a systematickému působení hormonů odcházejících z nedostatečně vyčištěných splaškových vod. Ale ani biologové nemají v tomto případě jednoznačný názor. Změna pohlaví u rybích nebo žabích populací nebo jiných obojživelníků je přirozenou reakcí, která je dobře známá a může být vyvolána nejrůznějšími faktory, jako je například změna pH vody nebo její teploty. Samotný jev změny pohlaví proto nelze považovat za nežádoucí, protože rybí populace se tímto způsobem obecně brání stresovým faktorům a posiluje svoji schopnost reprodukce. Žádná odborná studie neprokázala souvislost mezi obsahy hormonů ve vodách a tímto jevem.



Podstatně průkaznější se zdá být případ indických supů. Veterinární léčivo diclofenac, mimochodem, běžně využívané i v humánní medicíně, se na indickém subkontinentu používalo u velkých hospodářských zvířat k potlačení zánětů. Pokud přesto léčené zvíře uhynulo, tělo stále ještě obsahovalo dostatečné množství diclofenacu,

aby supy zabil. Supům chybí enzymatická výbava, která by tuto látku likvidovala, proto jsou na přípravek neobyčejně citliví. Diclofenac se v jejich tělech hromadí a blokuje vyměšování kyseliny močové, což vede k selhání ledvin a v konečné fázi vede k úhynu. Populace bengálského supy klesla na pouhých 5% a tento druh se dostal na hranici vyhynutí.



V případě lidí je to ještě složitější. Rybka obvykle váží okolo 1 kg a žije ve vodě celý život. Člověk váží někdy i stokrát více a zkonzumuje denně ne více 3 litry vody. Expozice potenciálně škodlivé kapaliny je tak několika řádově nižší než u ryb.

To znamená, že sice nevíme, zdali látky z kategorie „emerging contaminants“ jsou skutečně nebezpečné pro

lidské zdraví, přesto ale raději budeme investovat obrovské finanční prostředky do jejich odstraňování. Možná, že jsou to peníze zcela vyhozené z okna, které by se jinak daly využít společensky mnohem prospěšněji. Anebo také ne.

Chybí nám názor lékařů...

Kde se „emerging contaminants“ ve vodě berou?

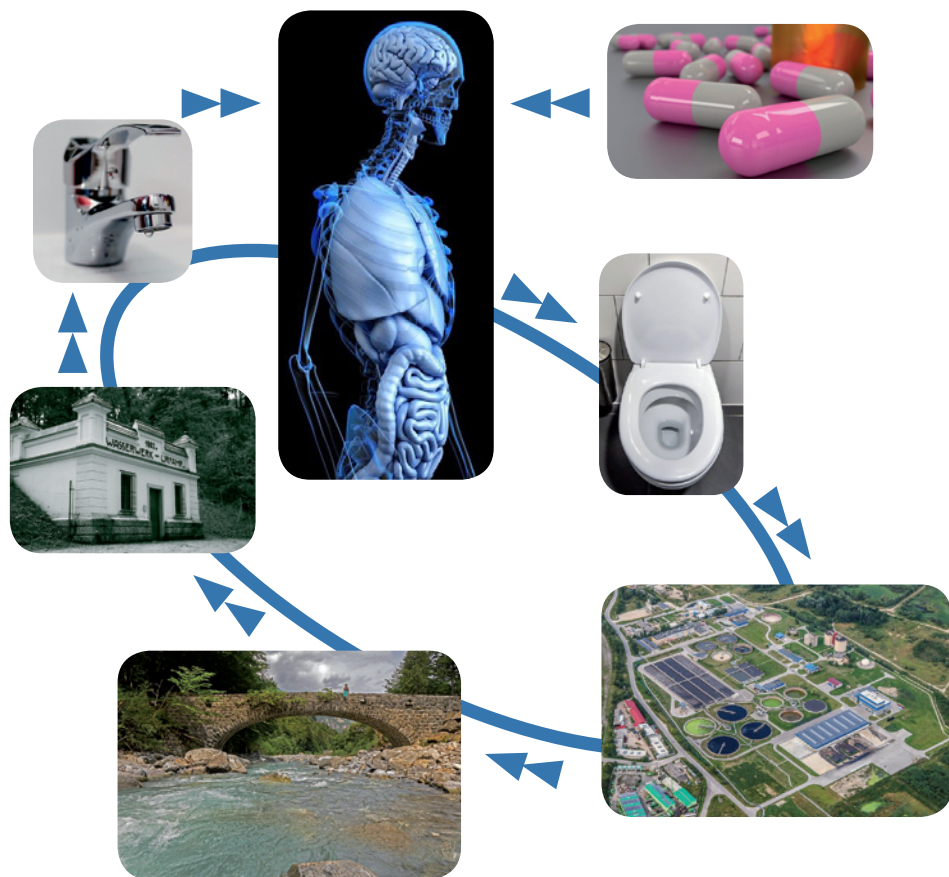
Nejběžnějšími zástupci kategorie „emerging contaminants“ jsou pesticidy a léčiva. Mechanismus jejich vnosu do povrchových vod je však odlišný. Pesticidy jakožto v současnosti zásadní agrochemické přípravky na ochranu rostlin jsou aplikovány zpravidla na jaře a na podzim a jejich pronikání do vodního prostředí závisí jednak na množství a intenzitě srážek, a dále na dodržování ochranných pásem ze strany zemědělců, jakož i na profilu krajiny mezi aplikovanou plochou a spádovou vodotečí. Pesticidy se tedy do povrchových vod dostávají plošnými splachy. Naproti tomu nejobvyklejší cesta léčivých přípravků do povrchových vod je z tzv. bodových zdrojů znečištění. Jde především o odtoky z čistíren odpadních vod, ale také o nejrůznější vyústění, kterými přitékají odpadní vody nečistěné. Cesta léčivých přípravků od okamžiku jejich užití člověkem je znázorněna na následujícím obrázku. Léky, které užíváme, se dostanou do krevního oběhu a následně do ledvin a jater. Přes tyto orgány odcházejí z těla přes moč a střevo a končí ve splaškové vodě. Existují však i další zdroje. Významný podíl mohou hrát veterinární léčiva, která se dostávají exkrementy do půdy a následně do vody, nebo je můžeme konzumovat například v mase. Další potenciální cestu léčiv může představovat aplikace hnoje na pole, případně vyvážení čistírenských kalů na zemědělské pozemky.

Ale pak je tu nesmírně pestrá skupina dalších chemikálií, jako jsou produkty denní spotřeby (zmíněné repelenty, kosmetika, sladidla), a další průmyslové látky. Zdá se ovšem, že dominantním problémem je znázorněn na obrázku na následující straně.

Z obrázku je zřejmé, že vše začíná u léků. Pravda, naše populace je stále zdravější, což se projevuje stoupajícím věkem dožití. Je to ale za cenu trvalé narůstající spotřeby léčiv. V absolutních hodnotách se v České republice spotřebují nejvíce tři léky. Rekordmanem je Metformin používaný na léčbu cukrovky (diabetes) se spotřebou 237 tun ročně. Podobné množství, 154 tun ročně, spotřebujeme ibuprofenu, po kterém sáhneme při bolestech. Třetí místo patří paracetamolu s roční spotřebou 123 tun.

Významné spotřeby vykazuje i malá skupina léků na léčbu astmatu, kardiologických a urologických problémů, jejichž roční spotřeba je v desítkách tun. Všechny ostatní léky již mají roční spotřebu řádově maximálně v prvních tunách. Pro životní prostředí toto vše představuje značnou zátěž.

Schematizovaný koloběh léčiv



Problém je o to větší, že teprve nedávno, v souvislosti se zmíněným rozvojem analytických laboratorních metod jsme se dozvěděli, že naše čistírny odpadních vod na tento nových druh kontaminace často nefungují. Analytika totiž ve svém vývoji předběhla nejen lékařské vědy, ale i technologii úpravy splaškových vod a legislativu. Jestliže jsme před pár lety neměli ani tušení, co všechno ve vodním prostředí můžeme nalézt, je vcelku logické, že jsme to nemohli zohlednit ani v předpisech a normách.

Naše dnešní čistírny odpadních vod proto pracují naprosto dokonale v souladu se stávající legislativou. A to proto, že v dnešních předpisech o léčivech a dalších mikropolutantech většinou není ani zmínka. Když se však podíváme na analýzy vyčištěných odpadních vod, musíme bohužel konstatovat, že dnešní čistírenské postupy nejsou v řadě případů odbourávání léčiv účinné. Pokud porovnáme koncentrace látek ve splaškových vodách přitékajících z kanalizace a obsahy ve vyčištěné vodě, která čistírnu odpadních vod opouští, často nevidíme zásadnější rozdíl.

Ovšem ani v případě, že analýza vyčištěné odpadní vody hlásí údaj – látka je pod mezí detekce, není vyhráno. Znamená to pouze, že při našich dnešních dostupných postupech je obsah této látky neměřitelný. Bohužel to ale nemusí znamenat, že konkrétní lék, nebo jiné sledovaná látka, například pesticid, z vody zmizel.

Sledovaná látka se totiž mohla pouze přeměnit v jinou formu a ve vodě i nadále přetrvává v jiné podobě, jako tzv. metabolit. Takový karbamazepin je v těchto přeměnách rekordman. V literatuře je popsáno již jeho třicet metabolitů, ale naše laboratoře jsou schopny nalézt ve vodách jen pět z nich (Karbamazepin 10,11-epoxid, Karbamazepin 10,11-dihydro-10-hydroxy, Karbamazepin 10,11-dihydroxy, Karbamazepin-2-hydroxy a Oxcarbazepine). Jako příklad můžeme uvést případ Zákolanského potoka pod Kladnem. Odborníci z Povodí Vltavy zde našli Ibuprofen v koncentracích 400–700 ng/l. Jaké bylo ale překvapení, když udělali rovněž analýzu na jeho metabolity. Ve vodním toku našli 3 800–5 000 ng/l jeho metabolitu Ibuprofen-2-hydroxy.

Velkými přeborníky v přeměně na nejrůznější metabolity je také již primárně nesmírně pestrá skupina pesticidů, které budeme věnovat následující samostatnou kapitulu.

Pesticidy ve vodách

Zmínili jsme se, že významným zdrojem produkujících látky řazené mezi emerging contaminants patří zemědělská aktivita. Nejvýznamnějším a dá se říci i nejnebezpečnějším výstupem agrární činnosti jsou pesticidy.

Pesticid je přípravek, který je určen k tlumení chorob rostlin a hubení plevelů a živočišných škůdců a k ochraně rostlin, skladových zásob, technických produktů, bytů, domů, výrobních závodů nebo i zvířat a člověka. Nejčastěji jsou pesticidy užívány v zemědělství.

Pesticidy mají velmi pestrou škálu použití. Nacházejí využití při hubení mšic, roztočů, hlístic, řas, houbových chorob, plevelů. V naprosté většině případů se jedná o syntetické látky, ale v poslední době se začínají používat i pesticidy přírodního původu a biopreparáty. Použití většiny pesticidů má negativní dopad na přirozené fungování ekosystému a zdraví člověka. Podle výsledků řady lékařských studií je velmi pravděpodobné, že řada pesticidů může působit toxicky na vývoj nervové soustavy a vyvolané změny mohou být nezvratné. Vystavení pesticidům může také zvyšovat riziko vzniku leukémie. Některé z pesticidů mají schopnost narušovat hormonální systém člověka i živočichů a jsou řazeny mezi endokrinní disruptory. Známa je nedávná diskuze o sekundárních dopadech na lidské zdraví totálního herbicidu Roundup. Jednoznačně negativní dopad je prokázán u aplikace pesticidů na hmyzí společenstva, především včelstva.

Může vás napadnout otázka, zda pesticidy řadit do kategorie „emerging contaminants“, protože na první pohled nesplňují dvě podmínky z výše zmíněné definici. O jejich existenci totiž víme již delší dobu, nejedná se tedy o žádnou novinku. Dobře známe i jejich škodlivé účinky na lidské zdraví a na okolní ekosystémy. Pesticidy proto najdete i v příslušných normách omezujících jejich výskyt ve vodách a ve většině civilizovaného světa jsou tyto látky i součástí pravidelného monitoringu jakosti povrchových a podzemních vod.

Přesto existuje důvod, proč je můžeme řadit do stejně problematické kategorie nově se vyskytujícího znečištění jako léčiva. Nové laboratorní

postupy totiž objevily desítky metabolitů, nových forem modifikovaných pesticidů, o kterých jsme před pár lety nevěděli.

Ještě donedávna žili vodohospodáři v iluzi, že pesticidy jsou problémem pouze povrchových vod v okolí zemědělsky intenzivně využívaných ploch. Dnešní monitoring Českého hydrometeorologického ústavu tuto myšlenku vyvrátil. Na sedmi stech objektů rozmístěných po celém území České republiky jeho pracovníci dvakrát ročně měří kvalitu podzemní vody a to včetně 140 různých pesticidů. Stovka z nich jsou účinné látky, které jsou součástí přípravků na ochranu rostlin, dalších 40 jsou látky, které se v přírodním prostředí přeměňují v metabolity. Pesticidy jsou detekovány zhruba v polovině sledovaných studní a vrtech. Počet nalezených pesticidů každým rokem stoupá, což ale není ani tak důkaz zhoršující se situace, ale používání stále přesnějších analytických metod.

Jaká je příčina? Jednoznačně jsme svědky nadměrného používání pesticidů v rozsahu, který je v řadě případů až zbytečný. Další příčinou jsou nevhodné zemědělské praktiky, kdy trh je uměle deformován politickými zásahy a dotačními intervencemi. Jako typická ukázka může posloužit mediálně často zmiňované pěstování řepky olejky. Jedná se o běžnou plodinu našeho klimatického pásu, potravinářskou surovinu, ze které se vyrábí jedlý olej. V krmivářství se využívají extrahované šroty a pokrutiny pro výrobu krmných směsí. Řepka může sloužit také jako pícnina, nebo jako zelené hnojení. Sama o sobě je tato plodina víceméně bezproblémová.

Problém řepky se však objevil v okamžiku, kdy politici rozhodli, že naše společnost se neobejde bez biopaliv. Zemědělský trh začal být deformován státními dotacemi, stimulujícími pěstování plodin, které končily po průmyslové úpravě v nádržích automobilů. Tato nesmyslná aktivita je jen důkazem toho, že v současné době máme přebytky půdy, kterou nepotřebujeme na potraviny. Zemědělci v celém světě se místo tradiční výroby potravin vydali směrem čerpání dotací.

V našich klimatických podmínkách se jedná především o pěstování kukuřice a zmíněné řepky. Vznikají obrovské monokulturní lány, trpící všemi nectnostmi jednodruhových polností. Tam, kde příslušný zemědělský podnik nemá rozumný osevní postup, jež by vystřídal kukuřici nebo řepku jiný-

mi půdu zlepšujícími plodinami, zůstává u dotovaných monokultur. A na ně pak musí aplikovat intenzivní postřiky hnojiv a... pesticidy.

Jak demonstruje předcházející obrázek, v této oblasti se Česká republika stala v rámci Evropské unie přeborníkem.

Látky kategorie PPCP v řekách

Z předchozí kapitoly vyplynulo, odkud se do říční a následně pak i do podzemní vody dostávají látky, které nazýváme „emerging contaminants“. Existují ale zásadnější rozdíly mezi různými vodními toky? Jinými slovy, pokud toto specifické znečištění je primárně ovlivněno lidskými zvyky a jeho chováním, najdeme rozdíly v různých evropských vodních tocích? Takové otázky si kladl mezinárodní vědecký projekt Bo DERECE, který sledoval



celkem 114 látek z kategorie PPCP stanovených přesností desítek ng/l v několika středoevropských řekách. Jednalo se o Jizeru v České republice, řeku Labe a Isar v Německu, řeku Po (Pád) v Itálii, Brynici v Polsku a Savu ve Slovinsku. Všechny tyto významné vodní toky představovaly místní zdroj pro výrobu pitné vody.

Tři roky probíhající monitoring ukázal překvapivé výsledky. Všechny sledované vodní toky obsahují zcela identickou skupinu látek a to i přesto, že plocha jejich povodí a tudíž i počet místních obyvatel se často velmi liší. Například zatímco Jizera drénuje území jen 2 193 km², povodí řeky Po zahrnuje prakticky celou severní Itálii s 18 miliony obyvatel s plochou povodí 37 x větším než Jizera.

Nejtypičtějším léčivem nalezeným ve všech středoevropských řekách v koncentracích řádově v desítkách až prvních stovkách ng/l byl Metformin, jež se užívá k léčbě cukrovky (diabetes). S ohledem na pandemické rozšíření této civilizační choroby je to vcelku logický výsledek. Ve sledovaných řekách se dále systematicky objevovaly další běžně používané léky jako Gabapentin, Lamotrigine a Karbamazepin na léčbu epilepsie a psychiatrických poruch včetně manické depresivní nemoci, lomeprol, kontrastní látka používaná při rentgenovém vyšetření, Oxypurinol, používaný při eliminaci ledvinových problémů, Telmisartan a Valsartan na léčbu vysokého krevního tlaku. Není překvapením, že ve všech analýzách se objevil kofein a umělé sladidlo Acesulfam.

Další systematicky detekované látky dokládají, o jak pestrou skupinu se jedná. Ve všech středoevropských řekách byl detekován Benzotriazol, chemikálie s širokým užitím v inhibitech koroze, nemrznoucích kapalinách a hydraulických kapalinách, a dále látka DEET, běžně dostupný repelent odpuzující dotěrný hmyz. Pro zajímavost můžeme uvést, že pro svoji velkou účinnost byl DEET v prvních letech po objevení určen pouze pro americkou armádu, k dispozici civilnímu obyvatelstvu byl uvolněn až významně později. Další analyzované látky, převážně léčiva, již představovaly určitá národní specifika. Přesto alespoň ve čtyřech řekách bylo nalezeno dalších 22 látek, spadajících do kategorie PPCP.

Uvedené výsledky naznačují, že obsahy léčiv v povrchových vodách střední Evropy odrážejí společný životní styl obyvatel této části kontinentu. Jsou pravděpodobně rozšířeny plošně po celém území a s výjimkou horských oblastí nad prvními čistírnami odpadních vod představují regionální „pozadí“. Jinými slovy, ať se napijete z řeky kdekoli v střední Evropě, máte jistotu, že se setkáte s výše uvedenými látkami v koncentracích v desítkách až stovkách ng/l.

Z publikovaných odborných zpráv vyplývá, že existují regionální rozdíly a to jak v pozitivním, tak i v negativním slova smyslu. Středoevropský rozbor například prokázal výjimečnou čistotu, prakticky absenci všech sledovaných látek, v toku srbské řeky Cetina. Ta je krasového původu, a proto zde zřejmě dochází k intenzivnímu ředění. Na druhé straně řada studií, především ze zemí rozvojového světa, dokládá nesmírně pestrou škálu detekovaných látek z kategorie „emerging contaminants“, obvykle s odlišnými dominantními látkami, než jsme prezentovali na příkladu střední Evropy.

Látky kategorie PPCP v pitných vodách – případ vodárny Káraný a Drážďan

Vody přímo z řeky by se dnes asi napil jen málokdo z nás. Ve většině případů je to ale právě tato voda, kterou využívají vodárny k výrobě pitných vod. Podívejme se nyní na kvalitu pitné vody dodávané do dvou velkých měst – Prahy a Drážďan z pohledu látek kategorie PPCP, tedy farmak a látek osobní potřeby. Obě tato města používají pro zásobování obyvatel povrchovou vodu, kterou upravují. Praha má k dispozici vodárenskou nádrž Želivka, vltavskou vodu z vodárny v Praze v Podolí a řeku Jizeru, kterou využívá vodárna v Káraném. Drážďany jsou pak závislé pouze na vodě v Labi. Káránská a drážďanská vodárna vyrábí pitnou vodu velmi podobným způsobem.

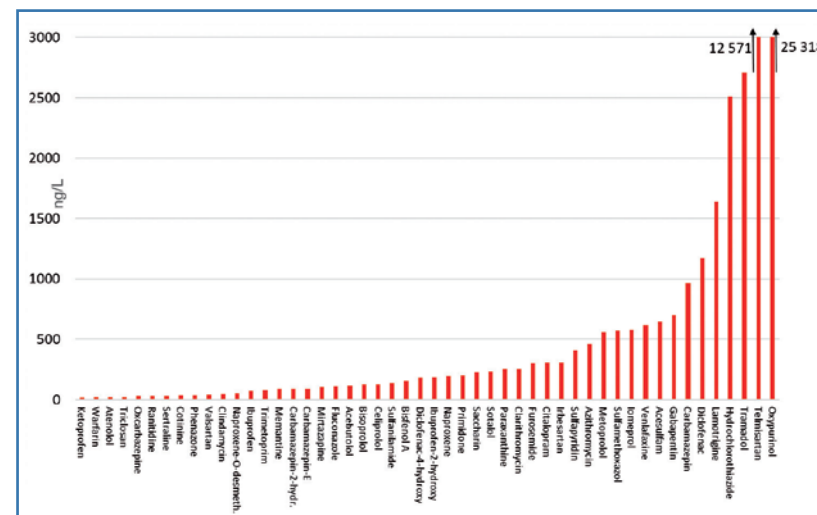
Vodárna v Káraném funguje na principu kombinace dvou na sobě nezávislých technologií úpravy pitné vody. První představuje dnes již historický, ale přesto dokonale fungující projekt břehové infiltrace vybudovaný v letech 1906 až 1913. Ten se skládá z 685 studní o hloubce 8 – 12 metrů, vzájemně vzdálených 20 – 40 m, situovaných v šterkopískových fluvialních terasách cca 250 metrů od břehu Jizery. Celková vydatnost tohoto systému je až 1 000 l/s.

Druhá část vodárny začala v roce 1968 využívat umělou infiltraci. Povrchová voda z řeky Jizery je po jednoduché mechanické úpravě přiváděna do vsakovacích nádrží. Odtud voda infiltruje do cca 20 metrů mocných šterkopískových fluvialních sedimentů. Ve vzdálenosti přibližně 200 metrů od nádrží je umístěn systém širokoprofilových studní, které mají celkovou vydatnost až 900 l/s.

Z tříletého detailního sledování 113 mikropolutantů na vstupu i výstupu z vodárny v Káraném vyplynulo, že vodárenská technologie se musí vypořádat s velkým problémem. Jen několik kilometrů nad vodárnou do řeky Jizery vypouští vyčištěné odpadní vody čistírna v Mladé Boleslavi, do jejíž kanalizační sítě ústí i splašky z psychiatrické léčebny v Kosmonosích. S léčivý jejich pacientů se čistírna není schopna vypořádat. Následující graf

jasně dokumentuje obrovské množství léčiv, které odchází přímo do říční vody.

Lěčiva, odcházející ve vyčištěné splaškové vodě z čistírny odpadních vod v Mladé Boleslavi do Jizery



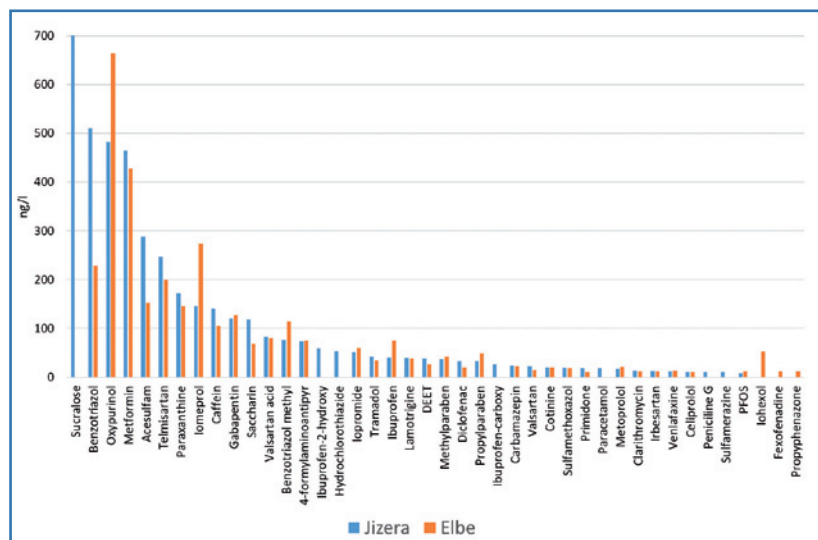
I když v řece dojde k významnému ředění, přesto valná část těchto látek se objevuje, byť v nižších koncentracích i na profilu Jizery, na kterém ji vodárna v Káraném čerpá do svého provozu. Ukazuje se ale, že obě použité technologie úpravy pitné vody jsou schopny eliminovat látky PPCP s vysokou efektivitou. Jak břehová, tak i umělá infiltrace ve své podstatě simulují přírodní proces přeměny povrchové vody ve vodu podzemní.

V obou případech dochází k čištění původní říční vody. Je zřejmé, že břehová infiltrace je efektivnější v eliminaci drtivé většiny farmak, protože zasáklá voda prochází přes kolmatační vrstvu říčního koryta s vysokými obsahy jílových minerálů. Na ně se léky účinně sorbují. Žádné z léčiv se proto neobjevuje ve vyrobené pitné vodě systematicky, většinou se jedná o ojedinělé výskyty v koncentracích na hranici meze stanovitelnosti. Poněkud problematictější je situace u umělé infiltrace, která jako filtrační medium využívá štěrky. V její vodě se systematicky objevuje šest léčiv, jejich

obsahy se ale ve výsledné produkované vodě eliminují ředěním s vodou z břehové infiltrace.

Zajímavé je srovnání Káraného s Drážďany. Jak jsme již uvedli, obě vodárny používají velmi podobnou technologii výroby pitné vody. Na vstupu, to znamená v kvalitě surové říční vody používané pro výrobu vody pitné, najdeme jen malé odlišnosti.

Srovnání obsahů léčiv v Jizeře v Káraném a v Labi v Drážďanech



Není to až tak překvapivé ze dvou důvodů. Jak jsme si v přechozích kapitolách ukázali, „pozadí“ obsahů farmak ve středoevropském regionu je velmi podobné u všech vodních toků. Navíc řeka Jizera je přítokem Labe. Následující graf ukazuje srovnání kvality vody v obou řekách. Až na výjimky se v obou vodních tocích vyskytují identické látky, a to ve velmi podobných koncentracích.

Rovněž účinnost odstraňování léčiv v drážďanské vodárně je ve srovnání s Káraným velmi podobná. V Drážďanech však vodárnu vybavili navíc dodatečným filtrem na bázi aktivního uhlí a tak zlikvidovali i ty nejmenší zbytky léčiv. Více si o tomto způsobu povíme v následující kapitole.

Co s tím?

Je tedy naprosto jasné, že před sebou máme nový problém, o kterém jsme dosud neměli tušení. Dejme nyní stranou všechny dílčí pochybnosti, zdali se v případě některých látek skutečně jedná o nebezpečí ohrožující lidské zdraví nebo nikoliv. Je totiž jasné, že například v případě většiny pesticidů se jedná o hrozbu reálnou.

Možnosti řešení lze rozdělit do dvou skupin. První představuje hledání a eliminace příčin problému, druhá je zaměřena na jeho následky.

Řešení příčin

Začneme pesticidy. O jejich působení víme relativně nejvíc. Na první pohled se nabízí radikální řešení, jejich plošný zákaz. Ten by pravděpodobně problém s kontaminací vod vyřešil. Musíme ale konstatovat, že by to bylo špatné rozhodnutí. Dnešní mimořádně efektivní, intenzivní zemědělská aktivita, která na planetě téměř vymýtila hlad, se totiž bez pesticidů neobejde. Na tuto problematiku je proto nutno se dívat vždy v širším kontextu. Jako ukázka nám může posloužit zákaz DDT, na první pohled jednoznačně pozitivně přijímané rozhodnutí, které se ale s odstupem doby ukazuje jako kontroverzní.

DDT, plným názvem 1,1,1-trichlor-2,2-bis(4-chlorfenyl)ethan, je aromatická halogensloučenina (organochlorid). V čisté formě se jedná o bezbarvý nebo bílý krystalický prášek, velmi slabé aromatické vůně, velmi špatně rozpustný ve vodě, dobře rozpustný v některých organických rozpouštědlech, například v tucích. Je jedním z nejstarších a nejznámějších insekticidů. Ve většině zemí světa je zakázán.

DDT byl objeven již roku 1874, ale na jeho insekticidní účinky se přišlo až roku 1939. Od druhé světové války se stal světově nejpopulárnějším přípravkem k hubení škodlivého hmyzu v zemědělství, proslavil se ale především likvidací komárů v tropických zemích. Byl považován za zázračnou



látku, která svět zbaví jedné z nejhorší nemoci tehdejšího světa – malárie. Choroba vyvolaná cizopasnými prvky zimničkami totiž ohrožovala desítky milionů obyvatel Země. Každoročně na malárii zemřely až 3 miliony lidí.

DDT se ukázala jako levná a super účinná látka. V roce 1951 trpělo v Indii malárií 75 milionů lidí. Za de-

set let klesl počet nemocných touto chorobou na 50 000. Průměrná délka života se díky tomu v tomto regionu prodloužila z 32 let v roce 1948 na 52 let v roce 1970.

Na druhou stranu je DDT je toxická látka již v malých dávkách. V šedesátých letech se prokázala bioakumulace DDT v rostlinných i živočišných organismech a její negativní dopad na rybí společenstva. Rozpadový produkt DDT působí jako endokrinní disruptor a v lidském těle pravděpodobně může za určitých podmínek zvyšovat riziko rakoviny. Na základě těchto výsledků postupně většina zemí světa DDT zakázala používat. Z tohoto insekticidu se stal symbol ekologicky zcela nevhodné látky.

Výsledkem zákazu ale byla opětovná exploze pandemie malárie, především v Africe. Nové insekticidy zdaleka neměly účinnost DDT a zároveň



byly drahé a tedy těžko dosažitelné. Jasný důvod, proč v poslední době DDT začíná být, především na africkém kontinentu, DDT znovu brána na milost. Tato změna v postoji k této látce je dána tím, že na mísky vah se položí obě rizika. Vágně formulovaná a nízká pravděpodobnost nárůstu rakoviny mezi obyvateli žijícími v oblastech postiženými malárií na

jedné straně a na straně druhé reálné miliony zachráněných lidských životů.

Ukázkou takového přístupu je Jihoafrická republika. Její vláda se vzdala DDT v roce 1996. Vzápětí celý region čelil masovému zamoření komáry *Anopheles funestus*, který nepředstavoval v této zemi vážnější hrozbu celých čtyřicet let. Komáři si totiž rychle vyvinuli odolnost k novým insekticidům, které se stávaly neúčinnými. Proto v roce 2000 Jihoafrická republika opět povoluje používání DDT. Podobně pragmatický postoj zvolila i Tanzanie.

Jaké si vzít poučení pro nás a pesticidy?

Problematika této nesmírně široké a podrobně studované škály látek je pochopitelně složitá. Jednotlivé skupiny pesticidů by měly být posuzovány individuálně a vždy při zařazení do co nejširšího kontextu.

Dnešní problém spočívá v tom, že známé odborné závěry nejsou v rozhodovacím procesu brány v potaz. Na příkladu řepky olejky jsme si ukázali, že dnešní nevhodný stav je důsledkem nekompetentních politických rozhodnutí. Přitom poměrně vysoký stav poznání této problematiky představuje velký potenciál pro přijetí efektivních opatření, která povedou k omezení vysokých koncentrací pesticidů v koloběhu životního prostředí. Stačí optimalizovat zemědělskou činnost a pesticidy využívat pouze v omezeném rozsahu a v nezbytných případech.

Poněkud jiná je situace u léčiv a látek PPCP. Stav znalostí jejich chování a vlivu na životní prostředí a lidské zdraví je ve srovnání s pesticidy na podstatně nižší úrovni. Společnost by proto měla investovat podstatně větší úsilí, aby tuto ztrátu dohnala. Do té doby bychom se měli zaměřit především na eliminaci negativních dopadů nejvýznamnějších, zdrojů farmak, kterými jsou nemocnice, léčebny dlouhodobě nemocných



pacientů a seniorů, ale obecně i jakékoliv větší město, jehož splaškové vody, byť vyčištěné, končí v nejbližším potoce či řece (recipientu). Přínosem by byla rovněž edukační kampaň mezi populací, která by měla omezit plýtvání léčivy a nevhodnou manipulaci s nimi.

Řešení následků

Pokud máme ukázat prstem na nejvýznamnější zdroj ohrožující vodní prostředí látkami typu „emerging contaminants“, pak jsou to jednoznačně čistírny odpadních vod. Zde končí, tedy alespoň v našich regionech, prakticky všechny splaškové vody. Stačí tedy zaměřit se na ně a problém je z významné části vyřešen. Umíme ale zlepšit účinnost čištění?

Dobrou zprávou je, že technologie, které dokáží dokonale eliminovat všechny nevhodné látky ve splaškových vodách a to i ty v koncentracích v nanogramech na litr jsou známy a jsou k dispozici. Důvod, že je v současné době nepoužíváme, je z prostý. Až dosud jsme nevěděli, že bychom je potřebovali.

Nejběžnější součástí tzv. kvartérního čištění odpadních vod je použití filtrů na bázi aktivního uhlí. Tento způsob zvýšení jakosti čištění je sice efektivní, nicméně významně nákladný. Cestou v rámci politiky předběžné opatrnosti se proto vydávají jen ty nejbohatší státy, jako je například Švýcarsko. Společný česko-norský projekt AQUARIUS provedl kalkulaci nákladů plošné aplikace filtrů s aktivním uhlím na čistírnách odpadních na území celé České republiky. Tyto poklady se staly cennou informací pro pracovníky státní správy při formulaci směřování politiky ochrany životního prostředí.



Dodatečné čištění odpadní vody v sobě skrývá mnohá úskalí a je výrazně komplikovanější, než je dnes již poměrně běžně používaná filtrace přes aktivní uhlí při výrobě pitné vody na úpravárnách vod. Jaké jsou hlavní aspekty této problematiky:

- 1) Při výrobě pitné vody přichází na filtraci přes aktivní uhlí upravená voda, která prošla předchozími technologickými procesy na úpravě

vody (koagulace, čiření, filtrace, ozonizace). V této vodě nejsou prakticky žádné nerozpuštěné látky a minimum dalších příměsí.

- 2) Pokud však chceme lépe vyčistit odpadní vodu, musíme řešit celou řadu specifických otázek. S ohledem na vysokou cenu aktivního uhlí je třeba vyloučit náhlý nebo nečekaný únik nerozpuštěných látek, které mohou zanést drahé filtry. Na odtoku je proto nezbytné instalovat zařízení na zachyt nerozpuštěných látek například v podobě pískových filtrů filtrace.
- 3) Další komplikací je poměrně velká škála různých látek obsažených v odpadní vodě, které se budou na aktivním uhlí zachycovat. Musíme počítat s tím, že bude nezbytné často nejen filtry prát, ale též měnit, případně regenerovat celé náplně aktivního uhlí. Frekvence výměny filtrů případně její regenerace bude velmi individuální a bude specifickým parametrem pro každou lokalitu.

Z ekonomického hlediska nemá smysl zavádět toto náročné technické opatření na všech čistírnách, jejich počet se na území České republiky blíží 3 000. I Švýcarsko si vybralo pouze 100 nejdůležitějších čistíren z celkového počtu 650.



Reálná je proto pouze varianta rekonstrukce velkých čistíren, které vodu vypouští do málo vodných toků, nebo takové, které vyčištěnou odpadní vodu vypouštějí do vodárenských nádrží, sloužících jako zdroj vody pro výrobu pitné vody.

Pokud budeme odpadní vodu čistit takto složitou a nákladnou technologií, je třeba zvážit, zda je efektivní a ekonomické tuto vodu pouze vypouštět do recipientů a využívat ji daleko lépe jako užitkovou vodu, vodu pro závlahy, pro zlepšování zásob podzemní vody apod.

Výpočet nákladů spojených s rekonstrukcí stávajících čistíren odpadních vod na území celé České republiky vycházel z představy, že tento technický zákrok by proběhl pouze na zařízeních s velikostí větší než 10 000 ekvivalentních obyvatel. Toto kritérium splňuje 155 čistíren a jejich odtok představuje v České republice hodnotu 18,1 m³/s, tj., 596 030 400 m³/rok. Na celkovém odtoku čistěných odpadních vod na území České republiky se tento vybraný soubor čistíren podílí 80 %.

Vybavení vybraných 155 čistíren by předpokládalo jednorázový nákup 6 516 000 kg aktivního uhlí, což při aktuálních cenách představuje náklad 962 milionů Kč, které bude nutno v pravidelných intervalech recyklovat.

Uvedená částka je však jen jedním ze vstupních nákladů. Nezbytná bude i technologická úprava všech vybraných čistíren. Pro odhad těchto nákladů autoři vycházeli ze stávajícího technického projektu úpravy pitné vody Želivka, zásobující cca ze 2/3 pitnou vodou hlavní město Prahu.

Abychom získali představu o nákladech na podobnou rekonstrukci technologického procesu i na 155 čistírnách byl použit přepočtený vycházející z porovnání průtoků. Průtok úpravnou Želivka je 4,5 m³/s, celkový průtok vybraných ČOV je 18 m³/s. Z toho vyplývá, že jednorázové investiční náklady na čistírny by měly být oproti Želivce přibližně 4x vyšší, a měly by činit cca 3 849 milionů Kč.

Uvedený výpočet ale vychází z úpravy čisté vody, zatímco v čistírnách odpadních vod bude dočišťována více kontaminovaná voda. Mezi biologický stupeň a filtrace přes aktivní uhlí by proto bylo třeba doplnit předčištění ve formě membránové separace, mikrosít či pískové filtrace. Navíc musíme předpokládat vyšší měrné investiční náklady pro budování filtrace přes aktivní uhlí u desítek menších čistíren oproti jedné velké kompaktní stavbě. Náklady na dočištění odpadních vod tak budou minimálně dvojnásobné oproti výpočtu pomocí analogie s úpravnou vody Želivka.

Tímto postupem autoři dospěli k částce na celkové jednorázové investiční náklady cca 8 miliard Kč. K této částce je však nutno připočíst zhruba 2,8 miliardy nárůstu ročních provozních nákladů. To vše by musel zaplatit koncový uživatel v podobě přibližně 30% nárůstu vodného a stočného.

Závěr

Na stránkách, které jste právě přečetli, jsme otevřeli příslovečnou „Pandořinu“ skříňku. Objevil se před vámi zcela nový svět, který nazýváme znečištění vod specifickými mikropolutanty. Ukázali jsme si, jak složitá je to problematika a kolik naprosto nových otázek se před námi objevilo. Takových, na které by naše civilizace potřebovala rychle získat odpověď.

Prvořadá otázka směřuje k lékařům. Potřebujeme se od nich dozvědět, zdali takto malé obsahy jsou pro lidské zdraví nebezpečné. Problém je zřejmě o to složitější, že na tuto otázku se nelze dívat jen jako na jednotlivé látky, ale vždy jako na jejich kombinaci („koktejl“). Odpady všech skupenství, hnojiva, pesticidy, hormony, antikoncepce, léčiva hospodářských zvířat, potravní i jiná aditiva vnášejí do životního prostředí tisíce sloučenin tělu naprosto cizích. Ne všechny jsou jedovaté, ale všechny, poněvadž na ně tělo není zvyklé, znamenají pro organismus zátěž. Jak řekl slavný alchymista, astrolog a lékař Paracelsus, žijící v letech 1493 až 1541: „Všechny látky se mohou stát jedem. Neexistuje žádná, která by se jím nemohla stát. Jed od léku odlišuje pouze správné dávkování.“

Pro ty z nich, o kterých jsme dosud věděli, že jsou prokazatelně toxické, jsme zavedli hygienické normy. Jenže nyní je problematických látek stále více a před námi se objevuje otázka: Jak si naše tělo poradí se všemi těmi polutanty dohromady?

Položme si hypotetický příklad: Nechtě všechny analyzované látky jsou tzv. „v normě“ – například arzen, kadmium a další kovy, pesticidy, léčiva – kupříkladu na desetinu přípustných limitů. Každá látka sama o sobě by tedy neznamenal zdravotní problém. Jenže co nastane, když takových látek analyzujeme sto? Nevíme, zdali se jejich účinek sečítá, násobí či dokonce umocňuje. Každopádně to znamená, že naše pomyslná kumulativní norma je překročena několikrát.

Ve srovnání s nedávnou historií zcela čistá půda, vzduch, voda, potraviny už v našich podmínkách evidentně neexistuje. Dříve či později, nám může dojít tzv. vnitřní rezerva, a projevem může být zvýšený výskyt tzv. civilizačních chorob, způsobenými polutanty v normě. Je to ale jen spekulace

ospravedlňující většinou ekonomicky velmi drahá opatření na principu „předběžné opatrnosti“. Větší smysl by měly investice do cíleného výzkumu nebo organizačních opatření.

Jako ukázka mohou posloužit pesticidy. Rozhodně nejlogičtější krokem by mělo být jejich cílené omezování spotřeby, nikoliv tedy plošný zákaz, ale selektivní přístup, spojený s racionalizací používání. Ten by měl být zaměřen na integrovanou produkci, sofistikovanější systémy prognóz, monitoringu a doporučení. Měly bychom se více zabývat i alternativními způsoby ochrany využívající přírodní látky a ekologické zemědělství. Alternativou by se mohly stát i geneticky modifikované plodiny, které však budí možná ještě větší (ač mnohdy zcela iracionální) odpor. Odborný výzkum by se měl zaměřit na vyhledávání účinnějších látek, které mohou mít stejný efekt při nižší použité dávce dávka a menší škodlivosti.

V případě léčiv by se měl zahájit systematický výzkum, zkoumání dlouhodobých dopadů na lidské zdraví, který dosud fatálně chybí. Napomoci by jistě mohla i zvýšená osvěta mezi nejširší populací, zaměřená na omezení plýtvání léky.



