

Mikrobiologické ukazatele

Při ověřování mikrobiologické nezávadnosti vody se nehledají bakterie či viry způsobující známá onemocnění přenášená vodou, jako je tyfus, infekční zánět jater, průjmová onemocnění virového původu apod. Bylo by to technicky, časově i finančně neúnosné. Proto se všude na světě používá metoda tzv. indikátorů fekálního znečištění, při které se hledají bakterie, žijící ve střevním traktu člověka a teplotokrevných živočichů (*E.coli*, koliformní bakterie, enterokoky). Pokud se ve vodě najdou některé z těchto bakterií, je voda podezřelá, že přišla do kontaktu s výkaly či zbytky živočichů a že může obsahovat patogenní bakterie a viry, které nejčastěji pocházejí právě ze střevního traktu. Vedle indikátorů fekálního znečištění se ještě používají tzv. indikátory obecné kontaminace (počet kolonií rostoucích při 22 °C nebo 36 °C, dříve tzv. psychrofilní a mezofilní bakterie), kterým se připisuje menší hygienický význam než předchozím.

Escherichia coli (E.coli). Představuje dnes hlavní indikátor fekálního znečištění. Mnoha odborníky je považována za jediný správný a vyhovující indikátor tohoto znečištění. Její původ je výlučně fekální, ať humánní či animální, takže interpretace jejího výskytu ve vodě je jednoznačná. Limit: 0 KTJ/100 ml. (*KTJ = kolonii tvořící jednotka; počet KTJ lze zjednodušeně chápat jako počet bakterií v daném objemu vody. Limitem se rozumí mezní nebo nejvyšší mezní hodnota podle vyhlášky č. 376/2000 Sb., resp. její novely.*)

Koliformní bakterie. Představují neškodné, saprofytické bakterie, osídlující střevní trakt, ale žijící běžně i v půdě. Výjimečně se mezi nimi mohou vyskytnout patogenní kmeny, které tvoří toxiny, mohou proniknout do tkání a způsobit přímo ohrožení zdraví. Dnes jsou považovány víceméně za indikátor účinnosti úpravy vody a dezinfekce, sekundární kontaminace či vysokého obsahu živin v upravené vodě. Koliformní bakterie zahrnují i druh *E. coli*, neboť se jedná o skupinový ukazatel, takže výše uvedený jejich význam platí v případě nepřítomnosti *E. coli*. Limit: 0 KTJ/100 ml.

Enterokoky. Představují doprovodný indikátor fekální kontaminace vody, signalizující čerstvé znečištění. Jejich vztah k původu fekálního znečištění však není tak jednoznačný a těsný, jako v případě E. coli. Jejich význam se uplatňuje v případech, kdy koliformní bakterie ve vodě nepřežívají. Limit: 0 KTJ/100 ml.

Počet kolonií při 22 °C. Představují indikátor obecné kontaminace. Přinášejí informaci o celkovém bakteriálním znečištění vody, jejich zvýšené počty signalizují průnik znečištění z okolí nebo poruchy úpravy vody nebo dezinfekce. Limit: 500 KTJ/ml pokud voda není dezinfikována.

Počet kolonií při 36 °C. Jedná se o indikátor obecného znečištění, stejně jako v případě předchozího ukazatele bakterií. Jejich teplotní optimum růstu (36 °C) vykazuje návaznost na teplotně odolné organismy, čímž je i dán jejich poněkud vyšší hygienický význam oproti počtu kolonií s optimem růstu okolo 22 °C. Limit: 100 KTJ/ml pokud voda není dezinfikována.

Chemické, fyzikální a senzorické ukazatele

I když při opakovaném rozboru vody se stačí zaměřit na několik kritických ukazatelů, při prvním rozboru se doporučuje nechat si udělat rozbor co nejpodrobnější. Dále uvedený výčet představuje minimum, ke kterému podle místní situace může přibýt i speciální rozbor na těžké kovy, nepolární extrahovatelné látky (ropné produkty) nebo specifické organické látky (rozpouštědla, pesticidy atd.). Je dobré si přitom uvědomit, že zvýšený obsah některých nežádoucích látek ve vodě nemusí pocházet jen z lidské činnosti, ale může být dán i přirozeně geologickým podložím (arzen, fluoridy!). O takových látkách se lze nejlépe dozvědět od hydrogeologů, na místní hygienické stanici nebo ve zdravotním ústavu, kde mají odborníci přehled též o hlavní kontaminaci způsobené lidskou činností a bohaté zkušenosti s kvalitou vody v dané oblasti.

Pokud se uvažuje o kontinuální chemické dezinfekci vody chlorem, je vhodné stanovit obsah huminových látek (dřívější limit 2,5 mg/l;

dnes se tento ukazatel ve vyhlášce neuvádí), které vznikají rozkladem organické hmoty v přírodě. Chlor s nimi totiž reaguje za vzniku tzv. vedlejších produktů chlorace (např. látek typu trihalogenmethanů), jejichž větší přítomnost není ze zdravotního hlediska žádoucí.

Konduktivita neboli měrná vodivost je přibližná míra koncentrace elektrolytů (iontově rozpuštěných látek) ve vodě. Vyjadřuje tedy nepřímo obsah minerálních látek („solí“, rozpuštěných látek - RL) ve vodě. Limit vodivosti pro pitnou vodu je 125 mS/m, což odpovídá obsahu RL asi 1000 mg/l (vynásobíme-li hodnotu vodivosti osmi, dostaneme přibližnou hodnotu RL v mg/l). Optimálně by však pitná voda měla obsahovat RL méně, asi 200 - 400 mg/l (asi 25 - 50 mS/m). Vody s mineralizací více než 1000 mg/l se považují za minerální a nejsou vhodné pro stálé pití; v závislosti na složení mohou mít nepříjemnou chuť nebo i způsobit průjmové onemocnění u přechodného spotřebitele. Časté jsou technické obtíže (snižování životnosti potrubí a bojlerů).

Vápník a hořčík (Σ Ca + Mg, dříve „tvrdost“). Jde o prvky ve vodě žádoucí, mající m.j. příznivý vliv na srdečně-cévní systém a působící preventivně proti vzniku některých dalších chorob. Proto je stanoveno doporučené rozmezí 2 - 3,5 mmol/l. Pro hořčík pak minimálně 10 mg/l, pro vápník minimálně 30 mg/l. (Protože se vedle nových jednotek tvrdosti stále objevují i staré - např. německé stupně (°N) - uvádíme přepočet: 1 mmol/l = 5,6 °N.) Vysoká tvrdost může způsobit podobné technické problémy, jako jsou popsány u vodivosti, navíc voda špatně rozpouští mýdlo. Tím, že voda obsahuje hydrogenuhličitany (přechodnou neboli uhličitanovou tvrdost), dojde při zahřívání k odstranění CO₂ a změně hydrogenuhličitanu na uhličitan (vápenatý), který se vysráží ve formě vodního kamene na stěnách varných nádob, trubek i bojlerů. Tvoří také nepříjemné skvrny na povrchu kávy nebo čaje. Ze zdravotního hlediska není tento jev nebezpečný.

pH. Je číselné vyjádření stupně kyselosti nebo zásaditosti vody (stupnice 0 - 14). Limit pro pitnou vodu je 6,5 až 9,5, ale optimální je neutrální rozmezí cca 6 až 8. S výjimkou extrémních hodnot, ve vodě

vzácných, nemá přímý zdravotní význam. Vyšší hodnota pH snižuje účinnost dezinfekce a může dát vodě nepříjemnou chuť. Neobvykle vysoké hodnoty pH (až 12) může mít voda v nové šachtové studni s novými betonovými skružkami nebo jiným cementovým materiálem - jde o přirozený jev způsobený alkalickými zbytky z cementu, který může přetrvávat po mnoho měsíců, ale nepředstavuje zdravotní riziko. Nižší hodnota pH je charakteristická pro měkkou (málo mineralizovanou, „hladovou“) vodu a bývá spojena s agresivitou vody a korozí kovů.

Chemická spotřeba kyslíku (CHSK-Mn, dříve „oxidovatelnost“).

Nespecifické skupinové stanovení, které slouží k odhadu organického znečištění. Indikuje možné znečištění pitné vody ve studni organickými látkami živočišného nebo rostlinného původu (splašky, zemědělské odpadní vody, uhynulý živočich nebo jen povrchová voda), ale jen výjimečně může odhalit průmyslově vyráběné organické látky. Limit: 3 mg/l.

Dusičnany (NO_3^-). V množství jednotek mg/l jsou přirozenou součástí vod, ale jejich obsah bývá často zvýšen - až do stovek mg/l! - vlivem nadměrného nebo nesprávného používání minerálních i statkových hnojiv, únikem odpadních vod z netěsnících žump a septiků, živočišných farem apod. Jejich zdravotní riziko spočívá v tom, že se v zažívacím traktu redukují na toxické dusitany. Ty v žaludku reagují se sekundárními aminy v potravě za vzniku tzv. N-nitroso sloučenin, které jsou podezřívány z karcinogenního účinku. Dále reagují v krvi s hemoglobinem za vzniku methemoglobinu, který není schopen přenášet kyslík a vzniká riziko vnitřního (za)dušení, kterému jsou vystaveni především kojenci do 3 měsíců věku, ale i někteří nemocní dospělí. Limit 50 mg/l je bezpečný i z hlediska prevence kojenecké methemoglobinémie (za předpokladu mikrobiální nezávadnosti vody), avšak optimální hodnota pro kojence je pod 10 mg/l. Častá námitka, obhajující přítomnost dusičnanů ve vodě, že v zelenině konzumujeme minimálně stejné a větší množství dusičnanů, není příliš oprávněná, protože v zelenině se zároveň vyskytují ochranné látky (např.

vitamin C), které na rozdíl od vody toxický účinek dusičnanů zřejmě významně redukuje.

Dusitany (NO_2^-). Jsou reaktivnější formou oxidovaného dusíku než dusičnany, se kterými má však stejný původ i zdravotní rizika (viz výše). Limit: 0,5 mg/l, ale vzhledem k stejnému účinku s dusičnany musí být zároveň dodržena podmínka, aby součet poměrů zjištěného obsahu dusičnanů v mg/l děleného 50 a zjištěného obsahu dusitanů v mg/l děleného 3 byl menší nebo rovný 1.

Amonné ionty (NH_4^+). Ukazatel sloužící jako indikátor možného fekálního znečištění podzemní vody. Důležitá není absolutní koncentrace daná geologickým podložím (ze zdravotního hlediska by šlo tolerovat až hodnotu 30 mg/l), ale náhlé a výrazné zvýšení koncentrace nad hodnotu geologického „pozadí“. Kombinace současné přítomnosti amonných iontů, dusitanů a vyššího obsahu organických látek (CHSK-Mn) signalizuje čerstvou kontaminaci živočišnými odpady a svědčí o nárazovém znečištění vody. Vyšší hodnotu NH_4 můžeme pozorovat i u vody, která je ve styku s novým cementovým materiálem (skružemi), nebo u vody s nepřírozeným redukčním prostředím, kdy se dusičnany přeměňují na amonné ionty. Limit: 0,5 mg/l.

Chloridy (Cl^-). Ukazatel s podobným významem jako amonné ionty, jedna z hlavních makrosložek vody s obvyklým přirozeným obsahem až desítek mg/l. Limit: 100 mg/l. Je-li zvýšený obsah ovlivněn geologickým podložím, lze připustit až 250 mg/l. Vyšší koncentrace ovlivňují nepříznivě chuť a korozní schopnost vody; často se také pojí s vyšším obsahem sodíku (solení silnic!), který může být rizikem pro nemocné se sodíkovou dietou a jeho dlouhodobý zvýšený příjem vede ke zvýšení krevního tlaku (hypertenzi).

Sírany (SO_4^{2-}). Významná součást přírodních vod. Limit: 250 mg/l. Vyšší koncentrace mohou ovlivnit chuť vody a ve sloučenině s hořčíkem způsobit průjmy zvláště u přechodných spotřebitelů; mohou též působit technické obtíže jako usazování vodního kamene nebo korozi některých kovů.

Železo (Fe). Běžná součást přírodních vod, obsah v pitné vodě se ale může zvyšovat korozi potrubí. Od koncentrace 0,3 mg/l výše může negativně ovlivnit organoleptické (senzorické) kvality vody (hořká svíravá chuť, žlutavá barva, rezavý sediment), barvit prádlo nebo vyvolávat zákal a železité bakterie mohou tvořit usazeniny v potrubí. Zdravotní riziko v koncentracích pod 1 mg/l není. Limit: 0,2 mg/l; v případech, kdy vyšší hodnoty železa ve zdroji surové vody jsou způsobeny geologickým prostředím, se hodnoty železa až do 0,5 mg/l považují za vyhovující za předpokladu, že nedochází k nežádoucímu ovlivnění organoleptických vlastností (pachu, chuti a barvy) vody.

Mangan (Mn). Podobná problematika jako u železa, též častý společný výskyt - jenom namísto rezavě barví hnědočerně. Limit: 0,05 mg/l; v případě manganu přírodního původu se toleruje až 0,2 mg/l, pokud není ovlivněna organoleptická kvalita vody. Zdravotní riziko v těchto nízkých koncentracích (do 0,4 mg/l) není.

Zákal. Snížení průhlednosti vody vyvolané přítomností koloidních látek jako je pyl, prach, jemně rozptýlené anorganické a organické částice, plankton a jiné mikroskopické organizmy. Vysoký zákal tvoří vodu nepitnou z estetických důvodů, snižuje účinnost případné dezinfekce a jeho náhlá změna je významným signálem kontaminace povrchovou vodou. Mikroskopické vyšetření vody pomůže odhalit původ zákalu. Limitní hodnota 5 ZF.

Barva. Pro spotřebitele významný senzorický a indikační ukazatel jakosti vody. Barvu vody působí přítomné barvotvorné organické látky, např. huminové (z rozkladu listů, rostlin a půdní organické hmoty), dále sloučeniny kovů (např. železa, manganu nebo mědi), barevné částice planktonu či nerozpuštěných látek, vzácně i průmyslové chemikálie. Voda by měla být bezbarvá. Limitní hodnota je 20 mg/l Pt stupnice.

Chuť a pach. Opět ukazatelé smyslově postižitelných vlastností vody, důležité pro spotřebitele nejen z estetických důvodů, ale i jako možné první varování na přítomnost toxických látek. Čistá voda nevyvolá ani pachový, ani chuťový vjem. Zdrojem pachu a chuti mohou být četné organické i anorganické látky původu jak přírodního (anorganické

sloučeniny kovů, některé minerály, produkty metabolismu bakterií a řas, sirovodík ...), tak i antropogenního. Voda by měla být čerstvé chuti a bez zápachu, nebo minimálně bez nepříjemné chuti a zápachu a přijatelná pro spotřebitele.

Radon (^{222}Rn). Není součástí běžného rozboru a jeho stanovení (jakož i ostatních radiologických ukazatelů) provádějí jen některé specializované laboratoře. Jeho výskyt je vázán na určité horninové prostředí. Radon je přírodní radioaktivní plyn bez barvy, chuti a zápachu. Dobře se rozpouští ve vodě, a ještě lépe se z ní může uvolňovat při sprchování, koupání, splachování, mytí nádobí apod., takže člověk je z vody exponován radonu spíše inhalací (vdechováním) než ingestí (požitím). Radon sám není nebezpečný, ale jeho rozpadové produkty mohou ve vysokých koncentracích svým zářením při dlouhé expozici způsobit rakovinu, nejčastěji plic. Pro radon ve vodě individuálního zásobování, kam studny patří, neexistuje žádný závazný limit. Vyhláška č. 307/2002 Sb. pouze doporučuje pro individuální zásobování vycházet ze směrných a mezních hodnot stanovených pro veřejné zásobování, ke kterým se uvádí přiměřené doporučení na vhodné opatření. Při objemové aktivitě radonu ve vodě 300-1000 Bq/l se doporučuje zvýšit ventilaci místností s velkou spotřebou vody (koupelny, kuchyně) během mytí, praní, vaření, kdy radon z vody uniká do ovzduší. Při hodnotách nad 1000 Bq/l se doporučuje snížit obsah radonu ve vodě, popřípadě omezit či zcela vyloučit používání takové vody.

Objemová aktivita alfa a beta. Pro podrobnější měření radiologických ukazatelů byly zavedeny dva skupinové ukazatele - tzv. celková objemová aktivita alfa a celková objemová aktivita beta, které charakterizují obsah přírodních radionuklidů (jiných než radon) ve vodě. Podobně jako v případě radonu nepožadují naše předpisy ani měření celkových aktivit v pitné vodě užívané pro individuální zásobování a nestanoví pro ně žádný limit. Jsou stanoveny jenom směrné hodnoty - 2 Bq/l pro celkovou aktivitu alfa a 5 Bq/l pro

celkovou aktivitu beta. Při jejich překročení se doporučuje používat vodu jenom jako užitkovou.

Převzato z publikace Studna jako zdroj pitné vody, vydané Státním zdravotním ústavem:

<http://www.szu.cz/centrum-hygieny-zivotniho-prostredi/studna-jako-zdroj-pitne-vody>