



## S M E R N I C A

### Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky z 28. januára 2015 č. 1/2015 – 7.

#### na vypracovanie analýzy rizika znečisteného územia

Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky (ďalej len „ministerstvo“) podľa ustanovenia § 36 ods. 1 písm. a) zákona č. 569/2007 Z. z. o geologických prácach (geologický zákon) v znení neskorších predpisov (ďalej len „zákon č. 569/2007 Z. z.“) vydáva túto smernicu

#### Čl. 1

##### Všeobecné ustanovenia

- (1) Smernica ustanovuje všeobecné princípy analýzy rizika znečisteného územia a ďalej základný obsah a formu analýzy rizika znečisteného územia tak, aby bol zabezpečený jednotný charakter ich spracovania.
- (2) Smernica je určená pre zodpovedných riešiteľov geologických úloh,<sup>1)</sup> ktorí analýzu rizika znečisteného územia vypracúvajú a pre všetky subjekty, ktoré analýzu rizika znečisteného územia využívajú, ako napr.
  - a) orgány štátnej správy a organizácie v ich pôsobnosti,
  - b) osoby zodpovedné za odstraňovanie environmentálnej záťaže<sup>2)</sup> alebo za odstraňovanie znečistenia spôsobeného súčasťou prevádzkou podniku alebo haváriou<sup>3)</sup> (mimoriadne zhoršenie kvality vôd alebo mimoriadne ohrozenie kvality vôd).<sup>4)</sup>
- (3) Smernica upravuje postup pri
  - a) hodnotení doplňujúcich údajov o skúmanom území,
  - b) identifikácii rizika,
  - c) hodnotení environmentálnych rizík,
  - d) hodnotení zdravotných rizík,
  - e) stanovení cieľov sanácie geologického prostredia alebo sanácie environmentálnej záťaže,

---

<sup>1)</sup> § 9 ods. 1 písm. c) zákona č. 569/2007 Z. z.

<sup>2)</sup> § 1 písm. c) zákona č. 409/2011 Z. z. o niektorých opatreniach na úseku environmentálnej záťaže a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

<sup>3)</sup> Havárie malého rozsahu, pri ktorých je možné kontaminant z horninového prostredia alebo podzemnej vody úplne odstrániť, je potrebné riešiť úplným odstránením kontaminantu v čo najkratšom čase, bez hodnotenia rizík.

<sup>4)</sup> § 41 ods. 1 zákona č. 364/2004 Z. z. o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon) v znení neskorších predpisov.

- f) navrhovaní a hodnotení variantov sanácie geologického prostredia alebo sanácie environmentálnej záťaže, vrátane odhadu potrebných finančných nákladov.

## Čl. 2

### Základné pojmy

#### Základné pojmy a ustanovenia zavedené v právnom poriadku Slovenskej republiky

- (1) Environmentálnou škodou na účely zákona č. 359/2007 Z. z. o prevencii a náprave environmentálnych škôd a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov (ďalej len „zákon č. 359/2007 Z. z.“) sa rozumie škoda na
1. chránených druhoch a chránených biotopoch, ktorá má závažné nepriaznivé účinky na dosahovanie alebo udržiavanie priaznivého stavu ochrany chránených druhov a chránených biotopov s výnimkou už skôr identifikovaných nepriaznivých účinkov vzniknutých následkom konania prevádzkovateľa, na ktoré bol výslovne oprávnený v súlade s osobitným predpisom,<sup>5)</sup>
  2. vode, ktorá má závažné nepriaznivé účinky na ekologický, chemický alebo kvantitatívny stav vôd alebo na ekologický potenciál vôd s výnimkou nepriaznivých účinkov ustanovených v osobitnom predpise,<sup>6)</sup> alebo
  3. pôde spočívajúca v znečistení pôdy predstavujúcom závažné riziko nepriaznivých účinkov na zdravie v dôsledku priameho alebo nepriameho zavedenia látok, prípravkov, organizmov alebo mikroorganizmov na pôdu, do pôdy alebo pod jej povrch (§ 2 ods. 1 písm. a) zákona č. 359/2007 Z. z., § 8 zákona č. 220/2004 Z. z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z. z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia v znení neskorších predpisov (ďalej len „zákon č. 220/2004 Z. z.“)).
- Environmentálna škoda na pôde sa zisťuje vykonaním analýzy rizík nepriaznivých účinkov znečistenia pôdy na zdravie v dôsledku priameho alebo nepriameho zavedenia látok, zmesí, organizmov alebo mikroorganizmov na pôdu, do pôdy alebo pod jej povrch (ďalej len „analýza rizík“); ak vznikne environmentálna škoda na poľnohospodárskej pôde, použijú sa pri analýze rizík aj ustanovenia osobitného predpisu (§ 10 ods. 1 zákona č. 359/2007 Z. z.).
- (2) Environmentálna záťaž je znečistenie územia spôsobené činnosťou človeka, ktoré predstavuje závažné riziko pre ľudské zdravie alebo horninové prostredie, podzemnú vodu a pôdu s výnimkou environmentálnej škody (§ 3 písm. s) zákona č. 569/2007 Z. z.).
- (3) Geologickým prieskumom životného prostredia sa zisťujú a overujú
1. geologické činitele ovplyvňujúce toto prostredie vrátane zisťovania znečistenia spôsobeného činnosťou človeka v horninovom prostredí, podzemnej vode a pôde a navrhujú sa sanačné opatrenia, alebo
  2. pravdepodobné environmentálne záťaže alebo environmentálne záťaže, vyhodnocujú sa súčasne a potenciálne riziká environmentálnej záťaže s ohľadom na súčasné a budúce využitie územia a navrhujú sa sanačné opatrenia, alebo
  3. geologické podmienky na zriaďovanie a prevádzku úložísk rádioaktívnych odpadov a iných odpadov v podzemných priestoroch (§ 3 písm. d) zákona č. 569/2007 Z. z.).
- (4) Identifikácia environmentálnej záťaže je súbor činností, ktorých výsledkom je rozpoznanie environmentálnej záťaže. Súčasťou identifikácie environmentálnej záťaže je jej klasifikácia a vyplnenie registračného listu environmentálnej záťaže (§ 2 ods. 1

---

<sup>5)</sup> § 12 písm. g), § 13 ods. 2 písm. a), § 14 ods. 2 písm. a), § 15 ods. 2 písm. a) a c), § 16 ods. 2, § 28, 28a, 40 a 67 písm. i) zákona č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny v znení neskorších predpisov.

<sup>6)</sup> § 16 ods. 5 zákona č. 364/2004 Z. z.

zákona č. 409/2011 Z. z. o niektorých opatreniach na úseku environmentálnej záťaže a o zmene a doplnení niektorých zákonov (ďalej len „zákon č. 409/2011 Z. z.“).

- (5) Klasifikácia environmentálnej záťaže je hodnotenie rizika environmentálnej záťaže, určovanie poradia environmentálnych záťaží z hľadiska ich predpokladaného rizika a z neho vyplývajúcej naliehavosti realizácie geologických prác (§ 2 ods. 2 zákona č. 409/2011 Z. z.).
- (6) Mimoriadne zhoršenie kvality vôd alebo mimoriadne ohrozenie kvality vôd (ďalej len „mimoriadne zhoršenie vôd“) je podľa § 41 ods. 1 zákona č. 364/2004 Z. z. o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon) v znení neskorších predpisov (ďalej len „zákon č. 364/2004 Z. z.“) náhle, nepredvídané a závažné zhoršenie alebo závažné ohrozenie kvality vôd spôsobené vypúšťaním odpadových vôd bez povolenia alebo v rozpore s ním, alebo spôsobené neovládateľným únikom škodlivých látok a obzvlášť škodlivých látok, ktoré sa prejavujú najmä zafarbením alebo zápachom vody, tukovým povlakom, vytváraním peny, výskytom uhynutých rýb na hladine vody alebo výskytom škodlivých látok a obzvlášť škodlivých látok v prostredí súvisiacom s povrchovou vodou alebo podzemnou vodou.
- Ak zistené úniky spôsobujú ohrozenie vôd, ten, kto zaobchádza s nebezpečnými látkami, je povinný vykonať tieto opatrenia
- vyhodnotiť rozsah znečistenia,
  - pravidelne sledovať koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemných vodách a výsledky nahlasovať každoročne orgánu štátnej vodnej správy a na požiadanie aj poverenej osobe,
  - vypracovať rizikovú analýzu, ak sa zistí riziko ohrozenia stavu vôd a stúpajúce trendy znečisťujúcich látok v podzemných vodách,
  - vykonať opatrenia na nápravu, ak sa rizikovou analýzou preukáže riziko ohrozenia ľudského zdravia alebo životného prostredia (§ 39 ods. 3 zákona č. 364/2004 Z. z.).
- (7) Monitorovanie životného prostredia.<sup>7)</sup>
- Monitorovanie geologických faktorov životného prostredia je priebežné systematické pozorovanie a vyhodnocovanie javov a parametrov v presne definovaných priestorových podmienkach a časových intervaloch; slúži na objektívne poznanie charakteristík geologického prostredia a hodnotenia jeho zmien v sledovanom priestore a sleduje sa ním vplyv činností a stavieb na geologické prostredie alebo vplyv geologického prostredia na životné prostredie, stavby a činnosti (§ 3 písm. i) zákona č. 569/2007 Z. z.).
  - Hodnotenie chemického stavu podzemných vôd je vyjadrením miery ovplyvnenia kvality vôd znečisťujúcimi látkami (§ 4c ods. 8 zákona č. 364/2004 Z. z.). Ak je potrebné zhodnotiť vplyv existujúcich kontaminačných mrakov útvarov podzemných vôd, ktoré môžu ohrozovať dosiahnutie environmentálnych cieľov, najmä mrakov, ktoré sú spôsobené bodovými zdrojmi znečistenia a kontaminovanou zemínou, je potrebné dodatočne vykonať hodnotenie trendov na identifikované znečisťujúce látky s cieľom overiť, či sa mraky znečistenia zo znečistených miest nešíria, nezhoršujú chemický stav útvarov podzemných vôd alebo skupiny útvarov podzemných vôd a či nespôsobujú riziko pre ľudské zdravie a pre životné prostredie. Výsledky týchto hodnotení zahrnúť do plánov manažmentu povodí (§ 4c ods. 23 zákona č. 364/2004 Z. z.).

---

<sup>7)</sup> Pre účely tejto smenice je monitorovanie životného prostredia zamerané na jeho tri zložky, t. j. podzemnú vodu/povrchovú vodu, pôdu/pôdny vzduch a horninové prostredie, vrátane vyprchávania znečisťujúcich látok do ovzdušia.

- c) Hodnotenie kvality ovzdušia v pracovnom ovzduší - hodnotenie kvality ovzdušia a požiadavky na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou chemickým faktorom definujú § 3 (najvyššie možné expozičné limity a biologické medzné hodnoty), § 4 (posudzovanie rizika), § 5 (všeobecné zásady prevencie rizika), § 6 (špecifické ochranné a preventívne opatrenia) a § 7 (opatrenia pri haváriách a mimoriadnych situáciách) nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 355/2006 Z. z. o ochrane zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou chemickým faktorom pri práci v znení neskorších predpisov (ďalej len „nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 355/2006 Z. z.“). V prílohe č. 1 nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 355/2006 Z. z. sú uvedené najvyššie prípustné expozičné limity chemických faktorov v pracovnom ovzduší.
- (8) Nebezpečnou látkou je látka alebo skupina látok, ktoré sú toxické, perzistentné a schopné bioakumulácie, a iné látky alebo skupiny látok, ktoré vyvolávajú rovnakú úroveň obavy ako látky, ktoré sú toxické, perzistentné a schopné bioakumulácie (§ 2 písm. z) zákona č. 364/2004 Z. z.).
- (9) Podzemné vody sú všetky vody nachádzajúce sa pod povrchom zeme v pásme nasýtenia a v bezprostrednom kontakte s pôdou alebo s pôdnym podložím vrátane podzemných vôd slúžiacich ako médium na akumuláciu, transport a exploatáciu zemského tepla z horninového prostredia (geotermálna voda). Podzemnými vodami zostávajú podzemné vody aj po ich odkrytí prirodzeným prepadom ich nadložia, banskou činnosťou, činnosťou vykonávanou banským spôsobom alebo vykonaním inej obdobnej činnosti (zákon č. 364/2004 Z. z.).
- (10) Pôvodca environmentálnej záťaže je každý, kto svojou činnosťou spôsobil environmentálnu záťaž okrem prípadov, ak
- a) sa štát zaviazal sanovať environmentálnu záťaž na základe zmluvy uzatvorenej pred účinnosťou tohto zákona, alebo
- b) environmentálna záťaž vznikla v dôsledku ukladania odpadov, ktoré bolo v súlade s právoplatným povolením (§ 3 ods. 1 zákona č. 409/2011 Z. z.).
- (11) Pôvodca poškodenia vôd je ten, kto spôsobí poškodenie povrchových vôd alebo podzemných vôd, alebo prostredia s nimi súvisiaceho (§ 42 ods. 1 zákona č. 364/2004 Z. z.).
- (12) Pravdepodobná environmentálna záťaž je stav územia, kde sa dôvodne predpokladá prítomnosť environmentálnej záťaže (§ 3 písm. t) zákona č. 569/2007 Z. z.).
- (13) Prioritnou látkou je látka vybraná zo znečisťujúcich látok alebo zo skupiny znečisťujúcich látok uvedená v zozname III. prílohy č. 1 zákona č. 364/2004 Z. z., ktorá predstavuje významné riziko pre vodné prostredie alebo prostredníctvom vodného prostredia; medzi takéto látky patria prioritné nebezpečné látky, ktoré sú toxické, perzistentné a schopné bioakumulácie (§ 2 písm. y) zákona č. 364/2004 Z. z.).
- (14) Sanácia geologického prostredia sú práce vykonávané v horninovom prostredí, podzemnej vode a pôde, ktoré zahŕňajú špeciálne technologické postupy zamerané na odstránenie, zníženie alebo izoláciu vplyvov ľudskej činnosti a geodynamických javov na životné prostredie (§ 3 písm. m) zákona č. 569/2007 Z. z.).
- (15) Sanácia environmentálnej záťaže<sup>8)</sup> sú práce vykonávané v horninovom prostredí, podzemnej vode a pôde, ktorých cieľom je odstrániť, znížiť alebo obmedziť kontamináciu na úroveň akceptovateľného rizika s ohľadom na súčasné a budúce využitie územia (§ 3 písm. r) zákona č. 569/2007 Z. z.).
- (16) Škodlivou látkou a obzvlášť škodlivou látkou sú látky zo skupiny látok alebo látok im príbuzných, ktoré môžu ohroziť kvalitu alebo zdravotnú bezchybnosť vôd; zoznam

---

<sup>8)</sup> Sanácia environmentálnej záťaže (podľa zákona č. 569/2007 Z. z.) je jedným z opatrení definovaných vo Vodnom pláne Slovenska (kapitola 8.5 Kvalita podzemných vôd) ako doplnkové opatrenie na redukovanie znečistenia podzemných vôd pesticídnymi a ostatnými chemickými látkami.

škodlivých látok a obzvlášť škodlivých látok je uvedený v prílohe č. 1 zákona č. 364/2004 Z. z. (§ 2 písm. x) zákona č. 364/2004 Z. z.).

- (17) Záverečná správa z geologickej úlohy, pri ktorej riešení sa zistilo a overilo závažné znečistenie územia spôsobené činnosťou človeka, musí obsahovať ako samostatnú časť analýzu rizika znečisteného územia (§ 16 ods. 6 zákona č. 569/2007 Z. z.).

### **Základné pojmy definované pre účely tejto smernice, pričom nie sú dotknuté iné záujmy definované platnými osobitnými predpismi pre oblasť životného prostredia**

- (18) Analýza rizika znečisteného územia je proces zahrňujúci popis a zhodnotenie východiskových podmienok na znečistenom území, vyhodnotenie súčasných a potenciálnych rizík s ohľadom na súčasné a budúce využitie územia a navrhnutie variantov nápravných opatrení.
- (19) Biologická kontaktná zóna (1,5 až 2 m pod povrchom terénu) je vrchná časť horninového prostredia, t. j. tá časť horninového prostredia, s ktorou prichádzajú do styku živé organizmy.
- (20) Cieľová hodnota sanácie znečisteného územia je koncentrácia znečisťujúcich látok pre jednotlivé dominantne nebezpečné a škodlivé znečisťujúce látky v jednotlivých zložkách životného prostredia, ktorá je odporúčaná na základe hodnotenia rizika s ohľadom na existujúce a potenciálne využitie územia. Táto hodnota musí zaručovať ochranu zdravia človeka a životného prostredia.
- (21) Expozičná cesta je dráha, ktorú prejde znečisťujúca látka od zdroja znečistenia k cieľovému (konečnému) receptoru/organizmu, t. j. sled procesov, v dôsledku ktorých znečisťujúca látka prenikne cez zložky životného prostredia k receptoru.
- (22) Expozičný scenár je vyjadrením súboru faktov, predpokladov a záverov o tom, ako k expozícii dochádza.
- (23) Horninové prostredie je súbor všetkých hornín predmetnej časti zemskej kôry vrátane antropogénnych sedimentov.
- (24) Indikačné kritérium (ID) je hraničná hodnota koncentrácie znečisťujúcej látky stanovenej pre pôdu, horninové prostredie a podzemnú vodu, ktorej prekročenie môže ohroziť ľudské zdravie a životné prostredie, tzn. táto situácia vyžaduje monitorovanie znečisteného územia.
- (25) Intervenčné kritérium (IT) je kritická hodnota koncentrácie znečisťujúcej látky stanovenej pre pôdu, horninové prostredie a podzemnú vodu, ktorej prekročenie pri danom spôsobe využitia územia predpokladá vysokú pravdepodobnosť ohrozenia ľudského zdravia a životného prostredia, tzn. je nutné vykonať podrobný geologický prieskum životného prostredia s analýzou rizika znečisteného územia.
- (26) Inhibičná koncentrácia je koncentrácia látky, ktorá spôsobí 25%-nú inhibíciu rastu alebo rastovej rýchlosti riasových kultúr (IC25).
- (27) Kritérium kvality pre podzemné vody je koncentrácia kontaminantu v podzemnej vode, ktorá nepredstavuje obmedzenie v súčasnom využívaní podzemnej vody v danom území a je v súlade s požiadavkami na environmentálne ciele pre daný útvar podzemných a/alebo povrchových vôd.<sup>9)</sup> Kritérium kvality sa určuje pre každé referenčné miesto zvlášť, vždy s ohľadom na najcitlivejší z receptorov.

---

<sup>9)</sup> Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva, životného prostredia a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky č. 418/2010 Z. z. o vykonaní niektorých ustanovení vodného zákona, nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 269/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd v znení nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 398/2012 Z. z., nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 282/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú prahové hodnoty a zoznam útvarov podzemných vôd, nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 416/2011 Z. z. o hodnotení chemického stavu podzemných vôd.

- (28) Letálna koncentrácia, t. j. koncentrácia danej látky, pri ktorej za podmienok pokusu uhynie 50 % testovaných organizmov (LC50).
- (29) Materiálová bilancia znečisteného územia je kvantitatívne vyhodnotenie množstva znečisteného horninového prostredia, pôdy a podzemnej vody a množstva znečisťujúcich látok (kilogramy, tony). Vypracováva sa na základe výsledkov prieskumných prác alebo informácií o množstve uniknutých znečisťujúcich látok do životného prostredia.
- (30) Nebezpečná koncentrácia je koncentrácia určitej látky, pri ktorej dochádza k štatisticky významnému ovplyvneniu mortality, vitality a iných vlastností testovaných organizmov (HC). Koncentrácia HC50, predstavuje 50%-nú ochranu všetkých druhov organizmov v príslušnom ekosystéme, tzn. ide o limitnú koncentráciu látky, ktorá predstavuje závažné riziko pre príslušný ekosystém.
- (31) Pásmo nasýtenia je časť horninového prostredia, v ktorej sú všetky póry celkom vyplnené vodou. Tvorí ho zvodeň (jednotná a súvislá akumulácia podzemnej vody v hornine) a nasýtená časť kapilárnej obruby (časť horninového prostredia tesne nad hladinou podzemnej vody).
- (32) Pásmo prevzdušnenia je časť pôdneho alebo horninového prostredia, v ktorej je časť pórov vyplnená vzduchom. Leží medzi povrchom terénu a pásmom nasýtenia.
- (33) Pôda je podľa zákona č. 220/2004 Z. z. prírodný útvar, ktorý vzniká bezprostredne na zemskom povrchu ako produkt vzájomného pôsobenia klimatických podmienok, organizmov, človeka, reliéfu a materských hornín. Predmetom tejto smernice nie je riešenie znečistenia poľnohospodárskej pôdy pokiaľ nie je súčasťou environmentálnej záťaže, alebo znečistenia klasifikovaného ako environmentálna škoda.
- (34) Receptorom znečistenia môžu byť abiotické a biotické zložky životného prostredia vrátane človeka, ktoré môžu byť znečistením ohrozené (napr. vodárenské zdroje, rastliny a poľnohospodárske plodiny, ľudia a živočíchy v okolí znečisteného územia).
- (35) Recipientom znečistenia je vodný útvar (povrchová voda, podzemná voda), do ktorého znečistenie preniká.
- (36) Referenčný čas je taký čas transportu znečistenia podzemnou vodou, pri ktorom sa v referenčnom mieste nachádza alebo bude nachádzať najvyššia možná koncentrácia znečistenia spôsobená jednorazovým, viacrazovým zdrojom znečistenia alebo trvalým zdrojom znečisťovania podzemnej vody.
- (37) Referenčné miesto<sup>10)</sup> je miesto v určitej vzdialenosti od zdroja znečistenia alebo zdroja znečisťovania v smere šírenia sa znečistenia, v ktorom sa porovnáva súčasná alebo budúca najvyššia možná koncentrácia znečistenia v podzemnej vode s kritériom kvality podzemnej vody. V prípade, že sa receptor znečistenia nachádza vo vzdialenosti väčšej ako 100 m od zdroja znečistenia/znečisťovania podzemnej vody, referenčné miesto sa konvenčne určuje do vzdialenosti 100 m od zdroja znečistenia/znečisťovania podzemnej vody, resp. od okraja rozšírenia voľnej fázy uhlíkovodíkov.
- (38) Sanácia znečisteného územia je spoločný pojem zavedený pre účely tejto smernice, zahŕňa pojmy definované v geologickom zákone, t. j. sanáciu environmentálnej záťaže a sanáciu geologického prostredia, zameranú na odstránenie znečistenia spôsobeného činnosťou človeka.
- (39) Skúmané územie je územie, na ktorom sa nachádza jedno alebo viac znečistených území. Rozsah skúmaného územia sa stanoví s prihliadnutím na možný dosah prejavov znečistenia.

---

<sup>10)</sup> Referenčné miesto sa nachádza vždy vo zvodnenej vrstve, určuje sa v mieste receptora (prijímateľa) znečistenia, ktorým je: hranica hodnoteného areálu a vodné zdroje, vodné plochy, toky a ich ochranné pásma, ktoré zvyčajne bývajú: prameň, domová studňa, ochranné pásmo vodárenského zdroja, vodárenský zdroj, drenážne zachycovadlá, potok, rieka, jazero, rybník, pestovateľské plochy potravinových komodít a pod. Pre jeden zdroj znečistenia môže byť určených viac referenčných miest (príloha č. 6c).

- (40) Situačný model lokality je ideový model, v ktorom sa definujú najdôležitejšie transportné cesty (expozičné cesty), pre ktoré je nutné vypracovať relevantné expozičné scenáre potenciálne ohrozených receptorov.
- (41) Za environmentálne riziko sa považuje prítomnosť znečisťujúcej látky v geologickom prostredí v koncentrácii (nameranej alebo vypočítanej), pri ktorej pravdepodobne dôjde k prejavom neprijateľných vplyvov znečistenia na životné prostredie.
- (42) Zdravotné riziko predstavuje pravdepodobnosť poškodenia zdravia, vzniku choroby alebo smrti človeka ako dôsledok vplyvu znečisťujúcej látky (dôsledok expozície rizikovým faktorom) vyskytujúcej sa v životnom prostredí.
- (43) Zdroj znečistenia je zdroj, ktorý spôsobil znečistenie horninového prostredia, pôdy a podzemnej vody/povrchovej vody, pričom jeho doba pôsobenia je už ukončená.
- (44) Zdroj znečisťovania je aktívny zdroj, ktorý trvalo uvoľňuje znečistenie do horninového prostredia, pôdy a podzemnej vody/povrchovej vody (napr. existujúce, stále funkčné výrobné prevádzky).
- (45) Znečistené územie<sup>11)</sup> znamená priestor (horninové prostredie, podzemná voda, pôdny vzduch, kontaminačný mrak<sup>12)</sup>), v ktorom sú prítomné nebezpečné látky a škodlivé látky v dôsledku ľudského zásahu.

### Čl. 3

#### Predmet analýzy rizika znečisteného územia

- (1) Predmetom analýzy rizika je znečistenie v
- horninovom prostredí,
  - pôde a pôdnom vzduchu,
  - podzemnej vode,
- ktoré môže predstavovať závažné ohrozenie zdravia človeka a životného prostredia.
- (2) Analýza rizika znečisteného územia je založená na princípoch opatrnosti, t. j. pri posudzovaní rizika, vyplývajúceho z prítomného znečistenia na zdravie človeka a životné prostredie, sa z možných expozičných scenárov vyberá a hodnotí ten najmenej priaznivý.
- (3) Analýza rizika znečisteného územia vyhodnocuje konkrétne okolnosti, pričom vychádza z informácií o
- histórii lokality (pravdepodobné obdobie vzniku znečistenia, údaje o činnosti, ktorá viedla ku vzniku znečisteného územia, identifikácia zdroja úniku prítomných znečisťujúcich látok, údaje o porušení legislatívnych noriem),
  - prírodných pomeroch skúmaného územia,
  - rozsahu a stupni znečistenia skúmaného územia,
  - prítomných znečisťujúcich látkach,
  - možných cestách šírenia sa znečisťujúcich látok (expozičné cesty),
  - možnej expozícii receptorov, na ktoré sa dané riziko vzťahuje,
  - aktuálnom a plánovanom využití skúmaného územia.

---

<sup>11)</sup> Analýza rizika znečisteného územia sa musí podľa zákona č. 569/2007 Z. z. vypracovať zakaždým, keď sa geologickým prieskumom zistila a overila prítomnosť závažného znečistenia spôsobeného činnosťou človeka, bez ohľadu na to, či je znečistené územie klasifikované ako environmentálna záťaž, environmentálna škoda alebo kontaminačný mrak. Z uvedeného dôvodu budeme používať v smernici iba všeobecný pojem znečistené územie aj v spojitosti s vykonávaním nápravných opatrení, tzn. sanácia znečisteného územia. Podrobnosti o geologickom prieskume znečisteného územia stanovuje príloha č. 11 a 12 tejto smernice.

<sup>12)</sup> § 4c ods. 23 zákona č. 364/2004 Z. z.

## **Čl. 4**

### **Cieľ analýzy rizika znečisteného územia**

Cieľom analýzy rizika znečisteného územia je charakterizovať existujúce a potenciálne riziká vyplývajúce z existencie znečisteného územia na zdravie človeka a pre životné prostredie a na základe posúdenia ich závažnosti (vyhodnotenie expozičných scenárov) navrhnúť cieľové hodnoty sanácie znečisteného územia.

## **Čl. 5**

### **Využitie analýzy rizika znečisteného územia**

- (1) Analýza rizika znečisteného územia je rozhodujúcim podkladom pre rozhodovanie orgánov štátnej správy v procese znižovania nepriaznivých účinkov znečisteného územia na životné prostredie a zdravie človeka. Je nevyhnutným a zásadným podkladom pre
  - a) stanovenie cieľov sanácie znečisteného územia (príloha č. 10),
  - b) vypracovanie projektu nápravných opatrení,
  - c) posúdenie účinnosti nápravných opatrení, alebo ich etáp (nutné vypracovať aktualizáciu analýzy rizika znečisteného územia),
  - d) návrh monitorovania (príloha č. 13),
  - e) posúdenie stavu skúmaného územia na základe výsledkov monitorovania.
- (2) Analýzu rizika znečisteného územia je možné vypracovať a využiť aj pre iné účely ako uvádza odsek 1, a to najmä na
  - a) stanovenie priorít riešenia znečistených území v územnom celku,
  - b) spracovanie podkladov pri navrhovaní ochranných pásiem vodných zdrojov a opatrení v nich,
  - c) hodnotenie rizík znečisteného územia pri zmene majiteľa nehnuteľností,
  - d) hodnotenie rizík znečisteného územia pri zmene využitia územia,
  - e) vypracovanie podkladov pre prognózovanie a hodnotenie vplyvov stavieb a činností na životné prostredie a pod.

## **Čl. 6**

### **Odborná spôsobilosť na vypracovanie analýzy rizika znečisteného územia**

Analýza rizika znečisteného územia je neoddeliteľnou súčasťou záverečnej správy z geologického prieskumu životného prostredia.<sup>13)</sup> Riadiť, koordinovať a riešiť uvedený druh geologických prác môže len odborne spôsobilá osoba, ktorá má podľa § 9 ods. 2 písm. e) zákona č. 569/2007 Z. z. priznanú odbornú spôsobilosť na geologický prieskum životného prostredia. Táto osoba – zodpovedný riešiteľ – zodpovedá za správnosť a kvalitu všetkých použitých prieskumných a vzorkovacích metód aj prác, vykonaných subdodávateľsky a za komplexné spracovanie a vyhodnotenie výsledkov geologického prieskumu v záverečnej správe, t. j. zodpovedá aj za správnosť a kvalitu vypracovania analýzy rizika znečisteného územia.

---

<sup>13)</sup> § 16 ods. 5 zákona č. 569/2007 Z. z.



## Čl. 7

### Podmienky spracovania analýzy rizika znečisteného územia

Zásadnou podmienkou pre správne vypracovanie analýzy rizika znečisteného územia je kvalitné vykonanie, vyhodnotenie a správna interpretácia výsledkov geologického prieskumu životného prostredia zameraného na zistenie a overenie znečistenia spôsobeného činnosťou človeka v horninovom prostredí, podzemnej vode a pôde (príloha č. 11). Obsah analýzy rizika znečisteného územia uvádza príloha č. 1.

## Čl. 8

### Doplňujúce údaje o skúmanom území

- (1) Doplnujúce údaje o skúmanom území je potrebné spracovať v rozsahu potrebnom pre posúdenie vzťahov znečisteného územia k okoliu, pokiaľ neboli dostatočne spracované v záverečnej správe z geologického prieskumu životného prostredia zameraného na zistenie a overenie znečistenia spôsobeného činnosťou človeka v horninovom prostredí, podzemnej vode a pôde.
- (2) Doplnujúcimi údajmi o skúmanom území sú
  - a) ekologické charakteristiky skúmaného územia,
  - b) materiálová bilancia znečisteného územia.
- (3) Ekologické charakteristiky skúmaného územia sú
  - a) pedologické pomery,<sup>14)</sup> ako sú pôdne typy, druhy a ich bonita, stupeň náchylnosti pôd na mechanickú a chemickú degradáciu, spôsob využívania pôd v hodnotenom území a jeho okolí napr. poľnohospodársky a lesný pôdny fond,
  - b) ochrana prírody a krajiny v skúmanom území a v jeho blízkom okolí,<sup>15)</sup> ako sú osobitne chránené územia, územné systémy ekologickej stability, lokality s výskytom chránených rastlín a živočíchov, lesné ekosystémy,
  - c) chemický stav útvaru podzemných vôd (podľa § 81 ods. 1 písm. i) a k) zákona č. 364/2004 Z. z.).
- (4) Materiálová bilancia znečistenia stanovuje množstvo nadlimitne znečisteného horninového prostredia a znečisťujúcej látky nad ID a z toho vyčlenené množstvá nad IT v pásme prevzdušnenia a v pásme nasýtenia a hmotnosť znečisťujúcej látky v pásme prevzdušnenia, v pásme nasýtenia a v znečistenej podzemnej vode (podľa prílohy č. 2).

## Čl. 9

### Identifikácia rizika

- (1) Identifikácia rizika zahŕňa identifikáciu nebezpečenstva, charakteristiku všetkých znečisťujúcich látok (príloha č. 3) a ďalších rizikových faktorov a vypracovanie aktuálneho situačného modelu lokality (príloha č. 4).
- (2) Cieľom identifikácie nebezpečenstva je

---

<sup>14)</sup> Pedologické pomery sa hodnotia podľa archívnych materiálov, hlavne: Výsledky štátneho monitoringu – čiastkový monitorovací systém pôda“, „Komplexný prieskum pôd“ a „Bonitácia pôd – mapy BPEJ“, ktoré sa v prípade potreby konkretizujú výsledkami vlastných prieskumných prác.

<sup>15)</sup> Zdrojom informácií sú najmä územné plány a územné systémy ekologickej stability, doplnené o vlastné prieskumy.

- a) identifikovanie znečisťujúcich látok v skúmanom území,
  - b) identifikovanie možných príjemcov rizík.
- (3) Identifikovanie znečisťujúcich látok v skúmanom území znamená vypracovanie zoznamu škodlivých látok, obzvlášť škodlivých látok vrátane prioritných látok, zistených geologickým prieskumom znečisteného územia, ktorých koncentrácia v horninovom prostredí, pôde a v podzemnej vode prekračuje ID podľa prílohy č. 12. Pri látkach nezaraďovaných do prílohy č. 12, alebo pri zmesiach látok sa ID hodnota nahradí hodnotou stanovenou skúškami ekotoxicity (napr. IC25).
- (4) Identifikovanie možných príjemcov rizík znamená vypracovanie prehľadu všetkých ohrozených subjektov s dôrazom na zvýšené citlivé populačné skupiny (napr. deti a mládež, starí ľudia, tehotné ženy), ohrozené ekosystémy, alebo podzemné vody so zdôvodnením uvedeného výberu ohrozených subjektov, vrátane ich lokalizácie vo vzťahu ku znečistenému územiu, napr. materská škôlka, rekreačné zariadenie, sídlisko v blízkosti znečisteného územia, alebo národný park, chránené územie, vodný zdroj v blízkosti znečisteného územia.
- (5) Charakteristika znečisťujúcich látok<sup>16)</sup> a ďalších rizikových faktorov (príloha č. 3) obsahuje údaje o ich
- a) fyzikálno – chemických vlastnostiach, napr. ich reaktivnosť, prchavosť, rozpustnosť,
  - b) toxických vlastnostiach.
- (6) Situačný model lokality, uvedený v prílohe č. 4, je špecifický pre každú lokalitu a zhŕňa všetky dôležité výsledky prieskumných a monitorovacích prác realizovaných v skúmanom území, spracovaný do vizuálnej formy. Z výsledkov prieskumných prác sa musia abstrahovať nasledovné aspekty
- a) hydrogeologické vlastnosti prostredia,
  - b) súčasné a budúce využitie skúmaného územia a definovanie jeho rozsahu,
  - c) charakteristika znečistenia územia.
- (7) Opis hydrogeologických vlastností prostredia v situačnom modeli obsahuje
- a) litologické profily a hlavne prítomnosť nepriepustných vrstiev, zvodnených horizontov, šošoviek, puklín a podobne,
  - b) hĺbku hladiny podzemnej vody,
  - c) rozkvy hladiny podzemnej vody,
  - d) smery prúdenia podzemnej vody,
  - e) koeficienty filtrácie.
- (8) Údaje o súčasnom a budúcom využití a rozsahu skúmaného územia zahŕňajú
- a) charakter lokality, najmä priemysel, poľnohospodárstvo, sídelné útvary,
  - b) recipienty ako sú povrchové toky, jazerá, štrkoviská, chránené územia, mokrade a pod.,
  - c) receptory ako sú podzemné a povrchové vody, ľudia, biota,
  - d) ochranné pásma vodárenských zdrojov a vodohospodársky významné územia,
  - e) grafické zobrazenie skúmaného územia a slovné zdôvodnenie jeho rozsahu.

---

<sup>16)</sup> Určovanie týchto charakteristík nie je vo väčšine prípadov predmetom rizikovej analýzy. Môžeme ich získať z relevantných databáz alebo bezpečnostných listov a ďalších materiálov. Niektorými zdrojmi sú napríklad: *International Chemical Safety Cards - WHO, IPCS (Environmental Health Criteria)*, *EPA's Office of Pollution Prevention and Toxics (OPPT)*, *Chemical Fact Sheets and Chemical Summaries*, *EPA's Office of Air Quality Planning and Standards Hazardous Air Pollutants Fact Sheets*, *EPA's Office of Ground Water and Drinking Water Contaminant Fact Sheets*, *Material Safety Data Sheets (MSDS)*, *Agency for Toxic Substance and Disease Registry (ATSDR)*, *EPA's Office of Research and Development and National Center for Environmental Assessment Integrated Risk Information System (IRIS)*, *HEAST*, *CC Info*, *Silver Platter*, Ekotoxikologická databáza Českého ekologického ústavu, Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky; oficiálna stránka Európskej agentúry pre chemické látky je <http://echa.europa.eu/>.

- (9) Charakteristika znečistenia územia vizuálne znázorňuje
- miesto úniku znečisťujúcich látok, resp. zdroj znečisťujúcich látok,
  - rozsah znečistenia horninového prostredia v pásme prevzdušnenia,
  - rozsah znečistenia horninového prostredia v pásme nasýtenia,
  - rozsah znečistenia podzemných vôd,
  - rozsah znečistenia voľnou fázou (pre uhl'ovodíky ťažšie ako voda aj na dne zvodnenej vrstvy),
  - expozičné cesty k potenciálnym receptorom a recipientom,
  - monitorovacie objekty znečistenia podzemných vôd, ak sú známe.

## Čl. 10

### Hodnotenie environmentálnych rizík

- Cieľom hodnotenia environmentálnych rizík je charakterizovať negatívne dôsledky pôsobenia znečistenia na identifikované receptory.<sup>17)</sup> Hodnotenie environmentálnych rizík podľa tejto smernice nenahrádza hodnotenie environmentálnych rizík podľa osobitných predpisov.<sup>18)</sup>
- Predmetom hodnotenia environmentálnych rizík je
  - hodnotenie vzťahu dávka – účinok na životné prostredie,
  - hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika,
  - výpočet rizika šírenia sa znečistenia,
  - zhrnutie environmentálneho rizika.
- Hodnotenie vzťahu dávka – účinok na životné prostredie vyhodnocuje vlastnosti zistených znečisťujúcich látok vo vzťahu k životnému prostrediu, najmä ich perzistentnosť, potenciál pre bioakumuláciu, schopnosť biodegradácie, schopnosť migrácie znečisťujúcich látok, atď.

---

<sup>17)</sup> Pokiaľ dôjde k zasiahnutiu poľnohospodárskej pôdy, lesných pozemkov, vodných tokov či využívaných zdrojov pitnej vody (vodárenských zdrojov), využíva sa pri hodnotení rizika, resp. stanovení cieľovej hodnoty nápravných opatrení príslušný legislatívny predpis.

<sup>18)</sup> Napr. zákon č. 261/2002 Z. z. o prevencii závažných priemyselných havárií a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov, zákon č. 39/2013 Z. z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov, zákon č. 67/2010 Z. z. o podmienkach uvedenia chemických látok a chemických zmesí na trh a o zmene a doplnení niektorých zákonov (chemický zákon) v znení neskorších predpisov, Nariadenie (ES) č. 1907/2006 o registrácii, hodnotení, autorizácii a obmedzovaní chemických látok (REACH) a o zriadení Európskej chemickej agentúry, o zmene a doplnení smernice 1999/45/ES a o zrušení nariadenia Rady (EHS) č. 793/93 a nariadenia Komisie (ES) č. 1488/94, smernice Rady 76/769/EHS a smerníc Komisie 91/155/EHS, 93/67/EHS, 93/105/ES a 2000/21/ES, Nariadenie Komisie (EÚ) č. 895/2014 zo dňa 14. 8. 2014, ktorým sa mení príloha XIV nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registrácii, hodnotení, povoľovaní a obmedzovaní chemických látok, stanovuje ďalšie látky, ktoré budú podliehať povoleniu pre určité použitie, zákon č. 24/2006 Z. z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov, zákon č. 514/2008 Z. z. o nakladaní s odpadom z ťažobného priemyslu a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov, zákon č. 220/2004 Z. z., vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 636/2004 Z. z., ktorou sa ustanovujú požiadavky na kvalitu surovej vody a na sledovanie kvality vody vo verejných vodovodoch, nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 354/2006 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu v znení nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 496/2010 Z. z.

- (4) Cieľom hodnotenia aktuálnosti environmentálneho rizika<sup>19)</sup> je posúdiť
  - a) či prítomnosť znečistenia v horninovom prostredí v zistených koncentráciách a rozsahu predstavuje riziko pre jednotlivé receptory,
  - b) existenciu (možnosť) rizika šírenia sa znečistenia z pásma prevzdušnenia do pásma nasýtenia a následne rizika šírenia sa podzemnou vodou.
- (5) Hodnotenia aktuálnosti environmentálneho rizika sa vypracováva pre
  - a) receptory v biologickej kontaktnej zóne podľa prílohy č. 5a,
  - b) šírenie sa znečistenia podzemnou vodou podľa prílohy č. 5b,
  - c) územia znečistené ukladaním ťažobných odpadov podľa prílohy č. 5c.
- (6) V prípade, že na lokalite je preukázaná aktuálnosť rizika šírenia sa znečistenia, je nutné stanoviť riziko šírenia sa znečistenia výpočtom rizika
  - a) šírenia sa znečistenia podzemnou vodou podľa prílohy č. 6a,
  - b) vo vzťahu k povrchovým vodám podľa prílohy č. 6b.
- (7) Cieľom výpočtu rizika šírenia sa znečistenia je zistiť, či daný typ znečistenia horninového prostredia a pôdy alebo podzemnej vody prispieva k znečisteniu podzemnej vody/povrchovej vody v rozsahu predstavujúcom riziko šírenia sa znečistenia, pričom sa hodnotí migrácia znečisťujúcich látok
  - a) z horninového prostredia a pôdy do podzemnej vody,
  - b) podzemnou vodou,
  - c) podzemnou vodou vo vzťahu k povrchovej vode.
- (8) Zhrnutie environmentálneho rizika predstavuje komplexné vyhodnotenie environmentálnych rizík pre jednotlivé znečisťujúce látky, expozičné cesty a recipienty a zohľadnenie a zdôvodnenie všetkých neistôt a neurčitostí hodnotenia, ako sú spôsob odberu vzoriek zemín a vôd, informácie o množstve ovzorkovaných objektov a o aktuálnosti spracovaných údajov, type modelovania, laboratórnych testoch a analýzach.

## Čl. 11

### Hodnotenie zdravotných rizík

- (1) Hodnotenie zdravotných rizík je stanovenie miery nebezpečenstva pre zdravie jednotlivcov a populácie v skúmanom území s ohľadom na súčasné a budúce využitie územia. Hodnotenie zdravotných rizík podľa tejto smernice nenahrádza hodnotenie zdravotných rizík podľa osobitných predpisov.<sup>20)</sup>
- (2) Predmetom hodnotenia zdravotných rizík je
  - a) hodnotenie vzťahu dávka – účinok na ľudské zdravie,
  - b) hodnotenie expozície,

---

<sup>19)</sup> Hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika sa vykonáva ako prvý krok hodnotenia rizika aj pri nižšej úrovni preskúmanosti lokality.

<sup>20)</sup> Napr. zákon č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov, nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 355/2006 Z. z., nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 356/2006 Z. z. o ochrane zdravia zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou karcinogénnym a mutagénnym faktorom pri práci v znení nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 301/2007 Z. z., nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 345/2006 Z. z. o základných bezpečnostných požiadavkách na ochranu zdravia pracovníkov a obyvateľov pred ionizujúcim žiarením, vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 528/2007, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na obmedzenie ožiarovania z prírodného žiarenia, zákon č. 261/2002 Z. z., zákon č. 39/2013 Z. z., zákon č. 67/2010 Z. z., nariadenie (ES) č. 1907/2006, nariadenie Komisie (EÚ) č. 895/2014, zákon č. 24/2006 Z. z., zákon č. 514/2008 Z. z., zákon č. 220/2004 Z. z., vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 636/2004 Z. z., nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 354/2006 Z. z.

- c) výpočet zdravotných rizík,
  - d) zhrnutie zdravotných rizík.
- (3) Hodnotenie vzťahu dávka – účinok na ľudské zdravie<sup>21)</sup> hodnotí vlastnosti zistených znečisťujúcich látok vo vzťahu k ľudskému zdraviu, popisuje kvantitatívne vzťahy medzi dávkou a závažnosťou nepriaznivého účinku (poškodenie zdravia, vzniku choroby, v extrémnych prípadoch až smrť) s ohľadom na prahové (nekarcinogénne) a neprahové (karcinogénne) účinky. Vypracováva sa podľa prílohy č. 7.
  - (4) Hodnotenie expozície obsahuje
    - a) vyhľadanie a vyhodnotenie zdroja, cesty, veľkosti, frekvencie a dĺžky trvania expozície danej populácie vplyvom sledovaného faktora,
    - b) odhad veľkosti, povahy a typu exponovanej populácie.
  - (5) Cieľom hodnotenia expozície je stanoviť relevantné expozičné cesty pre príjemcu rizík (inhalačná, dermálna a orálna) podľa prílohy č. 8a a vypočítať expozičné dávky pre jednotlivca a pre populáciu, ktorým môžu byť vystavení, podľa prílohy č. 8b.
  - (6) Výsledkom hodnotenia expozície je spočítanie všetkých expozičných dávok vyjadrených pre relevantné expozičné cesty (inhalačná, dermálna, orálna) a určenie celkovej expozičnej dávky pre každú hodnotenú znečisťujúcu látku.
  - (7) Výpočet zdravotných rizík obsahuje vyhodnotenie zdravotných rizík pre jednotlivé znečisťujúce látky, relevantné expozičné cesty, ktoré predstavujú riziko pre ľudské zdravie a príjemcov, resp. skupiny príjemcov podľa príloh č. 8a a 8b. Vedie k určeniu pravdepodobnosti, s akou sledovaný príjemca (jednotlivec alebo populácia) utrpí niektoré z možných poškodení.
  - (8) Zhrnutie zdravotných rizík, vypracované podľa prílohy č. 9, predstavuje konečný krok v procese hodnotenia zdravotného rizika. Obsahuje zhrnutie dát získaných v predchádzajúcich krokoch hodnotenia zdravotného rizika, zohľadnenie a zdôvodnenie neistôt a neurčitostí hodnotenia, ako sú spôsob odberu vzoriek zemín a vôd, informácie o množstve o vzorkovaných objektov a o aktuálnosti spracovaných údajov, typ modelovania, laboratórnych testov a analýz.

## **Čl. 12**

### **Záver analyzy rizika**

- (1) Záverom analyzy rizika znečisteného územia je záväzné vyjadrenie o skúmanom území, v ktorom sa uvedie, či skúmané územie
  - a) predstavuje zdravotné a environmentálne riziko,
  - b) predstavuje len zdravotné riziko,
  - c) predstavuje len environmentálne riziko,
  - d) nepredstavuje ani zdravotné ani environmentálne riziko.V závere sa uvedie aj zdôvodnenie neistôt prezentovaných výsledkov, t. j. zhrnutie skutočností, ktoré nemohli byť do záverov zahrnuté a prečo.
- (2) Ak znečistenie územia predstavuje riziko podľa ods. 1, je potrebné vykonať sanáciu znečisteného územia.

---

<sup>21)</sup> Potrebné údaje vzťahu dávka – účinok je možné nájsť v toxikologických databázach (napr. IRIS, HEAST a pod.), ich odvodenie v rámci rizikovej analyzy sa vykonáva iba výnimočne.

## Čl. 13

### Stanovenie cieľov sanácie geologického prostredia alebo sanácie environmentálnej záťaže

Pre územie, v ktorom je potrebné vykonať sanáciu znečisteného územia sa stanovujú cieľové hodnoty sanácie znečisteného územia, podľa prílohy č. 10.

## Čl. 14

### Návrh a zhodnotenie variantov sanácie geologického prostredia alebo sanácie environmentálnej záťaže

- (1) Nápravné opatrenia delíme podľa spôsobu zásahu do znečisteného územia na
  - a) aktívnu sanáciu,
  - b) pasívnu sanáciu,
  - c) monitorované znečistenie.
- (2) Aktívna sanácia je zásah do znečisteného prostredia, pri ktorom dôjde k odstráneniu znečistenia v danom priestore, a to až na požadované cieľové hodnoty sanácie, alebo k úplnému odstráneniu znečistenia.
- (3) Pasívna sanácia je zásah do znečisteného prostredia, pri ktorom nedôjde k odstráneniu znečistenia, ale technickými bariérami sa zamedzuje šíreniu sa znečistenia mimo vymedzený priestor. Negatívne pôsobenie škodlivých látok je obmedzené iba na znečistený priestor.
- (4) Monitorované znečistenie je stav, kedy z ekonomických, alebo technologických dôvodov nie je možné alebo účelné vykonať sanačný zásah a celá znečistená oblasť je len monitorovaná. Ak sa znečistenie nepohybuje, sú pripravené iba havarijné opatrenia pre likvidáciu mimoriadnych situácií a iné organizačné opatrenia. Požiadavky na monitorovanie znečistenia územia sú stanovené v prílohe č. 13.
- (5) Výber vhodnej sanačnej metódy sa získa na základe hodnotenia sanačných scenárov (variantov) vyjadrujúcich rôzne ciele sanácie znečisteného územia a technologické postupy, vrátane odhadu potrebných finančných nákladov.
- (6) Pre potreby ďalšieho rozhodovacieho procesu je nutné vypracovať a porovnať 4 sanačné scenáre (varianty)
  - a) nulový variant,
  - b) izolácia územia,
  - c) sanácia po navrhované cieľové hodnoty sanácie,
  - d) úplné odstránenie znečistenia.
- (7) Nulový variant predstavuje súčasný stav, t. j. znečistené územie bez sanačného zásahu. Je nutné posúdiť či nepostačuje v skúmanom území navrhnuť len ochranné organizačné opatrenia, ako sú zákaz kúpania, polievania, pitia vody zo studní, konzumácie rýb z vodných nádrží, resp. povrchových tokov, atď., alebo je nutné zahájiť sanáciu znečisteného územia, resp. minimálne monitorovanie podzemných vôd podľa prílohy č.13.
- (8) Izolácia územia je pasívny sanačný zásah, ktorého cieľom je technickými bariérami zamedziť šíreniu sa znečistenia podzemnou vodou do okolia. V samotnom znečistenom území nebudú vykonávané aktívne sanačné práce a v prípade zmeny jeho využívania bude pravdepodobne potrebné ich vykonať. Izolácia je vhodná najmä v prípade, že sa predpokladá pretrvávanie aktivity zdrojov znečisťovania, resp. v lokalite je zvýšené riziko havarijných únikov, preto je potrebné zabezpečiť pravidelné a dlhodobé monitorovanie podzemných vôd, podľa prílohy č. 13.

- (9) Sanácia vo vybraných častiach územia po navrhované cieľové hodnoty sanácie je aktívny sanačný zásah, ktorého cieľom je znížiť koncentrácie znečisťujúcich látok na akceptovateľnú úroveň v tých častiach znečisteného územiach, kde ich prítomnosť môže predstavovať najvýznamnejšie riziká.
- (10) Výsledkom hodnotenia sanačných scenárov je výber vhodného sanačného variantu z hľadiska
  - a) požadovaných záverov a odporúčaní analýzy rizika znečisteného územia,
  - b) technickej a ekonomickej realizovateľnosti vybranej sanačnej metódy.

## **Čl. 15**

### **Záverečné ustanovenia**

- (1) Zrušuje sa metodický pokyn Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 1/2012 - 7 z 27. januára 2012 na vypracovanie analýzy rizika znečisteného územia.
- (2) Táto smernica nadobúda účinnosť 20. februára 2015.

Peter Žiga  
minister životného prostredia  
Slovenskej republiky

## Zoznam príloh

|   |                  |
|---|------------------|
| <b>Príloha č. 1</b> Obsah analýzy rizika znečisteného územia (Príloha č. 1 písm. E vyhlášky č. 51/2008 Z. z., ktorou sa vykonáva geologický zákon)..... | <b>1 s.</b>      |
| <b>Príloha č. 2:</b> Materiálová bilancia zemín a podzemných vôd.....   | <b>1 - 2 s.</b>  |
| <b>Príloha č. 3:</b> Príklad tabuľkového spracovania charakteristík znečisťujúcej látky..   | <b>1 - 2 s.</b>  |
| <b>Príloha č. 4:</b> Príklad jednoduchého situačného modelu znečisteného územia.....  | <b>1 s.</b>      |
| <b>Príloha č. 5:</b> Hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika.....   | <b>1 - 8 s.</b>  |
| <i>Príloha č. 5a: Hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika pre receptory v biologickej kontaktnej zóne.....</i>                                  | <i>1 - 2 s.</i>  |
| <i>Príloha č. 5b: Hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou.....</i>  | <i>1 s.</i>      |
| <i>Príloha č. 5c: Hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika pre územia znečistené ukladaním ťažobných odpadov.....</i>                            | <i>1 - 5 s.</i>  |
| <b>Príloha č. 6:</b> Výpočet rizika.....  | <b>1 - 21 s.</b> |
| <i>Príloha č. 6a: Výpočet rizika šírenia sa znečistenia podzemnou vodou.....</i>  | <i>1 - 17 s.</i> |
| <i>Príloha č. 6b: Výpočet rizika vo vzťahu k povrchovým vodám.....</i>  | <i>1 s.</i>      |
| <i>Príloha č. 6c: Príklad určenia referenčných miest a kritérií kvality podzemnej vody.....</i>   | <i>1 - 3 s.</i>  |
| <b>Príloha č. 7:</b> Vzťah dávka - účinok na ľudské zdravie.....  | <b>1 - 5 s.</b>  |
| <b>Príloha č. 8:</b> Hodnotenie expozície.....  | <b>1 - 13 s.</b> |
| <i>Príloha č. 8a: Hodnotenie expozície – expozičné cesty.....</i>   | <i>1 - 2 s.</i>  |
| <i>Príloha č. 8b: Hodnotenie expozície – expozičné dávky.....</i>   | <i>1 - 11 s.</i> |
| <b>Príloha č. 9:</b> Zhrnutie zdravotných rizík.....  | <b>1 - 2 s.</b>  |
| <b>Príloha č. 10:</b> Stanovenie cieľov sanácie znečisteného územia.....  | <b>1 - 2 s.</b>  |
| <b>Príloha č. 11:</b> Požiadavky na rozsah prieskumných prác a analytických prác.....   | <b>1 - 9 s.</b>  |
| <i>Príloha č. 11a: Požiadavky na prieskumné práce.....</i>  | <i>1 - 2 s.</i>  |
| <i>Príloha č. 11b: Minimálny rozsah analytických prác podľa činností pri prieskume znečisteného územia.....</i>   | <i>1 - 4 s.</i>  |
| <i>Príloha č. 11c: Vzorkovanie materiálu úložiska ťažobného odpadu.....</i>   | <i>1 - 3 s.</i>  |
| <b>Príloha č. 12:</b> Indikačné a intervenčné kritériá horninového prostredia, pôdy a podzemnej vody.....   | <b>1 - 9 s.</b>  |
| <i>Príloha 12a: Indikačné a intervenčné kritériá horninového prostredia a pôdy.....</i>   | <i>1 - 4 s.</i>  |
| <i>Príloha 12b: Indikačné a intervenčné kritériá podzemnej vody.....</i>  | <i>1 - 5 s.</i>  |
| <b>Príloha č. 13:</b> Návrh monitorovania podzemných vôd.....   | <b>1 - 3 s.</b>  |
| <b>Príloha č. 14:</b> Literatúra.....   | <b>1 - 2 s.</b>  |



**Obsah analýzy rizika znečisteného územia** (Príloha č. 1 písm. E vyhlášky  
č. 51/2008 Z. z., ktorou sa vykonáva geologický zákon)

**1. Doplnujúce údaje o skúmanom území**

- 1.1 Ekologické charakteristiky skúmaného územia
- 1.2 Materiálová bilancia znečistených zemín a znečistených podzemných vôd

**2. Identifikácia rizika**

- 2.1 Identifikácia nebezpečenstva
- 2.2 Charakteristika znečisťujúcich látok a ďalších rizikových faktorov<sup>1)</sup>
- 2.3 Situačný model lokality

**3. Hodnotenie environmentálnych rizík**

- 3.1 Vzťah dávka – účinok na životné prostredie
- 3.2 Hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika
- 3.3 Výpočet rizika šírenia znečistenia
- 3.4 Zhrnutie environmentálneho rizika

**4. Hodnotenie zdravotných rizík**

- 4.1 Vzťah dávka – účinok na ľudské zdravie
- 4.2 Hodnotenie expozície
- 4.3 Výpočet zdravotných rizík
- 4.4 Zhrnutie zdravotných rizík

**5. Závery analýzy rizika**

**6. Stanovenie cieľov sanácie** geologického prostredia podľa § 9 písm. c) až e) alebo sanácie environmentálnej záťaže\*

**7. Návrh a zhodnotenie variantov sanácie** geologického prostredia podľa § 9 písm. c) až e) alebo sanácie environmentálnej záťaže, vrátane odhadu finančných nákladov a návrh nápravných opatrení\*

**8. Zoznam použitej literatúry**

*Poznámka:*

---

*Kapitoly označené „\*“ sa spracujú vtedy, ak je to účelné.*

---

<sup>1)</sup> Napr. § 41 zákona č. 364/2004 Z. z., § 38 zákona č. 39/2013 Z. z., § 6 zákona č. 261/2002 Z. z., § 10 ods. 3 zákona č. 359/2007 Z. z., nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 355/2006 Z. z., nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 356/2006 Z. z.

## Materiálová bilancia zemín a podzemných vôd

| <b>Množstvo znečisťujúcej látky (XXX) v zeminách v pásme prevzdušnenia</b> |                             |   |  |  |                                 |                                  |
|--|-----------------------------|---|--|--|---------------------------------|----------------------------------|
| územie s koncentraciami znečisťujúcej látky (XXX) nad ID a nad IT hodnotu  |                             |   |  |  |                                 |                                  |
| Označenie znečistenej plochy   | Priemerná hrúbka vrstvy [m] | Priemerná koncentrácia zneč. látky [mg.kg <sup>-1</sup> suš.] | Rozloha znečistenej plochy [m <sup>2</sup> ] | Objem znečistenej zeminy [m <sup>3</sup> ] | Hmotnosť znečistenej zeminy [t] | Hmotnosť znečisťujúcej látky [t] |
| N1   |                             |   |  |  |                                 |                                  |
| ..   |                             |   |  |  |                                 |                                  |
| <b>Celkové množstvo znečisťujúcej látky (XXX) v zeminách [t]</b>           |                             |   |  |  |                                 |                                  |

| <b>Množstvo znečisťujúcej látky (XXX) v zeminách v pásme prevzdušnenia</b> |                             |   |  |  |                                 |                                  |
|--|-----------------------------|---|--|--|---------------------------------|----------------------------------|
| územie s koncentraciami znečisťujúcej látky (XXX) nad IT hodnotu           |                             |   |  |  |                                 |                                  |
| Označenie znečistenej plochy   | Priemerná hrúbka vrstvy [m] | Priemerná koncentrácia zneč. látky [mg.kg <sup>-1</sup> suš.] | Rozloha znečistenej plochy [m <sup>2</sup> ] | Objem znečistenej zeminy [m <sup>3</sup> ] | Hmotnosť znečistenej zeminy [t] | Hmotnosť znečisťujúcej látky [t] |
| N1   |                             |   |  |  |                                 |                                  |
| ..   |                             |   |  |  |                                 |                                  |
| <b>Celkové množstvo znečisťujúcej látky (XXX) v zeminách [t]</b>           |                             |   |  |  |                                 |                                  |

| <b>Množstvo znečisťujúcej látky (XXX) v zeminách v pásme nasýtenia</b>    |                             |   |  |  |                                 |                                  |
|---|-----------------------------|---|--|--|---------------------------------|----------------------------------|
| územie s koncentraciami znečisťujúcej látky (XXX) nad ID a nad IT hodnotu |                             |   |  |  |                                 |                                  |
| Označenie znečistenej plochy  | Priemerná hrúbka vrstvy [m] | Priemerná koncentrácia zneč. látky [mg.kg <sup>-1</sup> suš.] | Rozloha znečistenej plochy [m <sup>2</sup> ] | Objem znečistenej zeminy [m <sup>3</sup> ] | Hmotnosť znečistenej zeminy [t] | Hmotnosť znečisťujúcej látky [t] |
| N1  |                             |   |  |  |                                 |                                  |
| ..  |                             |   |  |  |                                 |                                  |
| <b>Celkové množstvo znečisťujúcej látky (XXX) v zeminách [t]</b>          |                             |   |  |  |                                 |                                  |

| <b>Množstvo znečisťujúcej látky (XXX) v zeminách v pásme nasýtenia</b> |                             |   |  |  |                                 |                                  |
|--|-----------------------------|---|--|--|---------------------------------|----------------------------------|
| územie s koncentraciami znečisťujúcej látky (XXX) nad IT hodnotu       |                             |   |  |  |                                 |                                  |
| Označenie znečistenej plochy   | Priemerná hrúbka vrstvy [m] | Priemerná koncentrácia zneč. látky [mg.kg <sup>-1</sup> suš.] | Rozloha znečistenej plochy [m <sup>2</sup> ] | Objem znečistenej zeminy [m <sup>3</sup> ] | Hmotnosť znečistenej zeminy [t] | Hmotnosť znečisťujúcej látky [t] |
| N1   |                             |   |  |  |                                 |                                  |
| ..   |                             |   |  |  |                                 |                                  |
| <b>Celkové množstvo znečisťujúcej látky (XXX) v zeminách [t]</b>       |                             |   |  |  |                                 |                                  |

ID – indikačné kritérium, IT – intervenčné kritérium pre daný spôsob využitia územia podľa prílohy č. 12a

| <b>Množstvo znečisťujúcej látky (XXX) v podzemných vodách</b>              |                                |   |   |   |   |                                      |
|--|--------------------------------|---|---|---|---|--------------------------------------|
| územie s koncentraciami znečisťujúcej látky (XXX) nad ID a nad IT hodnotu  |                                |   |   |   |   |                                      |
| Označenie znečistenej plochy, resp. hladiny podz. vody                     | Priemerná hrúbka vrstvy<br>[m] | Priemerná koncentrácia znečisťujúcej látky<br>[mg.l <sup>-1</sup> ] | Rozloha znečistenej plochy<br>[m <sup>2</sup> ] | Objem znečistenej zvodnenej vrstvy<br>[m <sup>3</sup> ] | Objem znečistenej vody<br>[m <sup>3</sup> ] | Hmotnosť znečisťujúcej látky<br>[kg] |
| N1   |                                |   |   |   |   |                                      |
| N2   |                                |   |   |   |   |                                      |
| ..   |                                |   |   |   |   |                                      |
| ..   |                                |   |   |   |   |                                      |
| <b>Celkové množstvo znečisťujúcej látky (XXX) v podzemných vodách [kg]</b> |                                |   |   |   |   |                                      |

| <b>Množstvo znečisťujúcej látky (XXX) v podzemných vodách</b>              |                                |   |   |   |   |                                      |
|--|--------------------------------|---|---|---|---|--------------------------------------|
| územie s koncentraciami znečisťujúcej látky (XXX) nad IT hodnotu           |                                |   |   |   |   |                                      |
| Označenie znečistenej plochy, resp. hladiny podz. vody                     | Priemerná hrúbka vrstvy<br>[m] | Priemerná koncentrácia znečisťujúcej látky<br>[mg.l <sup>-1</sup> ] | Rozloha znečistenej plochy<br>[m <sup>2</sup> ] | Objem znečistenej zvodnenej vrstvy<br>[m <sup>3</sup> ] | Objem znečistenej vody<br>[m <sup>3</sup> ] | Hmotnosť znečisťujúcej látky<br>[kg] |
| N1   |                                |   |   |   |   |                                      |
| N2   |                                |   |   |   |   |                                      |
| ..   |                                |   |   |   |   |                                      |
| ..   |                                |   |   |   |   |                                      |
| <b>Celkové množstvo znečisťujúcej látky (XXX) v podzemných vodách [kg]</b> |                                |   |   |   |   |                                      |

ID – indikačné kritérium, IT – intervenčné kritérium pre daný spôsob využitia územia podľa prílohy č. 12a

| <b>Množstvo znečisťujúcej látky (XXX) vo forme voľnej fázy</b>              |  |   |   |   |                                      |
|---|--|---|---|---|--------------------------------------|
| územie s výskytom znečisťujúcej látky (XXX) vo forme voľnej fázy            |  |   |   |   |                                      |
| Označenie znečistenej plochy, resp. hladiny podz. vody                      | Priemerná hrúbka vrstvy voľnej fázy<br>[m] | Rozloha znečistenej plochy<br>[m <sup>2</sup> ] | Objem horninového prostredia obsahujúceho voľnú fázu zneč. látky<br>[m <sup>3</sup> ] | Objem voľnej fázy kontaminantu<br>[m <sup>3</sup> ] | Hmotnosť znečisťujúcej látky<br>[kg] |
| N1  |  |   |   |   |                                      |
| ..  |  |   |   |   |                                      |
| <b>Celkové množstvo znečisťujúcej látky (XXX) vo forme voľnej fázy [kg]</b> |  |   |   |   |                                      |

### Príklad tabuľkového spracovania charakteristík znečisťujúcej látky

| Chemická látka  | Označenie | Jednotka | Zdroj informácie, hodnota |
|---|-----------|----------|---------------------------|
| CAS No  |           |          |                           |
| EC No   |           |          |                           |
| Chemický vzorec   |           |          |                           |
| <b>Fyzikálno – chemické vlastnosti</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bod varu</li> <li>• tenzia pár</li> <li>• Henryho konštanta</li> <li>• difuzivita vo vzduchu</li> <li>• rozpustnosť vo vode</li> <li>• efektívna rozpustnosť</li> </ul>   |           |          |                           |
| <b>Environmentálno-chemické vlastnosti</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• rýchlosť fotolýzy</li> <li>• rýchlosť hydrolýzy</li> <li>• prchavosť</li> <li>• schopnosť biodegradácie</li> <li>• schopnosť chemickej degradácie (hydrolýza a redoxné procesy)</li> <li>• celková rýchlosť degradácie (rozkladu)</li> <li>• perzistencia</li> <li>• <math>K_{WA}</math> – rozdeľovací koeficient voda / vzduch</li> <li>• <math>K_{PA}</math> – rozdeľovací koeficient tuhé častice / vzduch</li> <li>• <math>K_{WB}</math> – rozdeľovací koeficient voda / biota</li> <li>• <math>K_{PW}</math> – rozdeľovací koeficient tuhé častice / voda</li> <li>• <math>K_{SA}</math> – rozdeľovací koeficient pôda / vzduch</li> <li>• <math>K_{OW}</math> – rozdeľovací koeficient n-oktanol / voda (log <math>K_{OW}</math>)</li> <li>• <math>K_{OC}</math> – rozdeľovací koeficient sorpcie na organickej hmote (adsorpcia na organický uhlík)</li> <li>• <math>K_{WS}</math> – rozdeľovací koeficient voda / pôda,</li> <li>• <math>K_D</math> – rozdeľovací koeficient zemina / voda</li> <li>• Bioakumulácia/biokoncentrácia – biokoncentračný faktor BCF</li> </ul> |           |          |                           |
| <b>Ekotoxicita pre nižšie testovacie organizmy</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• toxicita pre mikroorganizmy (baktérie)</li> <li>• toxicita pre vodné rastliny (riasy)</li> <li>• toxicita pre nižšie vodné organizmy (bezstavovce)</li> <li>• toxicita pre vyššie vodné organizmy (stavovce – ryby)</li> <li>• toxicita pre vyššie rastliny</li> <li>• toxicita pre terestrické organizmy</li> </ul>  |           |          |                           |

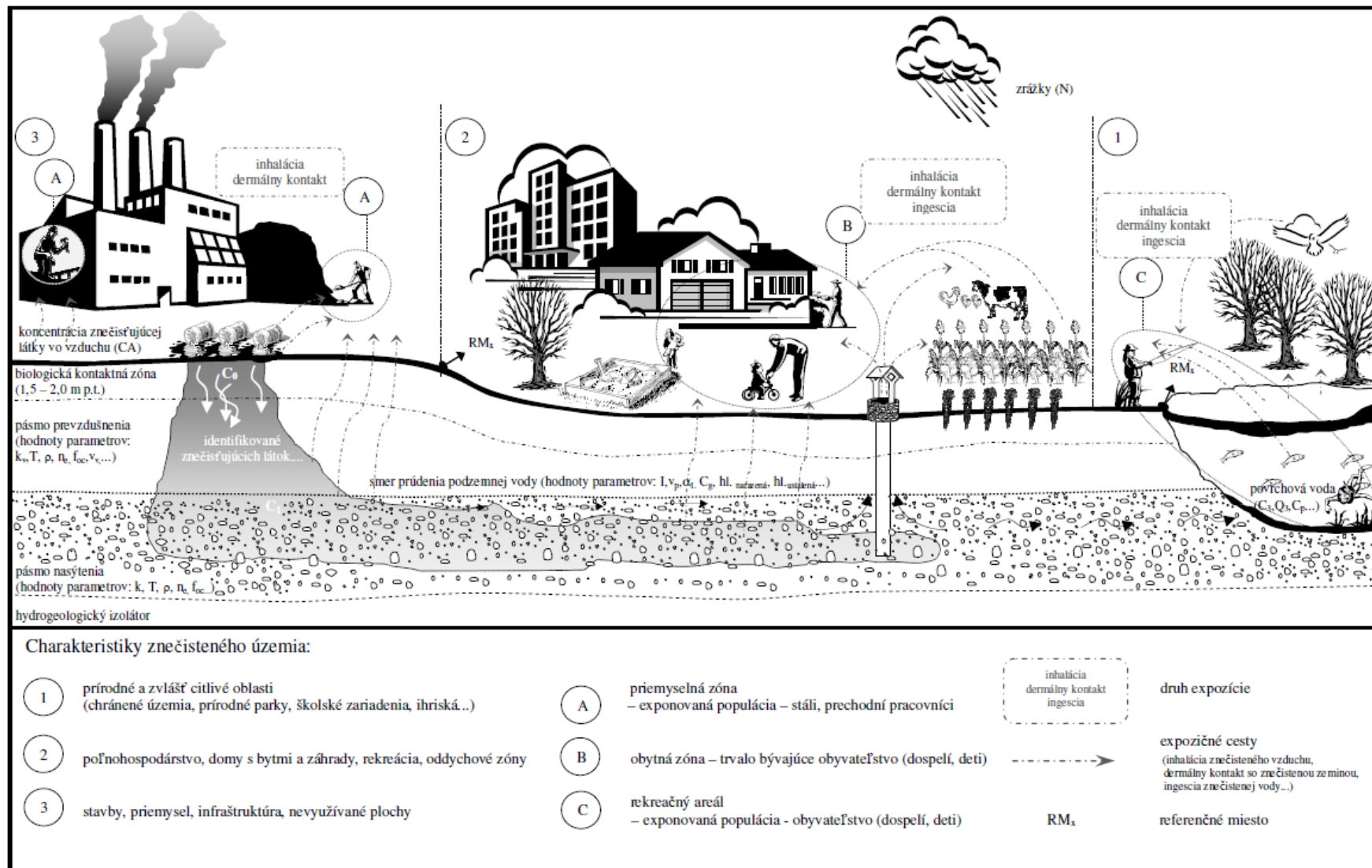
| Chemická látka  | Označenie  | Jednotka | Zdroj informácie, hodnota |
|---|--|----------|---------------------------|
| <b>Toxicita pre cicavce a človeka</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vratné / nevratné účinky (karcinogenita)</li> <li>• kvalitatívne typy účinkov napr. hepatotoxický, neurotoxický, genotoxický ...</li> <li>• dráždivosť a senzitivita</li> <li>• akútna / chronická toxicita</li> <li>• lokálna / systémová toxicita</li> <li>• genotoxicita – karcinogénne, mutagénne, teratogénne účinky</li> <li>• vývojová toxicita (vrátane reprodukčnej toxicity) neurotoxicita</li> <li>• vzťahy medzi štruktúrou látok a ich biologickou účinnosťou (QSAR)</li> <li>• tzv. kritický účinok (napr. pre expozíciu olova, t. j. obsah olova v krvi)</li> </ul> |  |          |                           |
| Karcinogenita (US EPA, IARC)  |  |          |                           |
| Karcinogénne riziko pre človeka – orálne  | OSF  |          |                           |
| Karcinogénne riziko pre človeka – inhalačne   | IUR, SF <sub>inhalačný</sub>   |          |                           |
| Nekarcinogénne riziko pre človeka – orálne  | RfD  |          |                           |
| Nekarcinogénne riziko pre človeka – inhalačne   | RfC  |          |                           |
| Špecifické riziko, bezpečné používanie <sup>+</sup>   | R veta, S veta   |          |                           |
| Identifikátory <sup>++</sup>  | (výstražné upozornenie a vhodné bezpečnostné upozornenia)  |          |                           |
| Zhodnotenie humánneho rizika  |  |          |                           |
| Limitné koncentrácie podľa platnej legislatívy  | <i>povrchová voda, pitná voda, vonkajšie a pracovné ovzdušie, sedimenty, pracovné prostredie</i> |          |                           |

Vysvetlivky :

+ podľa zákona č. 67/2010 Z. z. o podmienkach uvedenia chemických látok a chemických zmesí na trh a o zmene a doplnení niektorých zákonov (chemický zákon) a súvisiacich legislatívnych predpisov

++ podľa nariadenia (ES) č. 1272/2008 o klasifikácii, označovaní a balení látok a zmesí

## Príklad jednoduchého situačného modelu znečisteného územia



## Hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika

### Príloha č. 5a: Hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika pre receptory v biologickej kontaktnej zóne

Hodnotenie aktuálneho rizika zo znečistených pôd spočíva v určení rozsahu znečistenia, stanovení pomeru skutočných (nameraných) koncentrácií a hodnoty LC (EC)50.

Praktická aplikácia metódy pozostáva z dvoch základných krokov

- a) jednoduchého testu aktuálnosti rizika,
- b) hodnotenia rizika.

#### Jednoduchý test aktuálnosti environmentálneho rizika pre receptory v biologickej kontaktnej zóne

| Rozhodnutie   | Áno | Nie |
|---|-----|-----|
| Je znečisťujúca látka prítomná v biologickej kontaktnej zóne? |     |     |

V prípade, že odpoveď v jednoduchom teste je áno, je potrebné hodnotenie rizika.

#### Kritériá hodnotenia environmentálneho rizika podľa využitia územia

| Skupina využitia územia | Využitie územia   | Znečistená plocha územia, v ktorej sú koncentrácie znečisťujúcej látky $\leq 10.LC50$ | Znečistená plocha územia, v ktorej sú koncentrácie znečisťujúcej látky $\geq 10.LC50$ |
|-------------------------|---|---|---|
| 1.                      | Prírodné a zvlášť citlivé oblasti (chránené územia, prírodné parky, školské zariadenia, ihriská, ...) | $\geq 500 \text{ m}^2$  | $\geq 50 \text{ m}^2$   |
| 2.                      | Poľnohospodárstvo<br>Domy s bytmi a záhrady<br>Rekreácia, oddychové zóny                              | $\geq 5\,000 \text{ m}^2$   | $\geq 500 \text{ m}^2$  |
| 3.                      | Stavby, priemysel, infraštruktúra<br>Nevyužívané lokality   | $\geq 500\,000 \text{ m}^2$   | $\geq 5\,000 \text{ m}^2$   |

LC50 (alebo HC50) - letálna koncentrácia, t.j. koncentrácia danej látky, pri ktorej za podmienok pokusu uhynie 50 % testovaných organizmov. Ak sa údaj nestanovil použije sa príslušná intervenčná hodnota (IT) pre danú znečisťujúcu látku pre dané využitie územia uvedená v prílohe č. 12, pričom je potrebné zdôvodniť prečo sa údaj nestanovil.

**Hodnotenie environmentálneho rizika pre receptory v biologickej kontaktnej zóne**

| Názov lokality                                 | XXX                     |                         |                         |                         |                   |                      |                    |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|
| typ znečistenia =<br>názov znečisťujúcej látky | LC 50**                 | IT                      | Nameraná hodnota (NH)   | Prekročenie limitu (PL) | Znečistená plocha | Využitie územia      | Hodnotenie rizika* |
|  | mg.kg <sup>-1</sup> suš | mg.kg <sup>-1</sup> suš | mg.kg <sup>-1</sup> suš | NH/IT alebo NH/LC 50    | m <sup>2</sup>    | skupina 1, 2 alebo 3 | ÁNO / NIE          |
| N1   |                         |                         |                         |                         |                   |                      |                    |
| N2   |                         |                         |                         |                         |                   |                      |                    |
| ...  |                         |                         |                         |                         |                   |                      |                    |

**Vysvetlivky:**

N1, N2, ... - označenie znečistenej plochy

IT – intervenčné kritérium pre daný spôsob využitia územia podľa prílohy č. 12

Hodnotenie rizika (\*):

Pre prírodné a zvlášť citlivé oblasti platí, že ak je  $PL < 10$ , za riziko sa považuje znečistenie na ploche  $\geq 500 \text{ m}^2$ , ak je  $PL > 10$ , za riziko sa považuje znečistenie na ploche  $\geq 50 \text{ m}^2$  (skupina využitia územia č.1)

Pre obytné, poľnohospodárske a rekreačné zóny platí, že ak je  $PL < 10$ , za riziko sa považuje znečistenie na ploche  $\geq 5000 \text{ m}^2$ , ak je  $PL > 10$ , za riziko sa považuje znečistenie na ploche  $\geq 500 \text{ m}^2$  (skupina využitia územia č.2)

Pre priemyselné a nevyužívané areály platí, že ak je  $PL < 10$ , za riziko sa považuje znečistenie na ploche  $\geq 500\,000 \text{ m}^2$ , ak je  $PL > 10$ , za riziko sa považuje znečistenie na ploche  $\geq 5\,000 \text{ m}^2$  (skupina využitia územia č.3)

\*\* v prípade, že nie sú k dispozícii údaje o LC50 pre danú látku, použije sa hodnota IT podľa prílohy č. 12



## **Príloha č. 5b: Hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou**

---

### **Jednoduchý test rizika šírenia znečistenia**

Jednoduchý test šírenia sa znečistenia spočíva v odpovedaní na nasledujúce 4 otázky

1. Je na hladine alebo pod hladinou podzemnej vody voľná fáza znečisťujúcej látky?
2. Prechádza znečisťujúca látka cez horninové prostredie vo vertikálnom smere?
3. Možno predpokladať šírenie sa znečisťujúcej látky v pásme prevzdušnenia v horizontálnom smere?
4. Je nad hodnotu indikačného kritéria (ID hodnota v prílohe 12B) znečistených viac ako 1000 m<sup>3</sup> podzemnej vody, alebo je nad hodnotu intervenčného kritéria (IT hodnota) znečistených viac ako 100 m<sup>3</sup> podzemnej vody?
5. Je prírastok znečistenia podzemnej vody za 1 rok väčší ako 100 m<sup>3</sup>?

V prípade, že budú všetky odpovede „Nie“ nepredpokladá sa žiadne environmentálne riziko. V prípade, že je odpoveď aspoň na jednu z otázok 1., 2., 3., 4., 5 „Áno“ predpokladá sa riziko a sú potrebné výpočty rizika šírenia znečistenia.

### **Príklad výpočtu prírastku znečistenia podzemnej vody organickými kontaminantmi (odpoveď na otázku 5):**

Vstupné údaje pre hodnotenie aktuálnosti rizika šírenia sa znečistenia

- $\rho$  = objemová hmotnosť horniny v pásme nasýtenia [g.cm<sup>-3</sup>]
- obsah vody v pásme nasýtenia (číselne sa rovná koeficientu efektívnej pórovitosti n)
- frakcia organického uhlíka  $f_{OC}$  [%]
- n = efektívna pórovitosť [%]
- kontaminant v zemine presahujúci LC50, alebo ak nie je určená LC50, presahujúci hodnotu IT
- $K_{OC}$  = koeficient adsorpcie na organický uhlík;  $\log K_{OC} = 1,04 \cdot \log K_{OW} - 0,84$  [dm<sup>3</sup>.kg<sup>-1</sup>]
- $K_{ow}$  = rozdeľovací koeficient oktanol/voda (tabuľková hodnota)
- rozdeľovací koeficient, kde  $K_d = f_{OC} \cdot K_{OC}$  [dm<sup>3</sup>.kg<sup>-1</sup>]
- retardačný faktor  $R = 1 + \rho \cdot K_d / n$
- P = plocha kontaktu znečistenej zeminy s podzemnou vodou, alebo plocha rezu znečistenou zvodnenou vrstvou kolmá na smer prúdenia podzemnej vody (v prípade, že je znečistená len podzemná voda)
- $v_p$  = pórová rýchlosť prúdenia podzemnej vody [m.s<sup>-1</sup>]

Počíta sa ročný prírastok kontaminácie (RPK) podzemných vôd zo znečistených zemín, alebo zo znečistených podzemných vôd.

$$RPK = P * v_p / R \text{ [m}^3\text{.rok}^{-1}\text{]}$$

## **Príloha č. 5c: Hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika pre územia znečistené ukladaním ťažobných odpadov**

---

Analýza rizika územia znečisteného ukladaním ťažobných odpadov<sup>1)</sup> sa vykonáva vtedy, keď je potrebné zhodnotiť prítomnosť environmentálnych a zdravotných rizík, vyplývajúcich zo znečistenia územia, najmä pred realizáciou sanácie úložiska ťažobných odpadov.

Osobitosti postupu analýzy rizika územia znečisteného ukladaním ťažobných odpadov pozostávajú z modifikovaných testov aktuálnosti environmentálneho rizika a jeho hodnotenia (porovnaj prílohu č. 5a).

Osobitne tiež pristupujeme k hodnoteniu environmentálnych rizík zo znečistenej zeminy, kde za plochu znečistenej zeminy môžeme za určitých podmienok pokladať aj plochy samotného úložiska ťažobného odpadu, ak sa v jej vrchnej nesaturovanej časti do hĺbky 1 – 1,5 m nachádza znečisťujúca látka (kontaktná zóna).

### **Základné pojmy**

---

**Úložisko** je miesto alebo zariadenie určené na zhromažďovanie alebo ukládanie ťažobného odpadu v tuhom stave, roztoku alebo suspenzii. Za úložisko sa považuje odval a odkalisko.

**Odval** je umelo vybudované zariadenie na ukládanie tuhého ťažobného odpadu na zemskom povrchu.<sup>2)</sup>

**Odkalisko** je prírodné alebo umelo vybudované zariadenie na zneškodnenie jemnozrnného ťažobného odpadu, spravidla hlušiny zmiešanej s rôznym množstvom vody pochádzajúcej z úpravy nerastov a z čistenia alebo recyklácie vody z prevádzky.<sup>3)</sup>

### **Posúdenie aktuálnosti environmentálneho rizika**

Pri posúdení aktuálnosti environmentálneho rizika možno použiť jednoduchý test rizika šírenia znečistenia z úložiska ťažobných odpadov (nasledujúca tabuľka). Tento test rešpektuje zásady určenia predbežnej rizikovosti úložísk ťažobných odpadov v súlade s postupom navrhnutým osobitnou technickou adaptačnou komisiou Európskej komisie pre implementáciu smernice Európskeho parlamentu a Rady 2006/21/ES o nakladaní s odpadom z ťažobného priemyslu (*Inventory of Closed Waste Facilities Ad-Hoc Group, A Subcommittee of the Technical Adaptation Committee for Directive 2006/21/EC* - T. HÁMOR, G. STANLEY ET AL., 2010).<sup>4)</sup>

---

<sup>1)</sup> § 2 písm. c) zákona č. 514/2008 Z. z.

<sup>2)</sup> § 4 ods. 3 zákona č. 514/2008 Z. z.

<sup>3)</sup> § 4 ods. 4 zákona č. 514/2008 Z. z.

<sup>4)</sup> *A Risk Based Pre-Selection Protocol for the Inventory of Closed Waste Facilities As Required by Article 20 of the Directive 2006/21/EC.*

### Jednoduchý test aktuálnosti environmentálneho rizika pre územie znečistené ukladaním ťažobných odpadov

| Aktuálnosť prítomnosti zdroja  |     |     |
|--|-----|-----|
| Kritérium / Rozhodnutie  | Áno | Nie |
| 1. Vznikol ťažobný odpad pri ťažbe a spracovaní sulfidických rúd alebo obsahuje ťažobný odpad sulfidické minerály v podstatnom množstve?   |     |     |
| 2. Vznikol ťažobný odpad pri ťažbe a spracovaní rúd, z ktorých sa získavali kovy Ag, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Te, Tl, V, Zn?  |     |     |
| 3. Obsahuje ťažobný odpad nebezpečné chemické látky a nebezpečné chemické zmesi, ktoré boli použité pri spracovaní nerastnej suroviny?   |     |     |
| 4. Obsahuje ťažobný odpad zvyšky z ťažby a spracovania ropy?   |     |     |
| 5. Sú v telese úložiska alebo v jeho okolí viditeľné prejavy acidifikácie, <sup>5)</sup> alebo pozorovateľné zmeny senzorických vlastností vody, či zmeny na vegetačnom pokryve, či iné zmeny indikujúce prítomnosť znečistenia? |     |     |

Ak je odpoveď na jednu z otázok 1 až 5 „Áno“ – a zároveň ťažobný odpad nebol postupom podľa osobitných predpisov vyhodnotený ako inertný,<sup>6)</sup> úložisko ťažobných odpadov ako zdroj znečistenia má potenciál rizikovosti a v posudzovaní aktuálnosti environmentálnych rizík sa pokračuje ďalším blokom otázok, testujúcich prítomnosť receptorov.

| Aktuálnosť prítomnosti receptorov   |     |     |
|---|-----|-----|
| Kritérium / Rozhodnutie   | Áno | Nie |
| 1. Je podložie úložiska budované priepustnými horninami (koeficient filtrácie $k_f > 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$ )?   |     |     |
| 2. Nachádza sa vo vzdialenosti do 50 m od úložiska povrchový tok alebo iný recipient?   |     |     |
| 3. Nachádza sa vo vzdialenosti do 100 m od úložiska územie chránené podľa osobitných predpisov (napr. chránené územie prírody, ochranné pásmo vodárenského zdroja a podobne)? |     |     |
| 4. Nachádza sa vo vzdialenosti do 1 km od úložiska obec, alebo osídlenie?   |     |     |

Ak je v jednoduchom teste potvrdená potenciálna rizikovosť úložiska ťažobných odpadov ako zdroja znečistenia a prítomnosť receptorov úložiska, je potrebné zhodnotiť

<sup>5)</sup> Tvorba okrov, povlakov alebo zrazenín.

<sup>6)</sup> Rozhodnutie Komisie ES z 30. apríla 2009, ktorým sa dopĺňa definícia inertného odpadu v rámci vykonávania článku 22 ods. 1 písm. f) smernice Európskeho parlamentu a Rady 2006/21/ES o nakladaní s odpadom z ťažobného priemyslu (2009/359/ES).

1. aktuálnosť rizika šírenia sa znečistenia podzemnou vodou,
2. aktuálnosť rizika zo znečistenia zemín.

### Hodnotenie aktuálnosti rizika šírenia sa znečistenia podzemnou vodou

Účelom hodnotenia aktuálnosti rizika šírenia sa znečistenia podzemnou vodou je kvantifikácia množstva znečisťujúcich látok, ktoré migrujú v horninovou prostredí k príjemcom rizík – receptorom. Aktuálnosť šírenia sa znečistenia podzemnou vodou sa hodnotí pre dominantne znečisťujúce látky, ktoré boli zistené prieskumnými prácami. Pre každú dominantne znečisťujúcu látku sa vypočíta ročný prírastok znečistenia v podzemnej vode.

Pri výpočte ročného prírastku znečistenia sa vychádza z retardačného faktora, ktorý vyjadruje pomer medzi rýchlosťou pohybu čistej vody a znečistenej vody, alebo medzi časom pohybu znečistenia a čistej vody, za predpokladu rovnakej vzdialenosti.

V nasledujúcej tabuľke sú uvedené vstupné údaje pre hodnotenie aktuálnosti rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou.

|        |  |
|--------|--|
| $\rho$ | objemová hmotnosť horniny v nasýtenej zóne [ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ]   |
| $n$    | obsah vody v nasýtenej zóne (číslenie = efektívna pórovitosť)  |
| $K_d$  | distribučný koeficient pre danú znečisťujúcu látku (pozri nasledovnú tabuľku, resp. príslušné environmentálne databázy, vymenované napr. v čl. 9 metodiky) |
| $R$    | retardačný faktor (bezrozmerný koeficient), vzorec pre výpočet: $R = 1 + \rho \cdot K_d / n$   |
| $vp$   | rýchlosť prúdenia podzemnej vody [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , $\text{m}\cdot\text{rok}^{-1}$ ], vzorec pre výpočet: $vp = (k \cdot i) / n$             |
| $i$    | hydraulický gradient [-]   |
| $k$    | koeficient filtrácie [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]  |
| $P$    | kontaktná plocha [ $\text{m}^2$ ]  |

### Hodnoty distribučného koeficienta $K_d$ pre vybrané kovy

| Stopový prvok    | Hodnota $K_d$ [ $\text{ml}\cdot\text{g}^{-1}$ ] |
|------------------|---|
| As               | 29  |
| Cd               | 37  |
| $\text{Cr}^{3+}$ | $2 \cdot 10^5$                                  |
| $\text{Cr}^{6+}$ | 23  |
| Cu               | 2,5   |
| Hg               | 9,9   |
| Pb               | 9,9   |
| Ni               | 88  |
| V                | $1 \cdot 10^3$                                  |
| Zn               | 75  |

Zdroj: RISC User's Manual, Version 4.0, Chemical Properties Database in RISC.

Pre výpočet ročného prírastku znečistenia (d) je možné použiť nasledujúci vzorec

$$d = (v / R) \cdot P$$

Ak je vypočítaný ročný prírastok znečistenej podzemnej vody väčší ako 100 m<sup>3</sup> za rok, hovoríme o vážnom riziku šírenia sa znečistenia v podzemnej vode. V takom prípade je potrebné pokračovať v hodnotení environmentálneho rizika prostredníctvom ďalších výpočtov krokovej metódy (príloha č. 6a).

Kroková metóda, ktorá sa používa pre výpočet rizika šírenia sa znečistenia v podzemnej vode pozostáva z troch krokov

Krok 1 - proces miešania v blízkosti zdroja,

Krok 2 - proces miešania v smere prúdenia,

Krok 3 - šírenie v smere prúdenia s vplyvom degradácie.

V prípade kovov, ktoré budú najčastejšou dominantnou znečisťujúcou látkou v priestore a bezprostrednom okolí úložiska ťažobných odpadov, nie je možné uvažovať s posledným krokom – šírenie v smere prúdenia s vplyvom degradácie, pretože kovy nepodliehajú degradácií, môže sa vyskytnúť len zmena ich chemickej formy (pri zmene pH, Eh).

### **Hodnotenie aktuálnosti rizika zo znečistenia zemín**

Pri odkaliskách a odvaloch môžeme za plochu znečistenia zemín pokladať v odôvodnených prípadoch aj plochu samotného úložiska ťažobného odpadu, pokiaľ je aktuálne riziko, že kontaminujúca látka je v kontaktnej zóne (pásмо prevzdušenia do hĺbky asi 1,5 - 2,0 m).

Mnohé úložiská ťažobných odpadov sa vyznačujú značnou nehomogenitou ťažobného odpadu z hľadiska jeho chemického zloženia, preto sa osobitný význam prikladá charakteristike ťažobného odpadu.

Charakteristika (opis) ťažobného odpadu sa robí postupom podľa osobitných predpisov.<sup>7)</sup>

### **Hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika zo znečistenia zemín**

Hodnotenie aktuálnosti rizika zo znečistenia zemín spočíva v určení rozsahu znečistenia, stanovení pomeru skutočných (nameraných) koncentrácií a hodnoty IT.

---

<sup>7)</sup> Rozhodnutie Komisie ES z 30. apríla 2009, ktorým sa dopĺňajú technické požiadavky na opis vlastností odpadu ustanovené v smernici Európskeho parlamentu a Rady 2006/21/ES o nakladaní s odpadom z ťažobného priemyslu (2009/359/ES).

**Kritériá hodnotenia aktuálnosti environmentálneho rizika zo znečistenia zemín podľa využitia územia**

| A Využitie územia |  | Kontaminovaná plocha, v ktorej sú obsahy kontamin. $\leq 10.IT$ | Kontaminovaná plocha, v ktorej sú obsahy kontamin. $\geq 10.IT$ |
|-------------------|--|---|---|
| 1.                | Prírodné a zvlášť citlivé územia (chránené územia prírody, pásma ochrany zdrojov vôd, ...) | $\geq 500 \text{ m}^2$  | $\geq 50 \text{ m}^2$   |
| 2.                | Poľnohospodárstvo, lesohospodárstvo<br>Domy s bytmi a záhrady<br>Rekreácia, oddychové zóny | $\geq 5\,000 \text{ m}^2$                                       | $\geq 500 \text{ m}^2$  |
| 3.                | Stavby, priemysel, infraštruktúra<br>Nevyužívané lokality                                  | $\geq 500\,000 \text{ m}^2$                                     | $\geq 5\,000 \text{ m}^2$                                       |

V súlade s postupom podľa prílohy č. 5a možno miesto IT použiť hodnoty LC50.

Rizikom sa v tomto prípade rozumie nevratné poškodenie viac ako 50 % bioty v znečistenom území, strata funkčných vlastností pôdy a pod.

## Výpočet rizika

### Príloha č. 6a: Výpočet rizika šírenia sa znečistenia podzemnou vodou

---

#### *Všeobecné ustanovenia*

Zdroj znečistenia alebo zdroj znečisťovania podzemnej vody predstavuje riziko šírenia znečistenia v podzemnej vode vtedy, keď v referenčnom mieste a v referenčnom čase bude koncentrácia znečistenia rozpusteného v podzemnej vode (nameraná alebo vypočítaná) rovná alebo väčšia ako koncentračná hodnota kritéria kvality pre podzemné vody (príloha č. 6c).

Analýza rizika znečisteného územia a návrh nasledovných ochranných alebo sanačných opatrení musí zaručiť, že budú splnené kritériá kvality pre podzemné vody v danej lokalite.

V prípade, že nejaká iná lokalita už je zdrojom znečistenia podzemných vôd, táto skutočnosť vstupuje do rizikovej analýzy - znečistenie z iných zdrojov ako je samotná lokalita, ktorá je hodnotená rizikovou analýzou sa považuje za pozadie. Je nevyhnutné na túto skutočnosť poukázať.

Voľné fázy znečisťujúcej látky sú látky v koncentrácii, ktorá prekračuje maximálnu rozpustnosť predmetnej látky. V prípade ich zistenia aj bez nasledovných výpočtov predpokladáme vždy existenciu rizika a minimálne tá časť znečistenia, ktorá sa nachádza vo voľnej fáze, má byť odstránená. Výpočet rizika šírenia sa znečistenia podzemnými vodami sa preto zaoberá iba znečistením v rozpustenom stave.

Transportné procesy prebiehajúce v pásme nasýtenia spôsobujú zníženie koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode (prírodná, prirodzená atenuácia). Uplatňujú sa pritom procesy: sorpcia, disperzia a prirodzená transformácia (degradácia, rozpad).

Výpočet rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou sa vypracováva zvyčajne pre dve situácie

1. **je známy zdroj znečistenia/znečisťovania** a nie je známy rozsah znečistenia – výpočty sa využijú na vytvorenie prognózy migrácie znečisťujúcich látok, ktorá sa následne overí geologickým prieskumom životného prostredia a/alebo monitorovaním geologických faktorov životného prostredia,
2. **je známy rozsah znečistenia** v tomto prípade výpočty slúžia
  - a) ako pomôcka k identifikácii zdroja znečistenia/znečisťovania a poznanie jeho pôsobenia,
  - b) k určeniu, či sa súčasný rozsah znečistenia bude zväčšovať alebo nie,
  - c) k určeniu, či je v lokalite aktuálne riziko šírenia znečistenia podzemnou vodou.

### ***Postup výpočtu rizika šírenia sa znečistenia podzemnou vodou***

Postup<sup>1)</sup> výpočtu rizika šírenia sa znečistenia podzemnou vodou musí pozostávať z nasledujúcich krokov (postupnosť krokov sa môže líšiť v závislosti od stavu poznania lokality)

#### *1. Určenie aktuálnosti, rozsahu, dĺžky a doby pôsobenia primárneho zdroja znečistenia*

- a) aktuálnosť: aktívny zdroj / zdroj pôsobiaci v minulosti,
- b) rozsah: množstvo uniknutej látky,
- c) dĺžka pôsobenia: čas od začiatku pôsobenia zdroja do jeho ukončenia (jednorázový zdroj / dlhodobý (kontinuálne alebo opakované) pôsobiaci (trvalý) zdroj),
- d) doba pôsobenia: čas od ukončenia pôsobenia zdroja do doby prieskumu rozsahu znečistenia a spracovania analýzy rizika.

#### *2. Stanovenie distribúcie a mobility znečisťujúcej látky v pásme prevzdušnenia v blízkosti zdroja (stanovenie koncentrácie $C_0$ <sup>2)</sup>)*

$C_0$  sa zisťuje

- a) meraním koncentrácie znečistenia vo vode v póroch v pásme prevzdušnenia,
- b) výpočtom, t. j. v mnohých prípadoch bude možné zistiť iba koncentráciu znečistenia v horninovom prostredí alebo pôde (alebo podľa možnosti v pôdnom vzduchu). V týchto prípadoch môžeme koncentráciu pri zdroji vypočítať na základe predpokladu vytvorenia rovnováhy medzi rozdelením fáz v zemine (pôde), vode a vzduchu (princíp rozdeľovacích koeficientov),
- c) stanovením výluhu zo vzorky zeminy buď statickým testom podľa Európskych noriem EN 12506 a EN 13370, alebo dynamickým testom cez prietochné kolóny.

V prípade, že nie je možné využiť na stanovenie  $C_0$  meranie, výpočet alebo výluh, môžeme použiť najväčšiu možnú rozpustnosť predmetnej znečisťujúcej látky vo vode. Použitie maximálnej rozpustnosti bude obyčajne viesť k nadhodnoteniu koncentrácie pri zdroji, pretože rozpustnosť danej látky môže byť ovplyvnená inými rozpustenými látkami. Pretože znečisťujúca látka sa často vyskytuje v zmesi jednotlivých látok je nevyhnutné stanoviť jej partičné zastúpenie, pretože jej rozpustnosť je daná jej podielom v zmesi ostatných rozpustených látok.

#### *3. Stanovenie rozsahu a intenzity prenosu znečisťujúcej látky z pásma prevzdušnenia v blízkosti zdroja do podzemnej vody (stanovenie koncentrácie $C_1$ )*

Krok stanovenia koncentrácie  $C_1$ <sup>3)</sup> predstavuje poznanie procesu zvyšovania koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode rozpúšťaním znečisťujúcich látok prestupujúcich z pásma prevzdušnenia, pričom výpočty sa vzťahujú na vrchných 0,25 m zvodne.<sup>4)</sup>

---

<sup>1)</sup> Postup sa vzťahuje nielen na environmentálne záťaž (vznikli pre rokom 2007) ale aj na environmentálne škody (vznikli po roku 2007) a na ostatné spôsoby vzniku znečistenia (napr. aktuálne havárie).

<sup>2)</sup> Koncentrácia pri zdroji ( $C_0$ ) je maximálna koncentrácia znečisťujúcej látky (v čase a priestore) vo vode v póroch v pásme prevzdušnenia.

<sup>3)</sup> Koncentrácia pri zdroji znečistenia ( $C_1$ ) je maximálna koncentrácia znečisťujúcej látky (v čase a priestore), ktorá vznikne presakovaním znečisťujúcej látky zo zdroja znečistenia (pri environmentálnych záťažach, kde zdroj už nie je aktívny z pásma prevzdušnenia) do podzemnej vody.



$C_1$  je možné stanoviť aj meraním (odberom a analýzou vzoriek) z vrto v podľa typu znečisťujúcej látky (voľba správnej vzorkovacej techniky a miesta odberu vzorky). Ak používame namerané koncentrácie, je dôležité vyhodnotiť či ide o dočasné (ukončené) znečistenie kolektora podzemnej vody, alebo permanentné, dlhodobo pôsobiace znečistenie. Na účely rizikovej analýzy používame najvyššie namerané hodnoty.

Ak hodnota  $C_1$  prekračuje kritérium kvality pre podzemné vody, je potrebné vykonať aj ďalší krok hodnotenia.

#### 4. Výpočet koncentrácie znečisťujúcich látok rozpustených v podzemnej vode v referenčnom mieste a v referenčnom čase – koncentrácia $C_2$ , $C_3$

Referenčné miesto sa určí v závislosti od spôsobu využitia lokality a najmä od aktuálneho stavu a možností využitia podzemnej vody (príloha č. 6c).

Referenčný čas sa vypočíta analytickým, alebo numerickým riešením diferenciálnej rovnice migrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode.

Výpočet koncentrácie znečisťujúcej látky rozpustenej v podzemnej vode v referenčnom mieste a v referenčnom čase musí zohľadňovať aktuálnosť, rozsah, dĺžku a dobu pôsobenia primárneho zdroja znečistenia, distribúciu a mobilitu znečisťujúcej látky v pásme prevzdušnenia v blízkosti zdroja a rozsah a intenzitu prenosu znečisťujúcej látky z pásma prevzdušnenia v blízkosti zdroja do podzemnej vody.

Ak v referenčnom mieste a v referenčnom čase alebo po jeho uplynutí je (vypočítaná, alebo nameraná) koncentrácia znečisťujúcich látok rozpustených v podzemnej vode rovná alebo väčšia ako koncentračná hodnota kritéria kvality pre podzemnú vodu, v lokalite existuje riziko šírenia sa znečistenia podzemnou vodou.

Postupy a vzorce pre výpočet rizika šírenia sa znečistenia podzemnou vodou sú uvedené v zozname odporúčanej literatúry, základné vzorce pre výpočet rizika šírenia sa znečistenia podzemnou vodou sú uvedené nižšie.

Optimálnym nástrojom pre výpočet rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou je **matematické modelovanie**. Pre účely rizikovej analýzy je možné využiť viaceré softwarové produkty.

#### Základné rovnice migrácie znečistenia

Obdobne, ako v prípade riešenia prúdenia podzemnej vody, je aj odvodenie základnej rovnice prenosu hmoty založené na princípe zachovania hmoty.

Pri najjednoduchšej rovnici migrácie pre miesiteľné prúdenie zanedbávame interakcie roztoku s pevnou fázou (skeleton), čo vedie k vzniku sorpčných a desorpčných javov (pozri nasledujúci odsek) a tiež reakcie jednotlivých látok v roztoku a ich samovoľný rozpad.

Rovnicu pre pásmo prevzdušnenia môžeme písať v tvare

$$\frac{\partial(\Theta C)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \Theta \cdot D_{ij} \cdot \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (v_i \cdot C), \text{ kde}$$

$C$  = koncentrácia látky v roztoku [ $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ],

$\Theta$  = vlhkosť (obsah vody v póroch zeminy),

$v_i$  = filtračná rýchlosť a

---

<sup>4)</sup> Predpokladá sa, že zvoďeň je homogénna, rýchlosť prúdenia podzemnej vody je konštantná. Výpočet koncentrácie znečisťujúcich látok v podzemnej vode sa uskutočňuje ako výpočet rovnovážneho stavu vo vrchnej časti zvoďne.

$D_{ij}$  = tenzor koeficientov disperzie [ $m^2 \cdot s^{-1}$ ].

Ak riešime prenos *v pásme nasýtenia*, je hodnota vlhkosti konštantná a rovná sa efektívnej pórovitosti. Pre takýto prípad môžeme celú rovnicu podeliť jej hodnotou a dostaneme

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( D_{ij} \cdot \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (v_{p,i} \cdot C)$$

V tejto rovnici je  $v_p$  pórová rýchlosť prúdenia vody.

Táto rovnica je základná diferenciálna rovnica pre tzv. konzervatívny prenos látky pórovým prostredím, t. j. prenos, pri ktorom látka nereaguje s prostredím ani nepodlieha samovoľnému rozkladu. To je síce najjednoduchší prípad, v praktických prípadoch ale iba v malom percente prípadov môžeme tieto reakcie zanedbávať.

Sorpcia predstavuje reakciu rozpustenej látky s pôdnym komplexom a má dve polohy, a to adsorpciu a desorpciu.

Adsorpcia je jav, pri ktorom sa molekuly rozpustenej látky pevne viažu na pôdny komplex a tým sa prestávajú zúčastňovať na prenose, desorpcia prebieha práve opačným smerom, t. j. za určitých podmienok sa naopak látka, nasorbovaná na pôdny skelet, uvoľňuje späť do prostredia. Ukazuje sa, že pôdny skelet má prevažne záporný náboj.

Preto sa sorpcia výraznejšie prejavuje u roztokov, ktoré obsahujú katióny. U aniónov sa sorpcia prevažne neprejaví, ale niekedy (napr. u chloridov) sa dokonca môže prejavíť uvoľňovanie aniónov chloridov z pôdneho skeletu. Potom je sorpcia záporná a chloridový roztok sa môže napr. u ílových zemín šíriť aj vyššou rýchlosťou (pozri napr. VAN GENUCHTEN, 1981). Pre riešenie sorpcie sa musí zaviesť do pôvodnej bilančnej rovnice zmena množstva látky, ktoré je viazané na pôdny skelet. Na rozdiel od koncentrácie  $C$  látky, rozpustenej vo vode, ktorá sa vyjadruje ako množstvo hmoty látky v jednotkovom objeme vody [ $mg \cdot l^{-1}$ ], je koncentrácia  $S$  látky, ktorá sa sorbuje na pôdny skelet vyjadrené ako množstvo látky na jednotku hmoty pôdneho skeletu, čiže táto koncentrácia je bezrozmerná.

Základná rovnica sa teda zmení na tvar

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \cdot S + \Theta \cdot C) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \Theta \cdot D_{ij} \cdot \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (v_{i,C}) + \sum_k Z_k, \text{ kde}$$

$\Theta$  = vlhkosť,

$\rho$  = merná hmotnosť zrn skeletu.

Posledný člen na pravej strane rovnice vyjadruje pôsobenie zdrojov, ktoré neboli zahrnuté do disperzného ani konvektívneho toku. Tento zdrojový člen práve umožňuje zaviesť do rovnice reakcie látky (napr. rôzne rozpadové procesy). Tieto procesy sa najčastejšie vyjadrujú ako procesy s kinetikou prvého a nultého rádu

$$Z_k = -\mu_r \cdot \Theta \cdot C - \mu_s \cdot \rho \cdot S + \delta_r \cdot \Theta + \delta_s \cdot \rho, \text{ kde}$$

$\mu_r$  = konštanta, vyjadrujúca rýchlosť rozpadových reakcií prvého rádu v roztoku

$\mu_s$  = konštanta, vyjadrujúca rýchlosť rozpadových reakcií prvého rádu v sorbovanej časti

$\delta_r$  = konštanta, vyjadrujúca produkciu iónov látky (kinetika nultého rádu) v roztoku

$\delta_s$  = konštanta, vyjadrujúca produkciu iónov látky (kinetika nultého rádu) v sorbovanej časti

Pre rádioaktívny rozpad je  $\mu_r = \mu_s = \lambda$  a  $\delta_r = \delta_s = 0$  a môžeme písať

$$Z_k = -\lambda \cdot (\Theta \cdot C + \rho \cdot S), \text{ kde}$$

$\lambda$  = rozpadová konštanta.

Obdobne by sa mohli voľbou vhodných konštánt vystihnúť aj rôzne degradačné procesy, či už chemického, alebo mikrobiologického charakteru.

Pre vlastné riešenie je potrebné vyjadriť vzťah medzi obidvomi koncentraciami C a S. Toto sa opäť rieši pomocou rôznych zjednodušujúcich predpokladov. Jednotlivé riešenia môžeme teraz rozdeliť na dve veľké skupiny, a to

- riešenie rovnovážnej sorpcie. Predpokladá sa okamžitá sorpcia, t.j. teoreticky nekonečne veľká rýchlosť sorpčných procesov. Toto je korektné v prípade, že rýchlosti prenosu sú rádovo nižšie ako rýchlosti sorpcie,
- riešenie nerovnovážnej sorpcie. Ak je rýchlosť sorpčného procesu porovnateľná s rýchlosťou prenosu, nemôžeme ju zanedbávať a musíme ju do riešenia zaviesť.

Pri riešení rovnovážnej sorpcie zanedbávame jej rýchlosť. Preto ide vlastne iba o vyjadrenie funkčného vzťahu medzi obidvomi koncentraciami S a C. Tieto vzťahy sa v literatúre často označujú ako izotermy. Najjednoduchší, ale tiež najčastejšie používaný vzťah je tzv. lineárna izoterma

$$S = K_d \cdot C, \text{ kde}$$

$K_d$  = koeficient distribúcie.

Je zrejmé, že pomocou tohto vzťahu dostaneme najjednoduchšie vyjadrenie základnej rovnice. Ak dosadíme do základnej rovnice, dostaneme

$$(\rho \cdot K_d + \Theta) \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \Theta \cdot D_{ij} \cdot \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (v_i \cdot C) + \sum_k Z_k$$

Pre prípad prenosu látok v nasýtenej zóne, kde je vlhkosť konštantná a rovná efektívnej pórovitosti, sa zvykne predchádzajúca rovnica upravovať na tvar

$$R \cdot \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( D_{ij} \cdot \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (v_{pi} \cdot C) + \sum_k Z'_k$$

kde sme zaviedli tzv. retardačný faktor R vzťahom

$$R = 1 + \frac{\rho}{n} \cdot K_d$$

Obdobne sa zmenili výrazy pre reakcie látky, preto sme v rovnici označili zdrojový člen ako  $Z'$ . Tento člen môžeme pre prípad pásma nasýtenia písať v tvare

$$Z'_k = \left[ -\mu_r + \delta_r + (\delta_s - \mu_s) \cdot \frac{\rho \cdot K_d}{n} \right] \cdot C$$

Pre prípad rádioaktívneho rozpadu látky potom môžeme písať zdrojový člen v tvare

$$Z'_k = \lambda \cdot R \cdot C$$

Analytické riešenia sú obmedzené na prípady s jednoduchými okrajovými podmienkami a tiež s jednoduchým geometrickým tvarom oblasti (napr. polonekonečný pás). Navyše v prípade prenosu vzniklo ďalšie obmedzenie v tom, že pre priame riešenie sa väčšinou predpokladá, že prenos prebieha v homogénnom poli rýchlostí, čiže sa nemení smer ani veľkosť rýchlosti v celej oblasti. Toto bude asi najväčšia prekážka použitia takýchto riešení a preto sa v súčasnosti používajú iba ako etalóny, čiže pre otestovanie numerických modelov.

Najčastejšie používané analytické riešenie rieši prenos znečistenia v polonekonečnom vodorovnom páse. Pri riešení sa vychádza zo základnej diferenciálnej rovnice jednorozmerného prenosu. Potom riešenie tejto rovnice pri počiatkovej podmienke  $C=0$  v čase  $t=0$  a pri okrajovej podmienke  $C=C_0$  pre  $x=0$  (Dirichletova okrajová podmienka 1. rádu) môžeme písať v tvare

$$\frac{C(x,t)}{C_0} = \frac{1}{2} \left[ \operatorname{erfc} \left( \frac{x - v_p \cdot t}{2 \cdot \sqrt{D \cdot t}} \right) + e^{\left( \frac{-v_p \cdot x}{D} \right)} \cdot \operatorname{erfc} \left( \frac{x + v_p \cdot t}{2 \cdot \sqrt{D \cdot t}} \right) \right], \text{ kde}$$

funkcia  $\operatorname{erfc}(x)$  predstavuje doplnkovú funkciu k distribučnej funkcii Gaussovho normálneho rozdelenia  $\operatorname{erf}(x)$ , teda

$$\operatorname{erfc}(x) = 1 - \operatorname{erf}(x)$$

a distribučná funkcia sa vyjadruje v tvare

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^x e^{-\frac{u^2}{2}} du$$

a pre výpočty sa často používa jej rozvoj do nekonečného radu v tvare

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n \cdot x^{2n+1}}{n!(2n+1)}$$

V prípade rozpadu látky sa môže nájsť analytické riešenie v tvare

$$\frac{C(x,t)}{C_0} = \frac{1}{2} e^{\left( \frac{v_p \cdot x}{2D} \right)} \left[ e^{-x\beta} \operatorname{erfc} \left( \frac{x - t \cdot \sqrt{v_p^2 + 4\lambda D}}{2 \cdot \sqrt{D \cdot t}} \right) + e^{x\beta} \cdot \operatorname{erfc} \left( \frac{x + t \cdot \sqrt{v_p^2 + 4\lambda D}}{2 \cdot \sqrt{D \cdot t}} \right) \right]$$

kde

$$\beta = \frac{v_p}{2D} + \sqrt{\frac{\lambda}{D}}$$

V týchto vzťahoch je  $D$  koeficient pozdĺžnej disperzie a  $v_p$  je skutočná (pórová) rýchlosť.

Pre prípad okamžitého znečistenia, kedy sa do podzemnej vody nárazovo uvoľní celkové množstvo látky  $M$  je rovnica jednoduchšia

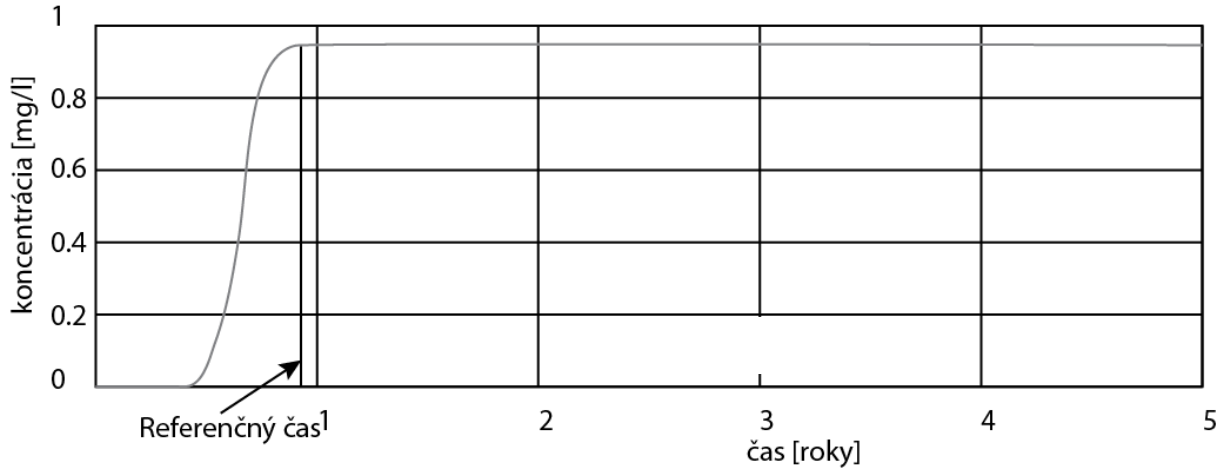
$$C(x,t) = \frac{M}{2n \cdot \sqrt{\pi D t}} e^{\left( \frac{-(x - v_p \cdot x)^2}{4Dt} \right)}$$

kde  $n$  je efektívna pórovitosť prostredia.

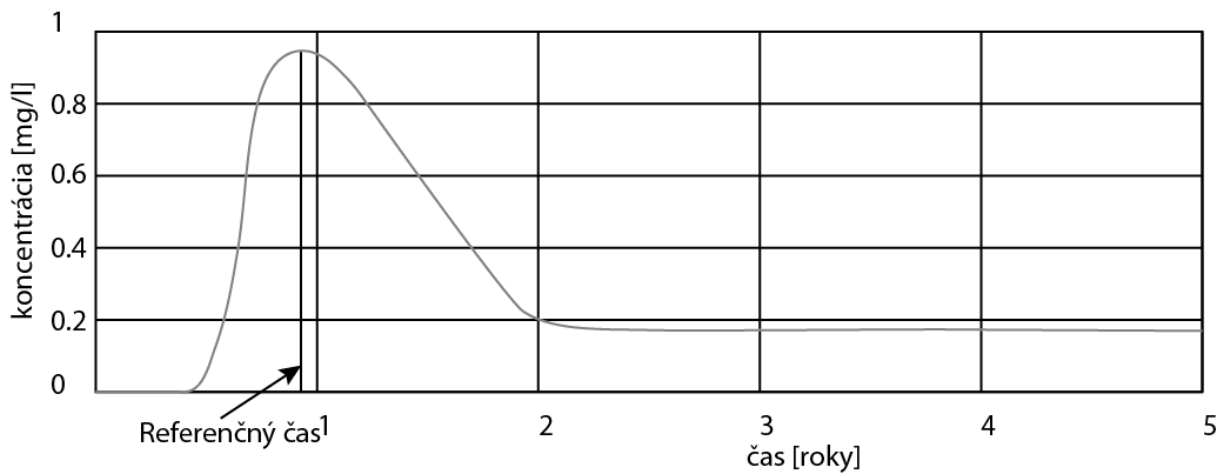
Z uvedených vzťahov vyplýva, že analytické riešenia úlohy sú zložité a v praxi majú iba obmedzené použitie. V súčasnosti, najmä pri nehomogénnych podmienkach, sú už celkom nahradené numerickými riešeniami rovníc migrácie. Numerické modely vychádzajú z modelu prúdenia, na ktorý priamo nadväzuje riešenie migrácie. Aj komerčne najrozšírenejší produkt pre model migrácie MT3D je napojený na model prúdenia pomocou programu MODFLOW.

**Príklad grafov koncentrácie znečisťujúcej látky v referenčnom mieste v závislosti od času**

**A. Trvalý zdroj znečistenia**



**B. Jednorazový zdroj znečistenia**



**Príklad zjednodušeného postupu výpočtu šírenia znečistenia podľa literatúry por. č. B4  
uvedenej v prílohe 14**

Stanovenie hodnôt  $C_0$  (koncentrácia v zdroji znečistenia)

Fázové rozdelenie v horninovom prostredí alebo v pôde (v pásme prevzdušnenia)

---

Celkový objem znečisťujúcej látky v horninovom prostredí môže byť stanovený ako suma objemu všetkých fáz v horninovom prostredí

$$V_L + V_V + V_J = 1, \text{ kde}$$

$V_L$  = relatívny objemový podiel plynnej fázy v horninovom prostredí,

$V_V$  = relatívny objemový podiel vody v horninovom prostredí,

$V_J$  = relatívny objemový podiel tuhej fázy v horninovom prostredí.

Maximálne množstvo látok v jednom kubickom metri [ $1 \text{ m}^3$ ] v horninovom prostredí, rozdelených medzi tri fázy horninovom prostredí, môže byť vypočítané nasledovne

V plynnej fáze zemín (pôdny vzduch)

---

$$M_{L, \max} = V_L \cdot C_{L, \max}, \text{ kde}$$

$M_{L, \max}$  = maximálne množstvo látky v pôdnom vzduchu [ $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$  objemu zeminy],

$C_{L, \max}$  = koncentrácia saturovaných pár znečisťujúcej látky [ $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$  pôdneho vzduchu],

$C_{L, \max}$  - môže byť vypočítané na základe parciálneho tlaku identifikovaných látok.

$$C_{L, \max} = \frac{p \cdot m \cdot 10^3}{R \cdot T}, \text{ kde}$$

$p$  = parciálny tlak látky [ $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ ],

$m$  = mólová hmotnosť [ $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ],

$R$  = plynová konštanta [ $8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}$ ],

$T$  = teplota [ $298 \text{ K} = 25^\circ\text{C}$ ].

Vo vodnej fáze (pôdna voda)

---

$$M_{V, \max} = V_V \cdot S, \text{ kde}$$

$M_{V, \max}$  = maximálne množstvo látky v pôdnej vode [ $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$  objemu zeminy],

$S$  = rozpustnosť látky vo vode [ $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$  pôdnej vody].

V parciálnej časti pevných látok

---

$$M_{J, \max} = V_J \cdot d \cdot K_{oc} \cdot f_{oc} \cdot S, \text{ kde}$$

$M_{J, \max}$  = maximálne množstvo danej látky, ktoré je adsorbované na organickej frakcii tuhých častíc [ $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$  objemu zemín],

$d$  = objemová hmotnosť pevnej fázy častíc [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ],

$K_{oc}$  = rozdeľovací koeficient organický uhlík/voda [ $\text{dm}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ , resp.  $\text{l} \cdot \text{kg}^{-1}$ ],

$f_{oc}$  = obsah organického uhlíka v nekontaminovanej zemine vo frakcii (percentuálne zastúpenie/100).

---

Maximálna kapacita zeminy pre danú látku potom bude

---

$$M_{L,max} + M_{V,max} + M_{J,max}$$

Na základe predpokladu, že relatívne rozdelenie medzi tri fázy je nezávislé na celkovej koncentrácii v zemine, môže byť vypočítané rozdelenie danej látky v jednotlivých fázach. Pre plynnú fázu platí nasledovné

$$f_L = \frac{M_{L,max}}{M_{L,max} + M_{V,max} + M_{J,max}} = \frac{M_L}{M_L + M_V + M_J}, \text{ kde}$$

$f_L$  = relatívne množstvo (prchavej frakcie) v pôdnom vzduchu vo vzťahu k celkovému obsahu v zemine (vypočítané na  $m^3$  zeminy).

$M_L, M_V, M_J$  = aktuálne množstvo v každej z troch fáz ( $mg \cdot m^{-3}$  zeminy).

Aplikáciou uvedených vzťahov možno z meraní obsahov znečisťujúcej látky v danej fáze vypočítať jeho obsah v ostatných fázach. Pretože vypočítané obsahy platia aj v tomto prípade pre čisté látky a nie ich zmesi, je potrebné vypočítané obsahy prepočítať pomocou partičného koeficientu zastúpenia danej látky v zmesi.

Napríklad benzén sa v ropných produktoch vyskytuje s podielom 0,5 - 10 % a preto je potrebné jeho rozpustnosť vo vode  $1\,760\, mg \cdot l^{-1}$  prepočítať na jeho skutočné partičné zastúpenie ( $x = 0,005-0,1$ ).

$$C_0 = S \cdot x, \text{ kde}$$

$C_0$  = koncentrácia v zdroji znečistenia [ $mg \cdot l^{-1}$ ],

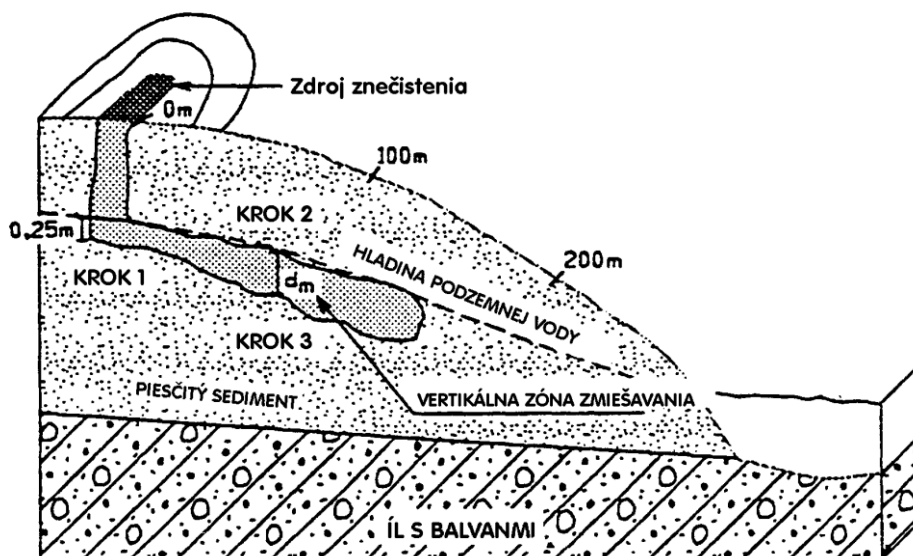
$S$  = rozpustnosť [ $mg \cdot l^{-1}$ ],

$x$  = podiel v zmesi látok (partičný koeficient).

### Hodnotenie rizík pre podzemnú vodu - vzorce pre výpočty - príklad riešenia

#### Analyza rizika pre pásmo nasýtenia

Tento postup poskytuje úvod k procesom miešania, fázových zmien a procesom šírenia, ktoré sa môžu vyskytovať v zemine/hornine a podzemnej vode. Pre pásmo nasýtenia môže byť použitá tzv. „**kroková metóda**“ rizikovej analýzy. Metóda je vhodná pre prostredie s medzizrnovou priepustnosťou. Analytický výpočet uvedený v tomto príklade je vhodný hlavne pri predbežnom hodnotení rizika, pri aktualizácii analýzy rizika, resp. pri hodnotení rizika v lokalitách, kde nie sú ohrozené významné a vysoko citlivé receptory. V prípade možného ohrozenia významných a vysoko citlivých receptorov a v prípade znečistenia prioritnými látkami sa odporúča použitie matematického modelovania šírenia znečistenia.



**Krok 1** je proces miešania v blízkosti zdroja, na základe najnepriaznivejšieho predpokladu, že koncentrácia znečisťujúcej látky v pórovej vode v spodnej vrstve pásma prevzdušnenia je rovná koncentrácii v zdroji. Potom sa predpokladá miešanie v najvrchnejších 0,25 m podzemnej vody v zvodnenej vrstve. Alternatívne môže byť stanovená výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky v najvrchnejších 0,25 m v pásme nasýtenia priamo analyzovaním podzemnej vody získanej z vrtu s filtrom lokalizovaného vo vrchnej vrstve podzemnej vody.

**Krok 2** je proces miešania v smere prúdenia od zdroja, kde sa predpokladá zväčšovanie hĺbky zóny miešania, spôsobené efektom disperzie.

**V kroku 3** je vypočítaná výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky v podzemnej vode so zohľadnením disperzie, sorpcie a degradácie v pásme nasýtenia. Krok 3 je rozšírením kroku 2, keďže počiatočným bodom pre krok 3 je výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky vypočítaná v kroku 2.

V prípade, že zdrojom znečistenia podzemnej vody je napr. voľná fáza chlórovaných uhlíkovodíkov akumulovaná na dne zvodnenej vrstvy, je možné použiť popísaný postup modifikovaný v kroku 1 nahradením množstva znečisťujúcej látky presakujúcej do podzemnej vody z pásma prevzdušnenia rozpúšťaním znečisťujúcej látky na rozhraní voľnej fázy a podzemnej vody.

Ostatné kroky – výpočet  $C_2$  a  $C_3$  je možné vykonať rovnako, pričom procesy nebudú hodnotené pre vrchnú časť zvodnenej vrstvy.



**Krok 1**      **Proces miešania v blízkosti zdroja**

*Predpoklady*      Sorpcia, disperzia, degradácia ani difúzia nie sú brané do úvahy. Predpokladá sa, že zvodnená vrstva je homogénna, (jednovrstvový model), a že podzemná voda sa pohybuje konštantnou rýchlosťou.

*Výpočty*      V nasledujúcej časti sú použité nasledovné symboly  
 $N$  = čistá infiltrácia [ $m \cdot s^{-1}$ ]  
 $A$  = plocha znečisteného územia [ $m^2$ ]  
 $B$  = šírka znečisteného územia [ $m$ ]  
 $C_0$  = koncentrácia v zdroji [ $mg \cdot l^{-1} = g \cdot m^{-3}$ ]  
 $d_m$  = hrúbka zóny miešania [ $m$ ]  
 $v_D$  = Darcyho rýchlosť prúdenia podzemnej vody [ $m \cdot s^{-1}$ ]  
 $C_g$  = prirodzená pozadová koncentrácia podzemnej vody [ $g \cdot m^{-3}$ ]  
 $k$  = koeficient filtrácie [ $m \cdot s^{-1}$ ]  
 $i$  = hydraulický gradient [-]  
 $v_p$  = priemerná pórová rýchlosť podzemnej vody [ $m \cdot s^{-1}$ ]

*Rovnica 1*      Tok vody  $Q_0$ , presakujúcej cez znečistené územie môže byť popísaný nasledovne

$$Q_0 = N \cdot A,$$

*Rovnica 2*      a tok  $J_0$  znečisťujúcich látok ako

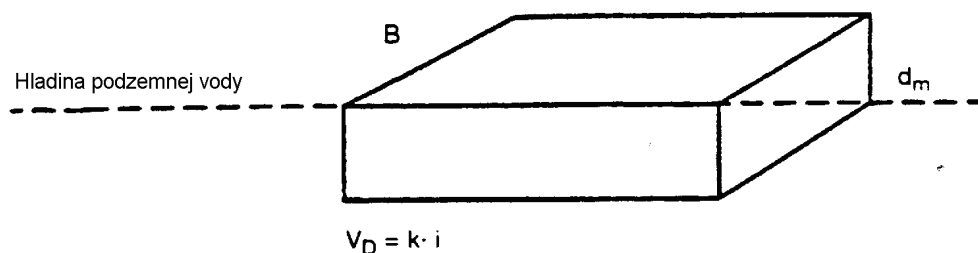
$$J_0 = C_0 \cdot Q_0 = C_0 \cdot N \cdot A$$

Keď pórová voda presakuje do pásma nasýtenia, nastane miešanie v najvrchnejšej vrstve 0,25 m podzemnej vody.

Tok podzemnej vody  $Q_g$  prúdiacej pod znečisteným územím, ktorý je následne znečistený presakujúcou pórovou vodou, zodpovedá podzemnej vode zadržanej v bloku s dĺžkou  $v_D$  (Darcyho rýchlosť prúdenia vody), výškou 0,25 m (hrúbka miešania) a šírkou  $B$  (šírka znečisteného územia).

*Rovnica 3*      Tok podzemnej vody  $Q_g$  prúdiacej pod znečisteným územím potom bude

$$Q_g = B \cdot 0,25 \cdot v_D = B \cdot 0,25 \cdot k \cdot i,$$



Tok vody pod znečisteným územím zodpovedá vode zadržanej v bloku s dĺžkou, ktorá zodpovedá  $v_D$  (Darcyho rýchlosť prúdenia), výškou  $d_m$  (hrúbka miešania) a šírkou  $B$  znečisteného územia.

*Rovnica 4* Pri výpočte výslednej koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode, musí byť zobrať do úvahy fakt, že podzemná voda môže mať požadovú koncentráciu znečisťujúcej látky  $C_g$ .

Tok  $J_g$  požadového obsahu znečisťujúcej látky prúdiaceho s podzemnou vodou pod znečisteným územím môže byť vyjadrený ako

$$J_g = Q_g \cdot C_g = C_g \cdot 0,25 \cdot k \cdot i \cdot B$$

*Rovnica 5* Výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky  $C_1$  v podzemnej vode prúdiacej tesne pod znečisteným územím bude potom vyjadrená ako celková suma príspevku z presakujúcej pôdnej vody a pritekajúcej podzemnej vody.

$$C_1 = \frac{J_o}{Q_o + Q_g} + \frac{J_g}{Q_o + Q_g}$$

*Rovnica 6* Dosadením výrazov z rovníc 1 - 5 získame nasledovný výsledok

$$C_1 = \frac{A \cdot N \cdot C_0 + B \cdot 0,25 \cdot k \cdot i \cdot C_g}{A \cdot N + B \cdot 0,25 \cdot k \cdot i}$$

Vo výraze pre výpočet výslednej koncentrácie znečisťujúcej látky  $C_1$ , sa predpokladá konštantná koncentrácia v zdroji  $C_0$  na celej ploche územia.

Ak sa ukáže v prieskumnej fáze, že je možné použiť iný postup, môže byť znečistené územie rozdelené do častí s individuálnymi koncentraciami v zdroji; koncentrácie znečistenia budú rozdelené vzhľadom k ploche.

Pre znečistenie pokrývajúce veľké plochy sa môžu výpočty zamerať na centrálnu časť znečistenia.

*Meraná koncentrácia znečisťujúcich látok*

Výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky v najvrchnejších 0,25 m v pásme nasýtenia môže byť tiež stanovená priamo analýzami podzemnej vody získanej z vrtu s filtrom (s dĺžkou filtra 0,25 m), zabudovaného vo vrchnej zóne podzemnej vody. S ohľadom na ďalšie hodnotenie rizika sa použije najvyššia zistená koncentrácia.

*Rovnica 7* V prípadoch, keď je použitá dĺžka filtra väčšia ako 0,25 m, výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky  $C_1$  v najvrchnejších 0,25 m zvodnenej vrstvy musí byť vypočítaná nasledovne

$$C_1 = C_{1,\text{namerané}} \cdot l/0,25,$$

(pre  $l \leq \text{max. rozkvyv hladiny podzemnej vody } v \text{ m}$ )

$C_{1,\text{namerané}}$  = nameraná koncentrácia znečisťujúcej látky [ $\text{mg.l}^{-1}$ ]

$l$  = aktívna dĺžka filtra (rozkyv hladiny podzemnej vody)

## **Krok 2**      **Proces miešania v smere prúdenia**

**Predpoklady**      Je prijatý najnepriaznivejší predpoklad, že v pórovej vode v spodnej časti pásma prevzdušnenia je koncentrácia znečisťujúcej látky rovná koncentrácii v zdroji. Následne sa predpokladá miešanie vo zvodnenej vrstve vo vrchných 0,25 m podzemnej vody.

Výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky je vypočítaná v referenčnom mieste (výpočty sú vykonané s použitím pórovej rýchlosti podzemnej vody), v ktorom musia všetky hodnoty zodpovedať kritériám kvality pre podzemné vody.

Predpoklady sú rovnaké, ako pre proces miešania v blízkosti zdroja. Sorpcia, degradácia ani difúzia nie sú zohľadnené. Predpokladá sa, že zvodnená vrstva je homogénna a izotrópna (jednovrstvový model) a podzemná voda prúdi konštantnou rýchlosťou.

**Pórová rýchlosť**      Priemerná pórová rýchlosť, ktorá je medzi inými použitá pre výpočet vzdialenosti ku teoretickému výpočtovému bodu, ktorý musí zodpovedať kritériám kvality podzemnej vody, je definovaná nasledovne

**Rovnica 8**

$$v_p = (k \cdot i)/n, \text{ kde}$$

$k$  = koeficient filtrácie [m.s<sup>-1</sup>]

$i$  = hydraulický gradient [-]

$n$  = efektívna pórovitosť

(ak celková a efektívna pórovitosť nie je stanovená laboratórne alebo migračnou skúškou použijú sa hodnoty podľa tabuľky v prílohe č. 11, pričom pre efektívnu pórovitosť sa použije nižšia z uvedených hodnôt)

**Hĺbka miešania**      Na základe štúdia migrácie rádioaktívnych stopovačov môže byť použitý nasledovný vzťah pre výpočet hĺbky miešania  $d_m$

**Rovnica 9**

$$d_m = 6\sqrt{2 \cdot d_v \cdot t}, \text{ kde}$$

$d_v$  = koeficient vertikálnej disperzie [m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>]

$t$  = čas transportu podzemnej vody [s].

Za najnepriaznivejší predpoklad môžeme považovať pomer  $d_v = 1/900 d_L$ ,

kde  $d_L$  je koeficient pozdĺžnej disperzie. Pretože  $d_L = \alpha_L \cdot v_p$  platí:

$$d_m = 6\sqrt{\frac{2}{900} \cdot d_L \cdot t} = \sqrt{\frac{72}{900} \cdot \alpha_L \cdot v_p \cdot t}, \text{ kde}$$

$\alpha_L$  = pozdĺžna disperzia [m],

$v_p$  = pórová rýchlosť [m.s<sup>-1</sup>],

$t$  = sledovaný čas transportu [s].

Ak je hrúbka zvodnenej vrstvy menšia ako  $d_m$ , musí byť použitá skutočná hrúbka zvodnenej vrstvy. Pozdĺžna disperzia sa mení so vzdialenosťou od zdroja znečistenia.

*Vypočítaná  
koncentrácia  
znečisťujúcej  
látky*

Symboly použité v nasledovnej časti sú rovnaké, ako boli použité v prvom kroku rizikovej analýzy.

Výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky  $C_2$  v podzemnej vode je vypočítaná analogickým postupom, ako výpočty v prvom kroku rizikovej analýzy pre podzemné vody.

*Rovnica 10*

$$C_2 = \frac{A \cdot N \cdot C_0 + B \cdot d_m \cdot k \cdot i \cdot C_g}{A \cdot N + B \cdot d_m \cdot k \cdot i}$$
$$= \frac{A \cdot N \cdot C_0 + B \cdot d_m \cdot k \cdot i \cdot C_g}{B \cdot d_m \cdot k \cdot i}, \text{ pre } A \cdot N < B \cdot d_m \cdot k \cdot i$$

Výraz použitý pre výpočet výslednej koncentrácie znečisťujúcej látky  $C_2$  predpokladá konštantnú koncentráciu v zdroji  $C_0$  na celej ploche znečisteného územia. Ako v kroku 1, znečistené územie môže byť rozdelené do plôch so samostatnou koncentráciou v zdroji, ktorá zodpovedá koncentrácii znečisťujúcej látky vzhľadom k ploche.

*Meranie  
koncentrácie v  
podzemnej  
vode*

V prípadoch, keď bola v kroku 1 zmeraná koncentrácia  $C_1$  v najvrchnejších 0,25 m podzemnej vody v zvodnenej vrstve, a bola vykonaná zodpovedajúca korekcia na dĺžku filtra, môže byť táto hodnota použitá pre výpočet koncentrácie znečisťujúcej látky  $C_2$ . V zodpovedajúcom výpočtovom bode môže byť výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky  $C_2$  vyjadrená ako

*Rovnica 11*

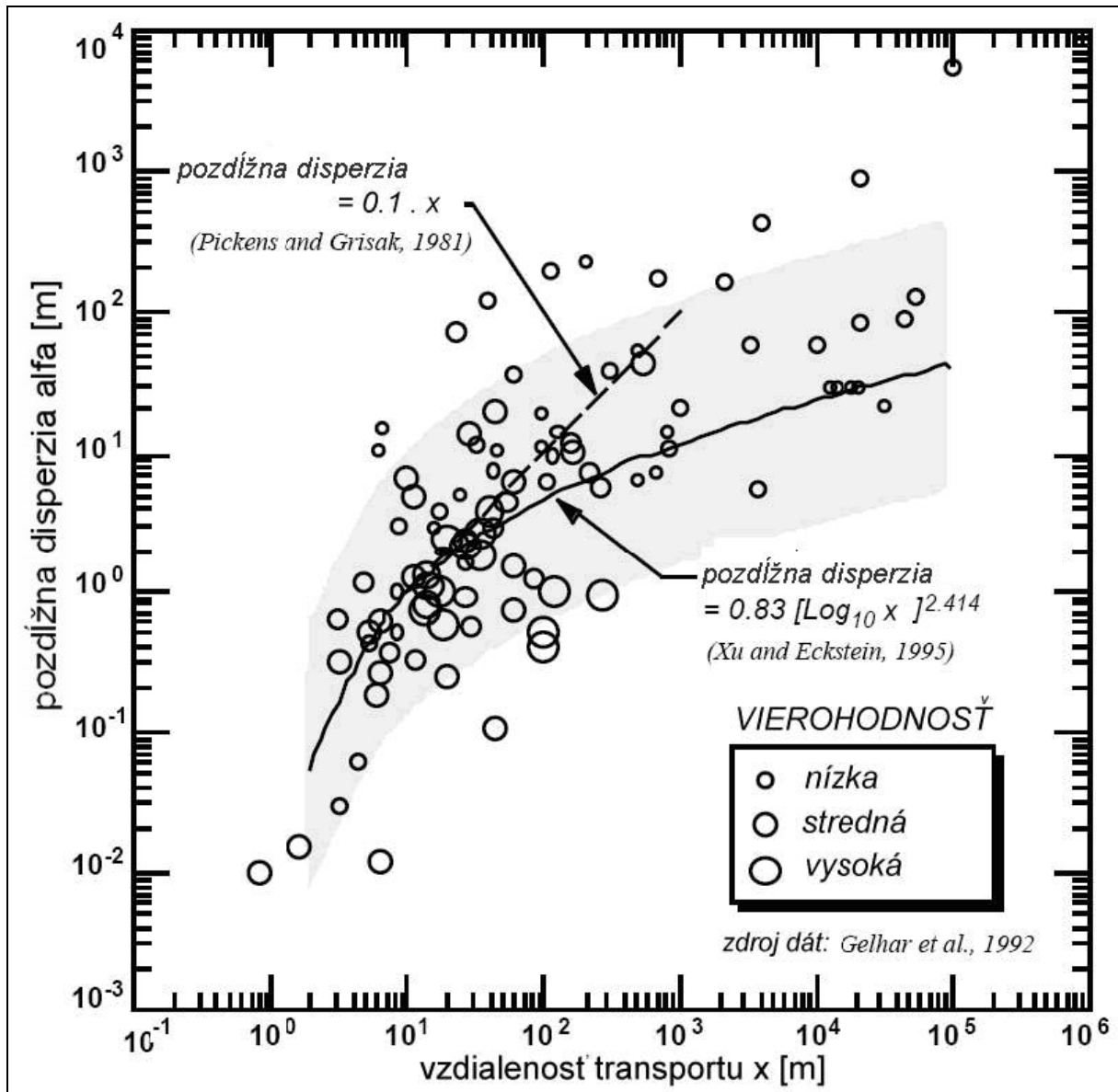
$$C_2 = C_1 \cdot (0,25 / d_m), \text{ kde}$$

$C_{1, \text{meraná}}$  = výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky [ $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ] v najvrchnejšej 0,25 m zóne podzemnej vody v zdroji znečistenia,

$d_m$  = hrúbka zóny miešania vo vzdialenosti zodpovedajúcej vzdialenosti daného referenčného miesta od zdroja znečistenia.

Ak je vypočítaná hrúbka zóny miešania menšia ako 0,25 m,  $d_m = 0,25$  m. Ak je vypočítaná hrúbka zóny miešania väčšia ako hrúbka zvodnenej vrstvy,  $d_m =$  hrúbke zvodnenej vrstvy (v metroch).

### Závislosť koeficientu pozdĺžnej disperzie od vzdialenosti transportu



Pozn.: Vzhľadom na princíp predbežnej opatrnosti sa odporúča použiť spodnú krivku.

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| <b>Krok 3</b>                        | <b>Miešanie v smere prúdenia s degradáciou</b>   |
|                                      | Krok 3 rizikovej analýzy je rozšírenie kroku 2, keďže počiatočný bod kroku 3 je výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky $C_2$ , ktorá bola vypočítaná v kroku 2. Z tohto dôvodu je výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky vypočítaná, ako to bolo aj v prípade kroku 2 rizikovej analýzy, v referenčnom mieste. V tomto teoretickom výpočtovom bode musia byť splnené kritériá kvality pre podzemnú vodu.   |
| <i>Predpoklady</i>                   | Predpokladá sa, že zvodnená vrstva je homogénna a izotropná, a podzemná voda má konštantú rýchlosť. Predpokladá sa tiež, že sa v pásme nasýtenia uplatňuje vertikálna disperzia a degradácia, ktorá môže byť opísaná ako rozklad látky podľa kinetiky reakcie prvého poriadku.   |
| <i>Výpočty a požiadavky na údaje</i> | Výpočty sú uskutočnené na základe typických degradačných konštánt reakcií prvého poriadku, ktoré nemôžu byť najnepriaznivejšie, pretože v takom prípade by sme museli predpokladať, že sa znečisťujúca látka nerozkladá.   |
| <i>Rovnica 12</i>                    | Vplyvom rozkladu znečisťujúcej látky podľa reakcie prvého poriadku, môže byť výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky $C_3$ po degradácii vypočítaná zo vzťahu<br>$C_3 = C_2 \cdot \exp(-k_1 \cdot t), \text{ kde}$ $C_2$ = výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky vypočítaná pre proces miešania v smere prúdenia v kroku 2 [ $\text{mg.l}^{-1}$ ],<br>$k_1$ = rýchlostná rozpadová konštanta reakcie prvého poriadku v nasýtenej zóne [ $\text{deň}^{-1}$ ],<br>$t$ = čas reakcie [deň]. |
| <i>Sorpcia</i>                       | Sorpcia môže byť zohľadnená v súvislosti s hodnotením ako dlho je znečisťujúca látka degradovaná, čo vyplýva zo skutočnosti, že znečisťujúca látka sa nepohybuje smerom k teoretickému výpočtovému bodu rýchlosťou $v_p$ , ale pod vplyvom sorpcie rýchlosťou $v_s$  |
| <i>Rovnica 13</i>                    | $v_s = v_p / R, \quad R > 1, \text{ kde}$ $v_p$ = priemerná pórová rýchlosť [ $\text{m.s}^{-1}$ ],<br>$R$ = retardačný koeficient [-],<br>Retardačný koeficient môže byť vypočítaný na základe distribučného koeficientu $K_d$ , ktorý je funkciou obsahu organickej hmoty v pôde $f_{oc}$ a rozdeľovacieho koeficientu oktanol/voda $K_{ow}$ . Pri predpoklade, že $\log K_{ow} < 5$ a $f_{oc} > 0.1\%$ , $K_d$ môže byť vypočítaný pomocou vzťahu  |
| <i>Rovnica 14</i>                    | $\log K_d = 1,04 \cdot \log K_{ow} + \log f_{oc} - 0,84$ Retardačný faktor môže byť potom vypočítaný pomocou empirickej rovnice  |
| <i>Rovnica 15</i>                    | $R = 1 + \rho/n \cdot K_d, \text{ kde}$ $\rho$ = objemová hmotnosť zeminy [ $\text{g.cm}^{-3}$ ],<br>$n$ = efektívna pórovitosť [-],<br>$K_d$ je distribučný koeficient.   |
| <i>Monitorovanie</i>                 | Ako bolo už spomenuté, krok 3 rizikovej analýzy, do ktorého je zahrnutá  |

degradácia znečisťujúcej látky, nie je striktne najnepriaznivejším scenárom. Z tohto dôvodu musí byť monitoring vykonaný aj v prípadoch, keď riziková analýza ukáže, že vplyvom prirodzenej degradácii znečisťujúcich látok v podzemnej vode budú kritériá kvality podzemnej vody splnené. Monitorovanie musí potvrdiť, či sa degradácia zahrnutá do výpočtov skutočne uplatní podľa predpokladov. Navyše musia byť stanovené oxidačno-redukčné podmienky a získané údaje pre výpočet skutočnej rýchlostnej degradačnej konštanty.

## Príloha č. 6b: Výpočet rizika vo vzťahu k povrchovým vodám

---

Potenciálne ohrozené sú povrchové vody recipientu znečistenej podzemnej vody (povrchová voda v smere prúdenia podzemnej vody od znečisteného územia).

Pre stanovenie rizika ohrozenia povrchovej vody je možné použiť rovnaký mechanizmus výpočtu ako pre stanovenie rizík šírenia znečistenia podzemnou vodou. Referenčným miestom je v tomto prípade breh recipientu. Referenčný čas sa počíta pre toto referenčné miesto. V prípade, že vypočítané znečistenie podzemnej vody na brehu toku (koncentrácia  $C_3$ ) prekračuje koncentrácie v toku, vypočítame prírastok znečistenia v toku vplyvom prestupu znečistenej podzemnej vody. V prípade, že ide o občasný tok, alebo recipient stojacej povrchovej vody, koncentrácia znečisťujúcich látok v podzemnej vode na jeho brehu musí byť menšia alebo rovná ako kvalita vody, ktorá sa vyžaduje pre takýto tok.<sup>5)</sup>

Najjednoduchším spôsobom výpočtu prírastku je zmiešavacia rovnica

$$C_v = (C_3 \cdot Q_3 + C_t \cdot Q_t) / (Q_3 + Q_t)$$

$$C_p = C_v - C_t, \text{ kde}$$

$C_3$  = koncentrácia znečisťujúcej látky v podzemnej vode na brehu povrchového recipientu [ $\text{mg.l}^{-1}$ ],

$Q_3$  = množstvo znečistenej podzemnej vody prestupujúcej do povrchového recipientu [ $\text{l.s}^{-1}$ ],

$C_t$  = koncentrácia znečisťujúcej látky v povrchovom recipiente pred zmiešaním [ $\text{mg.l}^{-1}$ ],

$Q_t$  = prietok v povrchovom recipiente [ $\text{l.s}^{-1}$ ],

$C_p$  = prírastok znečistenia v povrchovom recipiente [ $\text{mg.l}^{-1}$ ],

$C_v$  = výsledná koncentrácia v povrchovom recipiente po zmiešaní [ $\text{mg.l}^{-1}$ ].

Okrem výslednej koncentrácie v toku sa počíta aj bilancia množstva kontaminantu ( $B_k$ ), ktorý sa do povrchového toku dostane prestupom kontaminovanej podzemnej vody

$$B_k = C_3 \cdot Q_3 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365 / 1\,000\,000 \text{ [kg.rok}^{-1}\text{]}$$

Prestup kontaminovanej podzemnej vody do povrchového recipientu ovplyvňuje recipient a preto pri jeho hodnotení je potrebné dodržiavať zásady ako pri hodnotení vypúšťania odpadových vôd. V prípade, že kvalita podzemnej vody prestupujúcej do povrchového recipientu neprekračuje ukazovatele kvality vody pre daný povrchový recipient,<sup>6)</sup> znečistenie podzemnej vody nepredstavuje riziko pre povrchové vody.

Pre územia znečistené ukladaním ťažobných odpadov sa výpočet rizika vo vzťahu k povrchovým vodám od vyššie uvedeného postupu líši tým, že pri úložiskách ťažobných odpadov riešime spravidla znečistenie kovmi. Pre tieto sa nepočíta degradácia (pretože v podzemnej vode nedegradujú). Ako koncentrácie kontaminantu v podzemnej vode použijeme vypočítané koncentrácie  $C_2$ . Zmiešavacia rovnica má preto nasledovný tvar

$$C_v = (C_2 \cdot Q_3) + (C_t \cdot Q_t) / (Q_3 + Q_t)$$

$$C_p = C_v - C_t, \text{ kde}$$

$C_2$  = koncentrácia znečisťujúcej látky v podzemnej vode na brehu povrchového recipientu [ $\text{mg.l}^{-1}$ ].

---

<sup>5)</sup> Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 269/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd.

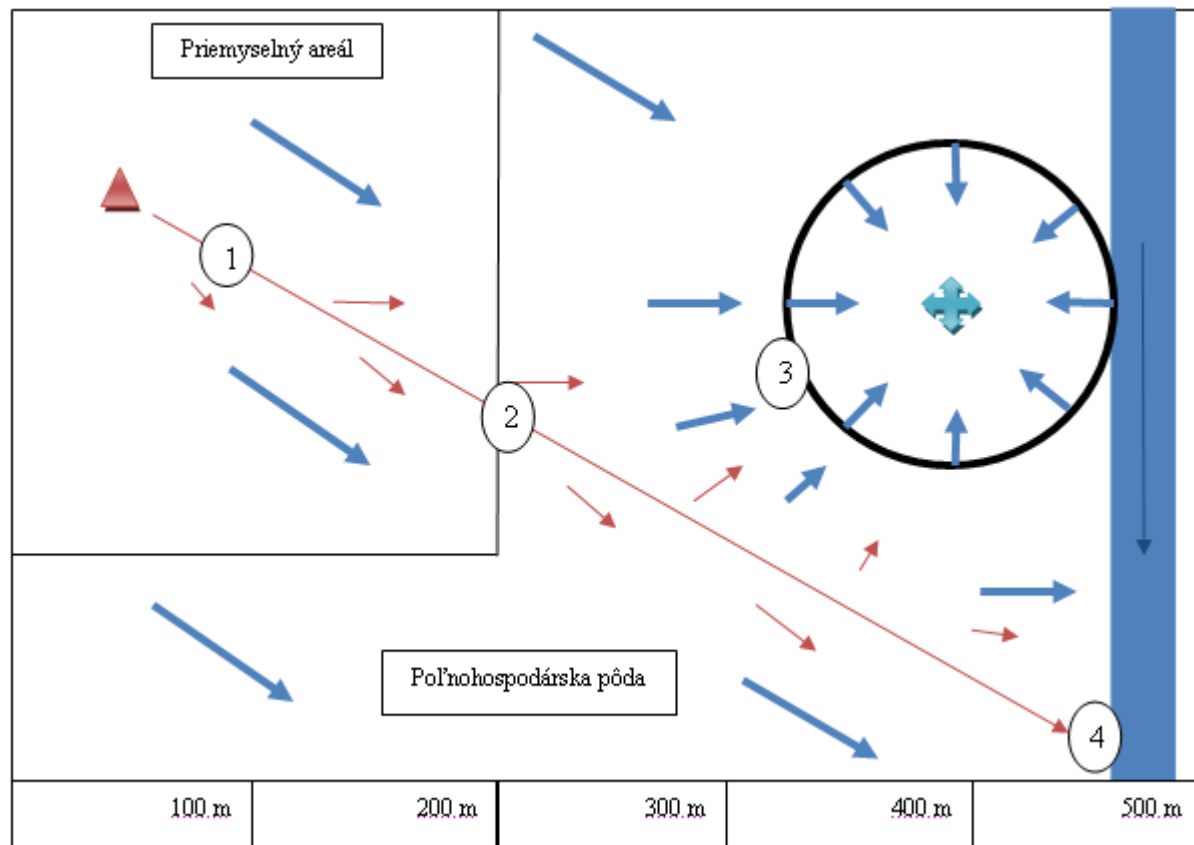
<sup>6)</sup> Príloha č. 1 a príloha č. 2 nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 269/2010 Z. z.












## Príloha č. 6c: Príklad určenia referenčných miest a kritérií kvality podzemnej vody

Pre každý identifikovaný zdroj znečistenia/znečisťovania je potrebné počítať riziko šírenia znečistenia podzemnou vodou pre všetky potenciálne ohrozené receptory, t. j. je potrebné určiť jedno alebo viac referenčných miest a pre každé referenčné miesto stanoviť prítierum kvality podzemnej vody.

### Príklad určenia referenčných miest



-  zdroj znečistenia
-  smer prúdenia podzemnej vody
-  smer šírenia sa znečistenia
-  vodárenský zdroj a jeho ochranné pásmo
-  povrchový tok, smer toku
-  referenčné miesto č. 1 : vo vzdialenosti 100 m od zdroja
-  referenčné miesto č. 2 : na hranici priemyselného areálu
-  referenčné miesto č. 3 : na hranici ochranného pásma vodárenského zdroja
-  referenčné miesto č. 4 : na brehu povrchového toku

### ***Zásady pre stanovenie kritérií kvality podzemnej vody v referenčných miestach***

Kritériá kvality podzemnej vody sa určujú pre každé referenčné miesto osobitne, podľa citlivosti receptora, ktorý je daným referenčným miestom reprezentovaný. Zásady pre stanovenie kritérií kvality sú vysvetlené na príklade referenčných miest uvedených v predchádzajúcom príklade.

#### **Referenčné miesto č. 1**

---

Je určené podľa zásady “ak sa do vzdialenosti 100 m od zdroja v smere šírenia sa znečistenia nenachádza žiaden receptor znečistenia, referenčné miesto sa určuje v tejto vzdialenosti“. Pre takto určené referenčné miesto sa kritérium kvality podzemnej vody spravidla stanovuje na úrovni IT hodnoty pre daný kontaminant. IT hodnota sa považuje za maximálnu prípustnú hodnotu kritéria kvality podzemnej vody, ktorá môže byť nižšia v prípade, že to vyžadujú podmienky zachovania dobrého chemického a ekologického stavu daného vodného útvaru podzemnej vody.

***Kritérium kvality podzemnej vody pre referenčné miesto č. 1 musí byť  $\leq IT$ .***

#### **Referenčné miesto č. 2**

---

Je určené vzhľadom na zmenu využitia územia z priemyselného (málo senzitívneho) na poľnohospodárske (stredne senzitívne) a tiež vzhľadom na možnú zmenu vlastníckych vzťahov k územiu. Kvalita podzemnej vody by mala byť taká, aby nijako neobmedzovala využitie územia mimo areálu, v ktorom sa nachádza zdroj znečistenia/znečisťovania. Pre takto určené referenčné miesto sa kritérium kvality podzemnej vody spravidla stanovuje na úrovni ID hodnoty pre daný kontaminant. ID hodnota sa považuje za odporúčanú hodnotu kritéria kvality, ktorá môže byť upravená smerom nadol, alebo nahor (max. po IT hodnotu) v závislosti od spôsobu využitia územia a podmienok zachovania dobrého chemického a ekologického stavu daného vodného útvaru podzemnej vody.

***Kritérium kvality podzemnej vody pre referenčné miesto č. 2 je  $\leq ID$ .***

#### **Referenčné miesto č. 3**

---

Je určené vzhľadom na existenciu chráneného územia podľa § 5 ods.1 písm. c) zákona č. 364/2004 Z. z. (ochranné pásmo vodárenského zdroja (OPVZ)). Kvalita podzemnej vody na hranici OPVZ musí byť taká, aby nijako neobmedzovala využívanie VZ. Pre takto určené referenčné miesto sa kritérium kvality podzemnej vody spravidla stanovuje na úrovni medznej hodnoty (MH) pre danú znečisťujúcu látku podľa vyhlášky Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 636/2004 Z. z., alebo podľa nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 354/2006 Z. z. MH sa považuje za maximálnu prípustnú hodnotu kritéria kvality podzemnej vody pre takto určené referenčné miesto. V prípade ohrozenia iného druhu chráneného územia sa kritérium kvality podzemnej vody určuje podľa predpisov príslušných pre daný typ ochrany.

***Kritérium kvality podzemnej vody pre referenčné miesto č. 3 je  $\leq MH$  pre pitnú vodu.***

#### **Referenčné miesto č. 4**

---

Je určené na brehu povrchového toku. Kritérium kvality podzemnej vody musí byť také, aby podzemná voda prestupujúca do povrchového recipientu nespôsobovala neprípustné zhoršenie kvality povrchovej vody.

Kritérium kvality podzemnej vody sa v tomto prípade neurčuje pred samotným hodnotením rizika, ale je výsledkom hodnotenia rizika pre povrchové vody, ktoré sa vykoná podľa prílohy č. 6b.

***Kritérium kvality podzemnej vody pre referenčné miesto č. 4 sa určí výpočtom rizika vo vzťahu k povrchovým vodám.***

V uvedenom príklade boli pre jeden zdroj znečistenia určené 4 referenčné miesta. Pre každé referenčné miesto bolo stanovené iné kritérium kvality podzemnej vody. Ak aspoň v jednom referenčnom mieste je koncentrácia kontaminantu v podzemnej vode (vypočítaná, alebo nameraná) vyššia ako stanovené kritérium kvality, v lokalite existuje riziko šírenia sa znečistenia podzemnou vodou a musí byť navrhnutá sanácia a zároveň vypočítané jej cieľové hodnoty. Cieľové hodnoty sanácie musia byť stanovené tak, aby kritériá kvality neboli prekročené v žiadnom z referenčných miest.

## Vzťah dávka - účinok na ľudské zdravie

Hodnotenie vzťahu dávka-účinok popisuje kvantitatívny vzťah medzi dávkou, ktorú organizmus prijíma a ňou vyvolaným účinkom. Existujú dva základné prístupy ku kvantifikácii vzťahu-dávka účinok a to hodnotenie látok s prahovým a s bezprahovým pôsobením.

### *Prahové - nekarcinogénne účinky*

Charakterizujúce parametre pre prahové účinky (systémová toxicita) sú podľa U.S.EPA referenčná dávka **RfD (Reference Dose)** a referenčná koncentrácia **RfC (Reference Concentration)**, kde

- **RfD** - je odhad (s presnosťou asi jedného alebo viac rádov) každodennej expozície ľudskej populácie (vrátane zvlášť citlivých populačných skupín), ktorá pravdepodobne nepredstavuje žiadne riziko nepriaznivých účinkov. Vyjadruje sa ako hmotnosť danej látky vstrebaná jednotkou telesnej hmotnosti za jednotku času [ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{deň}^{-1}$ ],
- **RfC** - je odhad maximálnej koncentrácie danej látky v pracovnom ovzduší, ktorá pri inhalačnej expozícii veľmi pravdepodobne nepredstavuje žiadne riziko nepriaznivých účinkov. Vyjadruje sa v mg danej látky na  $\text{m}^3$  vzduchu ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Predpokladá sa telesná hmotnosť 70 kg a rýchlosť pľúcnej ventilácie  $20 \text{ m}^3$  vzduchu za deň.

RfD (RfC) sa obyčajne odvodzujú z údajov získaných pri hodnotení expozície v pracovnom prostredí, epidemiologických štúdií a zo štúdií vykonávaných na zvieratách.

Charakterizujúci parameter pre prahové účinky udávaný WHO je TDI (*Tolerable Daily Intake*) tolerovateľný denný príjem, poprípade ADI (*Acceptable Daily Intake*) prijateľný denný príjem, t. j. odhad dennej expozície, ktorá môže byť prijímaná bez škodlivých účinkov kontinuálne počas celého života.

### *Bezprahové - karcinogénne účinky*

Charakterizujúcim parametrom pre bezprahové (karcinogénne) účinky, keď so stúpajúcou dávkou stúpa pravdepodobnosť nepriaznivého účinku, je faktor smernice SF (*Slope Factor*), prípadne karcinogénny faktor smernice CSF (*Cancer Slope Factor*). SF (CSF) je vyjadrením biologicky možného horného okraju odhadu pravdepodobnosti vzniku zhubného novotvaru vztiahnutú na jednotku priemernej dennej dávky prijímanej po celý život.

U.S.EPA rozlišuje orálny faktor smernice **OSF (Oral Slope Factor)** - pre orálnu cestu expozície a inhalačný faktor smernice **IUR (Inhalation Unit Risk)** - pre inhalačnú cestu, kde

- **OSF** - faktor smernice vzniku rakoviny pri orálnej expozícii, t. j. odhad rizika vzniku rakoviny pri určitej orálnej expozícii, vyjadruje sa v  $1/\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{deň}^{-1}$  (1 = jeden),
- **IUR** - faktor smernice vzniku rakoviny pri expozícii inhaláciou, t. j. odhad rizika vzniku rakoviny pri určitej inhalačnej dávke, vyjadruje sa v  $1/\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$  (1 = jeden). Predpokladá sa telesná hmotnosť 70 kg a rýchlosť pľúcnej ventilácie  $20 \text{ m}^3$  vzduchu za deň.

Riziká spojené s expozíciou voči potenciálnemu karcinogénu sa kvantitatívne vyčíslujú na základe hodnoty príslušnej smernice faktora karcinogenity. Celoživotné riziko vzniku rakoviny je úmerné celoživotnej dávke spriemerovanej za jeden deň (LADD - celoživotná priemerná denná dávka).

**Klasifikácia karcinogénov podľa rôznych klasifikačných stupňov**

| <b>EÚ</b>   | <b>OECD</b>  | <b>IARC</b>                                  | <b>U.S.EPA</b>  |
|---|--|--|---|
| 1<br>Karcinogénny pre ľudí                                | 1A<br>Je známy karcinogénny potenciál pre ľudí       | 1<br>Karcinogénny pre ľudí                   | A<br>Karcinogénny pre ľudí, dostatočný stupeň dôkazu                                    |
| 2<br>Treba hodnotiť tak, ako by bol karcinogénny pre ľudí | 1B<br>Predpokladá sa, že je karcinogénny pre človeka | 2a<br>Pravdepodobne karcinogénny pre ľudí    | B1<br>Pravdepodobný karcinogén, limitované humánne dáta, dostatočné údaje na zvieratách |
| 3<br>Spôsobuje obavy u ľudí                               | 2<br>Podozrivý karcinogén pre človeka                | 2b<br>Možný karcinogén pre ľudí              | B2<br>Pravdepodobný karcinogén, nedostatočné humánne údaje                              |
| 3a<br>Látky, ktoré sú dobre prebádané                     |  | 3<br>Neklasifikovaný ako karcinogén pre ľudí | C<br>Možný karcinogén pre ľudí  |
| 3b<br>Látky, ktoré sú nedostatočne prebádané              |  | 4<br>Pravdepodobne nekarcinogénny pre ľudí   | D<br>Neklasifikovaný ako karcinogén pre ľudí  |
|   |  |  | E<br>Nekarcinogénny pre ľudí  |

Pozn.: Odporúčané informačné databázy je možné nájsť na [www.enviroportal.sk/databazy](http://www.enviroportal.sk/databazy) (ChemPortal, IARC, IPCS, CICADs, IRIS, WHO, TOXNET).

**Referenčné dávky (nekarcinogénne účinky) pre frakcie ropných uhľovodíkov / zložiek - príklad**

| Frakcie ropných uhľovodíkov / zložiek                          | RfD (orálna)<br>mg. kg <sup>-1</sup> . deň <sup>-1</sup> | Zdroj | RfD (inhalačná)<br>mg. kg <sup>-1</sup> . deň <sup>-1</sup> | Zdroj              |
|--|--|-------|---|--------------------|
| Alifatické uhľovodíky<br>C5-C6 (cyklohexán)                    | 1,7E+00  | IRIS  | 5,70E+ 00<br>1,7E+ 00                                       | ODEQ 2003,<br>IRIS |
| Alifatické uhľovodíky<br>>C6-C8 (cyklohexán)                   | 1,7E+00  | IRIS  | 5,70E+ 00<br>1,7E+ 00                                       | ODEQ 2003,<br>IRIS |
| Alifatické uhľovodíky<br>>C8-C10                               | 3,00E-02   | 1     | 3,00E- 01<br>8,5E-02  | ODEQ 2003<br>1     |
| Alifatické uhľovodíky<br>>C10-C12                              | 3,00E-02   | 1     | 3,00E- 01<br>8,5E-02  | ODEQ 2003<br>1     |
| Alifatické uhľovodíky<br>>C12-C16                              | 3,00E-02   | 1     | 3,00E- 01<br>8,5E-02  | ODEQ 2003<br>1     |
| Alifatické >C16-C21<br>(biely minerálny olej, ropa)            | 2,00E+00   | 1     | 2,00E+ 00<br>nemá prchavé<br>účinky                         | ODEQ 2003<br>1     |
| Alifatické uhľovodíky >C21-C34<br>(biely minerálny olej, ropa) | 2,00E+00   | IRIS  | 2,00E+00<br>nemá prchavé<br>účinky                          | ODEQ 2003<br>1     |
| Aromatické >C8-C10<br>(izopropylbenzén)                        | 1,00E-01   | IRIS  | 6,00E-02<br>1,14E-01  | ODEQ 2003<br>IRIS  |
| Aromatické uhľovodíky<br>>C10-C12 (naftalén)                   | 2,00E-02   | IRIS  | 6,00E-02<br>8,57E-04  | ODEQ 2003<br>IRIS  |
| Aromatické uhľovodíky<br>>C12-C16 (1,1 bifenyl)                | 5,00E-02   | IRIS  | 6,00E-02<br>5,00E-02  | ODEQ 2003<br>IRIS  |
| Aromatické uhľovodíky<br>>C16-C21 (pyrén)                      | 3,00E-02   | IRIS  | 3,00E- 02<br>nemá prchavé<br>účinky                         | ODEQ 2003<br>IRIS  |
| Aromatické uhľovodíky<br>>C21-C34 (fluorantén)                 | 4,00E-02   | IRIS  | 3,00E- 02<br>nemá prchavé<br>účinky                         | ODEQ 2003<br>IRIS  |
| n - hexán  | 6,00E-02   | IRIS  | 2,00E-01  | IRIS,<br>HEAST     |

**Hodnoty pre inhalačnú chronickú toxicitu ropných látok / zložiek - príklad**

| Druh ropných látok      | Molekul. hmotnosť | CAS        | Cancer Slope Factor (CSF)<br>karcinogénne účinky |        |                                  | Referenčná dávka<br>(RfD-inhalačná)<br>nekarcinogénne účinky<br>[mg. kg <sup>-1</sup> . deň <sup>-1</sup> ] |         | Referenčná<br>koncentrácia (RfC)<br>nekarcinogénne<br>účinky<br>[mg. m <sup>-3</sup> ] |            |
|-------------------------|-------------------|------------|--|--------|----------------------------------|---|---------|--|------------|
|                         |                   |            | Inhalácia  | Zdroj  | Karcinog.<br>účinky<br>(U.S.EPA) | Inhalácia   | Zdroj   | Inhalácia  | Zdroj      |
| motorová nafta          | 185,00            | 68476-34-6 | -  | -      | -                                | 8,22E-01  | ENVIRON | 2,88E+03   | vypočítané |
| benzín                  | 108,00            | 8006-61-9  | -  | -      | -                                | 2,50E+00  | ENVIRON | 8,73E+03   | vypočítané |
| letecký benzín          | 165,00            | 8008-20-6  | -  | -      | -                                | 2,47E-01  | ENVIRON | 8,64E+02   | vypočítané |
| minerálne oleje         |                   | 8012-9-51  | -  | -      | -                                | 1,45E+00  | ENVIRON | 5,09E+03   | vypočítané |
| benzinová frakcia       | 110,00            | 8030-30-6  | -  | -      | -                                | 1,54E+00  | ENVIRON | 5,38E+03   | vypočítané |
| parafíny                | 72,15             | 6477172-8  | -  | -      | -                                | 3,67E+00  | ENVIRON | 12,858   | vypočítané |
| motorové oleje          | 282,00            | 8002-05-9  | -  | -      | -                                | 3,00E-02  |         | 1,05E+02   | vypočítané |
| n – hexán, hexán        | 86,18             | 110-54-3   | -  | -      | -                                | 2,00E-01  | IRIS    | 7,00E+02   | IRIS       |
| benzén                  | 78,11             | 71-43-2    | 2,7E-02  | IRIS   | A                                | 8,57E-03  | IRIS    | 3,00E+01   | IRIS       |
| toluén                  | 92,14             | 108-88-3   | -  | -      | D                                | 1,4E+00   | IRIS    | 5,00E+03   | IRIS       |
| etylbenzén              | 106,17            | 100-41-4   | -  | -      | D                                | 2,86E-01  | IRIS    | 1,00E+03   | IRIS       |
| xylény                  | 106,16            | 1330-20-7  | -  | -      | D                                | 2,86E-02  | IRIS    | 1,00E+02   | IRIS       |
| 1,2,4 – trimetyl benzén | 120,19            | 95-63-6    | -  | -      | -                                | 1,70E-03  | PPRTV   | 5,95E+03   | vypočítané |
| 1,3,5 – trimetyl benzén | 120,19            | 108-67-8   | -  | -      | -                                | 1,70E-03  | PPRTV   | 5,95E+03   | vypočítané |
| naftalén                | 128,1732          | 91-20-3    | 1,2E-01  | Reg IX | C                                | 8,57E-04  | IRIS    | 3,00E+00   | IRIS       |

*Zdroje:*

*Updates Reference Doses For Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) Fractions and Individual Hazardous Substances Related to TPH – Revised January 2006 (Table), Department of Ecology Toxics Cleanup Program, CLARC, February 2006*

*ODEQ - Oregon Department of Environmental Quality (Table 3.2 Chronic Toxicity Values, Romc Facility – Chandler, Arizona, Table 3.3 Derivation of Inhalation Reference Doses for Various Total Petroleum Hydrocarbon Fractions, Romc Facility- Chandler, Arizona)*

Vysvetlivky:

|               |  |
|---------------|--|
| <i>CSF</i>    | <i>karcinogénny faktor smernice (karcinogénne účinky)</i>        |
| <i>RfD</i>    | <i>referenčná dávka (nekarcinogénne účinky)</i>                  |
| <i>RfC</i>    | <i>referenčná koncentrácia (nekarcinogénne účinky)</i>           |
| <i>HEAST</i>  | <i>Health Effects Assessment Summary Tables</i>                  |
| <i>IRIS</i>   | <i>Integrated Risk Information System (U.S.EPA, 2005)</i>        |
| <i>PPRTV</i>  | <i>Provisional Peer Reviewed Toxicity Values (U.S.EPA, 2004)</i> |
| <i>Reg IX</i> | <i>U.S.EPA Region 9 Preliminary Remediation Goals</i>            |
| <i>A</i>      | <i>karcinogénny pre ľudí, dostatočný stupeň dôkazu</i>           |
| <i>C</i>      | <i>možný karcinogén pre ľudí</i>                                 |
| <i>D</i>      | <i>neklasifikovaný ako karcinogén pre ľudí</i>                   |

**Názov a komentár k druhu ropných látok**

| <b>Ropná látka</b>       | <b>Charakteristika a komentár</b>  |
|--------------------------|--|
| <b>motorová nafta</b>    | <i>Diesel fuel</i> (motorová nafta, palivá, plynový olej nešpecifikovaný). Olejový destilát s viskozitou minimálne 2 mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> pri 37,7 °C a maximálne 4,3 mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> pri 37,7 °C.  |
| <b>benzín</b>            | <i>Gasoline</i> (benzín, prírodný, benzínová frakcia s nízkou teplotou varu). Zložitá uhl'ovodíková zmes separovaná zo zemného plynu procesmi ako je chladenie alebo absorpcia. Je zložená prevažne z nasýtených alifatických uhl'ovodíkov s počtom uhlíkových atómov prevažne v intervale C4 až C8 s teplotou varu v intervale približne mínus 20 °C až 120 °C.   |
| <b>letecký benzín</b>    | <i>Jet fuel / kerosene</i> (letecký benzín/kerozín, petrolej). Zložitá zmes uhl'ovodíkov získaná destiláciou ropy. Je zložená z uhl'ovodíkov s počtom uhlíkových atómov prevažne v intervale C9 až C16 s teplotou varu v intervale približne 150 °C až 290 °C.   |
| <b>minerálne oleje</b>   | <i>Mineral oil</i> (minerálne oleje, parafínové oleje, kvapalné ropné uhl'ovodíky). Bez komentárov v databázach.   |
| <b>benzínová frakcia</b> | <i>Naphtha</i> (benzínová frakcia s nízkou teplotou varu). Rafinované, čiastočne rafinované alebo nerafinované ropné produkty z destilácie zemného plynu. Zložené z uhl'ovodíkov prevažne v rozmedzí C5 až C6 s intervalom teploty varu približne 100 °C až 200 °C.  |
| <b>parafíny</b>          | <i>Paraffinic hydrocarbons</i> (nasýtené uhl'ovodíky, parafíny (ropa), normálne C5-C20). Bez komentára v databázach.   |
| <b>motorové oleje</b>    | <i>Petroleum oil</i> (motorové oleje, motorová nafta, ropné suroviny, ropa). Zložitá zmes uhl'ovodíkov. Obsahuje prevažne alifatické, alicyklické a aromatické uhl'ovodíky. Môže tiež obsahovať malé množstvá dusíkatých, kyslíkatých a sírnych zlúčenín. Táto kategória zahŕňa ľahké, stredné a ťažké ropné frakcie a rovnako aj oleje extrahované z bitumenóznych pieskov.<br>Do tejto kategórie nepatria uhl'ovodíkové materiály vyžadujúce väčšie chemické premeny za účelom ich získania alebo úpravy na suroviny pre ropné rafinérie, ako je surová bridlicová ropa, zušľachtená bridlicová ropa a palivá na báze skvapalneného uhlia. |

Zdroj: databázy [www.eurochem.sk](http://www.eurochem.sk), resp. [www.eurochem.cz](http://www.eurochem.cz)



## Hodnotenie expozície

### Príloha č. 8a: Hodnotenie expozície – expozičné cesty

V nasledujúcej tabuľke je kvalitatívne vyjadrenie expozičných ciest pre hodnotenie zdravotných rizík bez znázornenia zdrojov znečistenia na hypotetickej lokalite pre priemyselný areál a ak je to účelné aj pre širšie okolie priemyselného areálu (napr. v prípade šírenia sa kontaminovaného mraku k obytným zónam).

#### Druhy expozície a expozičné cesty

| Druh expozície   | Expozičné médium              | Expozičná cesta  | Príklad expozičného scenára  |
|------------------|-------------------------------|--|--|
| Inhalácia        | atmosférický a pôdny vzduch   | Inhalácia znečisteného vzduchu<br>(vplyvom koncentrácie znečisťujúcej látky zistenej v pracovnom ovzduší )   | Priemyselná zóna – stáli pracovníci, prechodní pracovníci (napr. pri výkopových prácach)<br>Obytná zóna - trvalo bývajúce obyvateľstvo<br>Rekreačný areál – prechodné obyvateľstvo |
|                  |                               | Inhalácia z evaporácie do vnútorného prostredia budov (vplyvom koncentrácie znečisťujúcej látky zistenej v pôdnom vzduchu, alebo v zeminách, alebo v podzemnej vode) | Priemyselná zóna – stáli pracovníci,<br>Obytná zóna - trvalo bývajúce obyvateľstvo<br>Rekreačný areál – prechodné obyvateľstvo   |
|                  |                               | Inhalácia z evaporácie do vonkajšieho prostredia budov (vplyvom koncentrácie znečisťujúcej látky zistenej v pôdnom vzduchu, alebo zeminách alebo v podzemnej vode)   | Priemyselná zóna – stáli pracovníci, prechodní pracovníci (napr. pri výkopových prácach)<br>Obytná zóna - trvalo bývajúce obyvateľstvo<br>Rekreačná zóna – prechodné obyvateľstvo  |
|                  | pary a vzduch uvoľnený z vody | Inhalácia pri sprchovaní, zalievaní záhrad, pri kúpaní   | Obytná zóna – trvalo bývajúce obyvateľstvo<br>Rekreačná zóna – prechodné obyvateľstvo  |
| Dermálny kontakt | zemina                        | Dermálny kontakt so znečistenou zeminou  | Priemyselná zóna – stáli pracovníci, prechodní pracovníci (napr. pri výkopových prácach)<br>Obytná zóna - trvalo bývajúce obyvateľstvo<br>Rekreačná zóna – prechodné obyvateľstvo  |

| Druh expozície | Expozičné médium       | Expozičná cesta   | Príklad expozičného scenára  |
|----------------|------------------------|---|--|
|                | voda                   | Dermálny kontakt so znečistenou vodou   | Priemyselná zóna – stáli pracovníci, prechodní pracovníci (napr. pri výkopových prácach)<br>Obytná zóna – trvalo bývajúcce obyvateľstvo<br>Rekreačná zóna – prechodné obyvateľstvo |
| Ingescia       | ovocie, zelenina       | Ingescia produktov dopestovaných na znečistenej pôde (napr. doma vypestovaná produkcia) | Obytná zóna - trvalo bývajúcce obyvateľstvo<br>Rekreačná zóna – prechodné obyvateľstvo   |
|                | mäso a mliečne výrobky | Ingescia produktov kŕmených znečistenými produktami                                     | Obytná zóna - trvalo bývajúcce obyvateľstvo<br>Rekreačná zóna – prechodné obyvateľstvo   |
|                | „pitná“ voda           | Ingescia znečistenej vody na pitné účely (napr. studne)                                 | Obytná zóna - trvalo bývajúcce obyvateľstvo<br>Rekreačná zóna – prechodné obyvateľstvo   |
|                | zemina (prach)         | Ingescia znečisťujúcej látky zo zeminy (pôdy)   | Priemyselná zóna – trvalo bývajúcce obyvateľstvo<br>Obytná zóna – trvalo bývajúcce obyvateľstvo<br>Rekreačná zóna – prechodné obyvateľstvo   |
|                | ryby                   | Ingescia rýb ulovených vo vodných nádržiacch, vodných plochách, riekach                 | Obyvateľstvo ( napr. rybári)   |

Keď sa hodnotiteľ rozhodne pre zanedbanie niektorej expozičnej cesty, mal by si byť istý, že je splnené jedno z nasledujúcich kritérií

- v danom mieste styku je expozičná cesta oveľa menej významná ako iná cesta prostredníctvom toho istého média,
- množstvo znečisťujúcej látky (nebezpečného faktora) v médiu je pre danú expozičnú cestu veľmi malé,
- pravdepodobnosť, že k expozícií dôjde je veľmi malá (okrem havárií, ktoré sú predmetom iného hodnotenia).

## Príloha č. 8b: Hodnotenie expozície – expozičné dávky

---

Výsledkom kvantitatívneho vyjadrenia expozície je denný príjem (*Intake*) danej látky, t. j. expozičná dávka v mg vzťahnutá na deň trvania expozície a na kg telesnej hmotnosti človeka ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{deň}^{-1}$ ). Pre prahové účinky sa chronický denný príjem (CDI) spriemerovaný po celú dobu expozície nazýva **ADD (*Average Daily Dose*) - priemerná denná dávka**.

Pre bezprahové účinky sa úroveň expozície prepočítava na celkovú predpokladanú dĺžku života exponovanej osoby. Táto celoživotná dávka spriemerovaná na jeden deň sa nazýva **LADD (*Lifetime Average Daily Dose*) - celoživotná priemerná denná dávka**. U.S.EPA odporúča, aby chronický denný príjem (CDI) bol odhadnutý ako pre priemerné, tak pre maximálne odôvodnené podmienky (RME - *Reasonable Maximum Exposure*). Podmienky RME sú U.S.EPA (1989) definované ako najvyššia expozícia, ktorú je možné na danej lokalite odôvodnene očakávať.

Základná schéma kvantitatívneho vyjadrenia expozičného scenára je nasledujúca (rovnica pre príjem)

$$\text{ADD alebo LADD} [\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{deň}^{-1}] = C \cdot \text{CR} \cdot \text{EF} \cdot \text{ED} / \text{BW} \cdot \text{AT}$$

kde:

- C - expozičná koncentrácia, t. j. koncentrácia látky prenikajúca do organizmu; väčšinou koncentrácia látky v médiu, prípadne vnútorná dávka [napr.  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ],
- CR - miera podielu (napr. ingescie, inhalácie, ...) v závislosti od typu expozičnej cesty [napr.  $\text{kg}\cdot\text{deň}^{-1}$ ,  $\text{l}\cdot\text{deň}^{-1}$ ],
- EF - frekvencia expozície [ $0 - 365 \text{ deň}\cdot\text{rok}^{-1}$ ],
- ED - doba trvania expozície [roky],
- BW - priemerná telesná hmotnosť [kg],
- AT - doba priemerovania (doba, počas ktorej je expozičná koncentrácia C považovaná za konštantnú), t. j. časový úsek, počas ktorého je počítaná priemerná expozícia [deň].

V prípade prahových účinkov (výpočet ADD) je rovnaká ako celková doba expozície, t. j.  $\text{ED} = 365 \text{ deň}\cdot\text{rok}^{-1}$ ; v prípade bezprahových účinkov (výpočet LADD) je to 70 rokov dĺžky života, t. j.  $70 \text{ rokov} \times 365 \text{ deň}\cdot\text{rok}^{-1}$ .

V rovnici sa vyskytujú dva základné typy premenných. Koncentrácia C a čiastočne i rýchlosť kontaktu CR sú získané odhadom z transportného modelu alebo z merania imisných koncentrácií. Pre ostatné parametre (expozičné faktory) je možné použiť konvenčné hodnoty - napríklad U.S.EPA (*Exposure Factors Handbook, 2011 Edition*). Pretože mnoho týchto konvenčných hodnôt nemusí v našich podmienkach platiť, nie je možné pri ich používaní postupovať mechanicky, ale v prípade potreby použiť domáce zdroje - napríklad Slovenský štatistický úrad, Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky atď. Vždy je ale potrebné zdroj uviesť a zdôvodniť výber parametra.

Pre kvantifikáciu expozície je možné využiť i niektoré softwarové produkty - napr. na základe odporúčaní Metodiky rizikovej analýzy znečistených území (2 pracovná verzia, VÚVH) dánsky model JAG, prípadne holandský model Risc – Human 2.0, ktorého základom je CSOIL model (Van Hall Institut - VHI) alebo Risk Assistant, Risk Human, CalTOX, RISC5, ROME a iné.

Vyššie uvedená rovnica môže byť ďalej modifikovaná pre jednotlivé expozičné cesty, napr.

- A. Inhalačná expozícia**
  - I. Inhalačná expozícia (vonkajšie prostredie a / alebo vnútorné prostredie budov)
  - II. Inhalačná expozícia pri sprchovaní (kúpaní)
- B. Dermálny kontakt**
  - I. Dermálny kontakt s znečistenou zemínou
  - II. Dermálny kontakt so znečistenou vodou
- C. Ingescia**
  - I. Ingescia produktov vypestovaných na znečistenej pôde
  - II. Ingescia znečisťujúcej látky zo znečistenej vody
  - III. Ingescia znečisťujúcej látky zo znečistenej zeminy

## A. Výpočet rizika z expozície inhaláciou

### I. Inhalačná expozícia (vonkajšie prostredie a/alebo vnútorné prostredie budov)

| <b>ADD<sub>inhal</sub> (LADD<sub>inhal</sub>) = (CA . IR . ET . EF . ED) / (BW . AT)</b> |  |  |
|--|--|--|
| CA<br>koncentrácia znečisťujúcej látky<br>v ovzduší                                      | mg.m <sup>-3</sup>   | 1. namerané hodnoty vo vnútornom, alebo vonkajšom prostredí<br>2. namodelovaná evaporácia do vonkajšieho prostredia zo zemín, alebo podzemnej vody<br>3. namodelovaná evaporácia do vnútorného prostredia budov zo zemín, alebo podzemnej vody |
| IR<br>inhalované množstvo  | m <sup>3</sup> .hod <sup>-1</sup>                                | dospelý jedinec: 20 m <sup>3</sup> .deň <sup>-1</sup> alebo (0,83 m <sup>3</sup> .hod <sup>-1</sup> ),<br>dieťa: 16 m <sup>3</sup> .deň <sup>-1</sup> alebo (0,6 m <sup>3</sup> .hod <sup>-1</sup> )   |
| ET<br>doba expozície   | hod.deň <sup>-1</sup>  | pracovníci: 8 hod,<br>stáli obyvatelia: priemerne 16 hod   |
| EF<br>frekvencia expozície   | deň.rok <sup>-1</sup>  | podľa lokality a využitia územia:<br>stáli obyvatelia: 350 dní.rok <sup>-1</sup><br>pracovníci: (priemyselné areály, obchodné areály, služby): 250 dní.rok <sup>-1</sup><br>rekreační obyvatelia: 45 dní.rok <sup>-1</sup>                     |
| ED<br>doba trvania expozície   | rok  | celoživotná expozícia: 70 rokov<br>rekreačný pobyt: 9 rokov<br>doba pobytu na jednom pracovnom mieste: 25 rokov  |
| BW<br>priemerná telesná hmotnosť   | kg   | dospelý jedinec: 70 kg<br>dieťa do 6 rokov: 15 kg  |
| AT<br>doba, počas ktorej je CA považovaná za konštantnú                                  | deň  | nekarcinogénna:<br>ED (rok) x 365 dní.rok <sup>-1</sup><br>karcinogénna:<br>70 (rok) x 365 dní.rok <sup>-1</sup>   |
| <b>Nekarcinogénne riziko</b>   |  |  |
| ADD <sub>inhal</sub>   | mg.kg <sup>-1</sup> .deň <sup>-1</sup>                           | výpočet  |
| *RfC   | mg.m <sup>-3</sup>   | databáza   |
| HQ <sub>inhal</sub> = CA/RfC alebo ADD <sub>inhal</sub> /RfD <sub>inhal</sub>            | bezrozmerná  | výpočet  |
| <b>Karcinogénne riziko</b>   |  |  |
| LADD <sub>inhal</sub>  | mg.kg <sup>-1</sup> .deň <sup>-1</sup>                           | výpočet  |
| IUR<br>alebo SF <sub>inhal</sub>   | 1/mg.m <sup>-3</sup><br>1/mg.kg <sup>-1</sup> .deň <sup>-1</sup> | databáza   |
| CVRK <sub>inhal</sub> = CA*IUR alebo LADD*SF <sub>inhal</sub>                            | bezrozmerná  | výpočet  |
| CVRP <sub>inhal</sub> = CVRK <sub>inhal</sub> *veľkosť populácie                         | bezrozmerná  | výpočet  |

\* Prepočet medzi RfD<sub>inhal</sub>. a RfC je nasledovný

$$RfD_{inhal.} [mg.kg^{-1}.deň^{-1}] = RfC[mg.m^{-3}] \times 20 [m^3.deň^{-1}]/70 kg$$

II. Inhalačná expozícia pri sprchovaní (kúpaní)

| $ADD_{inhal} (LADD_{inhal}) = (CA \cdot IR \cdot EF \cdot ET \cdot ED) / (BW \cdot AT)$ |  |   |
|---|--|---|
|   | Jednotky   | Odporúčané hodnoty  |
| CA<br>koncentrácia znečisťujúcej látky vo vzduchu                                       | mg.m <sup>-3</sup>   | v prípade, že nie je možné merať koncentráciu znečisťujúcej látky vo vzduchu, je možné použiť orientačný prepočet ( <i>Risk assistant</i> )<br>$CA = (CW \cdot f \cdot F \cdot t) / (V / 2)$ , kde:<br>CW - koncentrácia zneč. látky vo vode<br>f - frakcia uvoľniteľného kontaminátu [bezrozmerná, napr. 0,75]<br>F - prietok vody [l.hod. <sup>-1</sup> , napr. 600 l.hod. <sup>-1</sup> ]<br>t – čas sprchovania [hod., napr. 0,2 hod]<br>V – objem kúpeľne [m <sup>3</sup> , napr. 9 m <sup>3</sup> ] |
| IR<br>inhalované množstvo   | m <sup>3</sup> .hod <sup>-1</sup>                                | dospelý jedinec: 0,8 m <sup>3</sup> .hod <sup>-1</sup><br>dieťa: 0,6 m <sup>3</sup> .hod <sup>-1</sup>  |
| EF<br>frekvencia expozície  | deň.rok <sup>-1</sup>  | podľa lokality a využitia územia:<br>stáli obyvatelia: 350 dní.rok <sup>-1</sup><br>rekreační obyvatelia: 45 dní.rok <sup>-1</sup>  |
| ET<br>doba expozície  | hod.deň <sup>-1</sup>  | dospelý jedinec: 0,33 – 1,00 hod.deň <sup>-1</sup><br>dieťa: 0,25 – 0,58 hod.deň <sup>-1</sup>  |
| ED<br>doba trvania expozície  | rok  | celoživotná expozícia: 70 rokov<br>rekreačný pobyt: 9 rokov   |
| BW<br>priemerná telesná hmotnosť  | kg   | dospelý jedinec: 70 kg<br>dieťa do 6 rokov: 15 kg   |
| AT<br>doba, počas ktorej je C považovaná za konštantnú                                  | deň  | nekarcinogénna: ED (rok) x 365 dní.rok <sup>-1</sup><br>karcinogénna: 70 (rok) x 365 dní.rok <sup>-1</sup>  |
| <b>Nekarcinogénne riziko</b>  |  |   |
| $ADD_{inhal}$   | mg.kg <sup>-1</sup> .deň <sup>-1</sup>                           | výpočet   |
| $RfD_{inhal}$   | mg.kg <sup>-1</sup> .deň <sup>-1</sup>                           | databáza  |
| $HQ_{inhal} = ADD_{inhal}/RfD_{inhal}$  | bezrozmerná  | výpočet   |
| <b>Karcinogénne riziko</b>  |  |   |
| $LADD_{inhal}$  | mg.kg <sup>-1</sup> .deň <sup>-1</sup>                           | výpočet   |
| IUR<br>alebo $SF_{inhal}$   | 1/mg.m <sup>-3</sup><br>1/mg.kg <sup>-1</sup> .deň <sup>-1</sup> | databáza  |
| $CVRK_{inhal} = LADD_{inhal} \times SF_{inhal}$   | bezrozmerná  | výpočet   |
| $CVRP_{inhal} = CVRK_{inhal} \times \text{veľkosť populácie}$                           | bezrozmerná  | výpočet   |

**B. Výpočet rizika z expozície dermálnym kontaktom**

*I. Dermálny kontakt so znečistenou zeminou*

| <b>ADD<sub>dermal</sub> (LADD<sub>dermal</sub>) = (CS . CF . SA . AF . ABS . EF . ED . EV) / (BW . AT)</b> |  |  |
|--|--|--|
|  | <b>Jednotky</b>                            | <b>Odporúčané hodnoty</b>  |
| CS<br>koncentrácia znečisťujúcej látky v zemine  | mg.kg <sup>-1</sup>                        | nameraná   |
| CF<br>konverzný faktor   | kg. mg <sup>-1</sup>                       | 1,00E-06   |
| SA<br>plocha exponovaného povrchu tela   | cm <sup>2</sup>                            | odporúčaná plocha tela:<br>muži: 21 500 cm <sup>2</sup><br>ženy: 18 800 cm <sup>2</sup><br>časti tela: napr. ruky (priemerná hodnota):<br>muži: 1 070 cm <sup>2</sup><br>ženy: 890 cm <sup>2</sup><br>deti : 610 cm <sup>2</sup> |
| AF<br>faktor adhézie zeminy k pokožke  | mg.cm <sup>-2</sup> .príp.ad <sup>-1</sup> | 0,2 mg.cm <sup>-2</sup> .príp.ad <sup>-1</sup>   |
| ABS<br>dermálny absorpčný faktor   | bezrozmerná                                | 0,001: anorganické látky<br>0,01: organické látky<br>príp. údaje podľa typu zneč. látky<br>vyhľadane z databáz, napr. ABS<br>pre arzén = 0,03  |
| EF<br>frekvencia expozície   | deň.rok <sup>-1</sup>                      | podľa lokality a využitia územia:<br>stáli obyvatelia: 350 dní.rok <sup>-1</sup><br>pracovníci (priemyselné areály,<br>obchodné areály, služby):<br>250 dní.rok <sup>-1</sup><br>rekreační obyvatelia: 45 dní.rok <sup>-1</sup>  |
| ED<br>doba trvania expozície   | rok  | celoživotná expozícia: 70 rokov<br>rekreačný pobyt: 9 rokov<br>doba pobytu na jednom pracovnom<br>mieste: 25 rokov   |
| EV<br>počet prípadov za deň  | príp.ad.deň <sup>-1</sup>                  |  |
| BW<br>priemerná telesná hmotnosť   | kg   | dospelý jedinec: 70 kg<br>dieťa do 6 rokov: 15 kg  |
| AT<br>doba, počas ktorej je C považovaná za konštantnú   | deň  | nekarcinogénna:<br>ED (rok) x 365 dní.rok <sup>-1</sup><br>karcinogénna:<br>70 (rok) x 365 dní.rok <sup>-1</sup>   |

| <b>Nekarcinogénne riziko</b>  |                                       |          |
|---|---------------------------------------|----------|
| $ADD_{\text{dermal}}$   | $\text{mg.kg}^{-1}.\text{deň}^{-1}$   | výpočet  |
| $RfD_{\text{dermal}}$   | $\text{mg.kg}^{-1}.\text{deň}^{-1}$   | databáza |
| $HQ_{\text{dermal}} = ADD_{\text{dermal}}/RfD_{\text{dermal}}$                | bezrozmerná                           | výpočet  |
| <b>Karcinogénne riziko</b>  |                                       |          |
| $LADD_{\text{dermal}}$  | $\text{mg.kg}^{-1}.\text{deň}^{-1}$   | výpočet  |
| OSF   | $1/\text{mg.kg}^{-1}.\text{deň}^{-1}$ | databáza |
| $CVRK_{\text{dermal}} = LADD_{\text{dermal}} \times OSF$                      | bezrozmerná                           | výpočet  |
| $CVRP_{\text{dermal}} = CVRK_{\text{dermal}} \times \text{veľkosť populácie}$ | bezrozmerná                           | výpočet  |

## II. Dermálny kontakt so znečistenou vodou

| <b><math>ADD_{\text{dermal}} (LADD_{\text{dermal}}) = (CW \cdot CF \cdot SA \cdot K_p \cdot ET \cdot EF \cdot ED) / (BW \cdot AT)</math></b> |                       |  |
|--|-----------------------|--|
|  | <b>Jednotky</b>       | <b>Odporúčané hodnoty</b>  |
| CW<br>koncentrácia znečisťujúcej látky vo vode   | $\text{mg.l}^{-1}$    | nameraná   |
| CF<br>konverzný faktor   | $\text{l.cm}^{-3}$    | 1,00E-03   |
| SA<br>plocha exponovaného povrchu tela   | $\text{cm}^2$         | odporúčaná celková plocha tela:<br>muži: 21 500 $\text{cm}^2$ , ženy: 18 800 $\text{cm}^2$<br>časti tela - napr. ruky (priemerná hodnota): muži: 1 070 $\text{cm}^2$ , ženy: 890 $\text{cm}^2$ , deti: 610 $\text{cm}^2$ |
| $K_p$<br>koeficient priepustnosti kožou  | $\text{cm.hod}^{-1}$  | 0,001 $\text{cm.hod}^{-1}$   |
| ET<br>doba expozície   | $\text{hod.deň}^{-1}$ | 1-2 $\text{hod.deň}^{-1}$  |
| EF<br>frekvencia expozície   | $\text{deň.rok}^{-1}$ | 7- 45 $\text{dní.rok}^{-1}$  |
| ED<br>doba trvania expozície   | rok                   | celoživotná expozícia: 70 rokov<br>rekreačný pobyt: 9 rokov<br>doba pobytu na jednom pracovnom mieste: 25 rokov  |
| BW<br>priemerná telesná hmotnosť   | kg                    | dospelý jedinec: 70 kg<br>dieťa do 6 rokov: 15 kg  |
| AT doba, počas ktorej je C považovaná za konštantnú  | deň                   | nekarcinogénna:<br>ED (rok) x 365 $\text{dní.rok}^{-1}$<br>karcinogénna:<br>70 (rok) x 365 $\text{dní.rok}^{-1}$   |



Príloha č. 8 k smernici Ministerstva životného prostredia  
Slovenskej republiky z 28. januára 2015 č. 1/2015 – 7.

| <i><b>Nekarcinogénne riziko</b></i>   |  |          |
|---|--|----------|
| $ADD_{\text{dermal}}$   | $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{deň}^{-1}$   | výpočet  |
| $RfD_{\text{dermal}}$   | $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{deň}^{-1}$   | databáza |
| $HQ_{\text{dermal}} = ADD_{\text{dermal}}/RfD_{\text{dermal}}$                | bezrozmerná  | výpočet  |
| <i><b>Karcinogénne riziko</b></i>   |  |          |
| $LADD_{\text{dermal}}$  | $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{deň}^{-1}$   | výpočet  |
| OSF   | $1/\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{deň}^{-1}$ | databáza |
| $CVRK_{\text{dermal}} = LADD_{\text{dermal}} \times OSF$                      | bezrozmerná  | výpočet  |
| $CVRP_{\text{dermal}} = CVRK_{\text{dermal}} \times \text{veľkosť populácie}$ | bezrozmerná  | výpočet  |

### C. Výpočet rizika z expozície ingesciou

#### I. Ingescia produktov vypestovaných na znečistenej pôde

| $ADD_{ing} (LADD_{ing}) = (C \cdot IR \cdot FI \cdot EF \cdot ED) / (BW \cdot AT)$ |  |  |
|--|--|--|
|  | Jednotky                                 | Odporúčané hodnoty   |
| C<br>koncentrácia znečisťujúcej látky<br>v potravinách                             | mg.kg <sup>-1</sup>                      | nameraná   |
| IR<br>prijaté množstvo potravín  | kg.jedlo <sup>-1</sup>                   | napr. 0,03 – 0,05 kg.(jedlo ryby) <sup>-1</sup> ,<br>0,1 kg.(jedlo mäso) <sup>-1</sup> , 0,14 kg.(jedlo<br>ovocie) <sup>-1</sup> , 0,2 kg.(jedlo zelenina) <sup>-1</sup> ,<br>0,4 kg.(jedlo mliečne výrobky) <sup>-1</sup> |
| FI<br>množstvo znečistených potravín<br>zo znečistených zdrojov                    | bezrozmerná                              | 0 – 1 (napr. 0,2 – 1 ryby, 0,4 – 0,7 mäso,<br>0,2 – 0,3 ovocie, 0,25 – 0,4 zelenina, 0,4 –<br>0,7 mliečne výrobky)   |
| EF<br>frekvencia expozície   | jedlo.rok <sup>-1</sup>                  | napr. 48 jedál.rok <sup>-1</sup> (ryby), 78 – 250<br>jedál.rok <sup>-1</sup> (ovocie a zeleninu),<br>350 jedál.rok <sup>-1</sup> (mliečne výrobky, mäso)   |
| ED<br>doba trvania expozície   | rok                                      | napr. 20 – 30 rokov (mliečne výrobky<br>a mäso),<br>9 – 30 rokov (ovocie, zelenina, ryby)  |
| BW<br>priemerná telesná hmotnosť   | kg                                       | dospelý jedinec: 70 kg<br>dieťa do 6 rokov: 15 kg  |
| AT<br>doba, počas ktorej je C považovaná za<br>konštantnú                          | deň                                      | nekarcinogénna: ED (rok) x 365 dní.rok <sup>-1</sup><br>karcinogénna: 70 (rok) x 365 dní.rok <sup>-1</sup>   |
| <b>Nekarcinogénne riziko</b>   |  |  |
| $ADD_{ing}$  | mg.kg <sup>-1</sup> .deň <sup>-1</sup>   | výpočet  |
| $RfD_{ing}$  | mg.kg <sup>-1</sup> .deň <sup>-1</sup>   | databáza   |
| $HQ_{ing} = ADD_{ing} / RfD_{ing}$   | bezrozmerná                              | výpočet  |
| <b>Karcinogénne riziko</b>   |  |  |
| $LADD_{ing}$   | mg.kg <sup>-1</sup> .deň <sup>-1</sup>   | výpočet  |
| OSF  | 1/mg.kg <sup>-1</sup> .deň <sup>-1</sup> | databáza   |
| $CVRK_{ingl} = LADD_{ing} \cdot OSF$   | bezrozmerná                              | výpočet  |
| $CVRP_{ing} = CVRK_{dermal} \cdot \text{veľkosť populácie}$                        | bezrozmerná                              | výpočet  |

II. Ingescia znečisťujúcej látky zo znečistenej vody

| <b>ADD<sub>ing</sub> (LADD<sub>ing</sub>) = (CW . IR . EF . ED) / (BW . AT)</b> |  |   |
|---|--|---|
|   | <b>Jednotky</b>                          | <b>Odporúčané hodnoty</b>   |
| CW<br>koncentrácia znečisťujúcej látky vo vode                                  | mg.l <sup>-1</sup>                       | nameraná  |
| IR<br>prijaté množstvo vody   | l.deň <sup>-1</sup>                      | dieťa: 1 l.deň <sup>-1</sup> (do 6 rokov)<br>dieťa nad 6 rokov a dospelý: 2 l.deň <sup>-1</sup>   |
| EF<br>frekvencia expozície  | deň.rok <sup>-1</sup>                    | podľa lokality a využitia územia:<br>stáli obyvatelia: 350 dní.rok <sup>-1</sup><br>pracovníci (priemyselné areály, obchodné areály, služby): 250 dní.rok <sup>-1</sup><br>rekreační obyvatelia: 45 dní.rok <sup>-1</sup> |
| ED<br>doba trvania expozície  | rok                                      | celoživotná expozícia: 70 rokov<br>rekreačný pobyt: 9 rokov<br>doba pobytu na jednom pracovnom mieste: 25 rokov   |
| BW<br>priemerná telesná hmotnosť  | kg                                       | dospelý jedinec: 70 kg<br>dieťa do 6 rokov: 15 kg   |
| AT<br>doba, počas ktorej je C považovaná za konštantnú                          | deň                                      | nekarcinogénna: ED (rok) x 365 dní.rok <sup>-1</sup><br>karcinogénna: 70 (rok) x 365 dní.rok <sup>-1</sup>  |
| <b><i>Nekarcinogénne riziko</i></b>   |  |   |
| ADD <sub>ing</sub> .  | mg.kg <sup>-1</sup> .deň <sup>-1</sup>   | výpočet   |
| RfD <sub>ing</sub> .  | mg.kg <sup>-1</sup> .deň <sup>-1</sup>   | databáza  |
| HQ <sub>ing</sub> = ADD <sub>ing</sub> /RfD <sub>ing</sub> .                    | bezrozmerná                              | výpočet   |
| <b><i>Karcinogénne riziko</i></b>   |  |   |
| LADD <sub>ing</sub> .   | mg.kg <sup>-1</sup> .deň <sup>-1</sup>   | výpočet   |
| OSF   | l/mg.kg <sup>-1</sup> .deň <sup>-1</sup> | databáza  |
| CVRK <sub>ing</sub> = LADD <sub>ing</sub> x OSF                                 | bezrozmerná                              | výpočet   |
| CVRP <sub>ing</sub> = CVRK <sub>ing</sub> x veľkosť populácie                   | bezrozmerná                              | výpočet   |

III. Ingrescia znečisťujúcej látky zo znečistenej zeminy

| <b><math>ADD_{ing} (LADD_{ing}) = (CS \cdot IR \cdot CF \cdot FI \cdot EF \cdot ED) / (BW \cdot AT)</math></b> |  |  |
|--|--|--|
|  | <b>Jednotky</b>                          | <b>Odporúčané hodnoty</b>  |
| CS<br>koncentrácia znečisťujúcej látky<br>v zemine   | mg.kg <sup>-1</sup>                      | nameraná   |
| IR<br>prijaté množstvo zeminy  | mg.deň <sup>-1</sup>                     | dospelý jedinec: 20 mg.deň <sup>-1</sup><br>dieťa (1-6 rokov): 50 mg.deň <sup>-1</sup>   |
| CF<br>konverzný faktor   | kg.mg <sup>-1</sup>                      | 1,00E-06   |
| FI<br>požitá časť zeminy zo znečistených<br>zdrojov  | bezrozmerná                              | 0-1  |
| EF<br>frekvencia expozície   | deň.rok <sup>-1</sup>                    | podľa lokality a využitia územia:<br>stáli obyvatelia: 350 dní.rok <sup>-1</sup><br>pracovníci (priemyselné areály, obchodné<br>areály, služby): 250 dní.rok <sup>-1</sup><br>rekreační obyvatelia: 45 dní.rok <sup>-1</sup> |
| ED<br>doba trvania expozície   | rok                                      | celoživotná expozícia: 70 rokov<br>rekreačný pobyt: 9 rokov<br>doba pobytu na jednom pracovnom mieste:<br>25 rokov   |
| BW<br>priemerná telesná hmotnosť   | kg                                       | dospelý jedinec: 70 kg<br>dieťa do 6 rokov: 15 kg  |
| AT<br>doba, počas ktorej je C považovaná za<br>konštantnú  | deň                                      | nekarcinogénna: ED (rok) x 365 dní.rok <sup>-1</sup><br>karcinogénna: 70 (rok) x 365 dní.rok <sup>-1</sup>   |
| <b><i>Nekarcinogénne riziko</i></b>  |  |  |
| $ADD_{ing}$  | mg.kg <sup>-1</sup> .deň <sup>-1</sup>   | výpočet  |
| $RfD_{ing}$  | mg.kg <sup>-1</sup> .deň <sup>-1</sup>   | databáza   |
| $HQ_{ing} = ADD_{ing} / RfD_{ing}$   | bezrozmerná                              | výpočet  |
| <b><i>Karcinogénne riziko</i></b>  |  |  |
| $LADD_{ing}$   | mg.kg <sup>-1</sup> .deň <sup>-1</sup>   | výpočet  |
| OSF  | 1/mg.kg <sup>-1</sup> .deň <sup>-1</sup> | databáza   |
| $CVRK_{ing} = LADD_{ing} \cdot OSF$  | bezrozmerná                              | výpočet  |
| $CVRP_{ing} = CVRK_{ing} \cdot \text{veľkosť populácie}$   | bezrozmerná                              | výpočet  |

**Zoznam skratiek použitých v texte**

| <b>Skratka</b> | <b>Anglický názov</b>                  | <b>Slovenský názov</b>   |
|----------------|--|--|
| ABS            | <i>Dermal Absorption Factor</i>        | Dermálny absorpčný faktor  |
| ADD            | <i>Average Daily Dose</i>              | Priemerná denná dávka  |
| ADI            | <i>Acceptable Daily Intake</i>         | Prijateľný denný príjem  |
| AT             | <i>Averaging Time</i>                  | Doba priemerovania   |
| BW             | <i>Body Weight</i>                     | Telesná hmotnosť   |
| C              | <i>Exposure Concentration</i>          | Expozičná koncentrácia   |
| CDI            | <i>Chronical Daily Intake</i>          | Chronický denný príjem   |
| CF             |  | Konverzný faktor   |
| CR             | <i>Contact Rate</i>                    | Rýchlosť kontaktu s znečisteným médiom   |
| CSF            | <i>Cancer Slope Factor</i>             | Karcinogénny faktor smernice   |
| CVRK           |  | Celoživotný vzostup pravdepodobnosti počtu nádorových ochorení nad všeobecný priemer v populácii pre jednotlivca |
| CVRP           |  | Celoživotný vzostup pravdepodobnosti počtu nádorových ochorení nad všeobecný priemer v populácii pre populáciu   |
| ED             | <i>Duration of Exposure</i>            | Doba trvania expozície   |
| EF             | <i>Exposure Frequency</i>              | Frekvencia expozície   |
| ET             | <i>Exposure Time</i>                   | Doba expozície   |
| HQ             | <i>Hazard Quotient</i>                 | Kvocient nebezpečenstva  |
| HI             | <i>Hazard Index</i>                    | Index nebezpečenstva   |
| I              | <i>Intake</i>                          | Príjem   |
| IR             | <i>Inhalation Rate</i>                 | Inhalované množstvo  |
| IUR            | <i>Inhalation Unit Risk</i>            | Inhalačná jednotka rizika (karcinogenity)  |
| Kp             | <i>Dermal Permeability Coefficient</i> | Koeficient priepustnosti kožou   |
| LADD           | <i>Lifetime Averige Daily Dose</i>     | Celoživotná priemerná denná dávka  |
| OSF            | <i>Oral Slope Factor</i>               | Orálny faktor smernice (karcinogenity)   |
| SF             | <i>Slope Factor</i>                    | Faktor smernice  |
| SA             | <i>Surface Area</i>                    | Plocha exponovaného povrchu tela   |
| RfC            | <i>Reference Concentration</i>         | Referenčná koncentrácia  |
| RfD            | <i>Reference Dose</i>                  | Referenčná dávka   |
| TDI            | <i>Tolerable Daily Intake</i>          | Tolerovateľný denný príjem   |

## Zhrnutie zdravotných rizík

### *Kvantifikácia rizika pre nekarcinogénne (prahové) účinky*

Nekarcinogénne riziko sa odhaduje porovnaním vypočítaných ADD s referenčnými hodnotami (RfD, TDI). Kvantitatívnym vyjadrením je bezrozmerný kvocient nebezpečnosti HQ (*Hazard Quotient*).

Platí

$$\mathbf{HQ = ADD/RfD}$$

V prípade, že HQ prekročí hodnotu 1 znamená to, že existuje riziko nekarcinogénneho toxického účinku.

Platí

- $HQ < 1$  žiadne významné riziko nekarcinogénnych účinkov by nemalo existovať,
- $HQ > 1$  bolo zistené potenciálne riziko, je vhodné zahájiť nápravné opatrenia (nie je však možné výslovne prehlásiť, pri ktorom pomere potenciálne riziko prechádza v skutočné),
- $HQ > 10$  tieto hodnoty už vypovedajú o havarijnej situácii, sanácia by mala byť zahájená čo najskôr.

### *Kumulatívne riziko pre nekarcinogénne látky*

V rámci hodnotenia zdravotných rizík je potrebné pre každú hodnotenú kontaminovanú látku vypočítať tzv. kumulatívne riziko  $\sum HQ$ , ktoré je dané príjmom jednej nebezpečnej látky viacerými expozičnými cestami (uvedený príklad s benzénom)

$$\sum HQ (\text{benzén}) = HQ_{\text{inhal}} (\text{benzén}) + HQ_{\text{dermal}} (\text{benzén}) + HQ_{\text{ing}} (\text{benzén})$$

Ak existuje expozícia viacerým chemickým látkam s podobnými účinkami, uvádzame tzv. Index nebezpečnosti ( $HI = \text{Hazard index}$ ) ako súčet jednotlivých HQ.

$$\mathbf{HI = \Sigma HQ}$$

$$(\text{napr. } HI = HQ(\text{benzén}) + HQ(\text{etylbenzén}) + HQ(\text{toluén}) + HQ(\text{xylény}))$$

### *Kvantifikácia rizika pre karcinogénne (bezprahové) účinky*

Podľa alternatívnych prístupov k vyhodnoteniu vzťahu dávka – odpoveď je možné zvoliť i alternatívne prístupy k charakterizácii rizika. Kvantitatívnym vyjadrením rizika karcinogénnych účinkov je celoživotný vzostup pravdepodobnosti počtu nádorových ochorení nad všeobecný priemer v populácii pre jednotlivca (CVRK), alebo pre populáciu (CVRP). Teda

**CVRK – charakterizuje celoživotné riziko vzniku rakoviny pre jednotlivca.**

Všeobecne platí

$$\mathbf{CVRK = SF (CSF \text{ alebo OSF} \text{ alebo IUR}) \times LADD (alebo CA),}$$

ide o numerické vyjadrenie hornej hranice odhadu rizika vzniku rakoviny za celú dobu trvania života pre každého exponovaného jedinca. Dĺžka života je štandardne uvažovaná 70 rokov.

### *Kumulatívne riziko pre karcinogénne látky*

V rámci zhodnotenia zdravotných rizík je potrebné pre každú hodnotenú karcinogénnu látku vypočítať tzv. kumulatívne riziko  $\sum \text{CVRK}$ , ktoré je dané príjmom jednej nebezpečnej látky viacerými expozičnými cestami a HI ako kumulatívne riziko vypočítané z príjmu viacerých karcinogénnych nebezpečných látok.

**CVRP** – charakterizuje celoživotné riziko populácie, t. j. počet prípadov potenciálne zvýšeného rizika vzniku rakoviny v populácii, čiže vzostup prípadov rakoviny počas 70 rokov.

$$\text{CVRP} = \text{CVRK} \times \text{veľkosť populácie}$$

Štandardne je pre kvantifikáciu rizika karcinogénnych účinkov používaný nasledujúci vzťah

$$\text{CVRK} = 1 - e^{-(\text{OSF alebo IUR}) \times \text{LADD}}$$

Pravdepodobnosť vzniku nádorového ochorenia  $10^{-5}$ , príp.  $10^{-6}$  pre populáciu a  $10^{-4}$  pre jednotlivca (podľa rôznych krajín), sa označuje za spoločensky prijateľnú úroveň.

Prípustné riziko zatiaľ u nás nebolo stanovené. V Slovenskej republike sa postupuje analogicky podľa odporúčaní Svetovej zdravotníckej organizácie, kde sa riziko jedného prípadu nádorového ochorenia na 1 milión obyvateľov považuje za akceptovateľné.

Teda platí:

- $\text{CVRK} > 10^{-4}$  bola prekročená spoločensky prijateľná celoživotná miera vzniku rakoviny pre jednotlivca, t. j. je pravdepodobné, že viac ako jeden človek z 10 000 ľudí ochorie nádorovým ochorením,
- $\text{CVRP} > 10^{-6}$  bola prekročená spoločensky prijateľná celoživotná miera vzniku rakoviny pre populáciu, t. j. je pravdepodobné, že viac ako jeden človek z 1 mil. ľudí ochorie nádorovým ochorením.

Pretože táto sumarizácia je založená na všetkých predpokladoch požadovaných ku kompletizácií predchádzajúcich krokov, je dôležité kvalitatívne, prípadne kvantitatívne posúdiť mieru neistôt a neurčitostí. Hodnotenie neistôt môže súvisieť s analytickými meraniami, využitím databáz a modelov, s neúplnou informáciou v súvislosti so stanovením scenárov, s výberom parametrov, s variabilitou a reprezentatívnosťou hodnotenej populácie, dôveryhodnosťou, reprodukovateľnosťou a relevantnosťou údajov.

## Stanovenie cieľov sanácie znečisteného územia

Stanovenie cieľových hodnôt sanácie je možné realizovať viacerými postupmi, ktoré sú však v princípe rovnocenné, pretože základným prvkom je aplikácia rovnakých vzťahov ako v prípade výpočtu rizík. Stanovenie cieľových hodnôt sanácie nie je totožné so stanovením cieľov sanácie.

**Ciele sanácie znečisteného územia** sa stanovujú na základe výsledkov hodnotenia rizík a návrhu a zhodnotenia variantov sanácie znečisteného územia, vrátane odhadu finančných nákladov nápravných opatrení. Výsledkom hodnotenia sanačných scenárov je výber vhodného sanačného variantu z hľadiska požadovaných záverov a odporúčaní analýzy rizika a technickej a ekonomickej realizovateľnosti vybranej sanačnej metódy. Napr. cieľom sanácie môže byť izolácia environmentálnej záťaže, t. j. stav kedy sa koncentrácie znečistenia nezmenia, ale riziká sú eliminované prerušením expozičných ciest.

**Cieľové hodnoty sanácie znečisteného územia** sú koncentrácie pre jednotlivé dominantne nebezpečné znečisťujúce látky v jednotlivých zložkách životného prostredia doporučené na základe hodnotenia rizika s ohľadom na existujúce a potenciálne využitie územia a zaručujúce ochranu zdravia človeka a/alebo životného prostredia, ktoré sa stanovujú v prípade, ak boli v lokalite vypočítané environmentálne a/alebo zdravotné riziká. Cieľové hodnoty sanácie znečisteného územia sa použijú pri hodnotení sanačných scenárov a variantov. Pri stanovovaní cieľových hodnôt sanácie je v určitých prípadoch (znečistenie prítomné v kontaktnej zóne – detské ihriská, rekreačné zariadenia, poľnohospodársky využívaná pôda) dôležité zohľadniť priestorovú (vertikálnu) distribúciu znečisťujúcich látok, tzn. stanoviť rôzne sanačné limity pre biologickú kontaktnú zónu (0 až 1,5 – 2,0 m p.t.) a iný sanačný limit pre zeminy vo väčšej hĺbke pásma prevzdušnenia, alebo pre zeminy pásma nasýtenia.

Cieľové hodnoty sanácie znečisteného územia sa stanovujú pre tie znečistené médiá (pôda, horninové prostredie, pôdny vzduch, podzemná voda, povrchová voda), v ktorých bolo stanovené riziko. V prípade, že súčasťou využitia územia (súčasného, alebo predpokladaného) je výstavba spojená s výkopom kontaminovaných zemín, odporúča sa v závere analýzy rizika znečisteného územia zhodnotiť, či vykopané zeminy budú nebezpečným odpadom a či nebezpečným odpadom budú zeminy po dosiahnutí cieľových hodnôt sanácie (po eliminácii rizika) a zohľadniť túto skutočnosť v návrhu a zhodnotení variantov sanácie.

V prípade, že koncentrácia znečisťujúcich látok prekračuje legislatívne stanovenú limitnú koncentráciu pre dané médium (napr. najvyššie prípustné koncentrácie znečisťujúcich látok v povrchových tokoch) cieľová hodnota sanácie musí byť  $\leq$  ako príslušná limitná koncentrácia.

### *Najčastejšie prípady stanovenia cieľových hodnôt*

#### *Pre zeminy a horninové prostredie*

---

**Cieľ sanácie: znížiť riziko vyprchávania do vnútorného (pracovného) a vonkajšieho ovzdušia.**

Stanovenie cieľových hodnôt realizujeme tak, že za koncentráciu znečisťujúcej látky v ovzduší  $C_u$  dosadíme limitnú hodnotu  $C_a$  a počítame koncentráciu v pôdnom vzduchu  $C_p$ . Požadovanú cieľovú koncentráciu znečistenia v zemine vypočítame následne pomocou fázového rozdelenia látok.



**Cieľ sanácie: odstrániť nebezpečné odpady z podložia plánovaných stavieb**

Takto definovaný cieľ je spravidla prísnejší ako ciele stanovené výpočtom rizík. Potreba dosiahnutia takéhoto cieľa sa vyhodnotí v návrhu a zhodnotení variantov sanácie na základe porovnania environmentálnych a ekonomických aspektov vykonania sanácie a následného zneškodňovania nebezpečných odpadov pri výstavbe, alebo sanácie územia do takej úrovne, že počas následnej výstavby výkopová zemina nebude klasifikovaná ako nebezpečný odpad. Posúdenie nebezpečnosti odpadov sa vykonáva podľa vyhlášky Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 284/2001 Z. z.

*Pre podzemnú vodu*

---

**Cieľ sanácie: eliminovať riziko šírenia znečistenia**

V prípade potvrdenia rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou je potrebné stanoviť cieľové hodnoty sanácie minimálne pre referenčné miesto a pre zdroj (centrum) znečistenia.

Cieľovou hodnotou sanácie v referenčnom mieste ( $C_{3C}$ ) je príslušné kritérium kvality pre podzemnú vodu (závisí od recipienta znečistenia).

Cieľovými hodnotami sanácie v blízkosti zdroja (v centre) znečistenia sú

- a) koncentrácia ( $C_{1C}$ ) v podzemnej vode, ktorá zaručuje, že znečistenie sa v smere prúdenia podzemnej vody bude šíriť len v miere neumožňujúcej prekročiť kritérium kvality v podzemnej vode v referenčnom mieste,
- b) koncentrácia ( $C_{0C}$ ) v zemine v pásme prevzdušnenia, ktorá zaručuje, že nebude dochádzať k vyplavovaniu znečistenia do podzemnej vody v miere prekračujúcej cieľovú koncentráciu  $C_{1C}$ .

Cieľové hodnoty  $C_{1C}$  a  $C_{0C}$  sa vypočítajú rovnakými výpočtami ako riziko šírenia znečistenia podzemnou vodou.

**Cieľ sanácie: eliminovať zdravotné riziká z vyprchávania do vnútorného (pracovného) a vonkajšieho ovzdušia**

Stanovenie cieľových hodnôt realizujeme obdobne ako pre zeminy. Požadovanú cieľovú koncentráciu znečistenia vypočítame pomocou fázového rozdelenia látok.

*Pre povrchovú vodu*

---

**Cieľ sanácie: eliminovať riziko šírenia znečistenia do povrchovej vody**

Cieľovou hodnotou sanácie pre povrchovú vodu bude príslušné kritérium kvality pre daný recipient.

Cieľové hodnoty sanácie podzemnej vody zaručujúce zachovanie požadovanej kvality povrchovej vody sa stanovujú rovnako ako cieľové hodnoty pre riziko šírenia znečistenia podzemnou vodou, pričom referenčným miestom je breh povrchového toku, alebo vodnej plochy v mieste, kde znečistená podzemná voda doňho infiltruje.

**V prípade, že znečistenie v podzemnej vode predstavuje riziko šírenia znečistenia podzemnou vodou do povrchového toku a súčasne aj zdravotné riziko, počítajú sa cieľové koncentrácie pre všetky riziká a výsledná cieľová hodnota musí zaručovať elimináciu všetkých rizík.**

## Požiadavky na rozsah prieskumných prác a analytických prác

### Príloha č. 11a: Požiadavky na prieskumné práce

---

Pre spracovanie analýzy rizika znečisteného územia je potrebné realizovať geologický prieskum životného prostredia v etape podrobného prieskumu.

Podrobný prieskum musí zahŕňať všetky práce, ktoré sú potrebné pre detailný popis lokality z hľadiska ohraničenia znečistenia a jej šírenia. Je zameraný na detailnú charakteristiku znečistenia (kvantitatívne a kvalitatívne parametre všetkých znečisťujúcich látok, vývoj v priestore a v čase a zmeny koncentrácie znečistenia vrátane atenuačných pochodov) a úplnú interpretáciu zistených dát.

Prieskum musí presne vymedziť znečistenie v priestore vrátane hĺbkového ohraničenia a musí poskytnúť informáciu o existencii alebo neprítomnosti voľnej fázy znečisťujúcej látky, t. j.

- detailne priestorovo zmapovať znečistenie v skúmanom území, vrátane hĺbkového rozsahu,
- stanoviť priestorový rozsah znečistenia zemín v skúmanom území v pásme prevzdušnenia a v pásme nasýtenia,
- stanoviť plošný rozsah znečistenia podzemných vôd v skúmanom území,
- detailne popísať výskyt voľnej fázy znečisťujúcej látky,
- definovať pozad'ové hodnoty pre podzemné vody a zeminy,
- stanoviť ekotoxicitu znečistených zemín a vôd,<sup>1)</sup>
- overiť ohraničenie – okraje kontaminačného mraku,
- štatisticky vyhodnotiť koncentrácie znečisťujúcich látok v horninovom prostredí (podklad pre materiálovú bilanciu),
- overiť fyzikálno-chemické parametre horninového prostredia (zrinitosť, vlhkosť, priepustnosť, koeficient filtrácie, transmisivitu, disperzivitu, anizotropiu, celkovú a efektívnu pórovitosť, obsah organického uhlíka vo frakcii) dôležité pre migráciu znečisťujúcich látok,
- vždy verifikovať rozkvyv hladín podzemnej vody a smer prúdenia podzemnej vody, vypracovať mapu izolínií maximálnych a minimálnych stavov hladín podzemných vôd zistených počas priebehu geologických prác, v prípade, že geologický prieskum trvá kratšie ako 1 hydrologický rok použijú sa aj iné informačné zdroje (napr. údaje z SHMÚ z obdobia minimálne 3 hydrologických rokov),
- popísať postup a metodiku odberu vzoriek zemín a vôd vzhľadom na cieľ geologickej úlohy,
- popísať obmedzenia a neistoty – popis všetkých chýbajúcich dát a výsledkov, popis neistôt pre zvolenú prieskumnú metódu, príp. analytickú metódu a mieru znalostí o znečistení lokality, o prúdení podzemnej vody (zamerať sa na správne určenie referenčného miesta alebo miest), príp. ďalších otvorených problémoch.

---

<sup>1)</sup> Napr. STN 838303, STN EN ISO 8692 a STN EN ISO 6341.

Zvýšenú pozornosť je potrebné venovať

- stanoveniu koeficienta filtrácie (pre pásmo nasýtenia sa stanovuje na základe výsledkov z čerpacích skúšok, pre pásmo prevzdušnenia sa stanovuje z laboratórnych skúšok, ak to nie je možné tak z kriviek zrnitosti),
- stanoveniu anizotropie zvodnenej vrstvy a jej vplyvu na smer šírenia sa znečistenia; alternatívou určenia vplyvu anizotropie na smer šírenia sa znečistenia je vyhodnotenie koncentrácií znečisťujúcej látky v podzemnej vode viacerými vrtmi situovanými pod zdrojom znečistenia / znečisťovania.
- stanoveniu vertikálneho prúdenia podzemnej vody vo vrtoch (pri hrúbke zvodnenej vrstvy viac ako 10 m),
- stanoveniu frakcie organického uhlíka ( $f_{oc}$ ), ktorá sa stanovuje ako percentuálny podiel / 100 osobitne pre pásmo prevzdušnenia a pre pásmo nasýtenia. Vzorky pre stanovenia  $f_{oc}$  musia byť odoberané zo zemín, ktoré nie sú znečistené.

**Typické hodnoty objemovej hmotnosti, celkovej a efektívnej pórovitosti a hrúbky kapilárnej zóny pre rôzne druhy zemín**

|                     | Objemová hmotnosť<br>[kg.m <sup>-3</sup> ] | Celková pórovitosť<br>[%] | Efektívna pórovitosť [%] | Kapilárna zóna<br>[cm] |
|---------------------|--|---------------------------|--------------------------|------------------------|
| Íl                  | 1000 – 2400                                | 0,34 – 0,60               | 0,01 – 0,20              | 105                    |
| Rašelina            | -  | -                         | 0,30 – 0,50              | -                      |
| Glaciálne sedimenty | 1150 – 2100                                | -                         | 0,05 – 0,20              | -                      |
| Piesčitý íl         | -  | -                         | 0,03 – 0,20              | 105                    |
| Silt                | -  | 0,34 – 0,61               | 0,01 – 0,30              | 105                    |
| Prachovitý piesok   | 1370 – 1810                                | 0,26 – 0,53               | 0,10 – 0,30              | 42                     |
| Stredozrnný piesok  | 1370 – 1810                                | -                         | 0,15 – 0,30              | 13,5                   |
| Hrubý piesok        | 1370 – 1810                                | 0,31 – 0,46               | 0,20 – 0,35              | 13,5                   |
| Štrkovitý piesok    | 1370 – 1810                                | -                         | 0,20 – 0,35              | 2,5                    |
| Jemný štrk          | 1360 – 2190                                | 0,25 – 0,38               | 0,20 – 0,35              | 2,5                    |
| Stredný štrk        | 1360 – 2190                                | -                         | 0,15 – 0,25              | 0                      |
| Hrubý štrk          | 1360 – 2190                                | 0,24 – 0,36               | 0,10 – 0,25              | 0                      |
| Pieskovec           | 1600 – 2680                                | 0,05 – 0,30               | 0,10 – 0,40              | -                      |
| Prachovec           | -  | 0,21 – 0,41               | 0,01 – 0,35              | -                      |
| Bridlica            | 1540 – 3170                                | 0,00 – 0,10               | -                        | -                      |
| Vápenec             | 1740 – 2790                                | 0,00 – 0,50               | 0,01 – 0,24              | -                      |
| Granit              | 2240 – 2460                                | -                         | -                        | -                      |
| Čadič               | 2000 – 2700                                | 0,03 – 0,35               | -                        | -                      |
| Vulkanický tuf      | -  | -                         | 0,02 – 0,35              | -                      |

Zdroj: Walton, 1987; Domenico and Schwartz, 1990; Todd, 1980 in Site Assessment and Remediation Handbook, Sara M.N., 2<sup>nd</sup> edition.

**Príloha č. 11b. Minimálny rozsah analytických prác podľa činností pri prieskume znečisteného územia**

| Činnosť                 | Základná sada   | Doplnková sada, relevantný rozsah podľa typu činnosti   | Druh činnosti  |
|-------------------------|---|---|--|
| poľnohospodárska výroba | pH, el. vodivosť<br>CHSK <sub>Mn</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | Cd, Cr, As, S sulf.   | živočišna výroba, hnojisko, močôvková jama, silážna jama   |
|                         |   | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Hg, účinné látky pesticídov aplikovaných v znečistenom území  | rastlinná výroba, skladovanie a distribúcia agrochemikálií |
|                         |   | NEL, C <sub>10</sub> – C <sub>40</sub> , PAU, BTEX, Cr, Cu, Pb, Zn  | skladovanie a distribúcia PHM a mazadiel                   |
| priemyselná výroba      | pH, el. vodivosť<br>C <sub>10</sub> – C <sub>40</sub> , NEL           | BTEX, CIU, PAU, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Zn, As, jednosýtne fenoly, S sulf. + (podľa druhu výrobného procesu)  | výroba chemikálií  |
|                         |   | BTEX, CIU, Cr, Cu, Hg, Zn, S sulf.  | farmaceutická výroba                                       |
|                         |   | BTEX, CIU, jednosýtne fenoly, PCB   | chemické čistiarne   |
|                         |   | CIU, BTEX, Zn, S sulf.  | gumárenská výroba  |
|                         |   | Cd, Cr, Cu, Hg, B, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , S sulf.   | textilný priemysel   |
|                         |   | Cd, Cr, As, jednosýtne fenoly   | vyčiňovanie a spracovanie koží                             |
|                         |   | PAU, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, As, B, jednosýtne fenoly, chlórované fenoly, krezoly, S sulf.  | ochrana a spracovanie dreva                                |
|                         |   | CIU, PAU, Ba, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, S sulf., jednosýtne fenoly  | výroba farbív  |
|                         |   | Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, S sulf., NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> + (podľa druhu výroby, napr. PCB, chlórované fenoly, dieldrin a iné aktívne látky pesticídov, ...) | výroba umelých hnojív a agrochemikálií                     |
|                         |   | BTEX, CIU, Cd, Cr, S sulf.  | papierenský priemysel                                      |
|                         |   | CIU, PAU, BTEX, Cr, Pb, Ni, V, Zn, As, kyanidy, S sulf.,  | strojárka výroba   |

Príloha č. 11 k smernici Ministerstva životného prostredia  
Slovenskej republiky z 28. januára 2015 č. 1/2015 – 7.

| Činnosť                           | Základná sada  | Doplnková sada,<br>relevantný rozsah podľa<br>typu činnosti  | Druh činnosti  |
|-----------------------------------|--|--|--|
| priemyselná výroba                | pH, el. vodivosť<br>C <sub>10</sub> – C <sub>40</sub> , NEL            | CIU, BTEX, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Zn, As, B, PCB, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , S sulf., Ag  | elektrotechnická výroba  |
|                                   |  | CIU, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, B, jednosýtnne fenoly, kyanidy, S sulf.   | povrchová úprava kovov   |
|                                   |  | CIU, BTEX, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn, As, B, kyanidy, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , S sulf.  | sklársky priemysel   |
|                                   |  | CIU, BTEX, Ba, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn, As, B, jednosýtnne fenoly, S sulf., NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>                              | výroba výbušnín  |
|                                   |  | Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, V, Ni, Zn, As, S sulf.   | plynárenský priemysel  |
|                                   |  | PAU, Ba, Be, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, V, Zn, As, Se, PCB, S sulf., celková objemová aktivita alfa a beta*, trícium, <sup>222</sup> Rn | energetika   |
|                                   |  | PAU, BTEX, Cu, Pb, Ni, kyanidy, S sulf., chlórbenzény, CIU, sírany   | spracovanie a skladovanie ropy a ropných látok                 |
| skladovanie a distribúcia tovarov | pH, el. vodivosť<br>C <sub>10</sub> – C <sub>40</sub> , NEL            | ťažké kovy (podľa druhu skladovaných chemikálií)   | skladovanie a distribúcia chemikálií                           |
|                                   |  | PAU, BTEX, Cr, Cu, Pb, Zn  | skladovanie a distribúcia PHM a mazadiel, čerpacia stanica PHM |
|                                   |  | (podľa druhu prepravovaného produktu)  | produktovod  |
| doprava                           | pH, el. vodivosť<br>C <sub>10</sub> – C <sub>40</sub> , PAU, BTEX, NEL | Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, As, S sulf.  | železničné depo a stanica                                      |
|                                   |  | Cr, Cu, Pb, V, Zn, S sulf.   | garáže a parkoviská autobusovej a nákladnej dopravy            |
|                                   |  | Cr, Cu, kyanidy, PCB   | letisko  |
|                                   |  | PAU, BTEX, Cr, Cu, Pb, Zn  | strojová a traktorová stanica, automobilové opravovne          |

Príloha č. 11 k smernici Ministerstva životného prostredia  
Slovenskej republiky z 28. januára 2015 č. 1/2015 – 7.

| Činnosť                               | Základná sada  | Doplnková sada,<br>relevantný rozsah podľa<br>typu činnosti  | Druh činnosti   |
|---------------------------------------|--|--|---|
| zariadenia na<br>nakladanie s odpadmi | pH, el. vodivosť<br>C <sub>10</sub> – C <sub>40</sub> , NEL,<br>NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , B,<br>mikrobiológia (napr.<br>staphylokoky) | PAU, BTEX, Cr, Cu, Pb,<br>Zn   | šrotovisko  |
|                                       |  | EOCl, Cd, Cr, Cu, Pb,<br>Hg, Ni, Zn, As, S sulf.   | skládka komunálneho<br>odpadu                                   |
|                                       |  | As, S sulf., Cd, Cr, Cu,<br>Pb, Hg, Ni, Zn + (podľa<br>druhu uloženého odpadu)   | skládka priemyselného<br>odpadu                                 |
|                                       |  | As, S sulf., Cd, Cr, Cu,<br>Pb, Hg, Ni, Zn +, celková<br>objemová aktivita alfa<br>a beta*, <sup>222</sup> Rn (podľa<br>druhu úpravárenského<br>procesu)                   | odkalisko   |
|                                       |  | (podľa druhu uložených<br>odpadov – napr. PAU,<br>jednosýtne fenoly, S sulf.,<br>...)  | skládka<br>tekutých/pastovitých<br>odpadov                      |
|                                       |  | EOCl, RL, Cd, Cr, Cu,<br>Pb, Hg, Ni, Zn, As, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ,<br>S sulf.   | ČOV   |
|                                       |  | Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni,<br>Zn, As,   | sklady odpadov a<br>zariadenia na ich<br>spracovanie            |
| vojenské základne                     | pH, el. vodivosť<br>C <sub>10</sub> – C <sub>40</sub> , NEL,<br>PAU, BTEX  | Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn,<br>As, S sulf.   | základne po bývalej<br>Sovietskej armáde,<br>základne Armády SR |
| ťažba nerastných<br>surovín           | pH, el. vodivosť<br>C <sub>10</sub> – C <sub>40</sub> , NEL, RL  | Cu, Pb, Ni, S sulf.  | ťažba ropy a zemného<br>plynu                                   |
|                                       |  | podľa druhu ťaženej rudy<br>a ťažobného procesu,<br>PAU, celková objemová<br>aktivita alfa a beta*, <sup>222</sup> Rn  | ťažba rúd   |
|                                       |  | podľa druhu ťaženej<br>nerudy a ťažobného<br>procesu, PAU, celková<br>objemová aktivita alfa<br>a beta*, <sup>222</sup> Rn   | ťažba nerudných<br>surovín                                      |
|                                       |  | podľa druhu<br>úpravárenského procesu<br>a spracovávanej suroviny<br>– napr. kyanidy, krezoly,<br>Hg, PAU, celková<br>objemová aktivita alfa<br>a beta*, <sup>222</sup> Rn | spracovanie nerastných<br>surovín                               |

*Vysvetlivky:*

---

|  |  |
|--|--|
| <i>BTEX</i>                            | <i>benzén, toluén, etylbenzén, xylény</i>  |
| <i>CHSK<sub>Mn</sub></i>               | <i>chemická spotreba kyslíka manganistanom</i>   |
| <i>CIU</i>                             | <i>alifatické chlórované uhľovodíky (jednotlivo)</i>                                   |
| <i>C<sub>10</sub> – C<sub>40</sub></i> | <i>alifatické uhľovodíky</i>   |
| <i>EOCl</i>                            | <i>extrahovateľný organicky viazaný chlór</i>  |
| <i>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></i>      | <i>amónne ióny</i>   |
| <i>NEL</i>                             | <i>nepolárne extrahovateľné látky</i>  |
| <i>NO<sup>2-</sup></i>                 | <i>dušitany</i>  |
| <i>PAU</i>                             | <i>polycyklické aromatické uhľovodíky (jednotlivo)</i>                                 |
| <i>RL</i>                              | <i>rozpustené látky</i>  |
| <i>S sulf.</i>                         | <i>síra sulfidická</i>   |
| <i>TOC</i>                             | <i>celkový organický uhlík</i>   |
| <i>PCB</i>                             | <i>polychlórované bifenyly</i>   |
| <i>ťažké kovy</i>                      | <i>As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr celk., Cr<sup>+6</sup>, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn, V, Zn</i> |

Minimálny rozsah analytických prác je definovaný ako rozsah aplikovateľný na podzemné vody. Na pôdy a horninové prostredie sa používa rozsah redukovaný o ukazovatele, ktoré sa v pôdach a horninách za normálnych okolností nestanovujú (BTEX, anióny a katióny solí, CHSK<sub>Mn</sub>, RL, ...).

Pre činnosť, ktorá nie je uvedená v tabuľke sa použije rozsah podľa povahy činnosti s ohľadom na látky, s ktorými sa pri činnosti nakladalo, resp. produkty, ktoré boli výsledkom činnosti. Takto utvorený rozsah však musí obsahovať minimálne nasledovné ukazovatele: pH, el. vodivosť, NEL a TOC.

Základné ukazovatele podľa prílohy č. 12 sú indikátorom prítomnosti znečistenia. V etape podrobného geologického prieskumu je potrebné stanoviť špecifické znečisťujúce látky, ktoré spôsobili prekročenie základných ukazovateľov (napr. základné ukazovatele indikujúce znečistenie organickými látkami).

Pri zistení prekročenia limitných hodnôt celkovej objemovej aktivity alfa a/alebo beta stanovených osobitnými predpismi (vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 528/2007, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na obmedzenie ožiarovania z prírodného žiarenia, vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 636/2004 Z. z., ktorou sa ustanovujú požiadavky na kvalitu surovej vody a na sledovanie kvality vody vo verejných vodovodoch, nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 354/2006 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu) je potrebné vykonať rozbor a hodnotenie obsahu rádionuklidov podľa prílohy č. 4 vyhlášky Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 528/2007 Z. z.

### **Príloha č. 11c: Vzorkovanie materiálu úložiska ťažobného odpadu**

Pri vzorkovaní ťažobného odpadu deponovaného na odkalisku je vhodné použiť prieskumné vrty v celom profile odkaliska, ktorými sa dosiahne až na podložie telesa odkaliska, pričom je potrebné dbať na to, aby nebola narušená izolačná vrstva odkaliska. Pri odkaliskách s veľkou plochou je potrebné sieť vrtov rozmiestniť tak, aby boli ovzorkované všetky časti odkaliska. Pre reprezentatívne vzorkovanie odkaliska je odporúčaná nasledujúca minimálna hustota prieskumnej siete:

- odkalisko s plochou do 0,1 km<sup>2</sup> .....1 vrt + 2 povrchové vzorky,
- odkalisko s plochou od 0,1 do 0,5 km<sup>2</sup>.....2 vrty + 4 povrchové vzorky,
- odkalisko s plochou nad 0,5 km<sup>2</sup>.....3 vrty + 6 povrchových vzoriek.

Jednotlivé prieskumné vrty je potrebné ovzorkovať nasledovne:

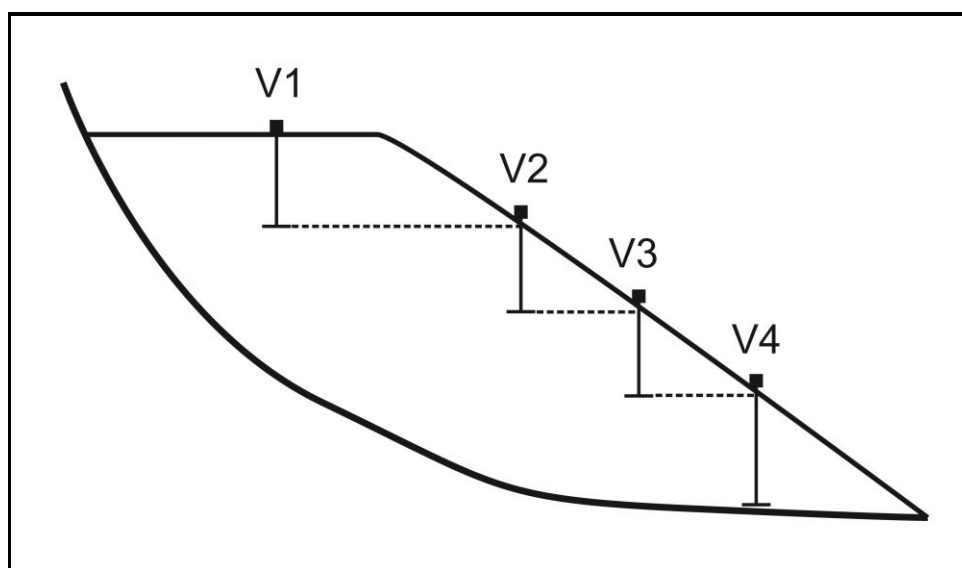
- ak je hĺbka odkaliska do 5 m .....2 vzorky (vrchná a spodná poloha),
- ak je hĺbka odkaliska 5 až 15 m .....3 vzorky (vrchná, stredná a spodná poloha),
- ak je hĺbka odkaliska nad 15 m .....4 vzorky (vrchná, 2 stredné a spodná poloha, prípadne poloha, kde bola narazená hladina vody v telese odkaliska).

Vzorkovanie je možné doplniť vzorkami z metráží, ktoré vykazujú výraznú nehomogenitu s ostatným materiálom deponovaným na odkalisku.

Vzorky z jednotlivých predpísaných metráží jadrových vrtov je potrebné odobrať ako zosypové vzorky z celého metra (príslušného návrtu) a následne ich kvartovať, aby reprezentovali priemernú vzorku z daného metra.

Vzorky z povrchových odkopov je potrebné odobrať z hĺbky 0,5 až 1,5 m. Ak je na odkalisku navážka (rekultivácia odkaliska prekrytím, napr. pôdou, dreveným odpadom, stavebným odpadom, struskou a pod.), je potrebné vzorkovať prvý meter odkaliskového kalu pod navážkou. Pri údolných odkaliskách je vhodné prieskumné vrty situovať do hrádze odkaliska a v línii vrtov pokračovať od vrchu hrádze smerom dolu tak, aby jednotlivé realizované vrty na seba nadväzovali a vytvárali celkový profil odkaliskom, ktorý bude reprezentovať všetky deponované sedimenty.

**Schematické znázornenie situovania prieskumných vrtov na údolnom type odkaliska.**





Pri vzorkovaní ťažobného odpadu deponovanom na odvale (halde) je vhodné využiť poznatky získané archívnu excerpciou o ťaženej surovine, metóde jej spracovania, použitých chemických látkach a zmesiach pri jej spracovaní a makroskopické ohodnotenie uloženého materiálu. Nevyhnutný je odber vzoriek priesakovej kvapaliny z odvalu a vzoriek podzemnej vody.

Pre relevantné vzorkovanie odvalu je potrebná minimálna hustota prieskumnej siete:

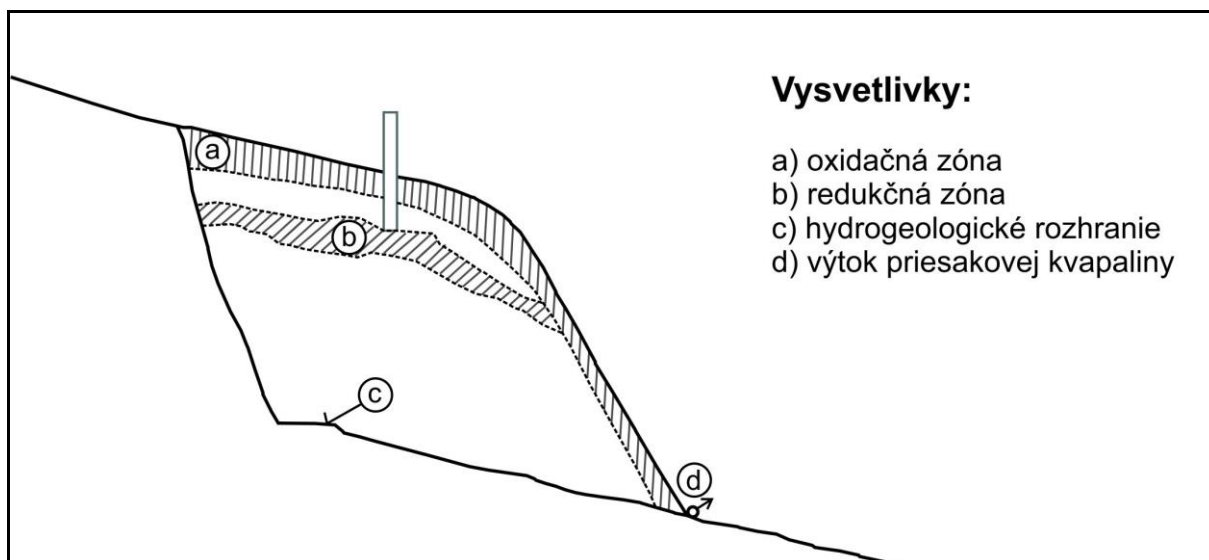
- odval s plochou do 0,0025 km<sup>2</sup> ..... 4 vzorky,
- odval s plochou od 0,0025 km<sup>2</sup> do 0,01 km<sup>2</sup> ..... 6 vzoriek,
- odval s plochou nad 0,01 km<sup>2</sup> ..... 10 vzoriek.

Z každého odberového miesta je potrebné odobrať minimálne 2 vzorky a to

- z oxidačnej zóny odvalu,
- z redukčnej zóny (zo zóny rozhrania medzi zvetraným a nezvetraným materiálom).

Vzorkovanie je možné doplniť vzorkami z metráží prieskumných diel, ktoré vykazujú výraznú heterogenitu materiálu deponovaného na odvale. Príklad situovania vzorkovacieho objektu, ktorý zachytáva aj vrstvu vykazujúcu nehomogenitu s ostatným deponovaným materiálom je na nasledovnom obrázku.

#### **Schematický náčrt odvalu zobrazujúci oxidačnú zónu, redukčnú zónu, vrstvu vykazujúcu nehomogenitu s ostatným deponovaným materiálom a priesak z odvalu**



Pre úpravu a analýzu odobratých vzoriek haldového materiálu platia tie isté zásady a pravidlá, ako pri vzorkovaní odkaliska.

#### **Hodnotenie kvality materiálu úložiska ťažobného odpadu**

Materiál uložený na úložisku ťažobných odpadov hodnotíme z hľadiska jeho:

- chemického zloženia,
- ekotoxicity,
- výluhu (t. j. priesakovej kvapaliny),
- acidifikačného (neutralizačného) potenciálu (t. j. potenciálu tvoriť kyslé výluhy).

**Chemické zloženie** materiálu úložisk hodnotíme v primeranom rozsahu, minimálne však v súlade s časťou B tejto prílohy. Predmetom chemických analýz sú samotný ťažobný odpad (hlušina, flotačný kal, lúhovací kal, ...), zemina okolia úložiska ťažobného odpadu, ako aj priesakové, povrchové a podzemné vody, ak sa na úložisku takéto nachádzajú.

**Ekotoxická** sa skúma na priesakovej kvapaline, alebo priamo na povrchovej, resp. podzemnej vode ovplyvnenej ukladaním ťažobných odpadov.

**Acidifikačný (neutralizačný) potenciál** sa skúma najmä v etape návrhu sanačných opatrení a spôsobu odvodnenia úložiska ťažobného odpadu.

## Indikačné a intervenčné kritériá horninového prostredia, pôdy a podzemnej vody

### Príloha 12a. Indikačné a intervenčné kritériá horninového prostredia a pôdy

| Ukazovateľ  | Symbol ukazovateľa                 | Indikačné kritériá (ID)<br>mg.kg <sup>-1</sup> sušiny | Intervenčné kritériá (IT)                 |   | Poznámka |
|---|------------------------------------|---|---|---|----------|
|   |                                    |   | Obytné zóny<br>mg.kg <sup>-1</sup> sušiny | Priemysel<br>mg.kg <sup>-1</sup> sušiny |          |
| <b>I. Kovy</b>  |                                    |   |   |   |          |
| arzén   | As                                 | 65  | 70  | 140                                     |          |
| bárium  | Ba                                 | 900   | 1000                                      | 2800                                    |          |
| berýlium  | Be                                 | 15  | 20  | 30                                      |          |
| kadmium   | Cd                                 | 10  | 20  | 30                                      |          |
| kobalt  | Co                                 | 180   | 300                                       | 450                                     |          |
| chróm celkový   | Cr <sub>celk.</sub>                | 450   | 500                                       | 1000                                    |          |
| chróm šesťmocný   | Cr <sup>6+</sup>                   | 12  | 20  | 50                                      |          |
| meď   | Cu                                 | 500   | 600                                       | 1500                                    |          |
| ortuť   | Hg                                 | 2,5   | 10  | 20                                      |          |
| molybdén  | Mo                                 | 50  | 100                                       | 240                                     |          |
| nikel   | Ni                                 | 180   | 250                                       | 500                                     |          |
| olovo   | Pb                                 | 250   | 300                                       | 800                                     |          |
| antimón   | Sb                                 | 25  | 40  | 80                                      |          |
| cín   | Sn                                 | 200   | 300                                       | 600                                     |          |
| vanád   | V                                  | 340   | 450                                       | 550                                     |          |
| zinok   | Zn                                 | 1500  | 2500                                      | 5000                                    |          |
| <b>II. Aromatické uhľovodíky (nehalogénované)</b>               |                                    |   |   |   |          |
| benzén  | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>      | 0,5   | 0,8                                       | 5                                       |          |
| toluén  | C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>      | 50  | 100                                       | 150                                     |          |
| etylbenzén  | C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>     | 25  | 50  | 75                                      |          |
| xylény  | C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>     | 25  | 30  | 75                                      |          |
| styren  | C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> (ST) | 15  | 30  | 75                                      |          |
| <b>III. Polycyklické aromatické uhľovodíky (nehalogénované)</b> |                                    |   |   |   |          |
| antracén  |                                    | 40  | 60  | 100                                     |          |
| benzo(a)antracén  |                                    | 4   | 5   | 50                                      |          |
| benzo(a)pyrén   |                                    | 1,5   | 2   | 10                                      |          |
| benzo(b)fluorantén  |                                    | 4   | 5   | 50                                      |          |
| benzo(g,h,i)perylén   |                                    | 20  | 30  | 80                                      |          |
| benzo(k)fluorantén  |                                    | 10  | 15  | 30                                      |          |
| fluorantén  |                                    | 40  | 50  | 150                                     |          |
| fenantrén   |                                    | 30  | 40  | 100                                     |          |
| chryzén   |                                    | 25  | 40  | 80                                      |          |

| Ukazovateľ  | Symbol ukazovateľa | Indikačné kritériá (ID)    | Intervenčné kritériá (IT)  |                            | Poznámka   |
|---|--------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--|
|   |                    | mg.kg <sup>-1</sup> sušiny | Obytné zóny                | Priemysel                  |  |
|   |                    |                            | mg.kg <sup>-1</sup> sušiny | mg.kg <sup>-1</sup> sušiny |  |
| <b>III. Polycyklické aromatické uhľovodíky (nehalogénované)</b> |                    |                            |                            |                            |  |
| indeno(1,2,3-c,d)pyrén  |                    | 4                          | 5                          | 50                         |  |
| naftalén  |                    | 40                         | 60                         | 100                        |  |
| pyrén   |                    | 40                         | 60                         | 100                        |  |
| polycyklické aromatické uhľovodíky celkom                       | Σ PAU              | 190                        | 280                        | 640                        | suma vyššie uvedených bez antracénu, naftalénu, benzo(b)fluoranténu  |
| <b>IV. Aromatické uhľovodíky (halogénované)</b>                 |                    |                            |                            |                            |  |
| chlórbenzény (jednotlivé)                                       |                    | 2,5                        | 3                          | 10                         |  |
| chlórfenoly (jednotlivé)  |                    | 1,5                        | 2                          | 10                         |  |
| <b>V. Pesticídy organické chlórované</b>                        |                    |                            |                            |                            |  |
| (jednotlivé)  | PL                 | 2                          | 2,5                        | 10                         | aldrin, dieldrin, endrin, DDD, DDE, DDT, chlórdan, endosulfán, hexachlórbutadien, hexachlórcyklohexány, heptachlór (epoxid), metoxychlór (DDT), pentachlórni-trobenzén, toxafén  |
| <b>VI. Pesticídy ostatné</b>                                    |                    |                            |                            |                            |  |
| (jednotlivé)  | PL                 | 3                          | 4                          | 12                         | predovšetkým organofosfáty (napr. malation paration), karbamáty (napr. aldikarb, karbofurán), triaziny (napr. atrazin, simazin), herbicídy na báze chlórphenoxyoctových kyselín (2,4D, 2,4,5T MCPA), halogénované alifatické pesticídy (napr. metylbromid), fenolové herbicídy (DNOC, dinoseb), aromat. chloramíny, ditiokarbamáty, zlúčeniny na báze organického cínu, halogénované aromatické nitrozlúčeniny |

| Ukazovateľ   | Symbol ukazovateľa                            | Indikačné kritériá (ID)    | Intervenčné kritériá (IT)  |                            | Poznámka  |
|--|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---|
|  |   |                            | Obytné zóny                | Priemysel                  |   |
|  |   | mg.kg <sup>-1</sup> sušiny | mg.kg <sup>-1</sup> sušiny | mg.kg <sup>-1</sup> sušiny |   |
| <b>VII. Chlórované alifatické uhľovodíky</b>                   |   |                            |                            |                            |   |
| (jednotlivé mimo ďalej uvedené)                                |   | 15                         | 20                         | 50                         | 1,1-dichlóretán, 1,1,1-trichlóretán, 1,1,2-trichlóretán, 1,1,2,2-tetrachlóretán, 1-chloro-2,3-epoxypropán, 2-chloro-1,3-butadién, hexachlóretán |
| 1,2-dichlóretán  | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub> | 1,5                        | 2                          | 5                          |   |
| 1,1-dichlóretén  |   | 15                         | 20                         | 40                         |   |
| 1,2-dichlóretény   | DCE   | 10                         | 15                         | 40                         |   |
| dichlóretán  | CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>               | 7                          | 10                         | 20                         |   |
| tetrachlóretén   | TECE/PCE                                      | 1,5                        | 2                          | 5                          |   |
| tetrachlóretán   | CCl <sub>4</sub>                              | 0,4                        | 0,5                        | 2                          |   |
| trichlóretén   | TCE   | 10                         | 15                         | 40                         |   |
| trichlóretán   | CHCl <sub>3</sub>                             | 5                          | 8                          | 15                         |   |
| chlóretén (vinylchlorid)                                       | C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl              | 0,1                        | 0,12                       | 1                          |   |
| <b>VIII. Polycyklické aromatické uhľovodíky (halogénované)</b> |   |                            |                            |                            |   |
| polychlórované bifenyly  | PCB   | 2,5                        | 5                          | 30                         | suma kongenerov PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 a 180  |
| polychlórované dibenzodioxíny a dibenzofurány                  | PCDD/PCDF                                     | 0,1                        | 0,5                        | 10                         |   |
| <b>IX. Ostatné</b>   |   |                            |                            |                            |   |
| <i>Anorganické látky</i>                                       |   |                            |                            |                            |   |
| bróm   | Br  | 160                        | 200                        | 500                        |   |
| fluór  | F   | 1000                       | 1200                       | 2000                       |   |
| kyanidy / tiokyanáty voľné                                     | CN <sup>-</sup> / SCN <sup>-</sup>            | 8                          | 10                         | 30                         |   |
| kyanidy komplexotvorné   |   | 100 (pH<5),<br>15 (pH≥5)   | 150 (pH<5),<br>20 (pH≥5)   | 700 (pH<5),<br>75 (pH≥5)   |   |
| <i>Organické látky</i>   |   |                            |                            |                            |   |
| metyl-terciar-butyl-éter                                       | MTBE  |                            |                            | 500                        |   |
| cyklohexanón   |   | 50                         | 60                         | 250                        |   |
| dinitrotoluény   |   | 3                          | 5                          | 15                         |   |
| ftaláty (suma)   |   | 30                         | 40                         | 80                         |   |

Príloha č. 12 k smernici Ministerstva životného prostredia  
Slovenskej republiky z 28. januára 2015 č. 1/2015 – 7.

|   |        |     |      |      |  |
|---|--------|-----|------|------|--|
| hydrochinón   |        | 5   | 8    | 15   |  |
| chlórnaftalén   |        | 2,5 | 1    | 10   |  |
| pyrokatechol  |        | 10  | 15   | 30   |  |
| krezoly   |        | 2,5 | 3    | 10   |  |
| nitrotoluén   |        | 4   | 5    | 20   |  |
| pyridín   |        | 0,5 | 0,75 | 2,5  |  |
| rezorcinol  |        | 5   | 8    | 15   |  |
| tetrahydrofurán   |        | 1   | 2    | 10   |  |
| tetrahydrotiofén  |        | 30  | 50   | 100  |  |
| trinitrotoluén  |        | 1   | 2    | 10   |  |
| <b>X. Základné ukazovatele</b>  |        |     |      |      |  |
| nepolárne<br>extrahovateľné látky<br>stanovené v infračervenej a /alebo ultrafialovej časti spektra | NEL    | 400 | 500  | 1000 |  |
| suma jednosýtnych<br>fenolov  |        | 25  | 50   | 120  |  |
| extrahovateľný<br>organicky viazaný<br>chlór  | EOCl   | 8   | 60   | 80   |  |
| C <sub>10</sub> – C <sub>40</sub> (tzv.<br>uhl'ovodíkový index)                                     | NEL-GC | 200 | 250  | 500  |  |

**Príloha 12b: Indikačné a intervenčné kritériá podzemnej vody**

| Ukazovateľ   | Symbol ukazovateľa        | Indikačné kritériá (ID) | Intervenčné kritériá (IT) | Poznámka                                       |
|--|---------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
|  |                           | $\mu\text{g.l}^{-1}$    | $\mu\text{g.l}^{-1}$      |  |
| <b>I. Kovy</b>   |                           |                         |                           |  |
| hliník trojmocný   | $\text{Al}^{3+}$          | 250                     | 400                       | iónová forma, stanovuje sa pri $\text{pH} < 5$ |
| arzén  | As                        | 50                      | 100                       |  |
| bárium   | Ba                        | 1000                    | 2000                      |  |
| berýlium   | Be                        | 1                       | 2,5                       |  |
| kadmium  | Cd                        | 5                       | 20                        |  |
| kobalt   | Co                        | 100                     | 200                       |  |
| chróm celkový  | Cr celk.                  | 150                     | 300                       |  |
| chróm šesťmocný  | $\text{Cr}^{6+}$          | 35                      | 75                        |  |
| meď  | Cu                        | 1000                    | 2000                      |  |
| ortuť  | Hg                        | 2                       | 5                         |  |
| molybdén   | Mo                        | 180                     | 350                       |  |
| nikel  | Ni                        | 100                     | 200                       |  |
| olovo  | Pb                        | 100                     | 200                       |  |
| antimón  | Sb                        | 25                      | 50                        |  |
| cín  | Sn                        | 30                      | 150                       |  |
| vanád  | V                         | 150                     | 300                       |  |
| zinok  | Zn                        | 1500                    | 5000                      |  |
| <b>II. Monocyklické aromatické uhľovodíky (nehalogénované)</b> |                           |                         |                           |  |
| benzén   | $\text{C}_6\text{H}_6$    | 15                      | 30                        |  |
| etylbenzén   | $\text{C}_8\text{H}_{10}$ | 150                     | 300                       |  |
| toluén   | $\text{C}_7\text{H}_8$    | 350                     | 700                       |  |
| xylény   |                           | 250                     | 500                       |  |
| styren   | ST                        | 20                      | 50                        |  |

| Ukazovateľ  | Symbol ukazovateľa | Indikačné kritériá   | Intervenčné kritériá | Poznámka   |
|---|--------------------|----------------------|----------------------|--|
|   |                    | $\mu\text{g.l}^{-1}$ | $\mu\text{g.l}^{-1}$ |  |
| <b>III. Polycyklické aromatické uhľovodíky</b>      |                    |                      |                      |  |
| antracén  |                    | 5                    | 10                   |  |
| benzo(a)antracén                                    |                    | 0,5                  | 1                    |  |
| benzo(a)pyrén                                       |                    | 0,1                  | 0,2                  |  |
| benzo(b)fluorantén                                  |                    | 0,25                 | 0,5                  |  |
| benzo(g,h,i)perylén                                 |                    | 0,1                  | 0,2                  |  |
| benzo(k)fluorantén                                  |                    | 0,1                  | 0,2                  |  |
| fluorantén  |                    | 25                   | 50                   |  |
| fenantrén   |                    | 5                    | 10                   |  |
| chryzén   |                    | 0,1                  | 0,2                  |  |
| indeno(1,2,3-c,d)pyrén                              |                    | 0,1                  | 0,2                  |  |
| naftalén  |                    | 25                   | 50                   |  |
| pyrén   |                    | 25                   | 50                   |  |
| polycyklické aromatické uhľovodíky celkom           | $\Sigma$ PAU       | 60                   | 120                  |  |
| <b>IV. Aromatické uhľovodíky halogenované</b>       |                    |                      |                      |  |
| jednotlivé chlórbenzény (okrem ďalej uvedených)     |                    | 15                   | 30                   |  |
| dichlórbenzény                                      |                    | 1,5                  | 3                    |  |
| trichlórbenzény                                     |                    | 5                    | 10                   |  |
| tetrachlórbenzény                                   |                    | 1                    | 2                    |  |
| pentachlórbenzén                                    |                    | 0,5                  | 1                    |  |
| hexachlórbenzén                                     |                    | 0,05                 | 0,1                  |  |
| jednotlivé chlórfenoly (okrem 2,4,5-trichlórfenolu) |                    | 10                   | 20                   |  |
| 2,4,5-trichlórfenol                                 |                    | 5                    | 10                   |  |
| <b>V. Pesticídy organické chlоровané</b>            |                    |                      |                      |  |
| jednotlivé okrem metoxychlóru                       |                    | 0,1                  | 0,2                  | aldrin, dieldrin, endrin, DDD, DDE, DDT, chlordan, endosulfán, hexachlórbutadien, hexachlórčyklohexány, heptachlór (epoxid), metoxychlór (DDT), pentachlórnitrobenzén, toxafén |
| metoxychlór   |                    | 25                   | 50                   |  |



| Ukazovateľ   | Symbol ukazovateľa | Indikačné kritériá (ID) | Intervenčné kritériá (IT) | Poznámka  |
|--|--------------------|-------------------------|---------------------------|---|
|  |                    | µg.l <sup>-1</sup>      | µg.l <sup>-1</sup>        |   |
| <b>VI. Pesticídy ostatné</b>                                   |                    |                         |                           |   |
| jednotlivé herbicídy (okrem triazinových)                      |                    | 0,1                     | 0,5                       | organofosfáty (napr. malation, paration), karbamáty (napr. aldikarb, karbofurán, herbicídy na báze chlórófenoxyoctových kyselín (2,4D, 2,4,5T MCPA), halogénované alifatické pesticídy (napr. metylbromid), fenolové herbicídy (DNOC, dinoseb), aromatické chlórámíny, ditiokarbamáty, zlúčeniny na báze organického cínu, halogénované aromatické nitrozlúčeniny |
| herbicídy (celkom)   |                    | 25                      | 50                        |   |
| <b>VII. Chlórované alifatické uhľovodíky</b>                   |                    |                         |                           |   |
| (jednotlivé okrem ďalej uvedených)                             |                    | 50                      | 100                       |   |
| 1,2-dichlóretán  |                    | 25                      | 50                        |   |
| 1,1-dichlóretén  |                    | 10                      | 20                        |   |
| 1,2-dichlóretény cis, trans                                    |                    | 25                      | 50                        |   |
| dichlórmétán   |                    | 15                      | 30                        |   |
| tetrachlóretén   |                    | 10                      | 20                        |   |
| tetrachlórmétán  |                    | 5                       | 10                        |   |
| trichlóretén   |                    | 25                      | 50                        |   |
| trichlórmétán  |                    | 25                      | 50                        |   |
| chlóretén (vinylchlorid)                                       |                    | 5                       | 10                        |   |
| <b>VIII. Polycyklické aromatické uhľovodíky (halogénované)</b> |                    |                         |                           |   |
| polychlórované bifenyly  | PCB                | 0,25                    | 1,0                       | suma kongenerov PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 a180   |
| polychlórované dibenzodioxíny a dibenzofurány                  | PCDD/PCDF          | 0,25                    | 0,50                      |   |

Príloha č. 12 k smernici Ministerstva životného prostredia  
Slovenskej republiky z 28. januára 2015 č. 1/2015 – 7.

| Ukazovateľ   | Symbol ukazovateľa           | Indikačné kritériá (ID)   | Intervenčné kritériá (IT) | Poznámka                             |
|--|------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
|  |                              | $\mu\text{g.l}^{-1}$      | $\mu\text{g.l}^{-1}$      |                                      |
| <b>XI. Ostatné</b>   |                              |                           |                           |                                      |
| <i>Anorganické látky</i>   |                              |                           |                           |                                      |
| bór  | B                            | 500                       | 5 000                     |                                      |
| chloridy   | Cl <sup>-</sup>              | 150 000                   | 250 000                   |                                      |
| fluoridy   | F <sup>-</sup>               | 2 000                     | 4 000                     |                                      |
| kyanidy / tiokyanáty voľné   |                              | 40                        | 75                        |                                      |
| kyanidy komplexotvorné   |                              | 250 (pH<5),<br>100 (pH≥5) | 500 (pH<5),<br>200 (pH≥5) |                                      |
| amónne ióny  | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | 1200                      | 2 400                     |                                      |
| dusitany   | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | 400                       | 500                       |                                      |
| síra sulfidická  | S sulf.                      | 150                       | 300                       |                                      |
| <i>Organické látky</i>   |                              |                           |                           |                                      |
| metyl-terciar-butyl-éter   | MTBE                         | 20                        | 40                        |                                      |
| cyklohexanón   |                              | 250                       | 500                       |                                      |
| ftaláty (suma)   |                              | 5                         | 10                        |                                      |
| hydrochinón  |                              | 400                       | 800                       |                                      |
| pyrokatechol   |                              | 600                       | 1 200                     |                                      |
| krezoly  |                              | 100                       | 200                       |                                      |
| pyridín  |                              | 3                         | 6                         |                                      |
| rezorcinol   |                              | 300                       | 600                       |                                      |
| tenzidy aniónaktívne   | PAL-A                        | 250                       | 500                       |                                      |
| tetrahydrofurán  |                              | 5                         | 50                        |                                      |
| tetrahydrotiofén   |                              | 15                        | 30                        |                                      |
| trinitrotoluén   | TNT                          | 0,5                       | 1                         |                                      |
| <b>XII. Základné ukazovatele</b>   |                              |                           |                           |                                      |
| chemická spotreba kyslíka mangánom   | ChSK <sub>Mn</sub>           | 5                         | 10                        | (mg.l <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> ) |
| celkový organický uhlík  | TOC                          | 2 000                     | 5 000                     |                                      |
| extrahovateľný organicky viazaný chlór   | EOCl                         | 15                        | 70                        |                                      |
| C <sub>10</sub> – C <sub>40</sub> (tzv. uhl'ovodíkový index)                                     | NEL-GC                       | 250                       | 500                       |                                      |
| nepolárne extrahovateľné látky stanovené v infračervenej a / alebo v ultrafialovej časti spektra | NEL                          | 500                       | 1 000                     |                                      |

| Ukazovateľ                                 | Symbol ukazovateľa              | Indikačné kritériá (ID) | Intervenčné kritériá (IT)    | Poznámka   |
|--|---------------------------------|-------------------------|------------------------------|--|
|  |                                 | $\mu\text{g.l}^{-1}$    | $\mu\text{g.l}^{-1}$         |  |
| <b>XII. Základné ukazovatele</b>           |                                 |                         |                              |  |
| elektrolytická vodivosť                    | kappa                           | 200                     | 300                          | ( $\text{mS.m}^{-1}$ )   |
| celkové rozpustené látky                   | RL                              | 2 000                   | 3 000                        | ( $\text{mg.l}^{-1}$ )   |
| reakcia vody                               | pH                              | 6,0 – 6,5 a 8,5 – 9,0   | menej ako 6,0 a viac ako 9,0 |  |
| suma jednosýtnych fenolov (fenolový index) | $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ | 15                      | 60                           | STN ISO 6439 (75 7528): Kvalita vody. Stanovenie fenolového indexu. 4-aminoantipyrínové spektrometrické metódy po destilácii (1996) alebo STN ISO 8165-1 (75 7529): Kvalita vody. Stanovenie vybraných jednosýtnych fenolov. 1. časť: Plynovo-chromatografická metóda po obohatení extrakciou (1996) |

## Návrh monitorovania podzemných vôd

Záver analyzy rizika, ktoré preukážu, že nie je nutný aktívny sanačný zásah v znečistenom území ale potvrdia nutnosť zabezpečiť monitorovanie vývoja znečistenia podzemných vôd, musia obsahovať návrh monitorovania geologických faktorov životného prostredia (§ 8 písm. c) vyhlášky č. 51/2008 Z. z. ktorou sa vykonáva geologický zákon) zameraný na návrh monitorovania podzemných vôd. Neoddeliteľnou súčasťou záverečnej správy zo sanácie znečisteného územia je aktualizácia analyzy rizika znečisteného územia (obsah príloha č. 1) a návrh posanačného monitorovania podzemných vôd na preukázanie dosiahnutia cieľov vykonaných nápravných opatrení.

Návrh monitorovania podzemných vôd v oboch prípadoch musí byť spracovaný v súlade s STN ISO 5667 – 1 Kvalita vody. Odber vzoriek - Pokyny na návrhy programov odberu vzoriek, ako aj STN ISO 5667-11 Kvalita vody. Odber vzoriek - Pokyny na odber vzoriek podzemných vôd.

### *Rozsah sledovaných ukazovateľov*

Minimálny rozsah monitorovaných ukazovateľov kvality podzemnej vody musí zahŕňať stanovenie terénnych ukazovateľov (pH, Eh, teplota, vodivosť, hĺbka hladiny podzemnej vody, obsah kyslíka) a znečisťujúcich látok identifikovaných v podzemnej vode na lokalite.

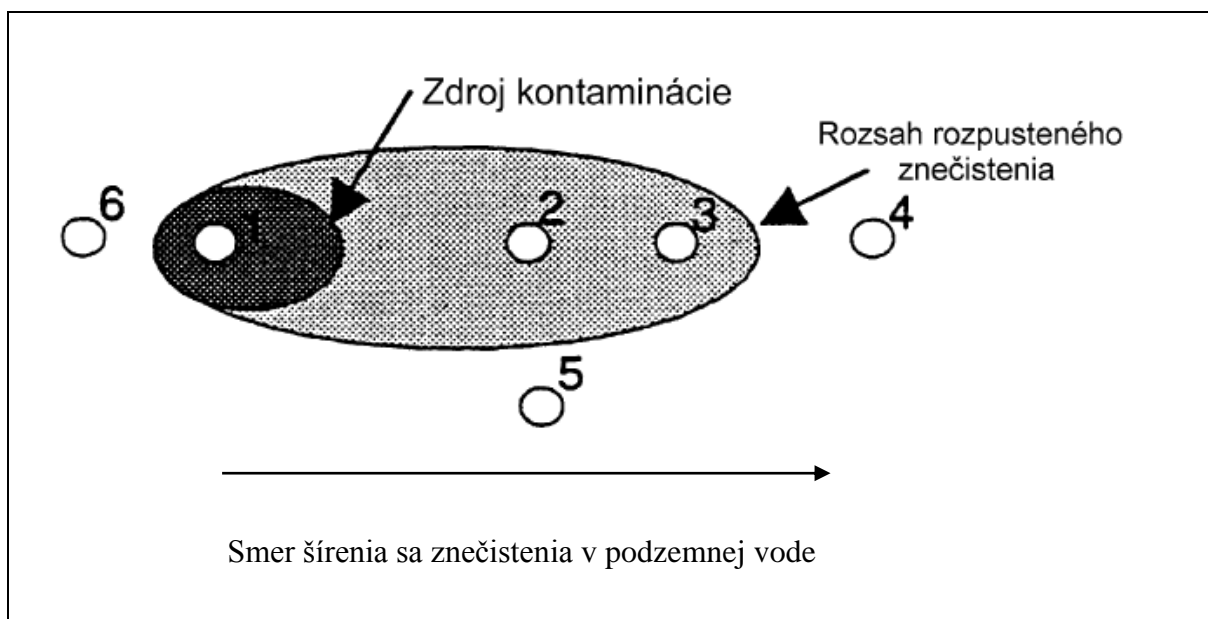
Analýzy vzoriek musia byť spracované v akreditovanom laboratóriu, pričom približne 5 – 10 % vzoriek by malo byť poskytnuté aj kontrolnému laboratóriu (paralelné vzorky).

Dôležité je, aby rozsah sledovaných ukazovateľov zohľadňoval tak indikačné ukazovatele ako aj konkrétne znečisťujúce látky.

### *Lokalizácia monitorovacích objektov*

Poloha a množstvo monitorovacích bodov závisia od zloženia znečisťujúcich látok a od hydrogeologických pomerov. Monitoring je nutné posudzovať v každom prípade individuálne.

### Hlavné zásady lokalizácie monitorovacích objektov



Je vhodné pri navrhovaní monitorovacej siete zohľadniť použitie minimálne jedného nového monitorovacieho objektu vo vzťahu k existujúcim monitorovacím objektom daného chemického útvaru podzemných vôd.

Správne situovanie monitorovacích objektov by malo odpovedať schéme na predchádzajúcom obrázku.

Monitorovací systém (aj pre posanačný monitoring) musí obsahovať minimálne vrty č. 1, 2, 4, 5 a 6 podľa obrázku pre každý zdroj (bývalý zdroj) znečistenia/znečisťovania. Vzdialenosť medzi vrtmi 1,2 a 4 musí byť taká, aby frekvencia odberov bola maximálne 90 dní.

### **Frekvencia odberov**

Frekvencia odberu vzoriek závisí od hydrogeologických podmienok, cieľov monitorovania a vlastností monitorovaných znečisťujúcich látok (rýchlosti šírenia sa znečistenia). Frekvencia sa vypočíta podľa vzorca

$$F = \left( \frac{D \cdot n}{86\,400 \cdot k \cdot i} \right) - 0,1 \left( \frac{D \cdot n}{86\,400 \cdot k \cdot i} \right)$$

kde

F je minimálna frekvencia vzorkovania [d],

D je vzdialenosť vrtu od zdroja znečistenia v smere prúdenia podzemnej vody [m],

n je efektívna pórovitosť horninového prostredia zóny nasýtenia,

k je koeficient filtrácie horninového prostredia zóny nasýtenia [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ],

i je hydraulický gradient [m/m].

Pre posanačný monitoring sa požaduje minimálna frekvencia 90 dní, t. j. 4 odbery za jeden rok.

### **Riadenie kvality vzorkovania vôd (počet odberov, dĺžka monitorovania)**

Pri vzorkovaní dochádza k náhodným a systematickým zmenám kvality vody. Náhodné majú väčšinou normálne, logaritmicke-normálne rozdelenie, systematické sa prejavujú cyklickými zmenami.

Preto v rámci vzorkovania okrem vhodnej frekvencie vzorkovania je potrebné zabezpečiť aj dostatočnú spoľahlivosť získaných údajov, definovanej hladinou spoľahlivosti a intervalom spoľahlivosti.

Hladina spoľahlivosti je pravdepodobnosť, s akou bude skutočná hodnota priemeru v medziach vypočítaného intervalu spoľahlivosti L.

Interval spoľahlivosti L priemeru n výsledkov určuje rozmedzie, v ktorom sa nachádza skutočná hodnota priemeru od danej hladiny spoľahlivosti.

Pre normálne rozdelenie platí

$$L = \frac{2K\sigma}{\sqrt{n}}$$

kde

L = interval spoľahlivosti [%],

$\sigma$  = hladina spoľahlivosti [%],

n = požadovaný počet vzoriek (pre žiadaný interval a hladinu spoľahlivosti),

K = hodnota koeficientu K je závislá od hladiny spoľahlivosti.

Hladina spoľahlivosti sa odčíta sa z nasledujúcej tabuľky

| Hladina spoľahlivosti [%] | 99   | 98   | 95   | 90   | 80   | 68   | 50   |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| K                         | 2,58 | 2,33 | 1,96 | 1,64 | 1,28 | 1,00 | 0,67 |

### Príklad 1

Pre žiadaný interval spoľahlivosti 10 % priemeru, hladinu spoľahlivosti 95 % a smerodajnej odchýlky 20 % potrebujeme vypočítať požadovaný počet výsledkov analýz z daného vrtu

$$10 = (2 \times 1,96 \times 20) / \sqrt{n}, \text{ potom}$$

$$\sqrt{n} = 7,84, \text{ a}$$

$$n = 61$$

### Príklad 2

Pre žiadaný interval spoľahlivosti 20 % priemeru, hladinu spoľahlivosti 68 % a smerodajnej odchýlky 20 % potrebujeme vypočítať požadovaný počet výsledkov analýz z daného vrtu

$$10 = (2 \times 1,00 \times 20) / \sqrt{n}, \text{ potom}$$

$$\sqrt{n} = 4, \text{ a}$$

$$n = 16$$

Odbery musia byť plánované tak, aby kvalita podzemnej vody bola sledovaná pri rôznych hydrologických podmienkach. Minimálna doba trvania posačného monitoringu je 2 roky.

## Literatúra

### *Zoznam použitých právnych predpisov a metodických pokynov na národnej a medzinárodnej úrovni na úseku environmentálnej zát'aže*

#### A. Národný legislatívny rámec

1. MŽP SR, 2004: Zákon č. 364/2004 Z. z. o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon) v znení neskorších predpisov.
2. MŽP SR, 2007: Zákon č. 359/2007 Z. z. o prevencii a náprave environmentálnych škôd a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov.
3. MŽP SR, 2009: Zákon č. 384/2009 Z. z., ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 364/2004 Z. z. o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon) v znení neskorších predpisov a ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 569/2007 Z. z. o geologických prácach (geologický zákon) v znení zákona č. 515/2008 Z. z..
4. MZ SR, 2006: Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 355/2006 Z. z. o ochrane zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou chemickým faktorom pri práci v znení neskorších predpisov.
5. MZ SR, 2006: Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 356/2006 Z. z. o ochrane zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou karcinogánnym a mutagénnym faktorom pri práci v znení neskorších predpisov v znení nariadenia vlády Slovenskej republiky 301/2007 Z. z.

#### B. Metodické pokyny na národnej a medzinárodnej úrovni na úseku environmentálnej zát'aže

1. European Communities, 2003: *Technical Guidance Document on Risk Assessment, chapter 2 Risk Assessment for Human Health*.
2. MŽP ČR, 2005: Metodický pokyn MŽP ČR pro analýzu rizik kontaminovaného území, Vestník MŽP ČR, ročník XV, číastka 9.
3. VÚVH, 2001: Sanácie znečistených zemín a podzemných vôd v SR, DANCEE/MŽP SR, Metodika rizikovej analýzy znečistených lokalít (druhá pracovná verzia), Bratislava.
4. WHO Regional Office for Europe, 2000: *Principles for the Assessment of Risk to Human Health From Exposure to Chemicals. Environmental Health Criteria 210*.

#### C. Zoznam odporúčanej literatúry

1. BEAR, J., 1972: *Dynamics of fluids in porous media*. American Elsevier, New York, 1972.
2. KOPPOVÁ, K., FABIÁNOVÁ, E., DRÍMAL, M., 2010: Hodnotenie, riadenie a komunikácia zdravotných rizík. SZU, Simply supplies s.r.o. Bratislava, 150 s. ISBN 978-80-969611-8-4.
3. MUCHA, I., ŠESTAKOV, V. M., 1987: *Hydraulika podzemných vôd*. Vydavateľstvo ALFA – celoštátna učebnica pre vysoké školy.
4. The National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, US EPA, 2011: *Exposure Factors Handbook – Final Report, Washington D.C.*

5. BESEDA, I., LADORMESKÝ, J., PAJTÍK, J., CEJPEK, K., GÁPER, J., ĎURIŠOVÁ, B., KOČÍK, K., BITUŠÍK, P., KONTRIŠOVÁ, O., KONTRIŠ, J., BLAHO, J., HRONCOVÁ, E., 2004: Ekotoxikológia – skriptá pre FEE – študijné odbory: Aplikovaná ekológia, Environmentalistika, Technická univerzita vo Zvolene.
6. FARGAŠOVÁ, A., 2008: Environmentálna toxikológia a všeobecná ekotoxikológia. Vydavateľstvo ORMAN, Bratislava.
7. DRÍMAL, M., ŠIMKO, Š., 2008: Metódy v hodnotení a manažmente zdravotných rizík. Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Fakulta prírodných vied.
8. WHO Regional Office for Europe, 2000: *Air Quality Guidelines, Second Edition*.