

Technologie úpravy vody v kontextu s novými požadavky na jakost pitné vody

voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/25838-technologie-upravy-vody-v-kontextu-s-novymi-pozadavky-na-jakost-pitne-vody

Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.

TZB-info / Voda, kanalizace / Vlastnosti a zdroje vody / Technologie úpravy vody v kontextu s novými požadavky na jakost pitné vody

27.9.2023

Ing. Tomáš Kučera, Ph.D., VUT FAST Brno, Ústav vodního hospodářství obcí

Recenzovaný

V souvislosti s vydáním nové evropské směrnice pro pitnou vodu v prosinci 2020 jsou zavedeny některé nové ukazatele jakosti pitné vody, například látky typu PFAS, patřící do kategorie mikropolutanty. Nové požadavky vycházející z evropské směrnice budou muset být zavedeny do české legislativy a po uplynutí přechodného období rovněž uplatňovány v praxi. Kromě ukazatelů, které budou nově zapracovány do zákonných požadavků, jsou další polutanty, které jsou sledovány s obezřetností, jako jsou mikroplasty či rezidua léčiv. Příspěvek přináší přehled nových požadavků na jakost pitné vody vyplývajících z novelizace evropské směrnice. Článek vede diskusi nad upravitelností vody pro pitné účely s ohledem na tyto nové ukazatele.

Nová evropská směrnice

První jednotná evropská směrnice pro pitnou vodu byla vydána v roce 1980 (směrnice Rady 80/778/EHS). V roce 1998 byla vydána směrnice 98/83/ES, ze které vychází aktuálně platná národní legislativa^{1,2}. Tato směrnice prošla jednou významnou novelou v roce 2015.

Po 22 letech vstoupila v platnost³ začátkem roku 2021 nová evropská směrnice Rady 2020/2184 o kvalitě vody určené k lidské spotřebě [1], která zahrnuje množství změn pro obor vodárenství. Změny se týkají několika oblastí [2] – managementu rizik systému zásobování pitnou vodou, informování veřejnosti o kvalitě vody, vyhodnocování ztrát vody a v neposlední řadě také kvality pitné vody. Konkrétní změny se týkají například zavedeného „tradičního“ ukazatele – zákalu, ale také jde o nové ukazatele kvality pitné vody z kategorie mikropolutantů, které bude nutné při výrobě pitné vody sledovat a eliminovat. Nové požadavky vycházející z evropské směrnice budou muset být zavedeny do národní legislativy [7, 13] a po uplynutí přechodného období rovněž uplatňovány v praxi. Kromě ukazatelů, které budou nově zapracovány do zákonných požadavků, jsou další polutanty, které jsou sledovány s obezřetností, jako jsou mikroplasty či rezidua léčiv.

Zákal

V nové směrnici došlo k výraznému zpřísnění požadavků na kvalitu vody v ukazateli zákal. Dosud česká (i slovenská) vyhláška [4, 5] stanovuje limitní hodnotu zákalu v pitné vodě 5 NTU (resp. ZF). Nově pak 95 % odebraných vzorků nesmí překročit hodnotu 0,3 NTU a žádný ze vzorků nesmí přesáhnout hodnotu 1 NTU⁴. Další změnou je zavedení četnosti (viz tab. 1), s jakou musí být zákal sledován v rámci provozních rozborů v závislosti na množství vody vyrobené denně.

Objem vody vyrobené denně [m ³]	Předepsaná četnost
≤ 1 000	týdně
1 000–10 000	denně
> 10 000	kontinuálně

Tab. 1 Četnost analýzy zákalu podle směrnice 2020/2184

Chemické ukazatele

Nová směrnice zavádí 7 nových chemických látek (viz tab. 2), které mají být v pitné vodě sledovány. Ačkoliv v předchozí evropské směrnici nebyly uvedeny, pro některé z nich již je stanovena limitní hodnota v české (i slovenské) legislativě.

Ukazatel		Směrnice 98/83/ES	Směrnice 2020/2184	Národní limit ČR	Národní limit SR
Nově zavedené ukazatele ve směrnici					
Bisfenol A	BPA	–	2,5 µg/l	–	–
Haloctové kyseliny	HAA	–	60 µg/l	–	–
Chlorečnany ⁵	ClO ₃ ⁻	–	0,25 (0,70) mg/l	0,20 mg/l	0,20 mg/l
Chloritany	ClO ₂ ⁻	–	0,25 (0,70) mg/l	0,20 mg/l	0,20 mg/l
Microcystin-LR		–	1 µg/l	1 µg/l	1 µg/l
Per- a polyfluoroalkylované látky – celkem	PFAS – celkem	–	0,50 µg/l	–	–
Per- a polyfluoroalkylované látky – součet vybraných	PFAS – vybrané	–	0,10 µg/l	–	–
Uran	U	–	30 µg/l	15 µg/l	–
Zpřísnění					
Bromičnany	BrO ₃ ⁻	25 µg/l 10 µg/l	10 µg/l	10 µg/l	
Chrómová	Cr	50 µg/l	25 µg/l	50 µg/l	50 µg/l
Olovo	Pb	10 µg/l	5 µg/l	10 µg/l	10 µg/l
Zmírnění					
Antimon	Sb	5 µg/l	10 µg/l	5 µg/l	5 µg/l
Bor ⁶	B	1 mg/l	1,5 (2,4) µg/l	1 µg/l	1 µg/l
Selen	Se	10 µg/l	20 (30) µg/l	10 µg/l	10 µg/l

Tab. 2 Porovnání limitních hodnot [6]

Dále došlo ke zpřísnění limitů pro chemické ukazatele chrom a olovo. Naopak u tří ukazatelů byl limit zmírněn (antimon, bor a selen). V následující tabulce je uvedeno srovnání požadavků nové směrnice s tou předchozí a také s národní legislativou [4, 5] v ČR a SR.

Seznam sledovaných látek

Jednou z novinek, které přinesla nová evropská směrnice, je také seznam sledovaných látek a sloučenin vzbuzujících obavy pro vodu určenou k lidské spotřebě, tzv. *watch list*. Látky nacházející se na tomto seznamu budou monitorovány a na základě nasbíraných dat bude dále rozhodnuto, zda je třeba určit jejich limitní hodnotu.

Součástí seznamu je doporučená hodnota těchto sloučenin. V lednu 2022 bylo zavedeno sledování dvou hormonálně aktivních látek: 17-beta-estradiol a nonylfenol. Mikroplasty, které jsou již několik let předmětem diskuzí, by měly na tento seznam přibýt v roce 2024.

Mikropolutanty

Mikropolutanty jako široká skupina látek [3, 8] jsou již nějaký čas zavedeným druhem znečištění vody. Mikropolutanty se vyskytují jak v povrchové, tak i v podzemní vodě, samozřejmě se objevují i ve vodě pitné ve velmi nízkých koncentracích, od mikrogramů po nanogramy na litr. Jsou to organické i anorganické látky antropogenního původu. Pocházejí z průmyslových procesů, z farmaceutických přípravků pro humánní použití i z veterinárních léčiv, jsou součástí produktů osobní hygieny.

Ke vnosu mikropolutantů do životního prostředí dochází při každodenní lidské činnosti, přičemž jsou základní cesty vnosu, a to: odpadní vodou, zemědělstvím, průmyslem – (průmyslové odpadní vody), cestou metabolitů.

O škodlivosti mikropolutantů na lidské zdraví se stále vedou diskuse. Studie, které by prokázaly škodlivé účinky jednotlivých mikropolutantů, jsou časově i finančně velmi náročné. Hygienické

limity pro pitnou vodu jsou stanoveny principem předběžné opatrnosti. S ohledem na neustálý rozvoj stavu poznání dochází na úrovni Světové zdravotnické organizace (WHO) k dalším doporučením, a to směrem zpřísňujícím ale i zvolňujícím. Některé látky jsou již v životním prostředí sledovány nebo je dokonce zakázáno jejich použití evropskou i českou legislativou (např. konkrétní pesticidy).

Mezi nejvíce skloňované mikropolutanty [8] v současné době patří rezidua pesticidních látek a jejich metabolity. Mezi další mikropolutanty řadíme dále například rezidua léčiv či těžké kovy. Velmi aktuální téma v současnosti je problematika výskytu mikroplastů v životním prostředí, zejména pak ve vodách a sedimentech, ale nověji i v půdách.

Mezi novými ukazateli se objevuje ukazatel PFAS (perfluorované a polyfluorované látky). Jedná se o zcela nový typ sledované látky, resp. ukazatel, přičemž je třeba nejprve poznat zátěž surových vod těmito i dalšími látkami zavedenými směrnici, a přirozeně i znát nejlepší dostupnou technologii vedoucí k účinné eliminaci tohoto znečištění, aby byl hygienický limit bezpodmínečně splněn.

Co se týče pesticidů, jsou již na významném počtu úpraven naistalovány a postupně se zavádějí i na dalších úpravnách technologie pro jejich odstranění [9]. Jak známo jde o technologie v kombinaci ozonace a filtrace na GAU. Jistou výhodou či úlevou může být fakt, že touto cestou lze odstranit i další mikropolutanty. Současně s pesticidy je odstraňována značná část dalších mikropolutantů.

Nové technologie úpravy vody

Tradiční, chceme-li konvenční technologické postupy úpravy vody se používají již mnohá desetiletí a běžně se používají dodnes [13]. Mají však své limity. Hlavním z nich je jejich orientace na částice řekněme „viditelného“ velikostního spektra, které jsou těmito způsoby účinně

separovány. Konvenční vodárenskou filtrací jsou separovány částice velikostně větší než cca 1–10 μm . Tento velikostní hendikep je na dnešní požadavky značně omezující, právě ve vztahu k mikropolutantům. To vede k nalézání a vývoji nových způsobů, jak tyto nežádoucí látky z vody eliminovat. [11]

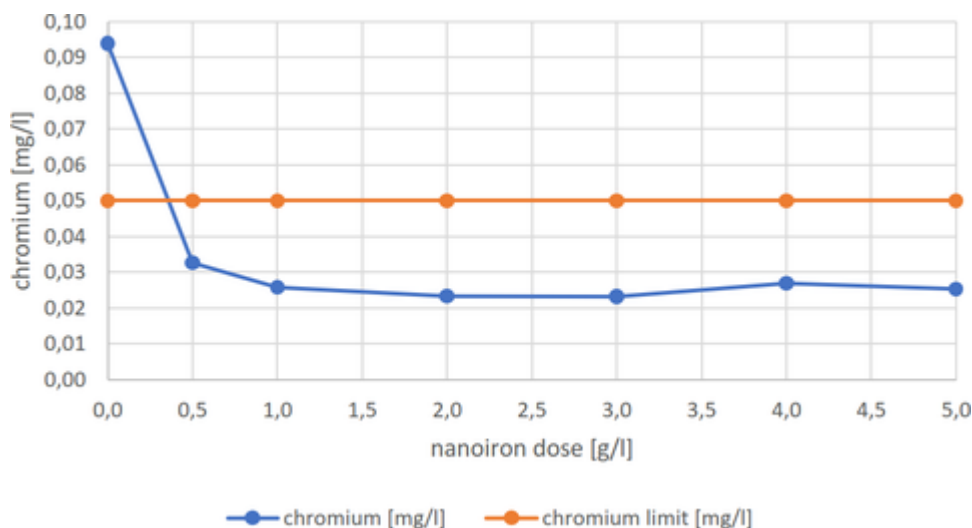
Jako „nové“ technologie se označují ty, které se začaly rozšiřovat ve světě od roku 2000. Většina se od té doby v zahraničí zařadila mezi standardní postupy a běžně se využívají. Na území České a Slovenské republiky jsou také některé z nich již stabilně aplikovány, jiné se začaly používat v posledních letech [6, 14]. Některé technologie donedávna nebyly zahrnuty v české, ani slovenské legislativě jako technologie, které lze používat k úpravě vody (např. membránové filtry) a k jejich zařazení do procesu úpravy byl potřebný souhlas příslušných orgánů. S posledními novelami^Z prošel aktualizací také seznam těchto technologií.

Technologie, které se uplatňují a mohou dále uplatňovat, co se týče separace mikropolutantů, patří jednoznačně sorpce na různých materiálech, zejména GAU, dále pak membránové technologie. Zkoušeny jsou také materiály na bázi nanoželeza, ale i jiné postupy, například AOP či Caviplasma [15]. Zatímco u některých mikropolutantů jsou k dispozici znalosti o separační účinnosti, u některých polutantů jsou k dispozici pouze předpoklady.

Například co se týče reziduí léčiv [10] ve vodách, ukazuje se, že aktivní uhlí, které se v praxi běžně používá pro odstranění širokého spektra polutantů, dosahuje dobrých výsledků i pro tuto skupinu mikropolutantů. Při laboratorních zkouškách je dosahováno účinnost 66-99 % v závislosti na podmínkách procesu a použitém typu aktivního uhlí [16].

K dispozici jsou také výsledky z nasazení nanoželeza při úpravě vody pro odstranění těžkých kovů z vody. Nanoželezo představuje účinnou metodu pro sanaci podzemních vod použitelnou pro široké spektrum kontaminantů, od jednoduchých kationtů a aniontů až po

složité organické halogenované sloučeniny. Z anorganických látek jsou předmětem zájmu především těžké kovy, jako je chrom, arsen či uran. Největší uplatnění nanoželeza se v současnosti nalézá při dechloraci organických sloučenin, především chlorovaných ethenů, dále pak polychlorovaných bifenyľů a dalších halogenovaných sloučenin [12].



Obr. 1 Účinnost odstranění chromu

V rámci prováděných výzkumných prací bylo dávkováno nulamocné železo do upravované vody a byla sledována účinnost odstranění trojmocného chromu z vody. K experimentům byla používána modelová voda, u které bylo simulováno znečištění trojmocným chromem v koncentraci cca $0,09 \text{ mg.l}^{-1}$. Během laboratorních pokusů s nanoželezem byly provedeny testy šesti různých dávek produktu NANO FER 25. Dávky byly v rozsahu od 0,42 ml do 4,17 ml na 1 litr modelové vody, což vychází z požadovaného rozsahu použití reaktivního Fe0 v hodnotách od 0,10 do 1,00 g.

Nanoželezo bylo experimentálního výzkumu [17] úpravy vody zařazeno jako jedna z mnoha alternativ eliminace koncentrace těžkých kovů z vody. Při všech dávkách bylo dosaženo snížení množství znečišťujících látek pod úroveň limitní koncentrace pro pitnou vodu. Účinnost odstranění chromu činila při provedených zkouškách 65-75 %. Hodnoty zbytkového množství chromu se pohybovaly v rozsahu od 0,023 do 0,033 mg/l.

Co se týče možnosti použití nanoželeza při úpravě vody, bezesporu se jedná o zajímavou technologickou možnost, prokazující účinnost při odstranění daného znečištění. Nevýhodou pozorovanou během experimentů byl zvyšující se zákal s rostoucí dávkou nanoželeza.

Závěr

Nové požadavky vycházející z evropské směrnice budou muset být zavedeny [7, 12] do české legislativy (a legislativy dalších států) a po uplynutí přechodného období rovněž uplatňovány v praxi.

Předpokládá se, že pro eliminaci dalších (nových) mikropolutantů bude možné využít stávající technologie používané např. k odstraňování pesticidů, jako je filtrace aktivním uhlím, vysokotlaké membrány nebo budou nasazeny technologie využívající nanomateriály.

Ačkoliv vodní hospodářství není obor, kde by popsané látky vznikaly a byly produkovány, paradoxně vodohospodářské objekty (výustě z kanalizací) jsou tím místem kudy je velká část mikropolutantů distribuována do životního prostředí. V rámci vodního hospodářství je tedy potřeba vyrovnat se s výskytem mikropolutantů, jak na vstupu, tak i na výstupu, a to za situace, kdy vodohospodářské objekty nejsou přímo původcem těchto látek.

Je zřejmé, že záchyt mikropolutantů by měl být vyřešen již v místě vzniku, tedy u samotného producenta, avšak toto v celé řadě konkrétních látek není možné. Na evropské úrovni obecně prosazovaný princip „znečišťovatel platí“ je obtížně prosaditelný.

Nejudržitelnějším a nejvíce preferovaným řešením je v první řadě zabránit mikropolutantům ve vstupu do koloběhu vody. Zatímco pro kvalitu pitných vod jsou již stanoveny limity a je sledováno jejich dodržování pro některé skupiny mikropolutantů, v odpadních vodách povinné sledování mikropolutantů v tuto chvíli zavedené není. Měly by být podniknuty kroky, aby tyto látky nevstupovaly touto cestou do vodního cyklu.

Reference

1. The new drinking water Directive 2020/2184, September 2021.
2. AWAD, Raghad a Danka BARLOKOVÁ. The New Drinking Water Directive in the EU. In: Proceedings from 11th Conference of Young Researchers KOMVY 2022. Bratislava: Slovak University of Technology in Bratislava in Publishing House SPEKTRUM STU, 2022, s. 55-62. ISBN 978-80-227-5209-1.
3. Kim, M.-K., & Zoh, K.-D. (2016, November 29). Occurrence and removals of micropollutants in water environment. Environmental Engineering Research. Korean Society of Environmental Engineering.
<https://doi.org/10.4491/eer.2016.115>.
4. Česká republika. Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody v platném znění.
5. Slovenská republika. Vyhláška č. 247/2017 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou v platném znění.
6. ZELINOVÁ, Kristína. Účinnost úpravy vody s využitím membránové filtrace. Brno, 2023. 82 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Tomáš Kučera.
7. KOŽÍŠEK, František. S novou evropskou směrnicí se opět změní i česká legislativa pitné vody. Hygiena. 2021, 66(1), 3.
<https://doi.org/10.21101/hygiena.a1777>.
8. YANG, Yun, Xiangru ZHANG, Jingyi JIANG, et al. Which Micropollutants in Water Environments Deserve More Attention Globally?. Environmental Science & Technology [online]. 2022, 56(1), 13-29 [cit. 2022-11-20]. ISSN 0013-936X.

9. BIELA, R.; ŠÍBLOVÁ, D.; GOTTWALD, M. Use of adsorption for pesticides removal from drinking water sources. In *Advances in Environmental Engineering 2019*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Bristol, UK: IOP Publishing, 2020. p. 1-5. ISSN: 1755-1315.
10. BIELA, R.; ŠÍBLOVÁ, D.; KABELÍKOVÁ, E.; ŠVESTKOVÁ, T. Laboratory elimination of ibuprofen from water by selected adsorbents. *Desalination and Water Treatment* (online), 2020, vol. 193, no. 2020, p. 424-431. ISSN: 1944-3986.
11. Virkutyte J, Varma RS, Jegatheesan V (2010) *Treatment of micropollutants in water and wastewater*; IWA Publishing: London, UK, p. 520.
12. VALOVIČOVÁ, Zuzana a Klára PAGANOVÁ. Aké zmeny čakajú dodávateľov pitnej vody po transpozícií novej európskej smernice pre pitnú vodu. Bratislava: Úrad verejného zdravotníctva, 2022. ISBN 978-80-570-3877-1.
13. História úpravy vody. SAVE [online]. Bratislava: Slovenská asociácia vodárenských expertov, 2018, [cit. 2022-08-05]. Dostupné z: <https://savesk.sk/wp-content/uploads/2019/02/Historia-upravy-vody-final-1.pdf>.
14. ZELINOVÁ, Kristína. Vyhodnocení účinnosti poloprovozní ultrafiltrační jednotky. Brno, 2021. 58 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.
15. ČECH, Jan, Pavel ŠTAHEL, Lubomír PROKEŠ, Jozef RÁHEL', Pavel RUDOLF, Eliška MARŠÁLKOVÁ, Blahoslav MARŠÁLEK, Petr LUKEŠ and Zdenko MACHALA. CAVIPLASMA – THE NEW TOOL FOR ENERGY-EFFICIENT LARGE-SCALE TREATMENT OF LIQUIDS. In 17th High Pressure Low Temperature Plasma Chemistry Symposium (HAKONE). 2022.

16. LUKÁŠOVÁ, D.; BIELA, R. STANOVENÍ ÚČINNOSTI AKTIVNÍHO UHLÍ PŘI ODSTRAŇOVÁNÍ LÉČIV Z VODY. JUNIORSTAV 2021. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2021. s. 428–433. ISBN: 978-80-86433-75-2.
17. KUČERA, T.; BIELA, R.; ZELENÝ, Z. Lab-scale research of water treatment with use of water glass and nanoiron. Desalination and Water Treatment (online), 2017, roč. 99, č. 12, s. 34-41. ISSN: 1944-3986.
-

Poznámky

¹ Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody v platném znění. ... [Zpět](#)

² Vyhláška č. 247/2017 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou v platnom znení. ... [Zpět](#)

³ Směrnice byla vydána koncem roku 2020. ... [Zpět](#)

⁴ Hodnoty se nevztahují na podzemní vodu, kde je zákal způsoben železem a manganem. ... [Zpět](#)

⁵ V případě chlorečnanů a chloritanů je vyšší limitní hodnota 0,70 mg/l platná v případě, že je k hygienickému zabezpečení používán přípravek, který má za následek vznik těchto vedlejších produktů. ... [Zpět](#)

⁶ Mírnější limity pro bor (2,4 µg/l) a selen (30 µg/l) zohledňují vliv geologických podmínek. ... [Zpět](#)

⁷ Vyhláška č. 409/2005 Sb. o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody. ... [Zpět](#)