

# Skupinový vodovod Kutná Hora - Čáslav - Sázava Hodnocení zdravotních rizik železa z pitné vody

Výtisk č. 1

**Objednatel:**  
Vodohospodářská společnost Vrchlice - Maleč, a.s.  
Ku Ptáku 387  
284 01 Kutná Hora

---

*Zpracoval:*  
*MUDr. Bohumil Havel, Větrná 9, 568 02 Svitavy*  
*Tel.: 602 482 404 E-mail: [bohumil.havel@centrum.cz](mailto:bohumil.havel@centrum.cz)*  
*Držitel osvědčení o autorizaci k hodnocení zdravotních rizik expozice chemickým látkám v prostředí vydaného Státním zdravotním ústavem Praha pod č. 008/04.*

Svitavy, říjen 2019

## Obsah:

I. Zadání a výchozí podklady .....	2
II. Metodika a základní pojmy v hodnocení zdravotních rizik.....	3
III. Hodnocení nebezpečnosti.....	5
IV. Hodnocení expozice.....	10
V. Charakterizace rizika.....	12
VI. Analýza nejistot.....	12
VII. Závěr.....	13
VIII. Přehled použité a citované literatury .....	14

## I. Zadání a výchozí podklady

Na základě objednávky Vodohospodářské společnosti Vrchlice - Maleč, a.s. Kutná Hora jako provozovatele skupinového vodovodu Kutná Hora - Čáslav - Sázava má být zpracováno hodnocení zdravotních rizik z pitné vody tohoto vodovodu pro ukazatel železo, nevyhovující hygienickému limitu, stanovenému vyhláškou č. 252/2004 Sb.<sup>1</sup>

Hodnocení zdravotních rizik má sloužit jako jeden z podkladů žádosti o poskytnutí dočasné výjimky z jakosti vody v tomto ukazateli podle zákona č. 258/2000 Sb.<sup>2</sup>

Úkolem hodnocení rizik je tedy zodpovězení otázky, zda dočasným používáním vody z uvedeného vodovodu může dojít k ohrožení veřejného zdraví ve smyslu citovaného zákona.

Jako podklad k hodnocení rizika byly poskytnuty základní údaje o skupinovém vodovodu, výsledky letošních úplných rozborů vody ze sítě a výsledky provozních rozborů vzorků vody ze sítě a vodojemů v Kutné Hoře v ukazateli železo od června letošního roku.

Podle těchto informací skupinový vodovod Kutná Hora - Čáslav - Sázava využívá jako zdroj povrchovou vodu z vodárenské nádrže Vrchlice, která je upravována na úpravně vody U Svaté Trojice v Kutné Hoře. Zásobovanou oblast tvoří vodovodní síť o délce cca 400 km, v Kutné Hoře cca 120 km. Průměrné množství dodávané vody je cca 6 880 m<sup>3</sup>/den, v Kutné Hoře 3 550 m<sup>3</sup>/den. Počet zásobovaných obyvatel je cca 45 000, v Kutné Hoře cca 20 000.

Od července letošního roku se v Kutné Hoře začaly objevovat stížnosti obyvatel na kvalitu dodávané vody v souvislosti se zvýšeným obsahem železa. Při prověřování možných příčin dospěl provozovatel k závěru, že problém spočívá v teplotě.

Teplota surové vody z přehrady je 9–10 °C, upravená voda na úpravně vody U Sv. Trojice má teplotu 10–12 °C a má vyhovující jakost s obsahem železa < 0,05 mg/l. Voda u odběratelů má teplotu 15–19 °C. Toto oteplení vody je pravděpodobně způsobeno poklesem podzemní vody, jehož důsledkem jsou změny geotermiky v podloží, což potvrdil geolog. Půda se prohřívá do větších hloubek a zaklesnutá hladina podzemní vody ztrácí vliv na ochlazování vodovodního potrubí. V neposlední řadě se ještě teplota vody zvýší v domovních rozvodech.

Vlivem vyšších teplot dochází k uvolňování agresivního CO<sub>2</sub> z vody, což způsobuje pozvolné rozpouštění a následné vymývání inkrustů do vody, což zapříčiňuje zákal ve vodě, resp. zvýšený obsah železa. Problematickými lokalitami jsou především místa, kde je kovové potrubí a vyšší stáří vodovodu.

<sup>1</sup>Vyhláška MZ č.252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů

<sup>2</sup>Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů

Podle poskytnutých výsledků rozborů se obsah železa ve vodě ve vodovodní síti v Kutné Hoře od července 2019 pohyboval v rozmezí 0,1 – 1,46 mg/l s průměrnou hodnotou 0,51 mg/l. Ve vodojemech v Kutné Hoře byl obsah železa v rozmezí od < 0,05 do 0,13 mg/l s průměrnou hodnotou 0,08 mg/l.

Zvýšený obsah železa v dodávané vodě se zatím objevuje jen v Kutné Hoře, ale nelze vyloučit, že k tomu může dojít i v jiných městech a obcích, zásobovaných ze skupinového vodovodu. V ostatních ukazatelích, včetně mikrobiologických, dodávaná pitná voda podle poskytnutých výsledků úplných rozborů vyhovuje hygienickým limitům.

Provozovatel vodovodu snížil dávkování CO<sub>2</sub> na ÚV, aby nepodporoval uvolňování agresivního CO<sub>2</sub> a zvýšil četnost odkalování vodovodní sítě. O výjimku v ukazateli železo hodlá požádat do hodnoty 0,6 mg/l na dobu 3 let.

Hodnocení zdravotních rizik je zpracováno v souladu s obecnými metodickými postupy US EPA a WHO a autorizačním návodem AN 16/04 verze 5<sup>3</sup> Státního zdravotního ústavu Praha pro autorizované hodnocení zdravotních rizik dle zákona č. 258/2000 Sb.

## II. Metodika a základní pojmy v hodnocení zdravotních rizik

Kvalita pitné vody je jedním z nejvýznamnějších faktorů životního prostředí, působících bezprostředně na zdraví člověka. Zdravotní rizika z pitné vody jsou dlouho a poměrně dobře známá a také intenzivně vnímána spotřebitelskou veřejností.

Kromě nejčastějšího rizika přenosu infekčních onemocnění se při používání pitné vody může jednat i o riziko toxického působení některých chemických látek, které se mohou ve vodě vyskytovat buď přirozeně v důsledku skladby horninového podloží a fyzikálně chemických vlastností vody nebo mohou vodu kontaminovat v důsledku činnosti člověka.

Na rozdíl od rizika přenosu infekčních onemocnění, které lze z řady důvodů obtížně kvantifikovat, je většinou možné míru rizika nepříznivého působení chemických látek z pitné vody v konkrétních případech hodnotit a vyjádřit kvantitativně.

Základní metodické postupy hodnocení zdravotních rizik byly vypracovány Americkou agenturou pro ochranu životního prostředí – US EPA<sup>4</sup> a Světovou zdravotnickou organizací – WHO<sup>5</sup>.

Jsou využívány ke zhodnocení závažnosti zdravotního rizika v konkrétních situacích a k následnému řízení rizika, tj. rozhodování o nápravných opatřeních a jejich prioritě. Mezi základní metodické podklady pro hodnocení zdravotních rizik v České republice patří Manuál prevence v lékařské praxi díl VIII. Základy hodnocení zdravotních rizik, vydaný v roce 2000 Státním zdravotním ústavem Praha a autorizační návody a literatura, doporučená ke kurzu a zkoušce odborné způsobilosti v rámci autorizace k hodnocení zdravotních rizik.

### **Hodnocení zdravotního rizika obecně zahrnuje čtyři základní kroky:**

Prvním krokem je **identifikace nebezpečnosti**, při které se zjišťuje, zda a za jakých podmínek může daná látka nepříznivě ovlivnit lidské zdraví. Zdrojem informací jsou toxikologické databáze a odborná literatura, obsahující údaje z epidemiologických studií, experimentů na pokusných zvířatech nebo laboratorních testů.

<sup>3</sup>Autorizační návod AN 16/04 verze 5 – Přehled základních údajů ke sjednocení postupu při hodnocení zdravotních rizik (HRA) v rámci žádosti o povolení užití vody nebo určení mírnějšího hygienického limitu dle § 3 odst. 4 resp. § 3a zákona č.258/00 Sb., v platném znění. Obsahuje doporučené referenční hodnoty a další výchozí data k hodnocení zdravotních rizik z pitné vody pro 19 nejčastějších látek včetně železa. Aktualizovaná verze 5 byla vydána dne 16. 4. 2018.

<sup>4</sup>US EPA – United States Environmental Protection Agency

<sup>5</sup>WHO – World Health Organization

Druhým krokem je **hodnocení vztahu dávky a účinku**, které má objasnit kvantitativní vztah mezi dávkou dané škodliviny a mírou jejího účinku, což je nezbytným předpokladem pro možnost odhadu míry rizika. U látek, které nejsou podezřelé z bezprahového genotoxického karcinogenního účinku, se předpokládá tzv. prahový účinek.

Tento účinek, spočívající v poškození různých systémů v organismu, se projeví až po překročení kapacity fyziologických detoxikačních a reparačních obranných mechanismů v organismu. Lze tedy identifikovat dávku škodlivé látky, která je pro organismus člověka ještě bezpečná a za normálních okolností nevyvolá nepříznivý efekt.

Při hodnocení rizika toxických účinků z pitné vody se jako bezpečná podprahová dávka hodnocené látky většinou používá hodnota akceptovatelného denního přívodu – ADI<sup>6</sup>, stanovená WHO, popř. obdobné referenční hodnoty jiných institucí. Odvozují se buď z výsledků epidemiologických studií známých účinků u člověka, nebo pomocí pokusů na laboratorních zvířatech s použitím faktorů nejistoty.

V běžné praxi hodnocení zdravotních rizik jsou informace o nebezpečnosti a vztahu dávky a účinku většinou čerpány formou literární rešerše z uznávaných databází vědeckých institucí a mohou být spojeny do společného kroku nazvaného **hodnocení nebezpečnosti**.

Třetí etapou standardního postupu hodnocení zdravotních rizik je **hodnocení expozice**. Na základě znalosti dané situace se sestavuje expoziční scénář, tedy představa, jakými cestami a v jaké intenzitě a množství je konkrétní populace exponována dané látce a jaká je její dávka. Cílem je přitom postihnout nejen průměrného jedince z exponované populace, nýbrž i reálně možné případy osob s nejvyšší expozicí a obdrženou dávkou. Za tímto účelem se identifikují citlivé podskupiny populace, u kterých předpokládáme vyšší míru expozice nebo zvýšenou vnímavost vůči hodnocenému faktoru, popř. kombinaci obou příčin.

Konečným krokem v odhadu rizika, který shrnuje všechny informace získané v předchozích etapách, je **charakterizace rizika**, kdy se snažíme dospět ke kvantitativnímu vyjádření míry reálného konkrétního zdravotního rizika za dané situace, která může sloužit jako podklad pro rozhodování o opatřeních, tedy pro řízení rizika.

U toxických nekarcinogenních látek je míra rizika většinou vyjádřena pomocí poměru konkrétní zjištěné expozice či dávky k expozici nebo dávce, považované za ještě bezpečnou. Tento poměr se nazývá koeficient nebezpečnosti (Hazard Quotient – HQ). Při hodnotě koeficientu nebezpečnosti >1 teoreticky hrozí riziko toxického účinku.

Při důvodech ke konzervativnímu přístupu k hodnocení rizika doporučuje US EPA jako hraniční hodnotu HQ hodnotu 0,5. Avšak po přechodnou dobu ani mírné překročení hodnoty 1 nepředstavuje závažnou míru rizika

Nezbytnou součástí hodnocení je **analýza nejistot**, se kterými je každé hodnocení rizika nevyhnutelně spojeno. Přehled a kritický rozbor nejistot zkvalitní pochopení a posouzení dané situace a je užitečné je zohlednit při řízení rizika, tedy rozhodování o významnosti rizika a o přijatých opatřeních.

Postup hodnocení zdravotních rizik se používá u pitné vody již při návrhu limitních koncentrací, u nás uvedených ve Vyhlášce MZ č. 252/2004 Sb. V některých případech je účelné hodnotit zdravotní riziko i v konkrétních situacích jednotlivých zdrojů a systémů zásobování pitnou vodou. Při překročení limitů se tímto postupem získají podklady o závažnosti situace užitečné při rozhodování o prioritách, termínech a nákladech na opatření, popř. možnosti dočasné výjimky, jako je v tomto případě.

<sup>6</sup>ADI – Acceptable Daily Intake (akceptovatelný denní přívod stanovený WHO pro člověkem úmyslně používané látky v potravinách nebo pitné vodě. Vyjadřuje denní dávku, kterou může člověk celoživotně požívat bez rizika nepříznivých zdravotních účinků. Je udáván v mg/kg/den. Jeho obdobou pro cizorodé látky je tolerovatelný denní přívod – TDI)

### III. Hodnocení nebezpečnosti

#### Železo, Fe

##### *Výskyt a chování ve vodě*

Železo patří mezi běžné kovové prvky nalézající se v zemské kůře. Voda prosakující skrze půdu a horniny může rozpouštět minerály obsahující železo. Rozpouštění napomáhá přítomnost oxidu uhličitého a huminových látek, které vytvářejí s železem ve vodě rozpustné komplexy. Vedle tohoto přirozeného zdroje se železo může dostat do vody i korozí vodovodního potrubí nebo při úpravě vody koagulanty na bázi solí železa.

V podzemní vodě za anodických podmínek převažují rozpustné bezbarvé sloučeniny dvojmocného železa. Po oxidaci ve vodě obsaženým kyslíkem však vznikají barevné žluté až hnědé částičky málo rozpustného oxidu železitého, které sedimentují nebo jsou koloidně rozptýlené ve vodě a způsobují její načervenalé zabarvení.

Tím pak může docházet k červenohnědému zabarvení prádla, porcelánu, nádobí, kuchyňského náčiní a dokonce i skleněného nádobí. Vznikající barevné skvrny nejdou odstranit ani mýdlem ani detergentem a použití bělení chlorem a alkalických sloučenin může tyto skvrny ještě zintenzívnit. Sloučeniny železa přítomné ve vodě mohou vytvářet v potrubích, kohoutech, zásobnících a ohřivačích vody usazeniny. Jejich členitý povrch usnadňuje rozvoj biofilmu a mikrobiální oživení.

Zmenšením profilu potrubí může docházet k poklesu dodávky vody a pro její dodržení musí být zvyšován tlak vody.

Železo může ovlivnit vedle barvy také chuť, případně pach vody. Smyslový práh železa v pitné vodě je individuální od cca 0,003 mg/l až po více než 5 mg/l.

Cílenou studií byl kromě velké variability ve schopnosti smyslově vnímat železo ve vodě prokázán výrazný pokles této schopnosti s narůstajícím věkem, kdy ve věku nad 50 let byl průměrný práh vnímání 0,5 mg/l a častý výskyt osob neschopných smyslově postřehnout ani vysoké koncentrace železa [1].

Železo přítomné ve vodě reaguje s taninem nacházejícím se v kávě a čaji za vzniku černého zákalu, který negativně ovlivňuje chuť a vzhled nápoje.

Dodatečným problémem, který je spojen s vyšším obsahem železa ve vodě, je pomnožování železitých bakterií. Jedná se o nepatogenní bakterie, které získávají energii oxidací železnatých iontů za vzniku nerozpustných hydroxidů a vytvářejí červenohnědé povlaky slizy a zhoršují tak organoleptickou jakost vody.

V malých koncentracích je železo běžnou součástí vody. Vyšší koncentrace železa se nacházejí v kyselých vodách s vyšším obsahem komplexotvorných huminových látek.

Popsané smyslové závady v jakosti vody se začínají objevovat při obsahu železa nad 0,3 mg/l, v kvalitní podzemní vodě však mohou být pro většinu spotřebitelů přijatelné i vyšší koncentrace železa.

V pitné vodě veřejných vodovodů v ČR byl podle zprávy Monitoringu HS<sup>7</sup> v roce 2018 průměrný obsah železa 0,06 mg/l s maximální zjištěnou hodnotou 6,9 mg/l [2].

Zvýšený obsah železa je též poměrně častým důvodem dočasné výjimky z jakosti pitné vody, povolené orgánem ochrany veřejného zdraví. Z 48 zásobovaných oblastí s výjimkou z kvality pitné vody pro ukazatele s mezní hodnotou v roce 2018 bylo železo důvodem v 6 oblastech, zásobujících pitnou vodou cca 2100 obyvatel. Povolená limitní hodnota se pohybuje v rozmezí 0,4 – 2 mg/l [2].

<sup>7</sup>Monitoring hygienické služby - Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí, prováděný Státním zdravotním ústavem v Praze a pracovišti hygienické služby v 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.

### ***Příjem a chování v organismu***

Železo je pro všechny živé organismy esenciálním prvkem, neboť je jako součást proteinů a enzymů nezbytné pro řadu životně důležitých funkcí. Jednou z hlavních funkcí železa je účast při transportu kyslíku. Téměř dvě třetiny železa v lidském těle jsou obsaženy v hemoglobinu cirkulujících erytrocytů. Snadno mobilizovatelná zásoba zahrnuje dalších 25%. Většina ze zbývajících 15% železa je obsažena v myoglobinu ve svalech a řadě enzymů nezbytných pro metabolismus a různé buněčné funkce [3].

Nedostatečná saturace železem (sideropenie) postihuje hlavně ženy v období dospívání a v těhotenství a je celosvětově nejrozšířenější výživovou poruchou. Jejím nejčastějším příznakem je chudokrevnost (anémie) a snížení výkonnosti, byl prokázán i vztah k těhotenství a prenatálnímu i postnatálnímu vývoji dětí a imunitním funkcím [4].

Volné železo se jako katalyzátor významně podílí na reakcích vedoucích k oxidačnímu stresu. K minimalizaci tohoto efektu slouží v organismu vazební proteiny s vysokou afinitou.

Vstřebávání železa z potravy ve střevě je za normálních podmínek přísně regulováno podle aktuální potřeby, neboť neexistuje mechanismus jeho vylučování z těla. S výjimkou pravidelných ztrát menstruací u žen se železo ztrácí jen minimálně v množství asi 1 mg/den převážně deskvamací buněk zažívacího traktu a kůže.

Hlavní cestou příjmu železa je potrava. Zvýšená potřeba železa je v dětství a dospívání v rychlých obdobích růstu a v těhotenství.

Nejnovější průměrný doporučený denní nutriční přívod železa, stanovený Evropským úřadem pro bezpečnost potravin (EFSA<sup>8</sup>) v roce 2015 je u mužů 6 mg, u žen 7 mg (po menopauze 6 mg) [5].

Podle posledních výsledků Monitoringu HS je u populace ČR denní střední hodnota dietárního přívodu železa 0,13 mg/kg/den [6].

Z jednotlivých populačních skupin je přívod železa nedostatečný zejména u žen ve fertlím věku a také u dětí ve věku 7-10 let. [7].

K chronickému přetížení organismu železem dochází nejčastěji při vrozených poruchách regulace střevní absorpce, které vedou k nadměrnému příjmu železa (hemochromatóza). Dalšími příčinami přetížení organismu železem mohou být vysoké terapeutické dávky železa nebo zvýšený rozpad erytrocytů při některých hematologických poruchách a častých transfuzích krve.

### ***Toxicita***

Volné železo je velmi reaktivní a jeho nadbytek může vést k poškození tkání a orgánů. Při akutních vysokých dávkách je střevní regulace absorpce železa překonána a dochází k otravě železem. U malých dětí byly popsány akutní intoxikace železem po požití suplementačních tablet v dávce 20 až 60 mg/kg s příznaky od dráždění zažívacího traktu až po systémové toxické poškození řady orgánů.

Vedlejšími příznaky suplementace železem je často dráždění sliznice a narušení motility zažívacího traktu, vedoucí k zažívacím obtížím, jako je nevolnost, pálení žáhy, zvracení, průjem nebo naopak zácpa.

Vysoce specifickou rizikovou skupinou populace ve vztahu k toxickým účinkům železa jsou lidé postižení hemochromatózou, která je jednou z nejčastějších vrozených genetických chorob. Heterozygotní nosiči představují cca 13 % populace a přibližně 0,3 - 0,5 % populace představují homozygoti, u kterých se tato porucha může plně projevit.

Při této poruše je nízká tvorba hormonu hepcidin, který je hlavním regulátorem metabolismu železa v těle. Důsledkem je neregulované zvýšené vstřebávání železa ze střeva, které se ukládá do jater a dalších orgánů a dochází k jejich poškození.

<sup>8</sup>EFSA (European Food Safety Authority) - Evropský úřad pro bezpečnost potravin

Typický je též zánět kloubů a zvýšená pigmentace kůže. Postižení se projevuje až kolem 40–60 roku života po mnohaletém strádání železa ve tkáních a jejich nezvratném poškození.

Vyšší výskyt biochemických indikátorů zvýšené zátěže železem indikují možnost zvýšeného rizika i u heterozygotů, avšak poruchy regulace příjmu železa a případy zdravotního postižení u nich popsány nejsou.

Podle závěrů Evropského úřadu pro bezpečnost potravin (EFSA) z roku 2004 je u všeobecné populace včetně heterozygotních nosičů hemochromatózy riziko nadměrné zátěže železem i při zvýšené expozici nízké [4].

Specifickým postižením, projevujícím se cirhózou jater a cukrovkou, je africká forma hemochromatózy (Bantu sideróza) v důsledku excesivního příjmu železa (50-100 mg/den) v domácím pivu kvašeném v železných nádobách, kde se však může projevovat i chronický abusus alkoholu a genetické vlivy [4].

Na základě některých epidemiologických studií byly vysloveny hypotézy o souvislosti mezi zvýšeným příjmem a zásobami železa v organismu a rizikem kardiomyopatie a diabetu typu 2. Výsledky těchto studií však nejsou jednoznačné a neposkytují přesvědčivé důkazy o kauzálním vztahu [3,4,8,9].

K možnému vysvětlení škodlivých účinků železa je věnována pozornost hlavně oxidačnímu stresu. Při překročení kapacity transportních a depozitních proteinů katalyzuje volné železo v ionizované formě vznik škodlivých reaktivních kyslíkových radikálů.

Tento účinek byl ověřen i u pokusných zvířat. U lidí byla souvislost vyššího příjmu železa z pitné vody při koncentraci 4,0 – 7,7 mg/l a biochemických parametrů oxidačního stresu popsána v roce 1998 ve studii z Estonska [10].

Dalším možným mechanismem účinků železa je narušení příjmu a metabolismu podobných esenciálních kovů, konkrétně zinku a mědi [8].

V roce 2008 byla publikována norská studie, ve které byl nalezen vztah mezi vyšší koncentrací železa v pitné vodě a rizikem zánětlivých střevních onemocnění včetně Crohnovy choroby. K vysvětlení možných mechanismů této asociace byly vyloveny dvě hypotézy, a sice katalyzující účinek železa v oxidačním stresu nebo stimulující účinek železa na množení a virulenci střevních bakterií s následným zvýšením pravděpodobnosti nepříznivých imunitních reakcí u geneticky predisponovaných jedinců [11].

V souvislosti s oxidačním poškozením existuje teorie o škodlivém účinku železa a mědi v procesu stárnutí a v etiologii aterosklerózy, Alzheimerovy choroby a dalších onemocněních pozdějšího věku [12].

### ***Genotoxicita<sup>9</sup> a karcinogenita***

Reprodukční ani vývojová toxicita nebyla u sloučenin železa popsána. Většina sloučenin železa nevykazovala pozitivní výsledky ani v testech na mutagenitu.

Prokázané je zvýšené riziko vzniku karcinomu jater při jaterní cirhóze u lidí postižených vrozenou hemochromatózou [3,4,8].

Experimenty u zvířat prokázaly, že přítomnost železa v obsahu tlustého střeva může katalyzovat produkci volných radikálů střevními bakteriemi. Železo též působilo jako nádorový promotor v tlustém střevě u myši exponovaných genotoxickým karcinogenům. Možný vztah mezi zvýšeným příjmem železa a výskytem nádorů tlustého střeva indikuje i řada epidemiologických studií.

Vysoký obsah železa v lépe vstřebávané hem formě je též jednou z hypotéz vysvětlení souvislosti mezi spotřebou červeného masa a vyšším výskytem kolorektálního karcinomu.

<sup>9</sup>Genotoxický účinek – poškození struktury deoxyribonukleové kyseliny (DNA), vedoucí ke změně genetické informace

Podle závěrů EFSA i britského vědeckého poradního výboru pro výživu (SACN)<sup>10</sup> však tyto studie neposkytují přesvědčivé důkazy o kauzálním vztahu [4,8].

### **Doporučený limit WHO**

Koncentrace železa nacházené v pitné vodě WHO nepovažuje za zdravotně významné a limitní koncentraci obsahu železa v pitné vodě proto nestanovila.

Při použití prozatímní hodnoty maximálního tolerovatelného denního příjmu železa PMTDI<sup>11</sup> v úrovni 0,8 mg/kg tělesné váhy, stanovené komisí JECFA k prevenci nadměrného zatížení železem, a podílu 10 % tohoto příjmu z pitné vody vychází dle WHO jako ještě bezpečná ze zdravotního hlediska koncentrace železa 2 mg/l.

Při této koncentraci železa se většinou již projevují výše zmíněné nepříznivé vlivy na jakost pitné vody, i když v podzemní kvalitní vodě může být pro spotřebitele přijatelná i koncentrace 1–3 mg/l [13,14].

### **Přijaté limity**

Vyhláška MZ č.252/2004 Sb. stanoví pro železo mezní hodnotu 0,2 mg/l z hlediska organoleptické jakosti vody s poznámkou, že v případech přirozeného původu železa z podloží se za vyhovující považuje obsah železa až do 0,5 mg/l, pokud nedochází k nežádoucímu ovlivnění organoleptických vlastností vody.

Směrnice Rady č.98/83/ES<sup>12</sup> uvádí limitní koncentraci železa 0,2 mg/l. V USA závazná limitní koncentrace pro železo stanovena není, je zde pouze doporučená koncentrace 0,3 mg/l z hlediska organoleptické kvality vody (secondary standard) [15].

### **Limity pro krátkodobý příjem**

Pro krátkodobý příjem železa pitnou vodou únosnou koncentraci ze zdravotního hlediska (Health Advisory) US EPA neuvádí.

Dle SZÚ Praha lze připustit pro nouzové zásobování pitnou vodou v trvání do 30 dnů obsah železa do 2 mg/l za podmínky, že voda musí být vzhledově a chuťově přijatelná [16].

## **Fe – referenční hodnoty**

### **Institute of Medicine (IOM)<sup>13</sup> – horní hranice tolerovatelného příjmu (UL)<sup>14</sup>**

Výbor pro potraviny a výživu Lékařského institutu Národní akademie věd USA stanovil v roce 2001 hodnoty doporučeného denního příjmu železa. Současně byly stanoveny i hodnoty představující horní hranici tohoto příjmu, které ještě na základě současných znalostí pravděpodobně nepředstavují riziko nepříznivých účinků.

Vzhledem k tomu, že nadměrný přívod železa jakožto rizikový faktor kardiovaskulárních, případně dalších onemocnění IOM nepovažoval za dostatečně prokázaný a osoby s vrozenou hemochromatózou jsou vysoce specifickou rizikovou skupinou, byly jako kritický účinek zvoleny zažívací obtíže vznikající při suplementaci železem.

<sup>10</sup>SACN – Scientific Advisory Committee on Nutrition

<sup>11</sup>PMTDI – Provisional Maximum Tolerable Daily Intake (maximální tolerovatelný denní příjem). Vyjadřuje maximální tolerovatelnou úroveň expozice člověka jako důsledek přirozeného výskytu dané látky v potravě.

<sup>12</sup>Směrnice Rady č.98/83/ES - Směrnice Rady Evropského společenství z roku 1998 o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu.

<sup>13</sup>IOM (Institute of Medicine of the National Academies of Sciences) – Lékařský institut Národní akademie věd USA. Jeho výbor pro potraviny a výživu (Food and Nutrition Board) stanovuje na základě současných poznatků doporučené hodnoty dietárního příjmu pro různé látky.

<sup>14</sup>UL (Tolerable Upper Intake Level) Maximální úroveň denního příjmu z potravy, vody a suplementace, která pravděpodobně nepředstavuje riziko nepříznivých účinků.



K dávce LOAEL<sup>15</sup> 60 mg/den byl přičten dietární příjem 10 mg/den a byla vydělena faktorem nejistoty 1,5 pro extrapolaci na NOAEL<sup>16</sup>. Výsledná zaokrouhlená hodnota 45 mg/den pak dle IOM představuje horní ještě bezpečnou hranici celkového příjmu pro velkou většinu populace s výjimkou osob s vrozenou hemochromatózou, cirhózou a dalšími jaterními nemocemi a poruchami hematologickými, vedoucími ke zvýšené zátěži železem. Pro věkovou skupinu 0–13 let byla na též základě zkušeností s vedlejšími příznaky suplementace železem stanovena hodnota UL 40 mg/den. Hodnoty UL platí pro celkový příjem železa z potravy, vody a suplementace [3].

#### **WHO – provizorní maximální přijatelný denní přívod (PMTDI)**

Komise JECFA FAO/WHO<sup>17</sup> stanovila v roce 1983 pro prevenci nadměrné akumulace železa v organismu prozatímní hodnotu maximálního tolerovatelného denního přívodu železa PMTDI 0,8 mg/kg tělesné váhy pro muže (u žen je vyšší potřeba železa v důsledku ztrát menstruací). Vycházela ze zjištěného dlouhodobého přívodu železa suplementací až 50 mg/den bez nepříznivých účinků. Hodnota PMTDI platí pro všechny zdroje železa kromě oxidů železa používaných jako potravinářské barvivo (ADI 0,5 mg/kg/den) a cílenou suplementaci u těhotných a kojících žen a některých klinických stavů [17].

#### **US EPA – provizorní orální referenční dávka**

US EPA Region III uvádí v přehledu Regional Screening Level<sup>18</sup> pro železo provizorní referenční dávku pro orální příjem v hodnotě 0,7 mg/kg/den [18].

#### **Výběr referenční hodnoty a zdůvodnění:**

V autorizačním návodu SZÚ AN 16/04 verze 4 je doporučeno pro železo používat hodnotu 0,65 mg/kg/den, odvozenou z horní hranice doporučeného denního přívodu železa UL pro dospělou populaci, stanovené v roce 2001 IOM. Tato hodnota byla vypočtena vydělením UL 45 mg/den průměrnou tělesnou hmotností 70 kg. Pro věkovou skupinu dětí 0 – 13 let stanovil IOM UL 40 mg/den. Přepočtem podle tělesné hmotnosti by u kojenců a dětí vycházely hodnoty podstatně vyšší nežli 0,65 mg/kg/den.

Hodnoty UL byly odvozeny pouze na základě zažívacích obtíží při suplementaci železem. Tento účinek je akutní až subakutní a při expozici z pitné vody je prakticky vyloučený. IOM tedy nebral do úvahy některé studie signalizující možné chronické riziko nadměrné zátěže železem. I když tyto studie nejsou považovány za průkazné, jejich váha pozvolna narůstá a jsou důvodem k předběžné opatrnosti. Evropský úřad pro bezpečnost potravin EFSA proto opakovaně konstatoval nedostatek podkladů ke stanovení bezpečné horní hranice příjmu železa. Norský vědecký výbor pro bezpečnost potravin nevycházel při hodnocení příjmu železa u norské populace, publikovaném v roce 2017, z UL IOM, a u dětí použil jako horní hranici bezpečného příjmu PMTDI 0,8 mg/kg/den [19].

Doporučená hodnota 0,65 mg/kg/den z AN SZÚ proto bude v tomto hodnocení z důvodu předběžné opatrnosti použita i pro dětskou populaci.

Vzhledem k tomu, že se referenční hodnota se týká všech zdrojů příjmu železa, bude při charakterizaci rizika zohledněn i dietární příjem železa v populaci ČR podle výsledků Monitoringu HS.

<sup>15</sup>LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level) - Nejnižší dávka, při které je pozorován nepříznivý zdravotní účinek na statisticky významné úrovni ve srovnání s kontrolní skupinou.

<sup>16</sup>NOAEL (No Observed Adverse Effect Level) - Nejvyšší dávka, při které není na statisticky významné úrovni ve srovnání s kontrolní skupinou pozorován žádný nepříznivý zdravotní účinek.

<sup>17</sup>JECFA FAO/WHO (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) - Mezinárodní expertní komise při Organizaci pro potraviny a zemědělství OSN a WHO.

<sup>18</sup>RSL (Regional Screening Level) - Koncentrace látky ve vodě, vzduchu a půdě, představující při standardním expozičním scénáři ještě přijatelnou míru rizika toxického nebo karcinogenního účinku. Nepočítá se s příjmem dané látky jinými expozičními cestami, ani s příjmem jiných podobně působících látek. Jsou uvedeny v databázi US EPA RSL Summary Table.

## IV. Hodnocení expozice

### Expoziční scénář: celoroční používání vody z veřejného vodovodu

Pro kvantitativní odhad expozice se obvykle v rámci zvoleného expozičního scénáře provádí výpočet průměrné denní dávky ADD (Average Daily Dose) pro látky s prahovým toxickým účinkem a průměrné celoživotní denní dávky LADD (Lifetime Average Daily Dose) pro látky s předpokládaným genotoxickým bezprahovým karcinogenním účinkem.

Železo nepatří mezi látky s karcinogenním účinkem, je proto opodstatněné hodnotit pouze riziko toxických prahových účinků.

Při odhadu dávky z pitné vody je běžně používán konzervativní přístup, tedy spíše vědomé nadhodnocení, neboť cílem není odhad rizika jen pro průměrného spotřebitele, nýbrž i pro reálné případy nejvíce ohrožených osob.

Z toxikologické charakteristiky železa vyplývá, že při reálném příjmu pitnou vodou a z ní připravovaných nápojů nehrozí akutní toxické účinky.

U vysoké nabídky perorálního příjmu železa z pitné vody při chronické expozici by teoreticky bylo možné považovat za citlivou část populace osoby trpící metabolickými nebo hematologickými poruchami, vedoucím ke zvýšenému vstřebávání železa ze zažívacího traktu, resp. ke zvýšenému rozpadu červených krvinek nebo častým transfuzím.

V odborné literatuře však takové případy při reálně dosažitelných hodnotách obsahu železa v pitné vodě nejsou popisovány. Kromě toho pro tuto část populace nejsou k hodnocení rizika k dispozici referenční hodnoty.

Z hlediska relativního příjmu vody vůči tělesné hmotnosti jsou více exponováni kojenci a malé děti. Odhad denní průměrné dávky je proto proveden pro tyto 4 věkové populační skupiny:

- kojenci do 3 měsíců věku s relativně nejvyšším příjmem vody ve vztahu k tělesné hmotnosti pro hypotetický případ použití vodovodní vody k přípravě umělé mléčné stravy*
- kojenci ve věku 3-12 měsíců, kde je již konzumace vody z vodovodu pravděpodobnější*
- děti ve věku 1-3 roky s stále relativně vysokým příjmem vody*
- dospělá populace*

Pro výpočet denní dávky je použit klasický vzorec dle metodiky US EPA:

$$ADD_0 = CW \times IR \times EF \times ED / BW \times AT$$

*CW (Concentration Water) - koncentrace látky ve vodě v mg/l*

*IR (Intake Rate) - množství požití vody v l/den*

*EF (Exposure Frequency) - frekvence expozice ve dnech za rok*

*ED (Exposure Duration) - trvání expozice v letech*

*BW (Body Weight) - tělesná hmotnost v kg*

*AT (Averaging Time) - doba ve dnech, na kterou expozici průměrujeme*

Dle autorizačního návodu SZÚ pro hodnocení zdravotních rizik z pitné vody má být hodnocení rizika chronických účinků provedeno pro koncentraci polutantu, do které je žádána výjimka. Pokud je reálná průměrná koncentrace výrazně nižší, nežli požadovaný mírnější limit a nemá rostoucí tendenci, provede se výpočet expozice a koeficientu nebezpečnosti také pro reálnou průměrnou koncentraci za poslední 3 roky (pokud není tak dlouhá časová řada k dispozici, použije se dostupné období).

V daném případě skupinového vodovodu se dokladovaná průměrná hodnota obsahu železa ve vodovodní síti v Kutné Hoře od hodnoty požadovaného mírnějšího limitu výrazně neliší, takže je výpočet proveden pouze pro koncentraci 0,6 mg/l.

Doporučené hodnoty IR u různých věkových skupin populace uvádí autorizační návod SZÚ Praha 16/04 verze 5, přičemž jejichž podkladem byly materiály US EPA z roku 2004 a výsledky průzkumu individuální spotřeby potravin v ČR, provedené SZÚ Praha.

U dětí ve věku 1-3 roky představují 95percentil zjištěné spotřeby vody, u ostatních skupin populace jde o 90percentil.

Průměrná tělesná hmotnost u dětí byla stanovena z výsledků posledního celostátního antropologického výzkumu dětí a mládeže v ČR [20]. Byl použit aritmetický průměr zjištěných hodnot za dané věkové období a byly zprůměrovány hodnoty pro chlapce a dívky. Průměrná tělesná hmotnost 70 kg pro dospělé osoby je v rámci hodnocení zdravotních rizik všeobecně používaným údajem.

Konkrétní expoziční parametry použité pro výpočet průměrné denní dávky jsou uvedeny v tabulce č. 1, výsledné hodnoty průměrné denní dávky jsou uvedeny v tabulce č.2.

<i>Maximální koncentrace železa ve vodě</i>	<i>0,6 mg/l</i>
<i>IR (množství požití vody) – kojeneček do 3 měsíců</i>	<i>0,75 l/den</i>
<i>IR – kojeneček 3-12 měsíců</i>	<i>1,0 l/den</i>
<i>IR – dítě 1-3,99 roky</i>	<i>0,95 l/den</i>
<i>IR – dospělí</i>	<i>2,0 l/den</i>
<i>BW (tělesná hmotnost) – kojeneček do 3 měsíců</i>	<i>4,6 kg</i>
<i>BW – kojeneček 3-12 měsíců</i>	<i>8,15 kg</i>
<i>BW – dítě 1-3,99 roky</i>	<i>13,75 kg</i>
<i>BW – dospělí</i>	<i>70 kg</i>
<i>EF (frekvence expozice)</i>	<i>350 dní/rok*</i>
<i>EF – kojenci</i>	<i>365 dní/rok</i>
<i>ED (trvání expozice) – nekarcinogenní riziko</i>	<i>1 rok**</i>
<i>AT (průměrná doba expozice) – nekarcinogenní riziko</i>	<i>365 dní (365x1)</i>

\* předpokládá se 15denní pobyt v roce mimo bydliště

\*\* počítá se momentální riziko pro populaci v daném věku, respektive pro období 1 rok

<i>Věková skupina</i>	<i>Pitná voda 0,6 mg/l</i>	<i>Potrava*</i>	<i>Celkem</i>
<i>Kojenci do 3 měsíců</i>	<i>0,10</i>	<i>1,06</i>	<i>1,16</i>
<i>Kojenci 3-12 měsíců</i>	<i>0,07</i>	<i>0,80</i>	<i>0,87</i>
<i>Děti 1-3,99 roky</i>	<i>0,04</i>	<i>0,49</i>	<i>0,53</i>
<i>Dospělí</i>	<i>0,02</i>	<i>0,13</i>	<i>0,15</i>

\* Údaj o průměrné dietární expozici železu je převzatý ze závěrečné zprávy subsystému 4 Monitoringu HS za období 2016/2017 [6]. U dospělých je použita střední hodnota pro populaci ČR, u dětí je použitý údaj pro věkovou skupinu 4-6 let. U kojenců je proveden orientační výpočet podle údajů o složení přípravků umělé kojenecké výživy, které jsou vesměs obohacovány železem (Sunar - cca 0,65 mg Fe na 100 ml).

## V. Charakterizace rizika

Ke kvantitativnímu vyjádření míry zdravotního rizika toxického nekarzinogenního účinku škodlivin se používá koeficient nebezpečnosti HQ (Hazard Quotient), získaný vydělením odhadované denní průměrné dávky ještě bezpečnou dávkou, která pravděpodobně ani při celoživotním příjmu nevyvolá nepříznivé zdravotní účinky. WHO tuto dávku stanovuje jako akceptovatelný denní přívod (ADI), US EPA jako referenční dávku (RfD).

$$HQ = ADD / ADI (RfD)$$

Pokud se HQ (popř. HI – Hazard Index získaný součtem koeficientů nebezpečnosti jednotlivých látek u směsi látek s podobným systémovým účinkem, kdy předpokládáme aditivní působení) pohybuje v hodnotách < 1, neočekává se riziko toxických účinků.

Pro výpočet HQ toxických účinků železa je podle doporučení autorizačního návodu SZÚ AN 16/04 verze 4 použita hodnota 0,65 mg/kg/den, odvozená z horní hranice doporučeného denního přívodu železa UL pro dospělou populaci, stanovené v roce 2001 IOM. Jak již bylo uvedeno, tato hodnota bude použita i pro dětskou populaci.

Hodnoty koeficientu nebezpečnosti pro riziko toxických účinků železa v pitné vodě hodnoceného vodovodu jsou uvedeny v tabulce 3.

**Tab. 3 – Riziko toxických účinků železa z pitné vody (HQ)**

Věková skupina	Pitná voda 0,6 mg/l	Potrava*	Celkem
Kojenci do 3 měsíců	0,15	1,63	1,78
Kojenci 3-12 měsíců	0,11	1,23	1,34
Děti 1-3,99 roky	0,06	0,75	0,81
Dospělí	0,03	0,20	0,23

Z vypočtených hodnot HQ pro přívod železa je zřejmé, že zcela převažujícím zdrojem železa je potrava a příjem z pitné vody by byl i při setrvale zvýšeném obsahu železa ve vodě z hlediska zdravotních rizik zanedbatelný.

Ani při zohlednění dietárního příjmu souhrnné hodnoty HQ pro hodnocené populační skupiny neindikují existenci zdravotního rizika (u kojenců je souhrnná hodnota HQ>1 způsobena zařazením umělé výživy obohacované železem k pokrytí zvýšené potřeby a použitím referenční hodnoty pro dospělé, takže ani u nich se nejedná o zdravotní riziko).

## VI. Analýza nejistot

Každé hodnocení zdravotního rizika je nevyhnutelně spojeno s určitými nejistotami, danými použitými daty, stavem poznání vlastností a účinků hodnocených látek, expozičními faktory, odhady chování exponované populace, apod.

Proto je jednou z neopominutelných součástí hodnocení rizika i popis a analýza nejistot, které jsou s hodnocením spojeny a kterých si je zpracovatel vědomý.

V daném případě hodnocení zdravotního rizika železa z pitné vody jde hlavně o tyto oblasti nejistot:

### **1. Použité expoziční parametry**

Výpočet průměrní denní dávky železa z pitné vody byl proveden pro koncentraci 0,6 mg/l, do které má být podána žádost o dočasné určení mírnějšího hygienického limitu. Tato hodnota se významně neliší od dosavadní průměrné koncentrace od července letošního roku.

U železa nejsou při reálném příjmu pitnou vodou známe akutní toxické účinky. Případně ojedinělé nálezy nad koncentrací, použitou pro hodnocení expozice, proto nejsou z hlediska zdravotního rizika významné.

Vzhledem k tomu, že referenční hodnoty jsou stanovené pro celkový příjem, kde mají dominantní úlohu potraviny, byly při hodnocení expozice zohledněny i aktuální údaje o dietárním příjmu železa u populace ČR z výsledků monitoringu HS.

Tyto údaje o průměrné dietární expozici se ovšem týkají celé populace bez zohlednění variability, dané mnoha faktory. Jako příjem u dětí uvádějí jen odhad pro věkovou skupinu dětí 4-6 let provedený na základě modelu doporučených dávek potravin. U kojenců je výpočet ovlivněn zařazením umělé kojenecké výživy, která je vesměs obohacována železem

Ostatní použité expoziční parametry odpovídají standardnímu postupu při hodnocení expozice z pitné vody.

Při analýze vzorků jak pitné vody, tak i potravin je stanoven pouze celkový obsah železa bez rozlišení jeho forem a při hodnocení rizika se nebere ohled na rozdíly v biodostupnosti různých forem a sloučenin, ve kterých se může vyskytovat. Tyto rozdíly však nezohledňují ani stanovené referenční a limitní hodnoty.

### **2. Použité referenční hodnoty**

Pro kvantitativní odhad rizika nepříznivých účinků železa byl podle doporučení autorizačního návodu SZÚ jako referenční dávka použit maximální tolerovatelný denní příjem pro dospělé populaci, stanovený v roce 2001 Výborem pro potraviny a výživu Lékařského institutu Národní akademie věd USA (IOM).

Z přehledu referenčních hodnot pro příjem železa, odvozených různými vědeckými institucemi, se v současné době jedná o hodnotu nejpřísnější.

Z důvodu předběžné opatrnosti vzhledem k neuzavřené otázce vztahu zvýšeného příjmu železa k některým chronickým onemocněním byla tato hodnota použita i pro dětskou populaci, což vzhledem ke zvýšené potřebě železa během období vývoje a růstu představuje vědomé nadhodnocení.

## **VIII. Závěr**

**Z provedeného hodnocení zdravotních rizik železa z pitné vody skupinového vodovodu Kutná Hora – Čáslav - Sázava vyplývá tento závěr:**

**Zvýšené hodnoty obsahu železa v dodávané pitné vodě nepředstavují riziko zdravotně nepříznivých účinků pro obyvatele, mohou být pouze příčinou zhoršených smyslových a užitých vlastností vody.**

**Uvedený závěr je platný za předpokladu platnosti poskytnutých výchozích podkladů.**

### VIII. Přehled použité a citované literatury

1. Mirlohi S., Dietrich A.M., Duncan S.E.: *Age-Associated Variation in Sensory Perception of Iron in Drinking Water and the Potential for Overexposure in the Human Population*, *Environ Sci Technol*, 2011, 45(15), 6575-6583
2. SZÚ Praha: *Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí – subsystém 2 „Zdravotní důsledky a rizika znečištění pitné vody“ odborná zpráva za rok 2018*
3. IOM: *Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc*, The National Academy of Science, 2001
4. EFSA: *Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to the Tolerable Upper Intake Level of Iron*, *EFSA Journal* (2004) 125, 1-34
5. EFSA: *Scientific Opinion on Dietary Reference Values for Iron*, *EFSA Journal* 2015, 13(10):4254
6. SZÚ Praha: *Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí – subsystém 4 „Zdravotní důsledky zátěže lidského organismu cizorodými látkami z potravinových řetězců“ odborná zpráva za rok 2017*.
7. SZÚ Praha: *NUTRIMON – hodnocení přívodu nutrientů*, 2017
8. *Scientific Advisory Committee on Nutrition (SACN): Iron and Health*, London 2010
9. Domellöf, M., Thorsdottir I., Thorstensen K.: *Health effects of different dietary iron intakes: a systematic literature review for the 5th Nordic Nutrition Recommendations*, *Food a Nutrition Research* 2013, 57:21667
10. Rehema, A., Zilmer, M., Zilmer, K., Kullisaar, T., Vihalemm, T.: *Could Long-Term Alimentary Iron Overload Have an Impact on the Parameters of Oxidative Stress?*, *Annals of Nutr. & Metab.*, 1998, 42, No 1, pp. 40 – 43
11. Aamodt, G., Bukholm, G., Hajnsen, J., Moum, B., Vatn, M.H., and the IBSEN Study Group: *The Association Between Water Supply and Inflammatory Bowel Disease Based on a 1990 – 1993 Cohort Study in Southeastern Norway*, *Am J Epidemiol*, 2008, 168, pp. 1065-1072
12. Brewer G.J.: *Risks of Copper and Iron Toxicity during Aging in Humans*, *Chem. Res. Toxicol.*, 2010, 23(2), pp.319-326
13. WHO: *Guidelines for Drinking-water Quality, first addendum to the fourth edition*, 2017
14. WHO: *Iron in Drinking-water, Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*, WHO 2003
15. US EPA: *2018 Edition of the Drinking Water Regulations and Health Advisories*, US EPA Office of Water, 2018
16. SZÚ Praha: *Nouzové zásobování pitnou vodou (metodické doporučení SZÚ- Národního referenčního centra pro pitnou vodu)*, 2018
17. IPCS/WHO: *Food Additives Series 18*, 1983
18. US EPA: *Regional Screening Level (RSL) Summary Table June 2017*
19. Norwegian Scientific Committee for Food safety (VKM): *Assessment of iron intake in relation to tolerable upper intake limits*, VKM 2017
20. Bláha, P. a kol.: *6. celostátní antropologický výzkum dětí a mládeže 2001*, SZÚ, Praha, 2005, ISBN 80-7071-251-1.
21. IPCS/WHO: *Environmental Health Criteria No.210, Principles for the assessment of risks to human health from exposure to chemicals*, Ženeva, 1999

22. SZÚ Praha: *Manuál prevence v lékařské praxi, díl VIII. Základy hodnocení zdravotních rizik*, Praha, 2000.
23. SZÚ Praha: *Autorizační návod AN 16/04 VERZE 5. Autorizační návod k hodnocení zdravotního rizika expozice chemickým látkám v pitné vodě*, 2018

**Protokol nesmí být bez písemného souhlasu zpracovatele  
reprodukován jinak než celý.**

Ve Svitavách 10.10.2019

MUDr. Bohumil Havel  
Větrná 9, 568 02 Svitavy

*MUDr. Bohumil Havel, držitel osvědčení o autorizaci k hodnocení zdravotních rizik dle § 83e zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, v autorizačním setu III. Hodnocení zdravotních rizik expozice chemickým látkám v prostředí, vydaného SZÚ Praha pod č.008/04 (platnost do 5.4.2021)*

