

Charakteristika zdravotních rizik ukazatelů pitné vody

I. Charakteristiky základních ukazatelů

1. Mikrobiologické ukazatele

1. 1. *Escherichia coli* – osidluje zažívací trakt teplokrevných živočichů včetně člověka. Pochází tedy z humánních či animálních zdrojů. Fekálním znečištěním se dostává do prostředí, kde může (zejména ve vodě a vlhkém prostředí) přežít i řadu týdnů. Složí jako nejběžnější indikátor fekální kontaminace. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **NMH 0 KTJ/100 ml vody**.

1. 2. *Intestinální enteroky* - důležitá skupina mikroorganismů, která má význam jako indikátor fekálního znečištění. Osidlují zažívací trakt teplokrevných živočichů, včetně člověka. Některé enterokoky nalezené ve vodě mohou občas pocházet i z jiných zdrojů. Enterokoky jsou důležitou součástí mikrobioty v tlustém střevě /10⁷ bakterií na gram stolice/. Patří mezi podmíněné patogeny, uplatňují se buď jako jediné agens nebo zřídka jako účastníci polymikrobiální infekce. K patogenitě enterokoků přispívá jejich odolnost přežívat nepříznivé podmínky prostředí. Patří mezi podmíněné patogeny, které mohou být významnými původci infekcí močových cest, žlučových cest, gynekologických zánětů a pooperačních infekčních komplikací s břišní chirurgií. U starších lidí mohou být vyvolavatelem bakteriální endokarditidy. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **NMH 0 KTJ/100 ml vody**.

1. 3. *Koliformní bakterie* - jsou přítomny ve střevním traktu člověka a teplokrevných živočichů, v půdě, na rostlinách, povrchové vodě. Nejsou důkazem fekálního znečištění, mohou ale být střevního původu. Dříve sloužili jako nejběžnější indikátor čerstvé fekální kontaminace a považovali se za indikátor čerstvého fekálního znečištění. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **MH 0 KTJ/100 ml vody**.

1.4 *Počet kolonií při 36°C* - skupina heterotrofních bakterií dříve psychrofilních a mezofilních bakterií byl zaveden již v první české normě na kvalitu pitné vody. Heterotrofní kolonie představují díky zvoleným kultivačním metodám velmi široké spektrum bakteriálních druhů. Dominantními taxony tohoto spektra jsou *Acinetobacter* spp., *Aeromonas* spp., *Alcaligenes* spp., *Comamonas* spp., *Enterobacter* spp., *Flavobacterium* spp., *Klebsiella* spp., *Moraxella* spp., *Pseudomonas* spp., *Sphingomonas* spp., *Stenotrophomonas* spp., *Bacillus* spp., *Nocardia*, atypická *Mycobacterium* spp. a mnohé další. Nelze zjednodušeně říci, že nepředstavují naprosto žádné zdravotní riziko, ale vzhledem k nespecifickému stanovení není možné z výsledků stanovení počtů kolonií jakékoli zdravotní riziko implikovat. Jedná se o všudypřítomné bakterie, mezi kterými člověk žije a denně jich např. potravou přijímá do organismu vysoká, těžko představitelná kvanta; každopádně jsou tyto počty o několik řádů vyšší než může být maximální příjem z pitné vody a tato expozice nevede k žádným nepříznivým zdravotním účinkům. Pro některé druhy těchto bakterií byla díky pokusům na zvířatech i lidských dobrovolnících stanovena orální infekční dávka, kterou však nelze prakticky dosáhnout při konzumaci pitné vody: 108 - 109 KTJ (*Pseudomonas aeruginosa*); více než 1010 KTJ (*Aeromonas hydrophilla*); 104 - 107 KTJ (*Mycobacterium avium*); 106 - 109 KTJ (*Xanthomonas maltophilia*). Zdravotní riziko může být spojeno s některými

specifickými druhy těchto bakterií, které řadíme k tzv. oportunním (či podmíněným) patogenům. Tento výraz znamená, že pro zdravého člověka nepředstavují žádné riziko, ale pro jedince s oslabeným organismem mohou za určitých okolností riziko představovat. K oportunním patogenům řadíme např. následující druhy a rody: *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter* spp., *Aeromonas* spp., *Klebsiella* spp., atypická mykobakteria, *Legionella* spp. Rizikový prítom není vstup těchto bakterií do zažívacího traktu, ale buď do traktu dýchacího nebo přímý vstup do tkání otevřenými ranami či zavedenými katetry (u pacientů) apod. Podmínkou rozvinutí infekce je oslabená imunita jedince, proto jsou oportunní patogeny předmětem zájmu především tam, kde jsou soustředěni tito lidé (příslušná oddělení nemocnic) a kde je zapotřebí přijímat specifická opatření k prevenci těchto (i jiných) infekcí. Pokud jsou některé oportunně patogenní mikroorganismy považovány za nutný předmět kontroly ve vodě (např. pseudomonády, legionely, aeromonády nebo atypická mykobakteria), stanovují se přímo a specificky a rozhodně se na jejich přítomnost neusuzuje ze stanovení počtů kolonií, které je v řadě případů nezachytí ani nespecificky (např. mykobakteria rostou velmi pomalu a nelze je vykultivovat během několika málo dní). Pomnožování heterotrofních bakterií ve vodě a v distribuční síti ovlivňuje řada faktorů: počet těchto bakterií ve vodě na výtoky z úpravny vody, doba zdržení vody v síti a s ní související faktory jako teplota vody (teplota nad 15 °C podporuje růst většiny ve vodě přítomných heterotrofních bakterií), rychlost proudění vody či zbytková koncentrace a druh dezinfekčního prostředku, přítomnost biofilmu či korozních produktů na stěnách potrubí a sedimentu na dně potrubí, kvalita materiálu rozvodné sítě a především tzv. stabilita vody (přítomnost nutriétů).

Legionella pneumophila

je to anaerobní bakterie. Má více než 40 různých druhů, s více než 60 séro skupin. Onemocnění způsobené bakterií *Legionella* byla spojena s bakterií *Legionella pneumophila* séro skupiny první. Infekce je způsobena tím, že pacient inhaluje bakt. *Legionella* ve znečištěné vodě (kapky), nebo znečištěných zdrojích vody, když bakterie *Legionella* vstoupí do plic místo trávicího systému.

Existují dvě formy onemocnění:

- a) Legionářská onemocnění (tzv. Legionelózy): Pokud infekce není léčena, je úmrtnost až 80%, zatímco při léčbě nemoci je úmrtnost 20%.
- b) Pontiaická horečka: chřipkové infekce vyžadující hospitalizaci

Bakterie *Legionella* doputuje většinou z pitné vody (voda, protože není sterilizována)
Kde najdu legionelu?

Dobré podmínky pro rozvoj bakterií rodu Legionella jsou:

teplota vody mezi 20 až 50 °C a hodnota pH mezi 5,0 a 8,5. Optimální rozvoj teploty vody mezi 35 °C a 45 °C. biofilmu v systému zásobování vodou. *Legionella* žije a množí se např. v amébách. Kde jsou jiné živé organismy v biofilmu, které poskytují důležité prostředí pro rozvoj legionel. Přítomnost živin, jako jsou vápník, fosfor, hořčík, železo, zinek a organické látky.

Legionely se přirozeně vyskytují ve vodních rezervoárech. Infekce člověka mohou probíhat asymptomaticky, přesto legionely mohou způsobit lehký „chřipkovitá“ onemocnění nebo i závažné pneumonie (inkubační doba 2-10 dnů, horečka, suchý kašel, bolest na prsou, a bolest hlavy, event. postižení ledvin, jater či CNS, především však obraz mnohočetné bronchopneumonie s mikroabscesy v plicích a úmrtností až 20%). Ohroženou skupinou jsou zejména starší lidé a lidé se sníženou imunitou. K infekcím dochází především po nákaze z vodních rezervoárů, umělých nádrží, vody z klimatizačních zařízení nebo se vyskytují nozokomiální infekce u imunosuprimovaných pacientů.

2. Anorganické látky

2. 1. Antimon - Antimon je toxický těžký kov, vyskytuje se v elementární formě nebo ve formě sloučenin. Je přítomen v některých rudách a minerálech, nejčastěji ve formě sulfidů, případně oxidů. Spodní i povrchové vody mohou být kontaminovány antimonem i výluhy ze skládek nebo průsaky odpadních vod. Většinou je vázán na pevné částice půdy a sedimentů, často ve vazbě na mobilní železo a hliník. V přírodních vodách se antimon může vyskytovat v trojmocné i pětímocné formě a organických komplexech. Vstup antimonu a jeho sloučenin do organismu je možný zažívacím i dýchacím traktem. Perorální cestou se vstřebává asi 5 – 15 % podané dávky. Trojmocný antimon má velkou afinitu k buňkám, hromadí se hlavně v játrech, v krvi je vázán na erytrocyty. Vylučuje se pomalu hlavně močí. Pětímocné sloučeniny antimonu reagují s buňkami méně a rychleji se vylučují. Byl pozorován přestup antimonu přes placentární bariéru.

Toxické účinky antimonu u člověka zahrnují dráždivé účinky na zažívací trakt, dýchací cesty i kůži, poškození ledvin, záněty plic, neurotické příznaky, hubnutí, zvýšení krevního tlaku, bradykardii a změny EKG. Sloučeniny antimonu vykazují pozitivní výsledky v testech na mutagenitu. Pro karcinogenitu u člověka nejsou dostatečné důkazy. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **NMH 5 µg/l vody**.

2. 2. Arzen- Arzen je všeobecně rozšířený prvek, který se v prostředí vyskytuje v organické i anorganické formě. V přírodě se vyskytuje zejména ve formě sulfidů a je častou součástí různých hornin a půd. Do vody se anorganický arzén dostává vymýváním z hornin, z odpadních vod a atmosférickou depozicí. Je běžnou součástí podzemních i povrchových vod. V dobře okysličených povrchových vodách bývá převážně v pětímocné formě, v podzemních vodách za anaerobních podmínek dochází k redukci na As^{III} . Oxidace na As^V při úpravě vody chlorací je velmi rychlá, v případě použití chloraminů se však zpomaluje. Obsah rozpuštěného arzénu může vzrůstat se zvýšením pH. Arzén má značnou schopnost kumulovat se v sedimentech. Rozpuštěný arzén v anorganické formě se po požití rychle vstřebává. Chování v organismu záleží na formě podaného arzénu, organicky vázaný je rychle a téměř beze změny vyloučen močí, anorganický je vyloučen z větší části až po detoxikaci v játrech s poločasem asi 4 dny. Absorpce arzénu přes kůži při mytí je nízká. Anorganický arzén neproniká hematoencefalickou bariérou, ale proniká placentou. Je fyziologickým antagonistou jódu a selénu. Anorganický arzén je toxičtější v trojmocné formě nežli v pětímocné. Akutní intoxikace byla zaznamenána po požívání studniční vody s obsahem arzénu 1,2 – 21 mg/l s projevy poškození zažívacího traktu, kůže a nervového systému.

Z oblastí, kde se k pití používá voda s vyšším obsahem arzénu jsou známy příznaky chronické otravy, při které je typicky poškozena kůže (hyperpigmentace, keratóza, poruchy periferních cév ústící až v gangrénu – tzv. „black foot disease“). Obraz chronické otravy arzenem je velmi pestrý a může dále zahrnovat neurologické a hematologické změny, kardiovaskulární onemocnění, diabetes, reprodukční, vývojové a imunitní poruchy. Vývojová nebo reprodukční toxicita arzénu u člověka zjištěna nebyla. U lidí profesionálně exponovaných arzenem bylo prokázáno zvýšení počtu chromozomálních aberací lymfocytů, nikoli však u lidí exponovaných arzenem z pitné vody, arzén je považován za prokázaný lidský karcinogen. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **NMH 10 µg/l vody**.

2. 3. Berylium - je součástí slitin používaných v leteckém průmyslu a kosmonautice, v elektronice a strojírenství, pro zbrojní a jaderná zařízení. Zdrojem berylia ve vodě je kromě atmosférické depozice hlavně zvětrávání a vyluhování minerálů. Berylium je chemicky podobné hliníku, ve vodě může vytvářet komplexy s anorganickými i organickými látkami. Mobilita berylia v podzemních i povrchových vodách je kromě hodnoty pH ovlivněna především fluoridy a huminovými látkami. S klesající hodnotou pH a vzrůstajícími koncentracemi fluoridů a organických látek mobilita berylia vzrůstá. Vyšší koncentrace berylia je obvykle provázána i vyšším obsahem hliníku. Berylium se váže na jílové materiály a na hydratované oxidy železa a hliníku, čehož se využívá při jeho odstraňování z vody. Tato adsorpce se zvyšuje se stoupající hodnotou pH.

Perorálně podané berylium se v zažívacím taktu vstřebává jen málo, méně než 1 % podaného množství, neboť má při fyziologickém pH tendenci tvořit nerozpustné sloučeniny. Akutní i chronické toxické účinky berylia jsou známé při inhalační expozici, při perorální expozici je berylium podstatně méně toxické. IARC řadí berylium a jeho sloučeniny do skupiny 1 mezi prokázané karcinogeny pro člověka. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **NMH 2 µg/l vody**.

2. 4. Dusičnany se vyskytují téměř ve všech vodách a patří zde mezi hlavní anionty. Mají malou sorpční schopnost, snadno pronikají půdou a kontaminují podzemní vody. Za určitých podmínek mohou podléhat biochemické i chemické redukci – denitrifikaci. Jejich obsah v podzemních vodách vykazuje značné rozdíly vlivem zemědělského obdělávání půdy, klimatického a půdního charakteru oblasti i v závislosti na vegetačním období. Dusičnany jsou po požití rychle a kompletně absorbovány v horní části tenkého střeva. U dospělých osob se předpokládá, že cca 5% dusičnanů přijatých potravou podlehe konverzi na dusitany. Dusitany se v krvi podílejí na oxidaci hemoglobinu (dále Hb) v červených krvinkách na methemoglobin (dále metHb), který se pak v důsledku silné vazby kyslíku neúčastní na jeho přenosu z plic do tkání. Tento stav, zvaný methemoglobinémie, pak vede k příznakům hypoxie, tedy nedostatku kyslíku v organismu. Dusitany též mohou reagovat v žaludku na tzv. N-nitrososloučeniny, u kterých byla prokázaná karcinogenita.

Toxické účinky dusičnanů u člověka jsou dány hlavně jejich redukcí na dusitany a následnou tvorbou metHb. Klinická manifestace sníženého transportu kyslíku v organismu se většinou objevuje po překročení 10 % koncentrace metHb. Projevuje se nejprve namodralým zbarvením kůže a rtů, při obsahu metHb nad 25% se projevuje slabost, zrychlený puls a dýchání, při 50-60% metHb již může dojít k úmrtí. Nejcitlivější částí populace jsou právě kojenci do 3 měsíců věku, kteří jsou ohroženi při přípravě kojenecké stravy z vody s obsahem dusičnanů. Další více citlivou skupinou populace k tvorbě metHb jsou těhotné ženy a lidé s deficitem glukoso-6-fosfát dehydrogenázy nebo metHb-reduktázy a lidé se sníženou žaludeční kyselostí (achlorhydrie, atrofická gastritis) .

Dusičnany nevykazují genotoxické ani karcinogenní účinky. N-nitrososloučeniny, vznikající v žaludku reakcí prekursorů z potravy jako jsou sekundární aminy s dusitany, pravděpodobně jsou karcinogenní pro člověka. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **NMH 50 mg/l vody**.

2. 5. Fluoridy, fluor - je v prostředí běžný prvek. Vzhledem ke své reaktivitě se vyskytuje pouze ve formě solí nebo kyseliny. Za významný zdroj fluoridů je označována produkce a

používání fosfátových hnojiv, která obsahují až 4 % fluoru. Koncentrace fluoridů v podzemních a povrchových vodách bývá obvykle nízká v setinách až desetinách mg/l.

Rozpustné fluoridy se rychle a téměř úplně vstřebávají v zažívacím traktu. Úroveň absorpce zde může významněji snížit přítomnost kationtů, které s fluoridy vytvářejí nerozpustné komplexy (vápník, hořčík, hliník). V těle jsou fluoridy rychle akumulovány v kostech a zubech. Procházejí placentou a jsou přenášeny z matky na plod. Inkorporace fluoru do krystalické mřížky skloviny zubů přispívá k pevnosti a odolnosti skloviny vůči kyselé demineralizaci. Nadměrný příjem fluoridů v období vývoje zubů (od narození do 6 – 8 let) vede ke vzniku dentální fluorózy, která se projevuje skvrnitostí skloviny různého stupně. Dlouhodobá expozice vysoké úrovni fluoridů vede k destrukci zubů. U kostí se projevuje účinek zvýšeného příjmu fluoridů zvýšenou tvorbou abnormální kostní tkáně se zvýšením její stability a odolnosti vůči fyziologické remodelaci. Při dostatečném příjmu vápníku dochází k rozvoji osteosklerózy, při deficitu vápníku k příznakům osteomalacie. Depozici fluoridů do kostní tkáně a tím i vznik kostní fluorózy ovlivňuje řada faktorů, mezi něž patří kromě dávky a délky expozice i stav výživy, příjem vápníku, funkce ledvin, stupeň fyzické zátěže, věk aj. Skupinou osob se zvýšenou citlivostí tak mohou být např. diabetici se sníženou vylučovací funkcí ledvin nebo osoby s deficitním příjmem vápníku. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **NMH 1,5 mg/l vody**.

2. 6. Hliník - Hliník je všeobecně rozšířený prvek, do vody se dostává výluhem z půd a hornin. Migraci hliníku v půdě a jeho vyluhování zvyšují kyselé srážky. Antropogenním zdrojem hliníku mohou být odpadní vody z metalurgie, výroby papíru, kůže, barviv. Ve vodě se hliník může vyskytovat v rozpuštěné, koloidní nebo nerozpuštěné formě. Může tvořit komplexy s organickými látkami, jako jsou huminové kyseliny, nebo vytvářet málo rozpustné sloučeniny s anorganickými látkami, jako jsou fluoridy, sírany a chloridy. Konkrétní forma výskytu hliníku ve vodě je výsledkem komplexního chemického procesu, ve kterém působí mnoho faktorů, včetně pH. Koncentrace hliníku v přírodních podzemních a povrchových vodách se obvykle pohybují v setinách až desetinách miligramu na litr.

Zažívacím traktem se hliník a jeho sloučeniny vstřebávají jen v malé míře, u běžné stravy zhruba od 0,1 až 0,3 %. Poněkud vyšší stupeň biodostupnosti ve srovnání s potravou, v průměru kolem 0,3 %, se předpokládá u hliníku z pitné vody. Hliník je po vstřebání vázán v plazmě hlavně na transferrin a distribuován do většiny orgánů, nejvíce se akumuluje v kostech. V omezené míře prochází hematoencefalickou i placentární bariérou.

U člověka je jen málo dokladů o akutní toxicitě hliníku, přestože je hojně perorálně přijímán v potravě a vodě i léčivech. Rizikovým faktorem je hliník pro osoby s poruchou vylučovací funkce ledvin. Na základě nálezů vyššího obsahu hliníku v mozku pacientů s Alzheimerovou chorobou byla vyslovena hypotéza, že expozice hliníku je rizikovým faktorem pro vývoj nebo akceleraci Alzheimerovy nemoci. Přítomnost vyššího obsahu hliníku naznačuje, že pacienti s touto chorobou mohou mít sníženou účinnost hematoencefalické bariéry pro hliník, je však též možné, že může jít o následek a nikoliv příčinu této choroby. Na základě současných znalostí o patogenezi Alzheimerovy nemoci a váhy důkazů z epidemiologických studií nelze podat jednoznačný důkaz o kauzální souvislosti mezi touto nemocí a hliníkem z pitné vody. Nejsou důvody předpokládat karcinogenitu hliníku pro člověka. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **MH 0,2 mg/l vody**.

2. 7. Chloridy - se jako sodná, draselná a vápenatá sůl hojně vyskytují v přírodě. Zvětráváním a vyluhováním hornin a půd přecházejí do vody, kde patří mezi základní aniony. Používají se k výrobě průmyslových chemikálií, hnojiv a jako posypové soli. Do vody se dostávají se splaškovými vodami, odpadními vodami z živočišné výroby a některých druhů průmyslu, dešťovými vodami obsahujícími splachy z vozovek ošetřených posypovými solemi, výluhy ze skládek, z anorganických hnojiv apod. Chloridový ion je vysoce mobilní. Obsah chloridů v pitné vodě je zvyšován i jejím chlorováním.

Chloridy jsou téměř kompletně vstřebávány, většinou v horní polovině tenkého střeva. Hlavním zdrojem příjmu chloridů u člověka je potrava, zejména prisolování pokrmů. Příjem z pitné vody při obsahu chloridů 10 mg/l představuje jen cca 0,16 – 0,33 % celkového příjmu. Toxicita chloridů u člověka nebyla pozorována vyjma speciálních případů poruch sodíko-chloridového metabolismu, jako je např. městnavé srdeční selhávání. Zdraví lidé mohou snášet příjem velkého množství chloridů, pokud je doprovázen odpovídajícím příjmem vody. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **MH 100 mg/l vody**.

2. 8. Mangan - je jeden z nejhodnějších kovů zemské kůry a obvykle se vyskytuje společně se železem. Ve vodě se může vyskytovat v rozpuštěné a nerozpuštěné formě především v oxidačních stupních II, III a IV. Obsah rozpuštěného manganu v podzemních a povrchových vodách chudých na kyslík může dosahovat několika miligramů na litr, obvykle je provázen ještě vyšším obsahem železa. Huminové látky váží mangan do komplexů a mohou být příčinou jeho vyšší koncentrace. Mangan významně ovlivňuje organoleptické vlastnosti vody a to více než železo. V koncentraci vyšší než 0,1 mg/l již může nepříznivě ovlivnit chuť vody a nerozpustné vyšší oxidy manganu mohou hnědě zbarvovat prádlo a materiály přicházející do styku s vodou. Při koncentraci 0,2 mg/l mangan často vytváří povlaky v potrubí, které se mohou odlupovat jako černé sraženiny. Nadměrný rozvoj manganových bakterií může být příčinou zarůstání vodovodního potrubí jejich biomasou a nepříznivě ovlivňovat chuť a pach vody.

Vstřebávání manganu ze zažívacího traktu je fyziologicky regulováno, obvykle se vstřebává jen 3 až 8 % požitého množství, jiné zdroje uvádějí až 14 %. U lidí existují i značné individuální rozdíly ve stupni absorpce a retence manganu v organismu. Vyšší citlivost vůči toxickému působení manganu byla zjištěna u anemických osob, velmi vysoký stupeň absorpce byl pozorován u malých dětí, důležitou populační skupinou se zvláštní citlivostí vůči účinkům manganu je třeba považovat kojence. Příjem manganu pitnou vodou je za normálních podmínek podstatně nižší, nežli potravou, významnějším zdrojem mohou být některé minerální vody. Rozhodující branou vstupu do organismu je u manganu dýchací ústrojí. Při hodnocení zdravotního rizika manganu je nezbytné posouzení v kontextu celkového příjmu tohoto prvku včetně potravy, kdy je třeba předpokládat, že většina lidí konzumuje denně v potravinách 2 až 5 mg manganu. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **MH 0,050 mg/l vody**.

2. 9. Železo - je prvek nezbytný pro život s širokým biologickým i biochemickým významem. Jeho toxikologický význam není velký, omezuje se pouze na některé oxidy a karbonylové sloučeniny. Příjem železa převažuje až 10x nad jeho ztrátou, ovšem vstřebává se pouze jeho část. Špatně je využitelné železo vázané v komplexních sloučeninách, vliv na jeho vstřebatelnost mají některé přídatné látky (příjem zvyšuje kyselina askorbová, hořčík, některé

organické kyseliny. Nejčastěji se vstřebává kolem 10% přijatého železa. Využitelnost železa snižují fosfáty, fytáty a další kovy přítomné ve fytátech (zinek, mangan).

Železo je běžnou součástí složení přírodních vod, ve kterých se vyskytuje v koncentracích od 1 do desítek mg/l. Za redukčních podmínek se vyskytuje v podobě železnatých iontů, železité sloučeniny nejsou při normálním (cca neutrálním) pH ve vodách rozpustné. Obsah železa v pitných vodách může být navýšen vstupem materiálu z potrubí. Podle současných názorů cca 2 mg/l železa v pitné vodě nepředstavují závažné zdravotní nebezpečí, avšak při této koncentraci již dochází k organoleptickému ovlivnění kvality pitné vody. Koncentrace vyšší než 0,3 mg/l podle některých názorů mohou působit negativně sensoricky a vyvolávat zákaly. Na základě hodnocení EU je pro železo jako indikační ukazatel brán limit 0,2 mg/l, který je možné vztahovat k nedostatkům při úpravě a současně i k případnému zdravotnímu ohrožení. Přirozený výskyt železa nevadí a ze zdravotního hlediska není důvod k jeho odstraňování. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **MH 0,20 mg/l vody**.

2. 10. Měď - Měď se v přírodě vyskytuje v řadě minerálů a rud, převážně ve formě sulfidů, jejichž rozkladem se může dostávat do podzemních vod. Formy jejího výskytu ve vodách mohou být velmi rozmanité v závislosti na jejich složení. Z rozpuštěných forem výskytu jsou kromě volného iontu Cu^{2+} časté hydroxokomplexy a uhličitanové komplexy. Velmi stabilní komplexy tvoří měď s organickými látkami, např. huminovými kyselinami. V přírodních podzemních a povrchových vodách se měď obvykle nachází v koncentracích řádově jednotek až desítek $\mu\text{g/l}$, hlavním zdrojem zvýšených koncentrací mědi v pitné nebo užitkové vodě je však koroze měděných vodovodních rozvodů. Měď může významně ovlivňovat organoleptické vlastnosti pitné vody. Při vyšší koncentraci vede k modrozelenému zabarvení porcelánové keramiky a prádla a dodává vodě hořkou, kovovou a svíravou chuť. Chuťový práh je udáván v koncentračním rozmezí 1-5 mg/l a je ovlivněn složením vody.

Měď se po požití vstřebává v žaludku a horní části tenkého střeva. Stupeň absorpce se pohybuje v širším rozmezí kolem cca 50%. Primárními zdroji mědi pro člověka je potrava a voda. Pitná voda s vysokým obsahem mědi v důsledku koroze měděného potrubí a stagnace vody však může příjem podstatně zvýšit, zejména u kojenců, pokud by z této vody byla připravována umělá mléčná výživa. V souvislosti s častějšími případy akutních zažívacích potíží při konzumaci pitné vody s vyšší koncentrací mědi v důsledku koroze měděného potrubí byly nejnižší zaznamenané koncentrace mědi ve vodě nebo nápojích kolem 4 mg/l. Zejména u dětí, které jsou k toxicitě mědi vnímavější, byly v některých studiích hlášeny i nižší účinné koncentrace a to i pod 1 mg/l. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **NMH 1000 $\mu\text{g/l}$ vody**.

2. 11. Olovo - je nejběžnější z těžkých kovů, nacházený ve všech složkách prostředí. Z hlediska výskytu v pitné vodě je důležité hlavně používání olova v pájkách, armaturách a před rokem 1945 i pro zhotovení vodovodních trubek, zejména v domovních rozvodech. V půdě je olovo vázáno ve vrchní vrstvě a za normálních podmínek asi nedochází k významnějšímu vyluhování. Z vody je olovo eliminováno hlavně adsorpcí na pevné částice kalů a sedimentů. Hromadí se i biomase mikroorganismů a rostlin. Nejeví však významnější biokoncentraci v rybách. Do pitné vody se kromě přírodních zdrojů nebo kontaminace průmyslovými odpadními vodami dostává především vyluhováním při korozi vodovodních trubek, jejich spojení a armatur, obsahujících olovo. Sloučeniny olova, které se mohou

vyluhovat do vody, obsahují i některé typy PVC potrubí. Významné množství olova se může uvolňovat i z pájených spojů měděných potrubí galvanickou korozí. Zatímco olovené potrubí představuje prakticky nevyčerpatelný zdroj olova, u mosazných a bronzových částí armatur a kohoutků se vyluhování olova časem snižuje. Množství vyluhovaného olova závisí na řadě faktorů, jako je přítomnost chloridů a rozpuštěného kyslíku, pH, mineralizace a doba stagnace vody v trubkách. Olovo rozpouští hlavně měkká a kyselá voda, ve které se též v trubkách nevytváří ochranný povlak uhličitanu vápenatého, který by bránil uvolňování olova.

Zaživacím traktem se požitá olovo z potravy vstřebává asi z 10 %, u dětí se však vstřebává 25 až 53 % a významně pomaleji se z organismu eliminuje. Vstřebažené olovo je navázáno v krvi na erythrocyty a distribuováno v organismu. V krvi a měkkých tkáních má poločas eliminace 36-40 dní, v kostech je však deponováno s poločasem 17 – 27 let. Olovo snadno proniká placentou a v krvi plodu byla nalezena téměř stejná koncentrace jako v krvi matky. Proniká také bariérou mezi krví a mozem. Na pitnou vodu při koncentraci olova 5 µg/l připadá asi 10 % z celkového příjmu. Pro kojence s umělou mléčnou výživou je však voda nejvýznamnějším zdrojem olova.

Olovo je jed s kumulativním účinkem. Nejcitlivější populační skupiny vůči toxickým účinkům olova jsou těhotné ženy, kojenci a děti do 6 let věku. Známý je vztah mezi zátěží olovem a zvýšeným krevním tlakem a imunosupresivní účinky. Byly prokázány poruchy psychiky, změny chování a poruchy intelektu u dětí již po relativně nízkých dávkách olova perorální cestou. IARC nepovažuje zařazuje olovo a jeho anorganické sloučeniny do skupiny 2B (možný karcinogen pro člověka) a organické sloučeniny olova do skupiny 3 (neklasifikovatelné z hlediska karcinogenity pro člověka). Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **NMH 10 µg/l vody**.

2. 12. pH - Hodnota pH je velmi důležitým kvalitativním ukazatelem pitné vody. Ve vodných roztocích se přibližně rovná negativnímu logaritmu koncentrace vodíkových iontů. Má významný vliv na chemické a biochemické procesy ve vodách a formy výskytu některých prvků ve vodě, je jedním z hledisek posuzování agresivity vody. V čistých podzemních a povrchových vodách je hodnota pH v rozmezí asi 4,5 – 9,5 dána obvykle uhličitanovou rovnováhou. Tuto závislost však mohou ovlivňovat např. huminové látky a kationty snadno podléhající hydrolyze (Al,Fe). Hodnoty pH nad 9,5 jsou v přírodních vodách velmi vzácné. V praxi zásobování pitnou vodou se však lze poměrně často (po přechodnou dobu v řádu týdnů až měsíců) setkat s hodnotami pH okolo 11 u nově vybudovaných šachtových studní vyztužených betonovými skružemi, nebo u částí vodovodů, kde bylo potrubí ošetřeno cementací. V obou případech je důvodem reakce vody s alkalickými zbytky z cementu. Nízké pH (4-6) může být teoreticky způsobeno kontaminací vody nějakou kyselinou, u přírodních vod je ale obvykle známkou malé pufovací schopnosti vody způsobené nízkým obsahem rozpuštěných látek. V tom případě je ze zdravotního hlediska rizikovější nízký obsah hořčíku a vápníku než samotná snížená hodnota pH.

Přímé zdravotní účinky mají pouze extrémní hodnoty pH ve vodě. Kontakt s vodou s hodnotou pH nad 11 se dává do souvislosti s podrážděním očí a zhoršením kožních potíží. U citlivých osob se mohou vyskytnout i příznaky podráždění žaludeční sliznice. Obdobné účinky má i voda s velmi nízkým pH. Při hodnotě pH pod 4 bylo popsáno červenání a podráždění očí s intenzitou narůstající s klesajícím pH. Pod pH 2,5 je poškození epitelu již ireverzibilní a rozsáhlé.

Vysoké pH nad 8 podstatně snižuje účinnost chlorování, takže narůstá riziko epidemiologické. Nízké hodnoty pH indikují agresivitu vody a možnost koroze potrubí, vedoucí k uvolňování

těžkých kovů. Nepříznivě jsou též ovlivňovány senzorické vlastnosti vody. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **MH 6,5 – 9,5**.

2. 13. Vápník a hořčík - představují dvě významné makrosložky pitné vody. Tvoří hlavní součást tzv. tvrdosti vody. Do vody se dostávají rozkladem a rozpouštěním minerálů, což u podzemních vod podporuje rozpuštěný CO₂. Antropogenním zdrojem mohou být některé průmyslové odpadní vody. K obohacování vody vápníkem a hořčíkem též dochází úpravou vody při odkyselování podzemních vod nebo stabilizaci málo mineralizovaných vod. V málo a středně mineralizovaných vodách se vápník a hořčík vyskytují převážně jako jednoduché ionty Ca²⁺ a Mg²⁺. Ve více mineralizovaných vodách se mohou ve větším množství tvořit různé iontové asociáty.

V neznečištěných atmosférických vodách bývají koncentrace vápníku a hořčíku obvykle pod 1 mg/l. V prostých podzemních a povrchových vodách se koncentrace vápníku pohybuje řádově od desítek do několika stovek mg/l a koncentrace hořčíku od jednotek do několika desítek mg/l. Vyšší koncentrace vápníku a hořčíku se nacházejí v některých minerálních vodách. Vysoký obsah zejména vápníku v tvrdé vodě vede k tvorbě inkrustací v potrubích a na materiálech přicházejících do styku s vodou. V tvrdé vodě se špatně rozpouští mýdlo a zvyšuje se jeho spotřeba. Naopak měkká voda bývá agresivní a způsobuje korozi potrubí, což může vést k uvolňování některých těžkých kovů, jako je kadmium, měď, olovo a zinek. Chuťový práh vápníku je asi 100 – 300 mg/l, nepříjemná chuť obvykle od 500 mg/l, ale záleží na přítomnosti dalších iontů. Také obsah hořčíku nad 170 mg/l ve spojení s ionty chloridů a síranů způsobuje hořkou chuť vody.

Základní cestou příjmu vápníku a hořčíku pro člověka je potrava. Běžná strava poskytuje denně asi 1000 mg vápníku a 200-400 mg hořčíku. Stupeň absorpce v zažívacím traktu se udává 30 % u vápníku a 35 % u hořčíku. Odhaduje se, že příjem vápníku a hořčíku z pitné vody tvoří ve srovnání s dietárním příjmem jen asi 5-20 %. Tento příjem má přesto velký zdravotní význam. Vysvětluje se to vyšším stupněm vstřebávání těchto prvků přítomných ve vodě ve volné iontové formě (40-60%), menšími ztrátami vápníku a hořčíku z potravin při vaření v tvrdé vodě a také celkovým deficitem hořčíku u velké části dospělé populace, kdy i relativně malý příjem může být významný. Vápník a v menší míře i hořčík ve stravě a pitné vodě mají i prospěšnou funkci antitoxickou, neboť snižují vstřebávání některých toxických kovů. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **MH 2,5 – 3 mmol/l vody**.

2. 14. Rtuť - je za běžné teploty stříbrný kapalný kov. Kromě kovové elementární rtuti Hg⁰ může mít formu rtuťného iontu Hg²⁺, který je v biologickém prostředí nestabilní, rtuťnatého iontu Hg²⁺ a anorganických i organických sloučenin. V přírodě se rtuť vyskytuje v horninách hlavně ve formě sulfidů. V přírodních vodách se rtuť vyskytuje jako elementární Hg⁰, Hg²⁺ a ve formě komplexů. V redukujících sedimentech může být rtuť imobilizována ve formě sulfidu. Sloučeniny rtuti ve vodě podléhají změnám chemickou i biochemickou cestou. Anorganické formy jsou transformovány na organické a naopak. Zejména za anaerobních podmínek v sedimentech dochází činností bakterií k metylaci anorganické rtuti za vzniku metylrtuti a dimethylrtuti, které jsou velmi těkavé.

Páry kovové rtuti se při inhalaci vstřebávají až z 80 %, avšak při požití je absorpce kovové rtuti zanedbatelná. Organortuťnaté sloučeniny se naproti tomu vstřebávají zažívacím traktem rychle a téměř úplně. Významná může být i jejich absorpce dermální. Elementární rtuť se

v organismu oxiduje na Hg^{2+} , metylrtuť může být konvertována na anorganickou formu. Rtuť ve všech formách se v organismu kumuluje v ledvinách, metylrtuť vzhledem k rozpustnosti v tucích významně přechází přes hematoencefalickou i placentární bariéru a má velkou afinitu k mozkové tkáni. Pro intoxikaci anorganickými sloučeninami rtuti je typické poškození ledvin, pro otravu organickými sloučeninami rtuti pak poškození centrálního nervového systému. IARC zařazuje v hodnocení z roku 1993 kovovou rtuť a anorganické sloučeniny rtuti do skupiny 3 mezi látky neklasifikovatelné z hlediska lidské karcinogenity. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **NMH 1 $\mu\text{g/l}$ vody**.

2. 15. Sírany - se vyskytují v přírodě v četných minerálech. V přírodních vodách patří spolu s hydrogenuhličitanem a chloridy (popř. dusičnany) mezi hlavní anionty. Jsou konečným produktem oxidace síry ve vodách. Za anaerobních podmínek při značně záporných hodnotách oxidačně-redukčního potenciálu se mohou biochemicky redukovat na sulfidy. Jinak jsou ve vodě stabilní. Síran hlinitý se používá jako flokulans při úpravě vody, síran měďnatý jako algicid k hubení řas, síran barnatý jako adsorbent pro odstraňování radia z vody. V rozpuštěné formě se ve vodě vyskytuje především jednoduchý síranový aniont SO_4^{2-} . Atmosférické vody obsahují sírany v jednotkách miligramů, ale ve znečištěných oblastech až desítkách mg/l. V podzemních vodách bývají obvykle v koncentraci desítek až stovek, v extrémech ale až tisíců mg/l. Zvláště bohaté na sírany jsou některé minerální vody.

Procento vstřebávání síranů v zažívacím traktu závisí na jejich celkovém požitém množství, ostatních doprovázejících aniontech a dalších komponentech potravy. Malé dávky síranů jsou vstřebávány dobře, vysoké dávky překračující absorpční kapacitu jsou vyloučeny stolicí, popř. vedou k osmotickému průjmu. Sírany jsou jedním z nejméně toxických aniontů. U člověka jsou známé účinky vysokých dávek síranů při perorálním podání v podobě průjmu a eventuelně související dehydratace a podráždění zažívacího traktu. Síran hořečnatý neboli Epsomská sůl se léta používá jako pročišťovadlo (purgativum). Sírany nebyly zkoumány z hlediska mutagenity a karcinogenity a nejsou důvody předpokládat u nich tyto účinky. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **MH 250 mg/l vody**.

2. 16. Stříbro - má při koncentraci desítek mg/l oligodynamické baktericidní a algicidní účinky, kterých se někdy využívá při zabezpečení kvality pitné nebo bazénové vody, např. v přípravku Sagen. V přírodě se stříbro vyskytuje převážně v nerozpustných sloučeninách, takže jeho koncentrace ve vodách je velmi nízká. Z hlediska vody je nejvýznamnější rozpustnější dusičnan AgNO_3 a málo rozpustný chlorid AgCl_2 . V pitné vodě se nachází obvykle v koncentraci do 5 mg/l. Výjimkou mohou být případy využití stříbra dezinfekcí vody, kdy koncentrace v pitné vodě může dosahovat 50 mg/l i více.

Stříbro není esenciálním prvkem a za normálních okolností se nalézá v živočišných a lidských tkáních jen ve stopových množstvích. Hlavní cestou příjmu stříbra je potrava, v zažívacím traktu se vstřebává 5 - 10 % požitých dávek. Kation stříbra je v organismu redukován na kovové stříbro, které je potom ukládáno hlavně v játrech a kůži. U stříbra a jeho sloučenin nejsou žádné zprávy o mutagenních nebo teratogenních účincích. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **NMH 50 $\mu\text{g/l}$ vody**.

2. 17. Chloritany - mají silné oxidační účinky, v pitné vodě se však vyskytují především jako hlavní produkt rozpadu a reakcí chlordioxidu při dezinfekci pitné vody. Kvantitativně se odhaduje vznik asi 0,5 – 0,7 mg chloritanového iontu na 1 mg aplikovaného chlordioxidu. Chuťový a čichový práh je udáván jen pro chlordioxid a to v hodnotě 0,4 mg/l.

Chloritanový iont je rychle vstřebáván zažívacím traktem a distribuován v tělesných tkáních. Odstraňování z krve probíhá pomalu s poločasem asi 35 hodin. Chlordioxid a chloritan sodný se používají k bělení a odbarvování v potravinářství a rezidua chloritanu se mohou vyskytovat v potravinách, kam se mohou dostat i z papírových a lepenkových obalů, avšak hlavní expoziční cestou je pitná voda dezinfikovaná chlordioxidem.

Studie účinků chloritanů v pitné vodě u lidí se vztahují na dávky, reálně se vyskytující při dezinfekci chlordioxidem. Nebyly tedy zaměřené na stanovení dávek, které již mají prokazatelné účinky. Nebyly prokázány negativní účinky u exponované populace při šestiměsíčním používání pitné vody s obsahem chloritanů v rozmezí 3-7 mg/l. Nepříznivé účinky na zdraví nebyly pozorovány ani ve studii na dobrovolnících, kterým bylo podáváno denně po 12 týdnů 500 ml vody s obsahem chloritanů 5 mg/l. Zdravotní účinky se nevyskytly ani u dialyzovaných pacientů, u kterých byla po dobu 12 měsíců používána voda dezinfikovaná chlordioxidem k přípravě dialyzačního roztoku. US EPA zařazuje chloritany z hlediska možné karcinogenity pro člověka mezi látky zatím neklasifikovatelné pro nedostatečné podklady (skupina D). Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **NMH 50 µg/l vody**.

3. Organické látky

3. 1. Trihalomethany - Trihalometany jsou běžnými kontaminanty chlorované pitné vody. Vznikají při reakci chloru s organickými látkami přirozeně se vyskytujícími ve vodě, jako jsou huminové kyseliny a fulvokyseliny. Prekurzory THM však mohou být i některé dusíkaté organické látky, aminokyseliny obsažené ve vyčištěných splaškových vodách, metabolity sinic a řas aj. Přítomnost bromových THM se vysvětluje stopami bromu, které se dostávají do vody z maziva používaného v čerpadlech, měřidlech průtoku apod. THM jsou přítomné ve všech vodách desinfikovaných chlorem. Stupeň jejich tvorby závisí kromě koncentrace prekurzorů a chloru i na teplotě a pH vody, v létě bývá vyšší koncentrace nežli v zimě. Jejich nález za jiných okolností bývá výjimečný a může mít původ ve specifickém znečištění odpadními vodami. Hlavním zástupcem trihalometanů v chlorované vodě je chloroform, jehož vlastnosti jsou také nejvíce prostudované. Chloroform se rychle odpařuje z povrchu vody a půdy, předpokládá se jeho vysoká mobilita a možnost proniknutí do podzemních vod, kde může přetrvávat dlouhou dobu.

Chloroform se rychle vstřebává všemi cestami. Při inhalaci se vstřebává 60-80 % inhalované dávky. Byla prokázána významná dermální absorpce při sprchování chlorovanou vodou. Distribuce je celotělová s dočasnou akumulací v tělesném tuku, krvi, játrech, ledvinách, plicích a nervovém systému. Významnou složku expozičního scénáře chloroformu může představovat pobyt v krytých bazénech, kde za běžných podmínek je dosahována koncentrace chloroformu nad hladinou v průměru 100 mg/m³.

U lidí exponovaných vysokým koncentracím chloroformu na pracovišti nebo po požití vysokých dávek byly popsány neurotoxické účinky. Lidé vystavení chronicky malým dávkám inhalačním nebo perorálním vykazují poškození jater. U bromoformu je z

pozorování u lidí při inhalaci nízkým koncentracím je známé podráždění, slzení a zčervenání obličeje. Bromdichlormetan vykazuje obdobnou škálu toxických účinků jako ostatní THM. Dibromchlormetan má podobné toxické účinky jako ostatní THM.

Podle US EPA je chloroform pravděpodobně karcinogenní pro člověka při všech způsobech expozice jen ve vysokých dávkách, které vedou k cytotoxickým účinkům a sekundární regenerativní hyperplazii citlivých tkání. Zhodnocení velkého množství experimentálních i epidemiologických studií zatím vede k závěru, že dosavadní údaje nejsou dostatečné k prokázání příčinného vztahu mezi expozicí chloroformu a zvýšeným rizikem rakoviny u lidí. Obsáhle byla v řadě epidemiologických studií sledována možná souvislost mezi výskytem nádorů a zásobováním chlorovanou vodou. Některé z nich naznačily možnou souvislost se zvýšeným výskytem karcinomu močového měchýře, konečníku, tlustého střeva, pankreasu, prsu, mozku a plic, avšak jsou založené na řadě předpokladů, není v nich dostatečně hodnocena skutečná expozice a možné vedlejší vlivy, takže nejsou dostatečně průkazné a nelze je vztahovat pouze na chloroform nebo ostatní THM. Obdobně nejsou průkazné ani výsledky dřívějších studií sledujících souvislost mezi chlorováním pitné vody a ovlivněním reprodukce a vývojovými vadami. Poslední studie ukázala mírně zvýšené riziko vrozených defektů dětí u matek, žijících v oblasti s koncentrací THM nad 40 mg/l. Vysoká konzumace vody s vysokým obsahem THM byla v další studii dána do souvislosti se zvýšeným rizikem potratů. Bližším průzkumem bylo toto riziko vztaženo na bromované THM, konkrétně na vysoký obsah bromdichlormetanu. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **NMH 100 µg/l vody**.

3. 2. Benzo(a)pyren - v přírodě může být BaP syntetizován některými bakteriemi a řasami. Možnými zdroji v prostředí jsou i úniky maziv a potenciálně výluhy z asfaltových povrchů silnic. Benzo(a)pyren je středně perzistentní v životním prostředí. Váže se na půdu a odolává vyluhování, přesto však byl detekován v některých podzemních vodách. Při úniku do vody se velmi silně adsorbuje na sedimenty a dispergované částice. Ve většině vod a sedimentů odolává mikrobiálnímu i chemickému rozkladu. Předpokládá se biokoncentrace ve vodních organismech, které nejsou schopny tuto látku metabolizovat. Nejčastějším zdrojem BaP stejně jako ostatních PAU v pitné vodě je vyluhování z dehtových izolací a nátěrů starších vodojemů a vodovodních potrubí, přičemž nález BaP indikuje vážné poškození povrchu a uvolňování pevných částic s PAU.

Benzo(a)pyren proniká do organismu nejčastěji dýchacím a trávicím ústrojím, Ze zažívacího traktu se rychle vstřebává, je distribuován v organismu téměř do všech vnitřních orgánů, zejména bohatých na tukovou tkáň, prochází přes placentární bariéru. Hlavní cestou expozice BaP u lidí je inhalace ze znečištěného vnějšího i vnitřního ovzduší a potrava. Významnými zdroji expozice je zejména kouření a úprava masa a ryb uzením a grilováním na dřevěném uhlí. Příjem pitnou vodou může být významnější pouze v případech zvýšených koncentrací v důsledku porušených dehtových nátěrů.

Benzo(a)pyren je toxický při perkutánní a perorální expozici. Je embryotoxický a teratogenní u myši. Experimentálně byly prokázány toxické účinky na reprodukci. Podle IARC je benzo(a)pyren pravděpodobný humánní karcinogen – skupina 2A, jde o látku karcinogenní pro zvířata s dostatečnou průkazností. Podle US EPA je BaP pravděpodobný humánní karcinogen - skupina B2. . Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **NMH 0,010 µg/l vody**.

3. 3. Benzen - je používán v chemickém průmyslu při výrobě styrenu, ethylbenzenu, fenolu a dalších sloučenin. Je významnou složkou ropných látek. Používá se též jako aditivum do benzínu. V minulosti byl používán jako rozpouštědlo. Hlavními zdroji benzenu ve vodě je atmosférická depozice, úniky ropných látek a odpadních vod z chemické výroby. Z povrchové vody rychle vytékává. Za aerobních podmínek podléhá též biodegradaci účinkem mikroorganismů a pomalé fotodegradaci. Z půdy v povrchové vrstvě též vprchává a z hlubších vrstev se díky vysoké mobilitě v půdě vyluhuje do podzemních vod. Koncentrace v pitných vodách jsou obvykle pod 5 µg/l, ale v podzemních vodách kontaminovaných z bodových zdrojů byly zjištěny koncentrace benzenu až 0,3 mg/l.

Při inhalaci je v plicích vstřebáno asi 50 % vdechnutého benzenu. Ze zažívacího traktu je pravděpodobně absorbován kompletně. Po vstřebání je distribuován v těle nezávisle na bráně vstupu, nejvyšší koncentrace metabolitů byly zjištěny v tukových tkáních. Hlavní cestou příjmu benzenu do organismu je inhalace z ovzduší, významné však mohou i koncentrace benzenu v interiérech budov, zejména v závislosti na cigaretovém kouři. V menší míře je přijímán i s potravou. Expozice z pitné vody je pro celkový příjem při běžných koncentracích zanedbatelná. Benzen je prokázáný lidský karcinogen, zařazený IARC do skupiny 1. US EPA jej též řadí do kategorie A je jako známý lidský karcinogen definován pro všechny cesty expozice. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel NMH **1 µg/l vody**.

3. 4. Polycyklické aromatické uhlovodíky - představují skupinu různorodých organických sloučenin obsahujících dva nebo více aromatických cyklů. Nejsou vyráběny nebo užívány komerčně, ale jsou poměrně hojné, protože vznikají při nedokonalém spalování organických látek. Většina PAU se dostává do životního prostředí cestou atmosféry z řady procesů spalování a pyrolýzy. Možnými zdroji v prostředí jsou i průmyslové odpadní vody, maziva, výluhy z impregnace dřeva nebo výluhy z asfaltových povrchů silnic. Ve vodě se nenacházejí ve významných koncentracích. Mají vysokou schopnost adsorpce na dispergované částice a tato adsorpce spolu s následnou sedimentací jsou hlavními mechanismy pro odstranění PAU z vody. Fotochemická degradace, volatilizace a mikrobiální degradace hrají podružnou roli. Vzhledem k vazbě na půdu se u nich nepředpokládá vyluhování do spodních vod. Hlavním zdrojem PAU kontaminujících vodu je však obvykle dehtový potah starších nádrží a vodovodních trubek bránící jejich korozi.

PAU se vstřebávají plicemi, zažívacím traktem i přes kůži. Absorpce PAU ze zažívacího traktu je rychlá, jsou distribuovány v organismu téměř do všech vnitřních orgánů, zejména bohatých na tukovou tkáň. Pro běžnou populaci je hlavní cestou expozice PAU inhalace ze znečištěného vnějšího i vnitřního ovzduší a potrava. Významnými zdroji expozice je zejména kouření a úprava masa a ryb uzením a grilováním na dřevěném uhlí. Odhaduje se, že příjem pitnou vodou představuje jen 1 % celkové expozice PAU. Expozice jak v pracovním, tak i životním prostředí se vždy týká celé směsi PAU, nikoliv jednotlivých látek. Nejčastěji a v nejvyšších koncentracích je v pitné vodě detekován fluoranten.

Hlavním a nejvíce karcinogenním představitelem této skupiny sloučenin je BaP. BbF, BkF a IP zařazuje US EPA na základě dostatečných důkazů karcinogenity do skupiny B2 mezi látky pravděpodobně karcinogenní pro člověka. IARC je zařazuje obdobně do skupiny 2 B. Ve skupině těchto uhlovodíků bylo provedeno relativní porovnání jejich karcinogenního potenciálu které je následující: BaP>BbF>BkF>IP>F>BgP. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne

22. dubna 204, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **NMH 0,10 µg/l vody**.

3. 5. Tetrachlorethen - bezbarvá volatilní kapalina s nasládlým chloroformovým zápachem. Čichový práh ve vodě je při koncentraci 0,3 mg/l. PCE je používán v chemických čistírnách a při úpravě textilií, k odmašťování kovů, jako chladicí kapalina v elektrických transformátorech, je meziproduktem při syntéze freonů a součástí tiskařských barev, lepidel, tmelů a maziv. Hlavní cestou eliminace PCE z vody je vytěkání. Hydrolýze, fotolytické degradaci a mikrobiální degradaci podléhá jen v malém množství. V horninovém prostředí je mírně až středně mobilní a může pomalu infiltrovat do spodních vod, kde při nemožnosti vyprchání dlouhodobě přetrvává. Bioakumulace ve vodních organismech a potravním řetězci není významná. Kontaminace pitné vody je možná i vyluhováním TCE z vinylových vložek trubek vodovodních rozvodů. V malém množství též může vznikat jako vedlejší produkt chlorace.

Tetrachlorethylen vykazuje pouze nízkou akutní toxicitu lidí. U člověka ve vysokých koncentracích ovlivňuje funkci centrální nervové soustavy, a je též toxický pro játra a ledviny. Z hlediska reprodukční a vývojové toxicity není o tetrachlorethylenu dostatek údajů. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 204, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **NMH 10 µg/l vody**.

3. 6. Trichlorethen - hlavní použití je k odmašťování kovových výrobků před finální úpravou, k čištění a jako rozpouštědlo a extrakční činidlo. Z vody rychle vytěkává, v půdě je velmi mobilní a může pronikat do spodních vod. Ve vodě podléhá biodegradaci, v anaerobních podmínkách v podzemních vodách může být degradován na toxičtější látky včetně chloretenu. Jeví mírnou až střední biokoncentraci ve vodních organismech. Pitná voda může být kontaminována odpadními vodami, depozicí z ovzduší a v malém množství může TCE vznikat i jako vedlejší produkt chlorace. Za nejdůležitější cestu expozice u člověka je považována inhalace z kontaminovaného ovzduší.

Akutní toxicita TCE je nízká. Inhalační expozice vysokým koncentracím působí depresi centrálního nervového systému a podráždění sliznic. Při chronické profesionální expozici byly rovněž pozorovány neurologické příznaky jako závratě, bolest hlavy, spavost, nauzea, rozmazané vidění, znečitlivění kůže obličeje, přechodné ztráty paměti. Vyskytují se též příznaky poškození jaterního parenchymu.

U reprodukčních a vývojových účinků TCE na člověka panuje nejistota. US EPA hodnotí TCE jako pravděpodobný karcinogen pro člověka zařazením do skupiny B2. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 204, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví pro ukazatel **NMH 10 µg/l vody**.

II. Základní pojmy a zkratky

- * ADI (Acceptable Daily Intake) : Akceptovatelný denní přívod, používaný pro člověkem úmyslně používané látky v potravinách a pitné vodě. Vyjadřuje denní dávku, kterou může člověk celoživotně požívat bez rizika nepříznivých zdravotních účinků. Je udáván v mg/kg/den a je obdobou TDI nebo referenční dávky US EPA.
- * ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) : Agentura Ministerstva zdravotnictví USA, jejíž úlohou je ochrana veřejného zdraví před nebezpečnými látkami v prostředí.
- * Bezprahový účinek : Předpoklad účinku genotoxických karcinogenních látek, kdy nelze stanovit bezpečnou úroveň expozice. Jakákoliv dávka již představuje zvýšení pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění.
- * CAS No (číslo CAS) : Mezinárodní registrační číslo chemické látky, pod kterým je uvedena v různých databázích
- * CSFi (Carcinogenic Slope Factor) : Směrnice karcinogenního rizika pro inhalační příjem. Bezrozměrné číslo, vyjadřující karcinogenní potenciál dané látky. Udává zvýšení celoživotní pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění u exponovaného jedince při inhalačním příjmu průměrné celoživotní dávky dané látky ve výši 1 mg/kg/den.
- * CSFo (Carcinogenic Slope Factor) : Směrnice karcinogenního rizika pro orální příjem. Bezrozměrné číslo, vyjadřující karcinogenní potenciál dané látky. Udává zvýšení celoživotní pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění u exponovaného jedince při orálním příjmu průměrné celoživotní dávky ve výši 1 mg/kg/den.
- * EHC (Environmental Health Criteria) : Zdravotní kritéria pro prostředí - rozsáhlá série dokumentů publikovaných v rámci Mezinárodního programu chemické bezpečnosti (IPCS), řízeného WHO ve spolupráci s dalšími agenturami OSN. Publikace EHC jsou věnovány hodnocení rizika jednotlivých chemických látek, popř. metodám hodnocení rizik.
- * Extrapolace : Převedení vztahu závislosti dávky a účinku z oblasti vysokých experimentálních dávek do oblasti reálných dávek v životním prostředí pomocí matematického modelu.
- * HI (Hazard Index) : Index nebezpečnosti. Jedná se o součet kvocientů nebezpečnosti (HQ) buď při působení jedné látky různými expozičními cestami nebo při působení více látek s podobnými systémovými toxickými účinky.
- * HQ (Hazard Quotient) : Kvocient nebezpečnosti vypočtený vydělením zjištěné průměrné denní dávky dávkou referenční. Při hodnotě vyšší než 1 teoreticky nastává riziko toxického nekarcinogenního účinku.
- * Health Advisories : Doporučené limitní koncentrace nekarcinogenních toxických látek v pitné vodě pro krátkodobé nouzové zásobování stanovené v USA.
- * Health Canada : Federální ministerstvo zdravotnictví Kanady.

- * HEAST (Health Effects Assessment Summary Tables) : Databáze obsahující referenční hodnoty včetně hodnot prozatímních a dosud nepřezkoumaných odborníky US EPA.
- * Chronický pokus : Experiment na zvířatech probíhající po podstatnou část jejich očekávané délky života.
- * IARC (International Agency for Research on Cancer) : Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny se sídlem v Lyonu.
- * IRIS (Integrated Risk Information System) : Databáze US EPA obsahující referenční hodnoty pro toxický i karcinogenní účinek mnoha chemických látek, u kterých bylo dosaženo shody odborníků US EPA.
- * JECFA FAO/WHO (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) : Mezinárodní expertní komise při Organizaci pro potraviny a zemědělství OSN a WHO, která připravuje hodnoty ADI.
- * JMPR (Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues) : mezinárodní expertní skupina řízená společně Organizací pro potraviny a zemědělství Spojených národů (FAO) a WHO. Zabývá se problematikou pesticidů včetně stanovení ADI.
- * LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level) : Nejnižší dávka, při které je ještě pozorován nepříznivý zdravotní účinek na statisticky významné úrovni ve srovnání s kontrolní skupinou.
- * MCL (Maximum Contaminant Level) : Nejvyšší přípustná koncentrace kontaminujících látek v pitné vodě v USA.
- * MCLG (Maximum Contaminant Level Goal) : cílová žádaná koncentrace kontaminujících látek v pitné vodě, zaručující adekvátní ochranu zdraví, doporučená v USA. U látek s podezřením na karcinogenní bezprahový účinek je vždy nulová.
- * MRL (Minimal Risk Level) : Úroveň denní expozice hodnocené látky, která je pravděpodobně bez rizika nepříznivých zdravotních účinků pro člověka. Stanoví je ATSDR pro akutní, subakutní a chronickou expozici, týkají se pouze nekarcinogenních zdravotních účinků.
- * MF (Modifying Factor) : Modifikující faktor, používaný při odvození referenční dávky. Nabývá velikosti od 1 do 10 a vyjadřuje nejistoty znalostí o účinku dané látky, nezohledněné faktorem nejistoty.
- * Monitoring HS : Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí, prováděný Státním zdravotním ústavem v Praze a pracovišti hygienické služby ve 30 vybraných okresech ČR od roku 1994. Subsystem 2 se zabývá zdravotními důsledky a riziky znečištění pitné vody, subsystem 4 se zabývá zátěží lidského organismu cizorodými látkami z potravinových řetězců.
- * NOAEL (No Observed Adverse Effect Level) : Nejvyšší dávka, při které ještě není na statisticky významné úrovni ve srovnání s kontrolní skupinou pozorován žádný nepříznivý zdravotní účinek.

- * Prahový účinek : Předpoklad účinku nekarcinogenních toxických látek, kdy se předpokládá existence určité bezpečné hladiny expozice, kterou organismus ještě zvládá fyziologickými detoxikačními a reparačními pochody.
- * PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intake) : Provizorní tolerovatelný týdenní přívod, používaný pro látky kontaminující potravu, které se kumulují v organismu, vycházející ze současných poznatků.
- * Přijatelná míra karcinogenního rizika : Zvýšení celoživotní pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění v důsledku expozice danému faktoru u jedince z exponované populace, které je považováno za celospolečensky akceptovatelné. V ČR je za přijatelné riziko považována míra pravděpodobnosti v řádové úrovni 10^{-6} .
- * RBC (Risk-based Concentration) : Koncentrace látky ve vodě, vzduchu a půdě, představující při standardním expozičním scénáři ještě přijatelnou míru rizika toxického nebo karcinogenního účinku. Nepočítá s příjmem dané látky jinými expozičními cestami, ani s příjmem jiných podobně působících látek. Jsou uvedeny v databázi US EPA RBC Tables.
- * RfDi : Referenční dávka pro inhalační příjem, udává průměrnou denní dávku dané látky, která pravděpodobně nevyvolá při dlouhodobém příjmu ani u citlivých populačních skupin nepříznivé zdravotní účinky. Přesnost odhadu této dávky je přibližně v rozsahu jednoho řádu. Je udávána v mg/kg/den.
- * RfDo : Referenční dávka pro orální příjem, udává průměrnou denní dávku dané látky, která pravděpodobně nevyvolá při dlouhodobém příjmu ani u citlivých populačních skupin nepříznivé zdravotní účinky. Přesnost odhadu této dávky je přibližně v rozsahu jednoho řádu. Je udávána v mg/kg/den.
- * Směrnice Rady č.98/83/ES : Směrnice Rady Evropského společenství z roku 1998 o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu.
- * Subchronický pokus : Experiment na zvířatech s délkou expozice nepřesahující 3 měsíce.
- * TDI (Tolerable Daily Intake) : Tolerovatelný denní přívod, používaný pro látky kontaminující potravu a pitnou vodu. Vyjadřuje denní dávku, kterou může člověk celoživotně požívat bez rizika nepříznivých zdravotních účinků. Je udáván v mg/kg/den a je obdobou ADI nebo referenční dávky US EPA.
- * UCR (Unit Cancer Risk) : Jednotka karcinogenního rizika, vyjadřující karcinogenní potenciál dané látky vztažený při standardním celoživotním expozičním scénáři ke koncentraci v pitné vodě ve výši 1 mg/l. Je odvozena ze směrnice karcinogenního rizika.
- * UF (Uncertainty Factor) : Faktor nejistoty, používaný při odvození referenční dávky. Většinou nabývá hodnot násobků deseti. Nejčastěji zohledňuje možné individuální rozdíly v citlivosti vůči dané látce v rámci lidské populace, nejistotu při extrapolaci dat z pokusů na zvířatech na člověka, vztažení výsledků krátkodobějších studií na celoživotní chronický účinek, použití hodnoty LOAEL místo NOAEL.

- * US EPA (United States Environmental Protection Agency) : Agentura pro ochranu životního prostředí USA
- * US EPA–NCEA (US EPA–National Center for Environmental Assessment) : Národní centrum pro ochranu životního prostředí US EPA, které stanovuje pro aktuální potřebu předběžné a prozatímní referenční hodnoty k hodnocení rizik.
- * WHO (World Health Organisation) : Světová zdravotní organizace (SZO)