

ZDRAVOTNÍ RIZIKA PŘI VYUŽITÍ RECYKLOVANÝCH VOD V BUDOVÁCH. ČÁST 1 – SRÁŽKOVÉ VODY

HEALTH RISKS FROM NON-POTABLE USE OF RECYCLED WATER IN BUILDINGS. PART 1 – RAINWATER

FRANTIŠEK KOŽÍŠEK¹, SYLVA RÖDLOVÁ², JAROSLAV ŠAŠEK¹, ŠÁRKA BOBKOVÁ¹,
DANA BAUDIŠOVÁ¹, HANA JELIGOVÁ¹

¹Státní zdravotní ústav, Centrum zdraví a životního prostředí, Praha, Česká republika

²Univerzita Karlova, 3. lékařská fakulta, Ústav hygieny, Praha, Česká republika

SOUHRN

Článek reaguje na rychle rostoucí trend využití srážkové vody v budovách a upozorňuje na související zdravotní rizika a na legislativní mezeru v jejich regulaci. Jsou popsány hlavní patogeny, které se v České republice mohou ve srážkové vodě vyskytnout, a chemické kontaminanty ze sběrných ploch. Dále jsou uvedeny hlavní způsoby využití čištěné srážkové vody pro nepitné, užitkové účely v budovách a z nich vyplývající expoziční cesty nákazy, jakož i technická opatření ke zmírnění těchto rizik.

Klíčová slova: voda srážková, voda užitková, expozice patogenům, rizika zdravotní

SUMMARY

This paper responds to a quickly growing trend of rainwater use in buildings and draws attention to related health risks and legislative gaps in its regulation. The key pathogens that may occur in rainwater in the Czech Republic are described, as well as, chemical contaminants from roofs and collection surfaces. The main ways of non-potable use of rainwater in buildings are also listed including the related exposure pathways of infections and technical measures available for reduction of the health risks.

Key words: rainwater, non-potable water, exposure to pathogens, health risks

<https://doi.org/10.21101/hygiena.a1818>

Úvod

Nejenom terénní pracovníci hygienické služby se v posledních letech stále častěji setkávají s novým fenoménem: nahrazováním pitné vody vodou jiné, nižší jakosti pro některé způsoby užití vody v budovách – vodou užitkovou. Díky mediální pozornosti, které se tomuto jevu dostalo jednak díky suchu, jednak díky dotačnímu programu Dešťovka, se s pojmem užitková voda setkáváme prakticky všichni a stále častěji také už nejenom zprostředkovaně. V souvislosti s užitkovou vodou se dnes nejčastěji hovoří o využití či znovuvyužití (recyklaci) vody srážkové (dešťové) a přечиštěné vody šedé, což je domovní odpadní voda (kromě odpadních vod z WC a pisoárů). Těmto dvěma vodám se chceme v našem dvoudílném článku věnovat.

Pomineme-li motivy reklamní (např. hotel se chce chlubit certifikací, že se chová šetrně k životnímu prostředí), jsou hlavním hnacím motorem pohnutky ekologické a ekonomické. Z pohledu ekologického se jedná jak o šetření pitnou vodou, což může mít v podmínkách ČR význam především v těch lokalitách, kde je nedostatek zdrojů vody obecně a situace se dále komplikuje v období

sucha, tak o snahu rozumně využít vodu srážkovou, což má dnes za povinnost stavebník každého nového objektu. Z pohledu ekonomického jde především o úsporu za vodné. Podle výpočtů prezentovaných v poslední době je návratnost těchto projektů v podmínkách ČR do 15 let, s externí finanční podporou i do 5 až 10 let, ačkoli řada uživatelů považuje tuto investici za finančně nenávratnou (1).

V současnosti lze hovořit o tom, že ČR zažívá stavební boom systémů na recyklaci vody v budovách. Tyto systémy jsou budovány především s podporou státu (program Dešťovka), ale i bez ní řadou soukromých i veřejných subjektů (města, obce aj.). Protože neexistuje centrální evidence těchto objektů, ani nevíme, kolik jich vlastně je. Známe jen počty objektů realizovaných s pomocí dotace programů Dešťovka I a Dešťovka II. Těch bylo podle dat Státního fondu životního prostředí ČR k březnu 2021 více než 6 800 (1).

Jedním z typických rysů dosavadního boomu budování systémů recyklace vody v ČR je jeho živelnost. Existují sice mezinárodní normy týkající se opětovného využití vody (např. ČSN ISO 75 6780, ČSN ISO 20426, ČSN ISO 20761 a ČSN ISO 20468-1), ale žádná z nich není v ČR závazná, a proto je kvalita existujících systémů

mů týkající se designu (např. technologie úpravy) a provedení velmi různá (2). Státní zdravotní ústav (SZÚ) v rámci projektu „Stanovení hygienických požadavků na recyklovanou vodu využívanou v budovách a městských vodních prvcích“ pracuje na vytvoření pravidel pro hygienické požadavky na recyklaci vody v budovách. V tomto čísle Hygieny přinášíme první část článku, která se věnuje možným zdravotním rizikům z použití přečištěné srážkové vody v budovách. V navazující druhé části článku se pak zaměříme na rizika využití šedých vod.

Způsoby akumulace a využití srážkové vody v budovách

Srážkové vody se sbírají především ze střech budov. Střešní materiál i celkové provedení střechy a umístění budovy (místa pro ptactvo, množství polutantů v okolí apod.) mohou proto výrazně ovlivnit kvalitu sbírané srážkové vody (3–6), na což poukazují i některé zahraniční technické normy či předpisy (7, 8). Většina běžných střešních materiálů (pálené či glazované tašky, břidlice, moderní materiály) neovlivňuje kvalitu sbírané vody. Některé, uvedené níže v tabulce 1, však ano, a to různým způsobem. Není-li plocha střech dostatečně velká, aby dokázala sebrat potřebný objem vody, anebo pokud uživatelé chtějí maximálně využít srážek, využívají se pro sběr srážkové vody i zpevněné pozemní plochy (chodníky, vybetonované nebo vydlážděné dvory, vozovky). Kvalita vody z pozemních ploch však bývá mnohem horší než kvalita vody sbírané pouze ze střech.

Z našeho dotazníkového šetření mezi příjemci dotace Dešťovka i ze zkušeností s navštívenými objekty víme, že u nás je srážková voda v objektech, kde se využívá i uvnitř budov, akumulována v uzavřených nádržích. Ty jsou nejčastěji situovány pod zemí, méně často v technickém podlaží budovy, obvykle v suterénu (1). Akumulace pod zemí je vhodnější z hlediska udržení nižší teploty vody.

Mikrobiologická nebezpečí v akumulovaných srážkových vodách

Zdroje kontaminace

Při sběru srážkové vody ze střech, případně jiných ploch je reálné uvažovat o znečištění vody zvířaty. Znečištění zejména exkrementy, močí či dalšími sekrety, ale i vypadlým peřím, srstí, částčkami ulpělými na povrchu těla a odpadlými na sběrné ploše v důsledku nesoudržnosti či při péči o tělo se pak může stát reálným zdravotním rizikem při různém použití získané vody. Střechy, eventuálně další sběrné plochy, jsou nejvíce navštěvovány ptáky, za určitých okolností však můžeme uvažovat i o kunách či některých druzích hlodavců (na nižších a lehce přístupných střeších chat v lesním prostředí). Tato možnost je sice méně pravděpodobná (střechy jsou seshora přístupné pro ptačí dravce, a proto se tam zmínění savci nebudou dlouho zdržovat), ale zcela vyloučená není. Sběrné plochy mimo střechy mohou být navštěvovány jak domácími (psi, kočky), tak i divokými zvířaty, pokud plochy nejsou oploceny (zdvořelí psi, lišky, kuny apod.). Další organismy, které se mohou na sběr-

né plochy dostat, představuje létající hmyz. Ten by však musel být aktivně v kontaktu s člověkem, aby mohly jím přenášené patogeny způsobit onemocnění. Pasivní přenos onemocnění srážkovou vodou je nepravděpodobný. Nicméně empirická vodárenská zkušenost z Německa ukazuje, že např. komáři (kteří se na podzim ukryjí do vodojemů a zde uhynou), mohou být zdrojem kontaminace vody enterokoky (9) – tyto druhy enterokoků nám sice neindikují pro člověka rizikové fekální znečištění člověkem nebo teplokrevnými živočichy, ale to nám používaná metoda stanovení enterokoků neodhalí.

Přestože existují studie, které se zabývají diverzitou bakteriálních druhů u divokých ptáků, je velmi málo studií, které by hodnotily jejich množství v populaci zdravých ptáků. Obecně však studií zabývajících se divoce žijícími ptáky jako vektory patogenů bez vlivu na hospodářská zvířata mnoho není – velká část se zabývá vodními ptáky, jejichž pohyb na sběrných plochách srážkové vody je vzhledem k jejich přirozenému chování prakticky vyloučen. Zásadním rozdílem z pohledu množství některých vnesených druhů patogenů může být i jejich původ – jedná-li se o přirozenou střevní biotu ptáků, či jedná-li se o patogeny i z pohledu ptačí populace, kterými se nakazí z prostředí (10). Počty nalezených patogenů také výrazně závisí na druhu odebíraného vzorku (zdraví ptáci, kadávery, kultivace z exkrementů či výtěry apod.) a na použité kultivační metodě. Na mnohá média totiž patogeny nereagují, a tudíž nejsou zachyceny.

Relevantní patogeny v ČR a středoevropském prostoru

Pro účely tohoto článku jsou zmíněny zejména patogeny, které mohou být přeneseny na člověka při používání srážkové vody jako užitkové v budovách anebo případně v situaci, kdy by došlo k neúmyslnému propojení systémů pitné a užitkové vody. Neuvažujeme zde jinak reálné riziko alimentární infekce při používání vody na závlahu jedlých plodin, ani teoreticky možný přenos nákazy cestou divoká zvířata – domácí zvířata (např. slepice či prasata) – člověk.

Viry

V souvislosti se současnou koronavirovou pandemií můžeme začít zmínkou o čeledi *Coronaviridae*. Naprostá většina virů této čeledi je čistě zvířecích, přenos z ptáků či drobných pozemních savců na člověka přes použitou srážkovou vodu je extrémně nepravděpodobný (nejobvyklejší je přenos přes požití či manipulaci s masem zvířat), nicméně je také dobré zmínit, že informací je prozatím málo a koronaviry byly nalezeny i v exkrementech a moči drobných savců.

Rotaviry (rod *Rotavirus*, nově čeleď *Sedoreoviridae*) způsobující zejména dětská průjemová onemocnění jsou patogeny přenositelné z divoce žijících holubů a je možné o nich uvažovat, i když i u nich je cesta přenosu přes srážkovou vodu vysoce nepravděpodobná.

U čeledi *Adenoviridae*, jejíž zástupci (podle typu viru) způsobují u člověka záněty v různých částech těla (akutní respirační onemocnění, pneumonie, konjunktivitida, gastroenteritida ad.), je na místě zmínit jejich dlouhodobé přetrvávání ve vodním prostředí, kam se mohou

dostat s exkrementy mnoha druhů ptáků, např. již zmínovaných divokých holubů. Kontaminace srážkových vod je tedy možná. Cesta přenosu je jak alimentární, tak inhalační či kontaktní (zánět spojivek).

Viry čeledi *Orthomyxoviridae* (chřipkové viry) způsobují onemocnění jak u lidí, tak u zvířat. Přestože je člověk vnímavý pouze k virům prasečí chřipky, je nutné vzít v úvahu i potvrzený mezidruhový přenos viru a rekombinaci lidských a zvířecích virů, z čehož plyne možný zdroj nových, případně i pandemických subtypů viru. Přenos přes srážkovou vodu ze sběrných ploch je prakticky vyloučen, rezervoárem virů jsou totiž zejména vodní ptáci, přestože byl virus nalezen i u některých pěvců (11), případnými vektory mohou být u přístupných ploch i kočky a psi.

Čeď *Hantaviridae* zahrnuje orthohantaviry (dříve hantaviry), jejichž přirozenými hostiteli jsou drobní hlodavci a které způsobují hemoragickou horečku spojenou se selháním ledvin, epidemickou nefropatii nebo vážné respirační onemocnění. V ČR u člověka prokazatelně způsobují onemocnění sérotypy Puumala (mírnější forma onemocnění přenášená norníkem rudým), Dobrava-Belgrade (přenášena myšicemi – lesní, temnopásou a křovinou) (12) a Tula (přenašečem je hraboš polní) (13). Nákaza se šíří inhalačně z infikovaných exkretů hlodavců, v úvahu přichází sběrné plochy sousedící s lesním prostředím jak ve výšce (střechy – virus Dobrava-Belgrade), tak i při zemi, kde se může pohybovat norník – tedy virus Puumala. Rozšíření orthohantavirů je zřejmě podhodnoceno a je pravděpodobné, že počty hlášení nových případů budou stoupat (v roce 2012 byla hlášena první infekce sérotypem Tula na Ostravsku). Přestože jde v některých případech o závažné onemocnění, povědomí o těchto nových patogenech je mezi odborníky malé.

Bakterie

Mezi bakteriemi je několik rodů, které přicházejí v souvislosti s přenosem z volně žijících ptáků (příp. savců) na člověka v úvahu.

Rod *Salmonella* představuje typy specializované na člověka (*S. typhi*, *paratyphi* – zdrojem nákazy je pouze člověk, vektorem však může být např. pták), ale i některé nespecializované sérotypy (*S. typhimurium*, *enteritidis*), rezervoárem v přírodě mohou být drobní hlodavci, postižení mohou být i psi a kočky. Zmíněné typy byly izolovány i u synantropních ptáků (vrabců, holubů, špačků aj.), u některých běžně rozšířených pěvců (vrabec, pěnkava, zvonek, čížek, zvonohlík, stehlík) byly zjištěny sérotypy *S. typhimurium*, *paratyphi B* a další, pro zdraví člověka nevýznamné typy. Přestože je možné považovat znečištění sbíraných srážkových vod exkrementy těchto organismů za reálné (přičemž přežít mohou bakterie podle podmínek i roky), přenos se uskutečňuje alimentární cestou, a navíc je pro vznik infekce potřeba vysoká infekční dávka (10⁶).

Rod *Campylobacter* způsobuje střevní infekce u lidí, rezervoárem pro *C. jejuni* (nejčastější), *C. coli* i *C. lari* je řada zvířat a ptáků (vodních i terestrických – rackové, sovy, holubi, špačci, straky, vrabci ad.). Infekce člověka nastává požitím i kontaktem s vodou. Dolní mez odhadu infekční dávky je asi 50 mikrobů. *Campylobaktery* jsou extrémně citlivé na vyschnutí, jsou ale schopné řádově týdny přežívat a být infekční v povrchových vodách či ptačím trusu.

Clostridium perfringens a další druhy klostridií představují ve vodách spíše indikátor, ale mohou se uplatnit i jako patogeny (ranné infekce, průjmy, enterotoxikózy). *C. perfringens* bylo izolováno vedle dalších patogenních klostridií (*C. sordellii*, *C. novyi*, *C. septikum* aj.) u divokých vodních ptáků, drozdů, dravců či krůt.

Běžná bakterie *Escherichia coli* může v rámci některých kmenů působit jako patogen (zejména enterohemoragické kmeny EHEC). V literatuře (11) je uváděno, že u holuba hřivnáče (který připadá v úvahu jako vektor) je možnost přenosu kmenů resistantních na antibiotika. Přenos je potvrzen i u pěnkavovitých (10). Infekční dávka je nízká, ale přenos na člověka se uskutečňuje alimentární cestou. Geneticky velmi příbuzná je *Shigella*, která s rodem *Escherichia* tvoří jeden rod (méně než 3% odlišné genetické informace) a řadou metod je ani nelze odlišit. Tvoří podobný toxin jako enterohemoragické kmeny *E. coli*, a to „Shiga toxin“, který též způsobuje alimentární infekce s nízkou infekční dávkou (10–100 bakterií). Dříve se předpokládalo, že je možný jen interhumánní přenos, v poslední době však byly shigely zjištěny i u živočichů, např. kuřat, králíků či prasat (14) – k přenosu na sběrné plochy srážkových vod by tedy nejspíš mohlo dojít jen pasivně ptáky.

Podobnou situaci jako u *Escherichia coli* pozorujeme i u *Yersinia enterocolitica* – přenos je možný přes holuby a pěvce, příp. přes hlodavce, ale infekce člověka je ze stejných důvodů u obvyklých způsobů užití užitkové vody jen málo pravděpodobná.

Mezi další patogeny, které by měly být brány v úvahu, patří *Leptospira interrogans*. Znečištění srážkové vody leptospirami (s délkou přežití i měsíc) by v uvažovaných podmínkách mohli způsobit hlodavci (synantropní – potkani a myši, ale i další – např. hraboši) pohybující se po sběrných plochách. Infekční dávka je nízká a patogen může proniknout i kůží. Nízká pravděpodobnost nákazy platí rovněž u listérie, kterou také šíří hlodavci a u které je vstupní branou infekce zejména zažívací trakt, respirační cesta, příp. spojivka.

Hlodavci mohou být také zdrojem bakterie *Francisella tularensis* (15) na sběrných plochách. Tato gramnegativní bakterie způsobuje po inhalaci aerosolu či po kontaktu s kůží potenciálně smrtelnou plicní tularémií, resp. kožní formu onemocnění, možná je také alimentární infekce.

Reálné je i znečištění srážkové vody enterokoky. Ty se nacházejí nejen v gastrointestinálním traktu živočichů (obratlovců i bezobratlých), ale jsou i součástí autochtonní mikroflóry kůže a sliznic mnoha divokých ptáků včetně holubů a pěvců (10, 11). Jsou sice mezi nimi i potenciálně patogenní druhy významné pro člověka (*E. faecalis*, *E. faecium* a *E. durans*) (17), ale přenos se děje alimentární cestou a infekce jsou nebezpečné především pro imunosuprimované pacienty.

Dalším uvažovaným patogenem je *Coxiella burnetii*, která může i při extrémně nízké dávce způsobit horečku Q. Výkaly a moč infikovaných zvířat (v ČR vlašťovka obecná, rehek zahradní, konipas bílý, vrabci, holubi či havranovití, ze savců hlodavci nebo kozy) (15, 16) znečistí vodu či půdu na sběrné ploše, kde je možné i dlouhodobé přežití bakterie. Bakterie je ale čistě aerobní a přenáší se inhalačně, pravděpodobnější by tedy byla asi expozice suchému prachu ze sběrných ploch než skrze srážkovou vodu. *Chlamydophila psittaci* (dříve rod *Chlamydia*) je bakterie vyvolávající onemocnění nejen ptáků, ale i člověka (a dalších savců) – ornitózu

a psitakózu. Aerosol obsahující tělní tekutiny (moč, sliny, především ale trus ptáků) hostitelských jedinců může způsobit záněty nejen dýchacích orgánů, ale také např. ledvin, jater či srdce. Přestože jsou jako hlavní rezervoár většinou potvrzováni vodní ptáci, vektorem mohou být i holubi, vrabci, straky nebo kočky. Při vzniku aerosolu ze srážkové kontaminované vody tak teoreticky může dojít k expozici.

Mykotická agens, prvoci, améby

Původci mykotických onemocnění, kteří mohou být přenášeni ptáky a jsou zde uvedeni, mají společné některé charakteristiky: většinou jsou v prostředí běžně rozšířeni a onemocnění, která mohou způsobit (i s velmi vážnými následky), se většinou omezují na imunosuprimované jedince. V úvahu připadá několik zástupců rodu *Candida* (zejména *C. albicans*, ale i *C. tropicalis*, *C. parapsilosis*, *C. krusei* a *C. guilliermondii*). Tento rod je striktně aerobní, snese vymrznutí i vyschnutí, nálezy (*C. albicans*) byly učiněny u holubů, hrdliček, havranů a např. vrabců, zároveň je ale i běžnou součástí kůže a dýchacího traktu lidské populace, aniž by způsoboval onemocnění, které se (při propuknutí) projevuje jako povrchová či endogenní mykóza.

Cryptococcus neoformans je kosmopolitně se vyskytující organismus způsobující mykózy či plicní onemocnění. Častým rezervoárem i zdrojem infekce jsou trus a hnízda ptáků (převážně holubů), k infekci dochází zejména inhalačně. Stejná charakteristika platí i pro rod *Aspergillus* (především *A. fumigatus*, méně *A. flavus* a *A. niger*), který je často nalézán v kompostech a na některých stavebních materiálech (u ptáků je nejvíce zaznamenáván u holubů a vrabců), vyskytuje se však i jako saprofyt v půdě či na rostlinách. U zdravých jedinců jsou organismy eliminovány imunitním systémem, takže se onemocnění dýchacích orgánů po inhalační expozici projevuje převážně u imunosuprimovaných pacientů. Skutečnost, že mykotické patogeny jsou v prostředí běžně rozšířeny, ztěžuje přesné určení zdroje případného onemocnění (16, 17). Většinou se ale šíří inhalačně, takže větší expozice a zdravotní riziko bude nastávat při čištění sběrných ploch než při samotném užití srážkové vody jako užitkové.

Ve srážkových vodách byli nalezeni též parazitické prvoci z rodů *Cryptosporidium* a *Giardia* (18–20). Množství těchto patogenů se lišilo v různých studiích zřejmě v závislosti na tom, jací živočichové se na střechách převážně pohybují (21). Nicméně většina druhů prvoků z rodů *Cryptosporidium* a *Giardia*, které se vyskytují u ptáků, u nichž způsobují onemocnění střevního nebo dýchacího traktu, většinou neinfikují savce ani člověka. Druhy, které jsou přenosné na člověka z drobných savců (např. *Giardia lamblia*), se zase přenáší především alimentární cestou. Při uvažovaných způsobech využití srážkové vody se tedy zdá být riziko infekce těmito patogenními prvoky nízké.

V zachycených srážkových vodách byly prokázány améby *Acanthamoeba* spp., *Naegleria fowleri*, *Hartmannella vermiformis* (22), které jednak vykazují patogenní potenciál směrem k člověku (meningoencefalitidy, keratitidy), jednak mohou být v užitkové vodě rezervoárem legionel, ale i jiných patogenů (listérie, *P. aeruginosa*, mykobakteria). I když kontaminace srážkových vod amébami prostřednictvím ptáků je možná, významnější je jejich přirozený rozvoj jako volně žijících améb v umě-

lých systémech vody (po jeho kontaminaci cystami z ovzduší, prostředí apod.).

Uvedený výskyt patogenů či podmíněných patogenů není samozřejmě úplný a definitivní, teoreticky by šla uvažovat ještě další agens nalézaná u ptáků nebo drobných savců (např. pasteurely, aeromonády, riketsie, vibria atd.), ale jejich výskyt ve srážkové vodě a riziko nákazy při použití užitkové vody v budovách považujeme v našich podmínkách za velmi málo pravděpodobné. Ostatně ani výše uvedený výčet není co do pravděpodobnosti výskytu a rizika nákazy homogenní, v jeho rámci je možné vybrat ještě užší prioritní skupinu, o což se pokoušíme dále. Mikroorganismům, které nepocházejí přímo ze srážkové vody, ale pomnožují se v systému její akumulace a rozvodu (legionely, pseudomonády či mykobakteria), se budeme podrobněji věnovat ve druhé části našeho článku. U recyklované šedé vody je totiž, vzhledem k její teplotě a obsahu živin, riziko jejich množení podstatně vyšší.

Chemická nebezpečí v akumulovaných srážkových vodách

Srážková (či dešťová) voda je podle definice voda z atmosférických srážek (23), v podstatě tedy voda destilovaná, protože vzniká převážně kondenzací vodní páry. Přesto se po jímání o čistou destilovanou vodu nejedná. Vinu na tom má jednak atmosférické znečištění, jednak kontakt srážkové vody se sběrnými plochami.

Z atmosférického znečištění (ovzduší) se jedná především o oxidy a jiné sloučeniny síry a dusíku, které vznikají spalováním fosilních paliv v energetice, dopravě, průmyslu i domácnostech. Spolu s oxidem uhličitým přirozeně přítomným v atmosféře se jedná o kyselinotvorné látky, které rozpouštěním ve srážkové vodě způsobují její kyselou reakci. I ve zcela čistém prostředí má srážková voda pH okolo 5,6; v oblastech se znečištěným ovzduším pak i nižší – klasické „kyselé deště“ 19. a 20. století měly pH až okolo 3. Z pohledu použití takové vody jako užitkové by mohlo docházet ke zvýšené korozi kovových součástí systému recyklace, včetně sběrných ploch (kovových střešních) s následkem zvýšeného obsahu těžkých kovů. Stopová množství organických polutantů (např. PAU), kovů apod. absorbovaná do srážkové vody v atmosféře, nejsou z pohledu recyklace vody významná a lze je pominout. Z hlediska kvality užitkové vody je významné a nepříjemné pouze „vymývání“ pylů a sazí z atmosféry.

Druhým zdrojem kontaminace je vyluhování materiálů sběrných ploch, tedy především střešních, srážkovou vodou. Různé druhy znečištění z různých povrchů střešních (popř. zemních ploch) ukazuje tabulka 1.

Třetím zdrojem kontaminace je smývání ptačích a savčích exkrementů, pylu, prachu, listí, perí apod. ulpělých či zachycených na povrchu sběrných ploch. Tyto „hmoty“ jsou především zdrojem zákalu, zbarvení vody a mikrobiální kontaminace; z hlediska fyzikálně-chemických vlastností vody je důležitý obsah nerozpustných látek (zákalu) a organického uhlíku. Zákal může významně snižovat účinnost dezinfekce. Organický uhlík zvyšuje obsah živin v akumulované vodě, a tím podporuje růst některých mikroorganismů v systémech pro čištění vody.

Tab. 1: Možné vlivy sběrné plochy na kvalitu zachycené srážkové vody (upraveno podle ČSN EN 16941-1)

Druh sběrné plochy (střechy)	Možné znečištění srážkové vody
Zelená (vegetační) střecha	zbarvení vody (např. huminovými látkami), zákal
Krytina z bitumenových materiálů (obsahujících asfalt)	zbarvení, látky typu PAU
Azbestocementová střešní krytina	azbestová vlákna
Měděné, olověné nebo pozinkované plechy	těžké kovy (Cu, Pb, Zn, Cd ad.)
Zvětralé drsné plochy	pevné látky, zákal

Zkušenosti s kvalitou srážkových vod a problematika vhodných indikátorů

Jak již bylo uvedeno výše, ve srážkové vodě sbírané ze střech, případně z okolních komunikací, se může vyskytovat řada potenciálních lidských patogenů (salmonely, kampylobaktery, klostridia apod.). Stanovení enterických patogenů (i patogenů obecně) bývá však velmi nákladné a mnohdy i časově náročné, a proto se jejich možná přítomnost zjišťuje při rutinním monitoringu nepřímou, a to stanovením tzv. indikátorů fekálního znečištění (*E. coli*, enterokoky). Jde o skupinu bakterií vyskytujících se v gastrointestinálním traktu teplokrevných živočichů včetně člověka a jejich přítomnost v prostředí značí možné fekální znečištění vody a tedy i potenciální nebezpečí přítomnosti uvedených střevních patogenů.

V rámci našeho projektu jsme zkoumali celkem 18 objektů, ve kterých se využívá srážková voda uvnitř budov, a pět z nich bylo pak ve druhém roce testováno pravidelně. Ze čtyřiceti analyzovaných vzorků surové vody z nádrže na srážkovou vodu bylo 29 % pozitivních na *E. coli*. U pravidelně sledovaných objektů bylo možné pozorovat jakousi opakovatelnost nálezů či stálost – buď byly pozitivní ve většině odběrů během roku, nebo se i během roku držely hodnoty *E. coli* ve 100 ml vzorku okolo nuly. V různých studiích je procento pozitivních nálezů *E. coli* v nádržích na srážkovou vodu sbíranou ze střech uváděno v rozmezí 24–92 %. Co se týče kvantity, v nálezech našeho projektu se jednalo o jednotky až stovky MPN (nejpravděpodobnější počet)/100 ml s maximem 980 MPN/100 ml. V literatuře se uvádí rozmezí od jednotek do 10^3 KTJ/100 ml (24). Toto velké rozmezí hodnot mezi jednotlivými studiemi i různými vzorky odráží skutečnost, že kvalita srážkové vody závisí na mnoha faktorech, např. na umístění objektu, materiálu a provedení střechy, množství polutantů, na časování odběru v závislosti na počasí a dalších.

V případech intestinálních enterokoků jsme měli v našich vzorcích 53 % pozitivních nálezů, což koresponduje se skutečností, že v gastrointestinálním traktu živočichů převládá množství enterokoků nad *E. coli* a také že enterokoky obecně vydrží ve vodním prostředí (mimo gastrointestinální trakt) déle než *E. coli*. Co do počtů se jednalo o desítky až stovky KTJ/100 ml. Obdobně jako u *E. coli*, i zde byly objekty, kde byla během roku většina vzorků pozitivních na enterokoky, a naopak objekty, kde byla většina vzorků kolem nuly.

Z námi stanovovaných potenciálních patogenů nebyly v žádném z analyzovaných vzorků nalezeny kampylobaktery ani salmonely, pouze v jednom z objektů byla detekována atypická mykobakterie (druh *M. gordonae*). V případě stanovení salmonel se však jednalo pouze o jednorázové vzorky z pěti objektů, a proto negativní výsledek

může být způsoben jejich malým počtem. V literatuře se uvádí, že salmonely byly zachyceny ve 4–10 % vzorků z nádrží na srážkovou vodu ze střech (18). V některých objektech jsme však dlouhodobě a opakovaně našli jiný patogen, *Clostridium perfringens*, a to v počtech jednotek až desítek KTJ/100 ml. To odpovídá i údajům z literatury, kde se uvádí v různých studiích 0–50 KTJ/100 ml (24, 25). Jedná se o sporulující bakterii, která žije v anaerobních podmínkách a může indikovat i fekální znečištění staršího data.

Je zřejmé, že uvedené stanovení indikátorů fekálního znečištění ne vždy a jednoznačně koreluje s přítomností potenciálních střevních patogenů. Nicméně v současné době je stanovení těchto indikátorů (zejména *E. coli*) nejjednodušší a nejlevnější způsob, jak při rutinním monitoringu potenciální mikrobiologické riziko plynoucí z vod zjistit. Proto je také *E. coli* nejčastěji ve světě používaným indikátorem kvality pitné vody a v současné době je též součástí zahraničních norem týkajících se kvality srážkové nebo recyklované vody (8, 26, 27). V některých normách pro srážkové vody jsou uvedeny ještě další indikátory pro rutinní stanovení, a to intestinální enterokoky či koliformní bakterie (26). V australských normách je uvedeno ještě stanovení rodu *Campylobacter* (8).

Indikátory fekálního znečištění nemohou samozřejmě indikovat přítomnost patogenů, které nejsou vázány na zažívací trakt, budou to tedy mikroorganismy vylučovány respiračním traktem a močí, popř. žijící na kůži (srsti, peří) ptáků a malých savců. Indikace střevních patogenů (virů a prvoků) může být sporná také v případě, kdy se voda dezinfikuje dávkou, která stačí jen k usmrcení bakterií (bakteriálních indikátorů), ale ne k likvidaci rezistentnějších virů či prvoků.

Expoziční cesty nákazy při uvažovaných způsobech užití

Užitkovou vodu lze v budovách použít k různým účelům. My jsme se při řešení našeho projektu setkali při osobních návštěvách nebo dotazníkovém šetření se způsoby, které uvádíme v tabulce 2. K nim přiřazujeme možné expoziční cesty, kterými může dojít k nákaze. Otrava či poškození zdraví spojené s chemickou kvalitou vody je riziko tak nepravděpodobné, že ho zde ani neuvažujeme.

Nejpravděpodobnější zdravotní rizika v podmínkách ČR

Zdravotní riziko z použití srážkové vody je výsledkem několika faktorů:

Tab. 2: Potenciální expoziční cesty přenosu infekčních agens při použití recyklovaných srážkových vod v budovách

Způsob užití vody	Expoziční cesty přenosu infekčních agens
Splachování WC	<ul style="list-style-type: none"> • tvorba aerosolu (inhalace) • ruční kontakt s vodou při opravě nádržky (kontaktní přenos na pokožku, popř. rukou do úst a požití)
Praní prádla	<ul style="list-style-type: none"> • ruční kontakt s mokrým prádlem (kontaktní přenos na pokožku, popř. rukou do úst a požití) <p>(Poznámka: Praní při teplotě 40 °C nezaručuje usmrcení mnoha termotolerantních patogenů. Použití pracího prášku s detergentem sice možnost přežití mikroorganismů snižuje, ale není spolehlivým dezinfekčním opatřením.)</p>
Úklid	<ul style="list-style-type: none"> • ruční kontakt úklíže s vodou (kontaktní přenos na pokožku, popř. rukou do úst a požití) • ruční kontakt malých dětí s vytřenou podlahou (kontaktní přenos na pokožku, popř. rukou do úst a požití) <p>(Poznámka: Při běžném úklidu se do vody přidává saponát, ale ne dezinfekce. Saponát spolehlivě usmrtí obalené viry a do určité míry gramnegativní bakterie, ale vůči jiným mikroorganismům dostatečně účinný není.)</p>
Kropení a zálivka ve vnitřních prostorách	<ul style="list-style-type: none"> • tvorba aerosolu (inhalace) • kontakt s vodou (kontaktní přenos na pokožku, popř. rukou do úst a požití)
Plnění domovních (zahradních) bazénů	<ul style="list-style-type: none"> • kontakt s pokožkou • neúmyslné požití při potápění či plavání
Osobní hygiena: mytí rukou, sprchování či oplach (bidet)	<ul style="list-style-type: none"> • kontakt s pokožkou (a možná přenos ruka-úst) • požití při sprchování • přímé požití vody, pokud někdo nerespektuje označení nepitná voda a použije užitkovou vodu určenou k mytí jako pitnou
Obsluha čistící technologie	<ul style="list-style-type: none"> • ruční kontakt s vodou při manipulaci s nádrží nebo filtry (kontaktní přenos na pokožku, popř. rukou do úst a požití) • tvorba aerosolu (inhalace)

- počet infekčních agens ve vodě (který je kombinací buď externí kontaminace, a/nebo interní proliferace agens v systému užitkové vody a dokonalosti úpravy vody včetně dezinfekce);
- infekčnost (patogenita a virulence) přítomných agens;
- způsob použití užitkové vody, ze kterého vyplývá cesta a intenzita expozice;
- vnímavost na straně uživatele vody (stav imunity).

Uvažované způsoby použití vody a expoziční cesty jsou uvedeny v tabulce 2. V současné době nemáme v ČR dostatek údajů (především o počtu patogenů v zachycených srážkových vodách), abychom mohli provést kvantitativní hodnocení rizika nákazy pomocí metody QMRA (quantitative microbial risk assessment – kvantitativní hodnocení mikrobiologického rizika). Proto se omezujeme na kvalitativní popis, který vychází mj. z naší zkušenosti z navštívených objektů (28), které neměly příliš sofistikovaný stupeň úpravy vody – obvykle se jednalo o hrubou mechanickou filtraci, ne ve všech případech doplněnou o dezinfekci (a i ta byla v některých případech vypnutá nebo již nefunkční). V našem výběru dále zohledňujeme expoziční cestu a infekční dávku – čím je nižší, tím je pravděpodobnost infekce vyšší. Infekční dávku nemůžeme chápat jako nějakou minimální potřebnou (prahovou) dávku, aby došlo k infekci, resp. onemocnění, proto se dnes častěji uvádí hodnota ID₅₀, což je počet patogenů, který vyvolá infekci (onemocnění) u 50 % exponovaných osob. Teoreticky platí, že i jedna bakterie, cysta, oocysta či virová partikule může za určitých podmínek vyvolat infekci, ale u většiny agens je pravděpodobnost infekce způsobená jediným mikroorganismem samozřejmě extrémně nízká. Nicméně exis-

tuje, a proto můžeme teoreticky uvažovat i riziko vzniku alimentární nákazy (průměrného onemocnění) třeba při splachování WC, kdy dojde k vdechnutí aerosolu obsahujícího původce gastrointestinální infekce, jeho ulpění na sliznici hltanu a následnému polknutí/požití. Např. roční riziko alimentární infekce při inhalaci aerosolu obsahujícího adenoviry a tvořícího se při spláchnutí WC a při použití přečištěné srážkové vody sbírané ze zemních ploch ve městě se pohybuje v řádu jednotek případů na 10⁷ exponovaných (1,11E-07 až 8,89E-07 pppy), což je mnohem nižší než referenční přijatelné riziko ≤ 10⁻⁴ definované U. S. EPA (29).

Zdaleka nejvyšší je riziko alimentární infekce (průměrného onemocnění) v případě, kdy dojde k (neúmyslnému) propojení systému užitkové vody s vnitřním vodovodem pitné vody a užitková voda se tak dostane do pitné vody (tzv. cross-connection). Nejde o žádné hypotetické riziko, v literatuře existuje mnoho popsaných případů cross-connection (30, 31). Proto je nutné dodržovat určitá technická opatření zmíněná níže.

Za nejpravděpodobnější riziko z běžného provozu považujeme alimentární nákazu rotaviry, adenoviry, kampylobakterem nebo patogenní *E. coli*, pokud je voda užívána k osobní hygieně, plnění bazénu, popř. úklidu. Proto se domníváme, že srážková voda, která není řádně dezinfikována (což je častá praxe), není vhodná k osobní hygieně ani plnění bazénů, stejně jako k mytí podlah, kde si hrají malé děti. V souvislosti s úklidem by se tato voda měla používat pouze na stírání podlah, nikoliv však jiných povrchů, kde dochází k častějšímu kontaktu rukou, např. klik u dveří. Z inhalační expozice, resp. respiračních infekcí, tedy tam, kde vzniká

aerosol (splachování WC, osobní hygiena – sprchování, tlakové mytí nebo zálivka postříkem), vidíme jako největší riziko nákazy adenoviry a chlamydiafilou. Relevantní mohou být také legionely, ale díky nižší teplotě srážkové vody a nižšímu obsahu živin (oproti např. šedým vodám) se nezdají rozvody srážkové vody být ideálním prostředím pro jejich rozvoj. V případě kontaktní expozice (při osobní hygieně nebo obsluze technologie) vidíme jako nejpravděpodobnější riziko infekci leptospiroou. Za nejasné a hodné dalšího zkoumání považujeme respirační, popř. kontaktní infekce coxielou a hantaviry (v objektech situovaných v lese nebo u lesa), stejně jako mykotické infekce u imunitně oslabených osob.

Hygienické a legislativní požadavky

Legislativně zakotvené hygienické požadavky na kvalitu recyklované (tedy i srážkové) vody v ČR dosud chybí, neexistuje ani žádné doporučení vzešlé z hygienických kruhů. Již zmíněná norma ČSN EN 16941-1 ke kvalitě jen obecně konstatuje: „Musí být provedeno posouzení rizik, aby se určilo, zda je zařízení [pro využití srážkových vod] bezpečné a vhodné pro daný účel. Posouzení rizik má být provedeno při navrhování zařízení. Při posuzování rizik se musí brát v úvahu vlivy expozice a možné účinky zařízení na zdraví osob, na prostředí a na majetek.“ (čl. 5.9), resp. „Zařízení [...] musí být navrženo a instalováno tak, aby nepitná voda byla vhodná pro daný účel a nepředstavovala nepřiměřené zdravotní riziko podle národních předpisů [...]“ (čl. 10) (23).

V zákoně o ochraně veřejného zdraví č. 258/2000 Sb. (§ 3, odst. 7) je sice díky přílepku k novele vodního zákona pojem „užitková voda“ od roku 2021 zakotven, ale požadavky má definovat prováděcí vyhláška, která však čeká na výstup z námi řešeného projektu TACR. Ten by měl být hotov v prvním čtvrtletí 2023. Protože převedení do zákonné podoby může trvat nejméně rok až dva (bude nutné nejprve upravit zákon č. 258/2000 Sb.), lze nejprve očekávat formu metodického doporučení ze strany Ministerstva zdravotnictví nebo SZU.

Do doby vydání předpisu či doporučení lze jen pracovníkům orgánů ochrany veřejného zdraví doporučit, aby na základě principu předběžné opatrnosti v rámci posuzování projektů požadovali mikrobiologickou kvalitu pitné vody (nemá ale smysl se zabývat ukazateli počty kolonií) a vodu po senzorické stránce přijatelnou (bez barvy, zákalu a pachu). Podle zákona č. 258/2000 Sb. lze užitkovou vodu využít pro splachování toalet a pisoárů, praní, úklid, mytí vozidel, závlahu, vodní prvky nebo kropení komunikací, ale ne pro jiné účely. Z využití v rámci vodních prvků by to měly být jen ty případy, ve kterých nedochází k přímému kontaktu s lidským tělem.

Ve veřejných budovách je na místě vyžadovat dezinfekci této vody a z technických požadavků na prvním místě striktní oddělení systémů (rozvodů) pitné a užitkové vody, jak je diskutováno níže.

Recyklovaná voda jako zdroj pro výrobu pitné vody?

I když současné znění definice užitkové vody v zákoně č. 258/2000 Sb. využití srážkové vody k pitným účelům

(ani po úpravě) neumožňuje, opakovaně se setkáváme s návrhy projektů na výrobu pitné vody z vody srážkové. V tomto ohledu by musel být zřejmě upraven nejen zákon č. 258/2000 Sb., ale i zákon o č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu, aby se vyjasnilo, zda srážková voda sbíraná ze střechy nebo zemní plochy může být považována za vodu povrchovou. Zákon č. 274/2001 Sb., v platném znění, v § 13 požaduje, aby byla pitná voda vyráběna pouze ze surové vody odebrané z povrchových vodních zdrojů nebo z podzemních vodních zdrojů, a to ještě za podmínky, že tato surová voda splňuje požadavky stanovené tímto zákonem. Z hygienického hlediska považujeme výrobu pitné vody z vody srážkové za nežádoucí z následujícího důvodu.

Srážková voda je voda po chemické stránce prakticky bez minerálních látek, která je nevhodná jak k distribuci potrubím (koroze), tak k pravidelné konzumaci (riziko absence hořčiku a vápníku je mnohem vyšší než riziko přítomnosti nějakých obvyklých toxických látek). Bylo by jí tedy nutné remineralizovat – ale čím a jak, to neumíme v současné době sofistikovaně říci. Všechny studie, které se zabývaly vztahem mezi obsahem vápníku, hořčiku nebo rozpuštěných látek a zdravotními účinky, a na jejichž základě byly odvozeny minimální či optimální koncentrace těchto ukazatelů, byly prováděny na přirozených sladkých vodách, které jsou složitou směsí ve vodě rozpuštěných plynů a minerálních látek a které fyziologicky působí (na lidský organismus) jako celek. Sledovaný vápník, hořčík, jejich suma či rozpuštěné látky jsou jen vybranými indikátory této směsi, ale nepopisují dostatečně její celkové vlastnosti. Nelze se v žádném případě domnívat, že pouhým přidáním (do čisté H₂O) solí Ca/Mg v množství, které se považuje ze zdravotního hlediska u sladkých vod za optimální, získáme stejně kvalitní a bezpečnou vodu, jakou je pitná voda vyrobená ze sladkovodního zdroje. Takové vodě bude totiž stále ještě něco chybět (32).

Důležitá technická opatření

Z hlediska průběžné bezpečnosti i prevence budoucích problémů s recyklovanou vodou je vhodné stanovit nejen určité závazné kvalitativní požadavky na tuto vodu (podle účelu užití), ale požadovat i některá technická opatření nezbytná pro kontinuální zajištění kvality či bezpečnosti této vody (a neohrožení kvality pitné vody).

Vedle požadavků na úpravu vody (která by se měla odvíjet od požadované kvality a měla by zahrnovat stupeň účinné dezinfekce) se jedná především o již zmíněné striktní oddělení systémů (rozvodů) užitkové vody a pitné vody, tedy zabránění cross-connection. Legislativně je tento problém v současné době řešen vyhláškou č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, konkrétně v § 32 Vodovodní přípojky a vnitřní vodovody. Detaily jsou pak popsány v řadě technických norem, které popisují správnou praxi (např. ČSN EN 1717, ČSN EN 806-2, ČSN EN 16941-1, ČSN EN 16941-2 nebo ČSN 75 5409). O co se konkrétně jedná? Systém užitkové vody musí mít možnost doplnění vodou pitnou, protože srážky nemusí být dostatečné k pokrytí potřeby nebo se může porouchat technologie úpravy. Způsob doplňování pitnou vodou se musí provádět přes tzv. neomezený volný výtok, kdy pitná voda natéká z přírodního potrubí

do akumulční nádrže na přečištěnou srážkovou vodu přes určitou vzduchovou mezeru. Přímé propojení potrubí pitné a užitkové vody přes nějaký uzávěr je nepřijatelné. Navíc by obě potrubí měla být podle normy viditelně odlišně (např. barevně) označena, aby nemohlo dojít k jejich propojení omylem.

Mezi opatření, která snižují mikrobiální riziko samotné jímání srážkové vody, patří vhodné umístění akumulční nádrže (mimo přímé sluneční záření, bez velkých výkyvů teplot), správné skladování vody i údržba celého systému (čištění). Dále to jsou také opatření snižující množství kontaminantů v akumulované vodě, a to používáním sít na hrubé nečistoty přímo v okapové rouře a případně také tzv. odbočovače prvního splachu (first flush diverter). Ty umožňují odvést první nejvíce znečištěný podíl srážkové vody mimo akumulční nádrž, čímž se sice sníží množství zachycené vody, ale zato se zlepši její kvalita.

Závěr

V souvislosti s využitím srážkové vody k různým užitkovým účelům v domácnostech či veřejných budovách, jejichž počet neustále roste, je potřeba u laické i technicky orientované odborné veřejnosti vyvrátit dva mýty: že je srážková voda přirozeně čistá, a proto ji není třeba prakticky nijak upravovat, a že když není používána k pitným účelům, nehrozí z jejího použití žádné riziko. Je nutné si uvědomit, že náhradou pitné vody vodou srážkovou (pro různé užitkové způsoby využití) klesne hygienický komfort a bezpečnost v budově, byť vzniklé riziko není zvlášť vysoké. Potenciálně se však v takových budovách objevuje vážné nebezpečí neúmyslného propojení systémů pitné a užitkové vody s následným onemocněním z požití pitné vody.

Systém hygienických požadavků na systémy recyklace srážkové vody se teprve vytváří a ve formě doporučení ho lze očekávat v průběhu roku 2023, ve formě zákonného požadavku nejdříve o rok později. Do té doby je nutno přistupovat k posuzovaným projektům na základě předběžné opatrnosti.

Ani stanovení kvalitativních požadavků (ať už formou doporučení nebo zákona) a jejich kontrola prostřednictvím rozborů vody nedá záruku, že voda je zcela bezpečná. Většinu potenciálně rizikových agens jsme sice schopni detekovat prostřednictvím tradičně užívaného systému indikátorů fekálního znečištění, ale pro některá agens, která se vylučují močí (např. leptospiry či hantaviry u hlodavců) nebo pochází z peří/kůže ptáků, tento systém funkční nebude. Z toho důvodu je na místě požadovat, aby i užitková voda srážkového původu byla účinně a kontinuálně dezinfikována (18).

Poděkování:

Práce byla financována za podpory grantové agentury TAČR v rámci projektu TAČR SS01010179 Stanovení hygienických požadavků na recyklovanou vodu využívanou v budovách a městských vodních prvcích.

Střet zájmů: žádný.

LITERATURA

1. Bobková Š, Hrbek J, Pummann P, Kožíšek F. Dotazníkové šetření mezi úspěšnými žadateli o podporu z programu Dešťovka. Část 1: využití srážkových vod. Vodní hospodářství. 2022. v tisku.
2. Kožíšek F, Jelíková H, Bobková Š, Myšáková M, Pummann P, Baudišová D. Zkušenosti s recyklací vody v budovách v ČR. In: Kabelková I, Benáková A, Bareš V. editoři. Sborník příspěvků 14. bienální konference CzWA VODA 2021: 22.-24.9.2021; Litomyšl. Brno: Asociace pro vodu ČR; 2021. s. 347-55.
3. Lee JY, Bak G, Han M. Quality of roof-harvested rainwater - comparison of different roofing materials. Environ Pollut. 2012 Mar;162:422-9.
4. Mao J, Xia B, Zhou Y, Bi F, Zhang X, Zhang W, et al. Effect of roof materials and weather patterns on the quality of harvested rainwater in Shanghai, China. J Clean Prod. 2021 Jan;279:123419. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123419.
5. Mendez CB, Klenzendorf JB, Afshar BR, Simmons MT, Barrett ME, Kinney KA, et al. The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater. Water Res. 2011 Feb;45(5):2049-59.
6. Sanjeeva A, Puttaswamaiah SG. Influence of atmospheric deposition and roof materials on harvested rainwater quality. J Environ Eng. 2018 Dec;144(12):04018121. doi: 10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0001460.
7. DIN 1989-1:2002-04 Rainwater harvesting systems - Part 1: Planning, installation, operation and maintenance. Berlin: German Institute for Standardisation; 2002.
8. Australian guidelines for water recycling: stormwater harvesting and reuse. Canberra: Natural Resource Management Ministerial Council; 2009.
9. Hügler M, Petzoldt H, Nitsche R, Hambsch B, Korth A. Mosquitoes as source for enterococci in drinking water samples. In: IWA World Water Congress & Exhibition; 2014 Sep 21-26; Lisbon, Portugal.
10. Benskin CM, Wilson K, Jones K, Hartley IR. Bacterial pathogens in wild birds: a review of the frequency and effects of infection. Biol Rev Camb Philos Soc. 2009 Aug;84(3):349-73.
11. Hubálek Z. An annotated checklist of pathogenic microorganisms associated with migratory birds. J Wildl Dis. 2004 Oct;40(4):639-59.
12. Vrbová V, Chalupa P, Straková P, Hubálek Z, Rudolf I. Onemocnění člověka způsobená hantaviry - stále opomíjené zoonózy? Epidemiol Mikrobiol Imunol. 2015;64(4):188-96.
13. Zelená H, Rumlerová M, Kodras K, Beroušková P, Mrázek J, Smetana J. Hantavirus jako původce smrtelné hemoragické horečky v České republice. Epidemiol Mikrobiol Imunol. 2017;66(3):149-52.
14. Shi R, Yang X, Chen L, Chang HT, Liu HY, Zhao J, et al. Pathogenicity of Shigella in chickens. PLoS One. 2014 Jun 20;9(6):e100264. doi: 10.1371/journal.pone.0100264.
15. Žakovská A, Janeček J, Cvrček A, Kučerová HL, Urbánek F, Švejdová B a kol. Prevalence patogenů Coxiella burnetii francisella tularensis a Hantaan virus (Dobrava), způsobujících zoonotická onemocnění, se zaměřením na volně žijící hlodavce ve vybraných lokalitách ČR (Poodří, Moravský kras) v roce 2014. Blansko: Dům přírody Moravského krasu; 2015.
16. Hubálek Z. Pathogenic microorganisms associated with free-living birds. Brno: Ústav ekologie krajiny AV ČR; 1994.
17. Bednář M, Fraňková V, Schinder J, Souček A, Vávra J. Lékařská mikrobiologie: bakteriologie, virologie, parazitologie. Praha: Marvil; 1996.
18. Ahmed W, Vieritz A, Goonetilleke A, Gardner T. Health risk from the use of roof-harvested rainwater in Southeast Queensland, Australia, as potable or nonpotable water, determi-

- ned using quantitative microbial risk assessment. *Appl Environ Microbiol.* 2010 Nov;76(22):7382-91.
19. Albrechtsen HJ. Microbiological investigations of rainwater and graywater collected for toilet flushing. *Water Sci Technol.* 2002;46(6-7):311-6.
 20. Simmons G, Hope V, Lewis G, Whitmore J, Gao W. Contamination of potable roof-collected rainwater in Auckland, New Zealand. *Water Res.* 2001 Apr;35(6):1518-24.
 21. Ahmed W, Gardner T, Toze S. Microbiological quality of roof-harvested rainwater and health risks: a review. *J Environ Qual.* 2011 Jan-Feb;40(1):13-21.
 22. Dobrowsky PH, Khan S, Cloete TE, Khan W. Molecular detection of *Acanthamoeba* spp., *Naegleria fowleri* and *Vermamoeba* (Hartmannella) vermiformis as vectors for *Legionella* spp. in untreated and solar pasteurized harvested rainwater. *Parasit Vectors.* 2016 Oct 10;9(1):539. doi: 10.1186/s13071-016-1829-2.
 23. ČSN EN 16941-1: Zařízení pro využití nepitné vody na místě - Část 1: Zařízení pro využití srážkových vod. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví; 2018.
 24. Hamilton K, Reyneke B, Waso M, Clements T, Ndlovu T, Khan W, et al. A global review of the microbiological quality and potential health risks associated with roof-harvested rainwater tanks. *npj Clean Water.* 2019;2(1):7. doi: 10.1038/s41545-019-0030-5.
 25. Gikas GD, Tsihrintzis VA. Assessment of water quality of first-flush roof runoff and harvested rainwater. *J Hydrol.* 2012;466-467:115-26.
 26. BS 8515:2009 Rainwater harvesting systems - code of practice (+A1:2013). London: British Standards Institution; 2019.
 27. Canadian guidelines for domestic reclaimed water for use in toilet and urinal flushing. Ottawa: Health Canada; 2010.
 28. Kožíšek F, Pumann P, Jelíková H, Bobková Š, Baudišová D, Paul J. Recyklace vody v budovách - přínos nebo problém pro provozovatele vodovodů a kanalizací? *Sovak.* 2021;30(9):21-5.
 29. Lim KY, Hamilton AJ, Jiang SC. Assessment of public health risk associated with viral contamination in harvested urban stormwater for domestic applications. *Sci Total Environ.* 2015 Aug 1;523:95-108.
 30. Asay SF. Backflow prevention and cross-connection control: recommended practices. M 14. 4th ed. Denver (CO): American Water Works Association; 2015.
 31. Hrudey SE. Ensuring safe drinking water: learning from frontline experience with contamination. Denver (CO): American Water Works Association; 2014.
 32. Kožíšek F. Proč nemá být pitná voda ani moc měkká, ani moc tvrdá? In: Dolejš P, editor. In: Pitná voda 2022: pitná voda z úrodných nádrží - sborník přednášek: 23.-26.5.2022; Tábor. Praha: ENVI-PUR; 2022. 163-74.

Došlo do redakce: 28. 7. 2022

Přijato k tisku: 25. 8. 2022

MUDr. František Kožíšek, CSc.

Státní zdravotní ústav

Centrum zdraví a životního prostředí

Oddělení hygieny vody

Šrobárova 49/48

100 00 Praha 10

Česká republika

E-mail: frantisek.kozisek@szu.cz

NEJEN KLASICKÉ, ALE I ELEKTRONICKÉ CIGARETY ZVYŠUJÍ RIZIKO EREKTILNÍ DYSFUNKCE

Ve čtvrté etapě (vlně) americké longitudinální studie PATH (Population Assessment of Tobacco and Health) analyzovali autoři údaje od mužských participantů starších 20 let o jejich obtížích s erekcí. Data získali od 13 711 mužů, mezi nimiž bylo 21 % kuřáků, 53 % bývalých kuřáků a 14 % uživatelů jiných druhů tabákových výrobků. Výsledky pak hodnotili pro dva subsoubory: jeden zahrnoval všechny účastníky (A), druhý muže ve věku 20–65 let bez kardiovaskulárních onemocnění (B).

V porovnání s nekuřáky bylo OR u uživatelů elektronických přístrojů na distribuci nikotinu (ENDS) 2,24 v souboru A a 2,41 v souboru B. Riziko výskytu erektilní dysfunkce u uživatelů elektronických výrobků zvyšoval věk a kardiovaskulární komorbidita, naopak příznivý vliv na snížení rizika byl patrný u mužů s dobrou pohybovou aktivitou. Autoři rovněž popisují vztah dávky a účinku.

V diskuzi uvažují autoři o možných patologických mechanismech: nikotinem vyvolaná vasokonstrikce, akti-

vace sympatického nervového systému, případně vliv některých složek v liquidech na snížení hladin testosteronu v cirkulující krvi (až o 30 % i 50 %). Také upozorňují na limity studie, v níž nesledovali dobu kouření a užívání e-cigaret.

Využití ENDS pro odvykání kouření nevede k abstinenční příjmu nikotinu a veřejnost by proto měla znát možné negativní vlivy na mužskou reprodukci. Autoři doporučují další studie zaměřené na zkoumání, zda e-cigarety jsou nezávislým rizikovým faktorem pro erektilní dysfunkce.

El-Shahany O, Shah T, Obisesan OH, Durr M, Stokes AC, Uddin I, et al. Association of e-cigarettes with erectile dysfunction: the Population Assessment of Tobacco and Health Study. *Am J Prev Med.* 2022 Jan;62(1):26-38.

Prof. MUDr. Draboslava Hrubá, CSc.

Lékařská fakulta MU