

Vodovod Otín

Hodnocení zdravotních rizik hexazinonu z pitné vody

Objednatel:
Obec Otín
Otín 37
594 01 Velké Meziříčí

Zpracoval:

MUDr. Bohumil Havel, Větrná 9, 568 02 Svitavy

Tel.: 602 482 404, e-mail: 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, leden 2022

Obsah:

I. Zadání a výchozí podklady	2
II. Metodika a základní pojmy v hodnocení zdravotních rizik.....	3
III. Hodnocení nebezpečnosti	4
IV. Hodnocení expozice.....	7
V. Charakterizace rizika.....	9
VI. Analýza nejistot.....	10
VII. Závěr.....	11
VIII. Přehled použité a citované literatury	11

I. Zadání a výchozí podklady

Na základě objednávky obce Otín na okrese Žďár nad Sázavou, jako provozovatele vodovodu Otín má být zpracováno hodnocení zdravotních rizik z pitné vody tohoto veřejného vodovodu pro ukazatel hexazinon, nevyhovující hygienickému limitu, stanovenému vyhláškou č. 252/2004 Sb.¹

Hodnocení zdravotních rizik má sloužit jako jeden z podkladů žádosti o výjimku z jakosti vody v tomto ukazateli podle zákona č. 258/2000 Sb.²

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 podklady k hodnocení rizika byly poskytnuty základní údaje o vodovodu a kopie 4 protokolů rozborů vzorků vody, provedených v letech 2020–2022 akreditovanou laboratoří Zdravotního ústavu se sídlem v Ostravě.

Podle těchto podkladů jsou zdrojem vody vodovodu Otín studny S1, S2 a S3. S1 je hlavní sběrnou studní, ze které je voda čerpána na vodojem Otín 2x25 m³. Voda se upravuje odradonováním na aeračním reaktoru a desinfikuje chlornanem sodným. Z vodovodu je zásobováno cca 250 obyvatel obce Otín a místní části Pohořílky. Denní odběr vody je cca 25 m³.

Jako opatření se uvažuje úprava vody pomocí filtru s aktivním uhlím, která již byla realizována na vodojemu Geršov.

Zjištěná přítomnost hexazinonu ve vodě vodovodu Otín byla nejprve přisuzována vodě dovážené při nedostatečné kapacitě ze zdroje Geršov, pro který byl v roce 2018 povolen vyšší limit. Analýzou vzorků surové vody ze studny a vrtu vodovodu Otín v roce 2020 však byla potvrzena přítomnost hexazinonu i v těchto zdrojích.

Obsah hexazinonu v dodávané vodě vodovodem Otín je dokladován výsledky 4 rozborů za období IX. 2020 – I. 2022, ve kterých se pohyboval v rozmezí 0,1 – 0,17 µg/l s průměrnou hodnotou 0,13 µg/l. Jiné pesticidní látky ze skupiny triazinů se podle výsledků rozborů ve vodě nad mezí stanovitelnosti nevyskytují. Z ostatních pesticidních látek se v úrovni hluboko pod zdravotně bezpečnými hodnotami stanovenými MZ ČR ve vodě z vodovodu Otín vyskytují nerelevantní metabolity chloracetanilidových herbicidů alachlor ESA, metolachlor ESA, metazachlor ESA a OA a pesticidní látky chloridazon ze skupiny pyridazinonů.

¹Vyhláška 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

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

Hodnocení zdravotních rizik je zpracováno v souladu s obecnými metodickými postupy US EPA a WHO a autorizačním návodem AN 16/04 verze 5³ 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 EPA⁴ a Světovou zdravotnickou organizací – WHO⁵. 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.

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.

³Autorizační 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 hexazinonu. Aktualizovaná verze 5 byla vydána dne 16. 4. 2018.

⁴US EPA – United States Environmental Protection Agency

⁵WHO – World Health Organization

Při hodnocení rizika toxických účinků z pitné vody se jako bezpečná podprahová dávka hodnocené látky většinou používá hodnota akceptovatelného denního přívodu – ADI⁶, 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 látky 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 představuje 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 získávají podklady o závažnosti situace užitečné při rozhodování o prioritách, termínech a nákladech na opatření, popř. možnosti dočasné výjimky, jako je v tomto případě.

III. Hodnocení nebezpečnosti

Hexazinon, C₁₂H₂₀N₄O₂, CAS No: 51235-04-2

I. Použití, chování a výskyt ve vodě

Hexazinon je triazinový herbicid (3-cyklohexyl-6-dimethylamino-1-methyl-1,3,5-triazine-2,4(1H,3H)-dione). Jeho obchodní název je Velpar.

⁶ADI – 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)

Je to širokospektrý herbicid, působící inhibicí fotosyntézy, a protože je tolerován jehličnany, byl používán především proti plevelům v lesních kulturách. Byl přitom vyloučen z použití v ochranných pásmech vodních zdrojů 2. stupně a v blízkosti míst zásobovaných studniční vodou. Platnost registrace přípravku Velpar byla v ČR ukončena k 31.12.2007.

Z triazinových herbicidů je nejlépe rozpustný ve vodě. V půdě je více mobilní nežli atrazin. V experimentu probíhala degradace hexazinonu v půdě za aerobních podmínek hlavně v důsledku mikrobiální aktivity s poločasem 216 dní.

Má tendenci k vyluhování a kontaminaci povrchových i podzemních vod, ve kterých je stabilní a jen zvolna podléhá hydrolyze s dlouhým poločasem zejména v chladném prostředí. Nálezy v podzemních vodách a studnách udávají hodnoty až 0,5 µg/l. Nejvyšší koncentrace zjištěná v podzemní vodě v Kanadě byla 8,9 µg/l.

Nálezy této látky v pitné vodě v ČR nejsou výjimečné. V pitné vodě veřejných vodovodů v ČR byl podle zprávy Monitoringu HS⁷ za rok 2020 zjištěn obsah hexazinonu převyšující mez stanovitelnosti cca v 3,4% vyšetřených vzorků a 31x převýšil limit 0,1 µg/l s maximální koncentrací 0,4 µg/l. Mírnější hygienický limit pro tuto látku byl stanoven v 7 zásobovaných oblastech s počtem 1115 obyvatel. Nejvyšší hodnota povolené výjimky je 1 µg/l [1].

II. Příjem a chování v organismu

Hexazinon se po požití rychle vstřebává zažívacím traktem a je rychle a kompletně metabolizován a vyloučen, převážně močí. Metabolická transformace zahrnuje hydroxylaci, oxidaci a demetylacii za vzniku dobře rozpustných metabolitů. V menší míře může být absorbován i přes pokožku. Nepředpokládá se jeho kumulace v organismu [2].

Metabolity vznikající mikrobiálními a chemickými procesy v prostředí jsou podobné metabolitům vznikajícím v organismu a není proto pravděpodobné, že by jejich příjem vyvolával jiné účinky, nežli mateřská látka [3].

III. Toxicita

Hexazinon nepoutá větší pozornost toxikologických studií z důvodu jeho nízké toxicity a omezeného potenciálu využití [3].

Jeho toxické vlastnosti jsou však dobře známy ze sérií povinných testů na pokusných zvířatech, požadovaných při registraci pesticidních přípravků v USA. Přesný mechanismus toxického účinku hexazinonu však známý není a vzhledem k odlišnosti struktury látky se nepředpokládá jeho podobnost s mechanismem účinku ostatních triazinových pesticidů.

Vykazuje velmi nízkou perorální akutní toxicitu. Žádné účinky nebyly v experimentech zjištěny při opakované jednorázové dávce 100 mg/kg/den, orální LD₅₀ u savců je kolem 1000 mg/kg/den.

Při kontaktu koncentrovaný přípravek vyvolává výrazné dráždění očí, mírně dráždí pokožku, nepůsobí senzibilizaci [2].

V klasifikaci nebezpečnosti pesticidů WHO zařadila hexazinon podle údajů o akutní orální a dermální toxicitě do třídy II mezi látky se střední akutní toxicitou [4].

V subchronických a chronických studiích u pokusných zvířat je hlavním zjištěným účinkem pokles tělesné hmotnosti a lehké příznaky hepatotoxicity. Snížení tělesné hmotnosti bylo ve většině studií spojeno se sníženým příjmem potravy, avšak nelze zcela vyloučit i možný efekt alterace hormonálního systému.

⁷Monitoring 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 monitoringu se zabývá zdravotními důsledky a riziky znečištění pitné vody.

Dávka NOAEL z 90denní expozice u psů byla 50 mg/kg/den. Ve dvouleté chronické studii u potkanů byla zjištěna dávka NOAEL⁸ 10 mg/kg/den. V podobné studii u myší byla dávka NOAEL 35 mg/kg/den.

Projevy reprodukční a vývojové toxicity byly zjištěny až při dávkách, které již byly toxické i pro mateřská zvířata.

IV. Genotoxicita⁹ a karcinogenita

V sériích testů nebyly u hexazinonu s výjimkou jedné studie chromosomálních aberací in vitro při extrémně vysoké dávce zjištěny mutagenní účinky [3,5].

Chronické studie karcinogenity byly u hexazinonu provedeny u myší a potkanů. Jejich výsledek není jednoznačný. Studie u potkanů neprokázala karcinogenitu s výjimkou statisticky nevýznamného zvýšení incidence adenomů štítné žlázy. Studií u myší byla zjištěna zvýšená incidence tumorů jater. US EPA klasifikuje hexazinon na základě těchto studií zařazením do kategorie D mezi látky neklasifikovatelné z hlediska karcinogenity pro člověka [5].

Mezinárodní agentura WHO pro výzkum rakoviny (IARC)¹⁰ se hodnocením karcinogenity hexazinonu nezabývala.

V. Doporučený limit WHO

V doporučení WHO pro kvalitu pitné vody není hexazinon uveden. US EPA udává pro hexazinon v pitné vodě jako zdravotně bezpečnou koncentraci při celoživotním příjmu (Lifetime Health Advisory) 0,4 mg/l [8].

VI. Přijaté limity

Vyhláška MZ č.252/2004 Sb. stanoví pro jednotlivé pesticidní látky včetně herbicidů v souladu se Směrnicí EU 2020/2184¹¹ nejvyšší mezní hodnotu 0,1 µg/l a pro součet zjištěných pesticidů nejvyšší mezní hodnotu 0,5 µg/l.

Tato limitní koncentrace nevychází z hodnocení rizika konkrétních pesticidů, nýbrž z dřívějších mezí detekce analytických metod. Vyjadřuje snahu minimalizovat přítomnost pesticidů v pitné vodě jako jednoznačně cizorodých kontaminant s neúplně prozkoumaným účinkem na lidské zdraví.

VII. Limity pro krátkodobý příjem

Pro krátkodobý příjem hexazinonu pitnou vodou uvádí US EPA únosnou koncentraci ze zdravotního hlediska (Health Advisory) ve výši 3 mg/l pro jednodenní příjem a ve výši 2 mg/l pro příjem v trvání do 10 dnů [8].

Dle SZÚ Praha lze připustit pro nouzové zásobování pitnou vodou v trvání do 30 dnů u jednotlivé pesticidní látky koncentraci do 0,5 µg/l, u součtu všech zjištěných pesticidů koncentraci do 2,5 µg/l [9].

⁸NOAEL (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.

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

¹⁰IARC (International Agency for Research on Cancer) Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny se sídlem v Lyonu. Na základě dostupných poznatků z epidemiologických studií u lidí, účinků na pokusná zvířata a výsledků testů genotoxicity klasifikuje různé chemické látky do 4 skupin z hlediska průkaznosti jejich karcinogenity pro člověka.

¹³Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2020/2184 ze dne 16. 12. 2020 o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu. Limit pro pesticidní látky se v této nové směrnici proti původní směrnici z roku 1998 nezměnil.

Hexazinon – referenční hodnoty:

US EPA – referenční dávka pro orální expozici (RfDo)

US EPA uvádí v databázi IRIS¹² pro hexazinon orální referenční dávku RfD_o¹³ 0,033 mg/kg/den. Byla stanovena v roce 1987 na základě 2leté studie u potkanů, kde kritickým účinkem pro stanovení dávky NOAEL 10 mg/kg/den byl pokles tělesné hmotnosti. Při stanovení referenční dávky byl použit faktor nejistoty 300 (10x10 pro rozdíly v citlivosti mezi druhy i v rámci lidské populace a 3x pro absenci chronické studie na psech, kteří vykazovali v subakutních studiích vyšší citlivost nežli hlodavci). Této referenční hodnotě byl přisouzen střední až vysoký stupeň spolehlivosti [10].

V roce 1994 v rámci re-registrace hexazinonu Úřad pro pesticidy US EPA stanovil novou nepatrně vyšší RfD 0,05 mg/kg/den na základě roční studie u psů s dávkou NOAEL 5 mg/kg/den s použitím faktoru nejistoty 100. Kritickým účinkem, zjištěným při dávce LOAEL¹⁴ 40 mg/kg/den, byla hepatotoxicita a snížení tělesné hmotnosti [5].

Výběr referenční hodnoty a zdůvodnění:

Jako referenční hodnota pro kvantitativní hodnocení rizika toxických účinků hexazinonu z pitné vody bude použita novější referenční dávka 0,05 mg/kg/den, stanovaná v roce 1994 Úřadem pro pesticidy US EPA a akceptovaná i v posledních přezkumech registrace hexazinonu v USA a Kanadě v letech 2002 a 2007.

Populační skupiny se zvýšenou citlivostí:

Hexazinon vykazuje poměrně nízkou toxicitu bez specifických účinků. Vzhledem k vývojové a reprodukční toxicitě, byť zjištěné až při vysokých dávkách toxických i pro mateřská zvířata, je možné považovat za citlivou skupinu populace těhotné ženy, kojence a malé děti. U dětí je důvodem i relativně vyšší příjem vody ve vztahu k tělesné hmotnosti.

IV. Hodnocení expozice

Expoziční scénář: celoroční používání vody z veřejného vodovodu

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

U hexazinonu nebyl karcinogenní účinek prokázán (být jej na základě podkladů, které jsou k dispozici nelze zcela vyloučit). Poslední souhrnná hodnocení zdravotního rizika hexazinonu v rámci přezkoumání jeho registrace jako pesticidu v USA a Kanadě vycházela z toxického prahového účinku. Charakterizace rizika hexazinonu z pitné vody je proto provedena pro toxický prahový účinek s použitím referenční dávky.

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

¹²IRIS (Integrated Risk Information System) - Databáze US EPA obsahující referenční hodnoty pro toxický i karcinogenní účinek chemických látek, u kterých bylo dosaženo shody odborníků US EPA.

¹³Referenční dávka pro orální příjem (RfDo) - Průměrná denní dávka 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. Je obdobou ADI nebo TDI WHO.

¹⁴LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level) - Nejnižší dávka, při které je již pozorován nepříznivý zdravotní účinek na statisticky významné úrovni ve srovnání s kontrolní skupinou.

Z toxikologické charakteristiky hexazinonu vyplývá, že je jen slabě akutně toxický a při reálném příjmu pitnou vodou u něj nehrozí akutní toxické účinky. Je proto hodnoceno pouze riziko chronických účinků.

Vzhledem k fyzikálně-chemickým vlastnostem se expozice hexazinonu jinou cestou nežli požíváním vody, tedy např. dermální a inhalační příjem při mytí, považuje za nevýznamnou.

Za citlivou populační skupinu můžeme z důvodů popsaných v předešlých kapitolách považovat těhotné ženy, kojence a malé děti. U dospělé populace je zvýšený příjem pitné vody u kojících žen.

V rámci zásobování pitnou vodou obyvatel obce veřejným vodovodem je třeba počítat se zastoupením všech těchto citlivých populačních skupin. Výpočet denní průměrné dávky je proto dále proveden pro tyto skupiny populace:

- a) kojenci ve věku do 3 měsíců věku pro hypotetický případ používání vodovodní vody k přípravě umělé kojenecké výživy
- b) starší kojenci ve věku 3-12 měsíců, kde je použití vodovodní vody již pravděpodobnější
- c) děti ve věku 1-3 roky se stále relativně vysokým příjmem vody
- d) dospělá populace se zaměřením na těhotné ženy a na kojící ženy s vyšším příjmem vody

Pro výpočet průměrné 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

Hodnocení rizika chronických účinků je podle autorizačního návodu AN 16/04 verze 5 [13] doporučeno provést jak pro maximální koncentraci, do které je žádáno o výjimku, tak i pro skutečnou průměrnou koncentraci za poslední 3 roky, pokud se od maximální koncentrace významně liší a časový vývoj koncentrace hodnoceného polutantu nemá rostoucí tendenci. U hodnoceného vodovodu jsou v posledních 3 letech dokladovány stabilní hodnoty obsahu hexazinonu v úzkém rozmezí hodnot, bylo by tedy možné použít průměrnou koncentraci. Vzhledem k nízkým hodnotám v poměru k referenční dávce by to však závěr hodnocení neovlivnilo, a proto je i při vědomém nadhodnocení výpočet průměrné denní dávky z pitné vody proveden pro maximální koncentraci 0,3 µg/l, pro kterou by bylo podle výsledků vhodné podat žádost o určení mírnějšího limitu.

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.

US EPA vydala v roce 2011 novou příručku expozičních faktorů včetně hodnot příjmu vody a tělesných hmotností [14]. Z tohoto novějšího podkladu jsou převzaty hodnoty spotřeby vody u kojenců (95percentil), které jsou vyšší, nežli hodnoty doposud doporučené a používané.

V roce 2019 US EPA aktualizovala tuto příručku v kapitole doporučených hodnot příjmu vody [15]. Z tohoto nejnovějšího podkladu jsou převzaty hodnoty spotřeby vody těhotných a kojících ženy (95percentil).

Průměrná tělesná hmotnost u dětí byla stanovena z výsledků posledního celostátního antropologického výzkumu dětí a mládeže v ČR [16]. Byl použit aritmetický průměr zjištěných hodnot za dané věkové období a byly zprůměrovány hodnoty pro chlapce a dívky. Průměrná tělesná hmotnost u těhotných a kojících žen byla převzata z příručky US EPA 2011.

Konkrétní expoziční parametry jsou uvedeny v tabulce č. 1, výsledné hodnoty průměrné denní dávky z pitné vody jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Tab. 1 – Použité expoziční parametry:	
<i>CW (průměrná koncentrace hexazinonu ve vodě)</i>	0,3 µg/l
<i>IR (množství požití vody) – kojeneček do 3 měsíců</i>	1 l/den
<i>IR – kojeneček 3–12 měsíců</i>	1,1 l/den
<i>IR – dítě 1–3,99 roky</i>	0,95 l/den
<i>IR – těhotné ženy</i>	2,9 l/den
<i>IR – kojící ženy</i>	3,1 l/den
<i>BW (tělesná hmotnost) – kojeneček do 3 měsíců</i>	4,60 kg
<i>BW – kojeneček 3–12 měsíců</i>	8,15 kg
<i>BW – dítě 1–3,99 roky</i>	13,75 kg
<i>BW – těhotné ženy</i>	75 kg
<i>BW – kojící ženy</i>	67 kg
<i>EF (frekvence expozice)</i>	350 dní/rok*
<i>EF – kojenci</i>	365 dní/rok
<i>ED (trvání expozice) – nekarcinogenní riziko</i>	1 rok**
<i>AT (průměrná doba expozice) – nekarcinogenní riziko</i>	365 dní (365x1)

* předpokládá se 15denní pobyt v roce mimo bydliště

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

Tab. 2 – Průměrná denní dávka hexazinonu z pitné vody (µg/kg/den)	
<i>Věková skupina</i>	<i>CW 0,3 µg/l</i>
<i>Kojenci do 3 měsíců</i>	0,065
<i>Kojenci 3-12 měsíců</i>	0,040
<i>Děti 1-3,99 roky</i>	0,020
<i>Těhotné ženy</i>	0,011
<i>Kojící ženy</i>	0,013

V. Charakterizace rizika

Ke kvantitativnímu vyjádření míry zdravotního rizika toxického nekarcinogenního 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.

Možnost aditivního působení se u pesticidních látek předpokládá u skupin látek s podobnou chemickou strukturou nebo shodnými cílovými orgány toxického působení. U hexazinonu se vzhledem k odlišnosti chemické struktury podobnost s mechanismem účinku ostatních triazinových pesticidů nepředpokládá. Kromě toho jejich přítomnost ve vodě hodnoceného vodovodu nad mezí stanovitelnosti nebyla zjištěna. Specifické toxické účinky na cílové orgány též u hexazinonu nejsou známy.

Při důvodech ke konzervativnímu přístupu k hodnocení rizika doporučuje US EPA jako hraniční hodnotu HQ 0,5. U hexazinonu je teoreticky možné za tyto důvody považovat absenci toxikologického hodnocení evropskými vědeckými institucemi.

Pro výpočet koeficientu nebezpečnosti nepříznivých účinků hexazinonu z pitné vody je použita referenční dávka 50 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{den}$, odvozená Úřadem pro pesticidy US EPA v roce 1994, ze které vycházejí i pozdější hodnocení zdravotního rizika hexazinonu v USA a Kanadě. Použití této referenční hodnoty je k hodnocení zdravotního rizika hexazinonu z pitné vody doporučené i v současné verzi autorizačního návodu SZÚ AN 16/04.

Výsledné hodnoty koeficientu nebezpečnosti pro riziko toxických účinků hexazinonu v pitné vodě hodnoceného vodovodu jsou uvedeny v tabulce č. 3.

<i>Tab. 3 – Riziko toxických účinků hexazinonu z pitné vody (HQ)</i>	
<i>Věková skupina</i>	<i>Průměrná koncentrace 0,3 $\mu\text{g}/\text{l}$</i>
<i>Kojenci do 3 měsíců</i>	<i>0,0013</i>
<i>Kojenci 3-12 měsíců</i>	<i>0,0008</i>
<i>Děti 1-3,99 roky</i>	<i>0,0004</i>
<i>Těhotné ženy</i>	<i>0,0002</i>
<i>Kojící ženy</i>	<i>0,0003</i>

Vypočtené hodnoty koeficientu nebezpečnosti hexazinonu z pitné vody dokladují, že ani trvalá kontaminace vody v úrovni koncentrace 0,3 $\mu\text{g}/\text{l}$, do které má být podána žádost prodloužení výjimky, by nepředstavovala riziko toxických účinků pro zásobované obyvatelé včetně nejcitlivějších skupin populace.

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 spojené a kterých si je zpracovatel vědomý.

V daném případě je jistá míra nejistoty daná jak výchozími daty o obsahu hodnocené látky ve vodě a o skutečné úrovni expozice, tak i úrovni znalostí o působení triazinových pesticidů na lidské zdraví. Jde zejména o tyto oblasti:

1. Použité expoziční parametry

Při hodnocení expozice je vždy zdrojem určité nejistoty další vývoj kvality vody. V daném případě jsou však k dispozici výsledky sledování za dostatečně dlouhé období, které potvrzují stabilní úroveň kontaminace.

Proto byla k výpočtu průměrné denní dávky použita maximální koncentrace, do které bude žádáno o prodloužení výjimky, což poskytuje rezervu pro případ dalšího zvýšení kontaminace vody. Vzhledem k již déle než 10 let trvajícím zákazům používání hexazinonu by však k dalšímu významnějšímu zvyšování obsahu látky ve vodě nemělo docházet, pokud je ovšem v lokalitě vodního zdroje tento zákaz respektován.

Hodnocení expozice bylo zaměřeno na rizikové skupiny populace. Použité expoziční parametry odpovídají standardnímu postupu při hodnocení expozice z pitné vody, kdy ovšem nevyhnutelným zdrojem nejistoty při odhadu expozice jsou údaje o skutečné spotřebě pitné vody z vodovodu. Byly zde použity hodnoty představující 90 až 95percentil pravděpodobného rozmezí u průměrné populace dané věkové skupiny.

Skutečná spotřeba vody z vodovodu k pití je tedy v průměru nižší, je však třeba si uvědomit, že vyhodnocená míra rizika by měla zohledňovat reálně možný nejhorší případ, tedy osobu, která si nekupuje ve větší míře jiné nápoje a pro kterého je hlavním zdrojem tekutin tato voda. Použitý údaj o frekvenci expozice předpokládá pobyt pouze 15 dní v roce mimo bydliště, skutečnost může být vyšší. U tělesné hmotnosti byly použity průměrné hodnoty pro dané věkové skupiny.

Hlavní cestou expozice běžné populace pesticidním látkám jsou potraviny a ADI platí pro celkový dietární příjem. Rezidua herbicidů se však až na výjimky v potravinách nacházejí minimálně. Navíc se v daném případě jedná o látku, jejíž používání je v ČR již dlouhodobě zakázáno. Hodnocení rizika proto bylo provedeno pouze pro expozici z pitné vody a dietární příjem reziduí z potravin nebyl uvažován.

2. Použité referenční hodnoty

Pro kvantitativní charakterizaci rizika hexazinonu byla použita novější referenční dávka odvozená Úřadem pro pesticidy US EPA v roce 1994, ze které vycházejí i pozdější publikovaná hodnocení zdravotního rizika hexazinonu v rámci přezkoumání jeho registrace v USA a Kanadě. WHO ani jiné evropské vědecké instituce se cíleně hexazinonem z hlediska potenciálního zdravotního rizika pro obyvatelstvo nezabývaly, respektive v odborné literatuře nebyly na toto téma nalezeny žádné publikace.

Určitou nejistotou je v rámci charakterizace rizika neuzavřená otázka karcinogenního potenciálu hexazinonu pro člověka.

VII. Závěr

Z provedeného hodnocení zdravotního rizika pesticidní látky hexazinon z pitné vody vodovodu Otín vyplývá tento závěr:

Obsah hexazinonu v dodávané pitné vodě nepředstavuje riziko známých nepříznivých účinků na zdraví zasobovaných obyvatel včetně citlivých populačních skupin. Tento závěr platí minimálně do průměrné koncentrace hexazinonu 0,3 µg/l.

Uvedený závěr je platný za předpokladu platnosti poskytnutých výchozích podkladů.

VIII. Přehled použité a citované literatury

1. *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 2020*
2. *Syracuse Environmental Research Associates, Inc. (SERA): Hexazinone – Human Health and Ecological Risk Assessment – Final Report, 2005*
3. *Frank N.: Risks to Workers using Hexazinone Formulations, Forest Practices Branch BC Ministry of Forests, 2003*

4. WHO/IPCS: *The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification 2019*, WHO 2020
5. US EPA: *Reregistration Eligibility Decision (RED) Hexazinone*, 1994
6. Kenedy G.L., Kaplan A.M.: *Chronic toxicity, reproductive, and teratogenic studies of hexazinone*, *Fundamental and Applied Toxicology*, 1984, 4(6):960-971
7. HSDB: *Hexazinone, Toxicity Summary*
8. US EPA: *2018 Edition of the Drinking Water Regulations and Health Advisories*, US EPA Office of Water, 2018
9. SZÚ Praha: *Nouzové zásobování pitnou vodou (metodické doporučení SZÚ – Národního referenčního centra pro pitnou vodu)*, 2018
10. US EPA: *Data base IRIS (Integrated Risk Information System), Hexazinone*, US EPA, 1987
11. Health Canada: *Re-evaluation Decision, Hexazinone*, 2008
12. Health Canada: *Special Review of Hexazinone: Proposed Decision for Consultation*, 2017
13. SZÚ Praha: *Autorizační návod AN 16/04 VERZE 5, Autorizační návod k hodnocení zdravotního rizika expozice chemickým látkám v pitné vodě*, 2018
14. US EPA: *Exposure Factors Handbook*, US EPA 2011
15. US EPA: *Update for Chapter 3 of the Exposure Factors Handbook, Ingestion of Water and Other Selected Liquids*, US EPA, 2019
16. Bláha, P. a kol.: *6. celostátní antropologický výzkum dětí a mládeže 2001*, SZÚ, Praha, 2005, ISBN 80-7071-251-1.

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

Ve Svitavách 21.1.2022

MUDr. Bohumil Havel



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 5.4.2026)