



Príprava nástrojov pre implementáciu smernice Európskeho parlamentu
a Rady 2006/21/ES o nakladaní s odpadom z ťažobného priemyslu

Projekt Prechodného fondu UIBF č. 2006/018-175.06.01
realizovaný v zmysle zmluvy č. 200601817506-0101-0003

METODICKÝ POKYN NA ANALÝZU RIZIKA ÚLOŽÍSK ŤAŽOBNÝCH ODPADOV

(Aktivita 2)

Jún 2009

Vypracovala: Mgr. Zuzana Mészárosová

Správa bola schválená Riadiacim výborom dňa:

METODICKÝ POKYN MINISTERSTVA ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SLOVENSKEJ REPUBLIKY

.....

NA ANALÝZU RIZIKA ÚLOŽÍSK ŤAŽOBNÝCH ODPADOV (návrh)

I. časť

Účel a použitie metodického pokynu

Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky (ďalej len „ministerstvo“) týmto metodickým pokynom ustanovuje všeobecné princípy a obsah analýzy rizika úložísk ťažobných odpadov (ďalej len „analýza rizika“) za účelom jednotného postupu spracovania analýzy rizika úložísk ťažobných odpadov.

Analýza rizika úložísk sa vykonáva vždy, keď je vznesená požiadavka na sanáciu úložiska (resp. pred návrhom sanácie úložiska) alebo v prípadoch, keď existuje podozrenie na existenciu závažného ohrozenia ľudského zdravia alebo znečistenia povrchových a podzemných vôd resp. iných zložiek životného prostredia vplyvom úložiska ťažobných odpadov.

Cieľom analýzy rizika je komplexne popísať súčasné a potenciálne riziká, vyplývajúce z existencie úložiska a na základe posúdenia ich závažnosti rozhodnúť o potrebe vykonania sanácie, stanoviť rozsah a spôsob sanácie (t.j. určiť zložky životného prostredia, ktoré je potrebné sanovať a akým spôsobom) a navrhnuť cieľové hodnoty sanácie.

Pre účely tohto metodického pokynu sú predmetom hodnotenia riziká vyplývajúce z prítomnosti znečisťujúcich látok v zložkách životného prostredia (zeminy, podzemná voda).

Analýza rizika vychádza nielen z informácie o prítomných znečisťujúcich látkach, ale aj z údajov o potenciálnych (reálnych/možných) cestách šírenia (transportných cestách), ktorými sa znečisťujúce látky šíria zo zdroja znečistenia k príjemcom rizík - k receptorom.

Metodický pokyn je určený pre spracovateľov analýzy rizika a pre všetky subjekty, ktoré ju budú využívať pre ďalšie rozhodovanie (napr. orgány štátnej správy).

II. časť

Vymedzenie základných pojmov

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

Odval je umelo vybudované zariadenie na ukladanie tuhého ťažobného odpadu na zemskom povrchu¹.

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 prevádzky².

Znečisťujúce látky sú chemické látky a prípravky, ktorých koncentrácia prekročila ustanovené kritéria alebo limity znečistenia.

Sanácia je súbor technických opatrení, ktorých účelom je zníženie alebo odstránenie znečistenia pôdy, horninového prostredia, podzemnej a povrchovej vody, riečnych sedimentov vzniknutého v dôsledku nevhodného nakladania s ťažobným odpadom, prípadne zníženie alebo obmedzenie znečistenia na úroveň akceptovateľného rizika so zreteľom na súčasné a budúce využitie územia.

Riziko je pravdepodobnosť, s ktorou dôjde za definovaných podmienok expozície k prejavu nepriaznivých vplyvov úložiska na ľudské zdravie a životné prostredie, alebo pravdepodobnosť, s ktorou dôjde k šíreniu znečisťujúcich látok z úložiska do okolitého prostredia.

Analýza rizika úložísk ťažobného odpadu je proces zahrňujúci popis a zhodnotenie východiskových podmienok na území úložiska, vyhodnotenie súčasných a potenciálnych rizík s ohľadom na súčasné a budúce využitie územia úložiska.

Pôda je pre účely metodického pokynu prírodný útvar, ktorý vzniká bezprostredne na zemskom povrchu ako produkt vzájomného pôsobenia klimatických podmienok, organizmov, človeka, reliéfu a materských hornín, s výnimkou poľnohospodárskej pôdy³.

Horninové prostredie je súbor všetkých hornín predmetnej časti zemskej kôry vrátane antropogénnych sedimentov.

Recipient je vodný útvar, do ktorého sa môžu vypúšťať povrchové, podzemné, odpadové a osobitné vody za vopred dohodnutých podmienok.

Cieľové hodnoty sanácie predstavujú koncentráciu nebezpečných látok v jednotlivých zložkách životného prostredia, ktoré sú doporučené na základe hodnotenia rizika s ohľadom na súčasné a potenciálne využitie územia. Tieto hodnoty musia zaručovať ochranu zdravia človeka (ľudského zdravia) a životného prostredia.

¹ § 4 ods. 3 zákona č. 514/2008 Z. z.

² § 4 ods. 4 zákona č. 514/2008 Z. z.

³ § 2 písm. b) zákona č. 220/2004 Z. z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z.z. o intergrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

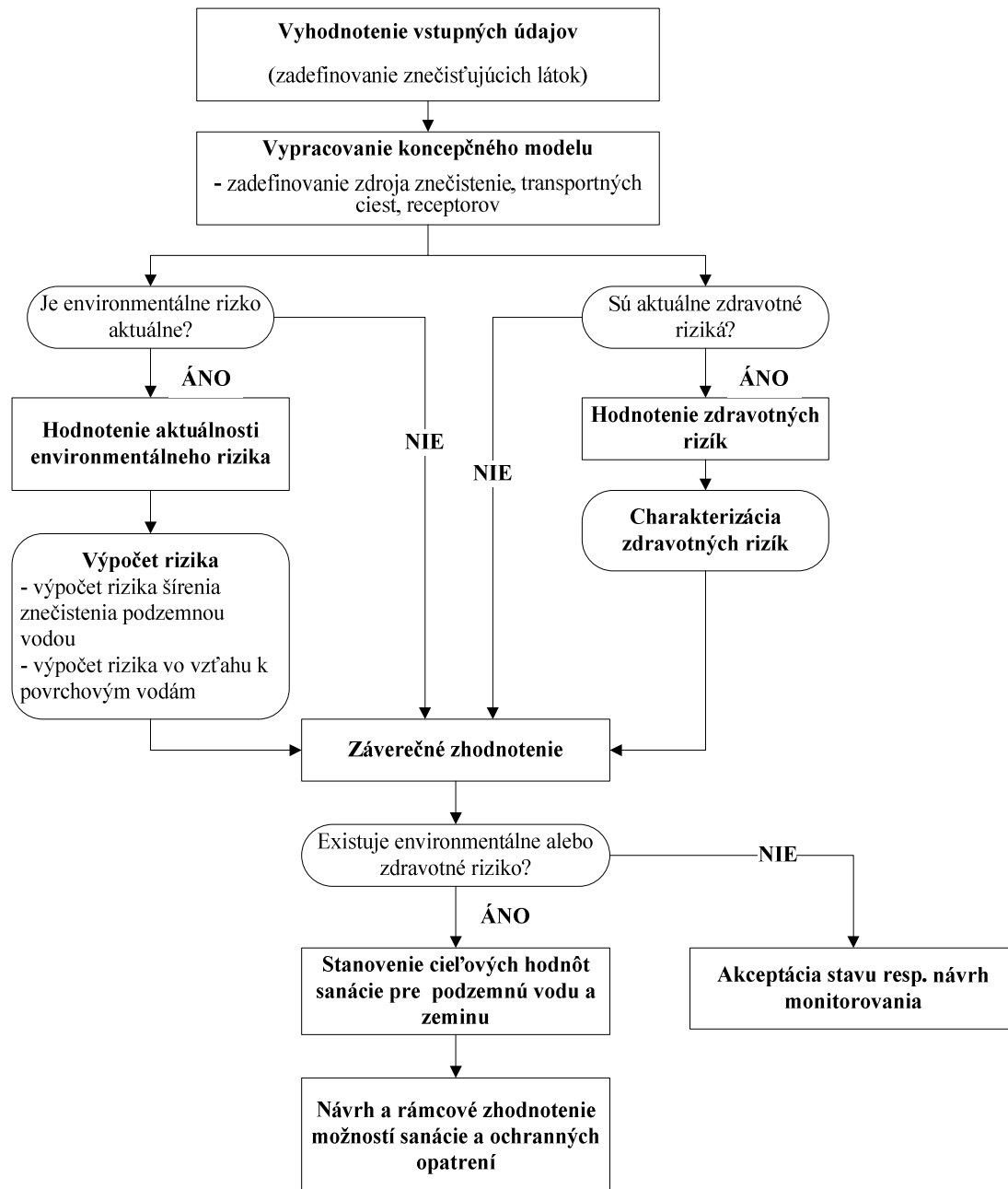
III. časť

Postup spracovania analýzy rizika úložísk

Analýza rizika úložísk vychádza z posudzovania a hodnotenia negatívnych účinkov vyplývajúcich z existencie znečistenia spôsobeného úložiskom.

Postup spracovania analýzy rizika pozostáva z viacerých čiastkových krokov, ktoré na seba nadväzujú a je znázornený prostredníctvom blokovej schémy na obrázku 1.

Obrázok 1 Postup spracovania analýzy rizika



IV. časť

Obsah a náležitosti jednotlivých kapitol záverečnej správy analýzy rizika úložisk

Analýzu rizika úložisk je možné vypracovať len na základe aktuálnych výsledkov (podkladov) prieskumu znečistenia úložiska, ktorý je realizovaný v rozsahu zohľadňujúcim všetky požadované vstupné údaje pre jej kvalitné spracovanie.

Výsledky hodnotenia rizík sa spracovávajú formou záverečnej správy, ktorej odporúčaný obsah je uvedený v prílohe č. 1.

V tejto časti metodického pokynu sú popísané zásady vypracovania jednotlivých častí analýzy rizika, ako aj požiadavky na rozsah a kvalitu vstupných údajov a ich vyhodnotenie.

1. Úvod

V úvode analýzy rizika musí byť popísaná riešená problematika, dôvod a cieľ, pre ktorý bola analýza rizika vypracovaná.

2. Základné údaje

Túto časť analýzy rizika je potrebné spracovať v rozsahu potrebnom pre posúdenie vzťahov úložiska k jeho okoliu.

2.1 Všeobecné údaje o úložisku

Tvoria miestopisné údaje a všeobecné údaje o úložisku vrátane predpokladaného využitia územia úložiska v budúcnosti.

Miestopisné údaje: presné geografické vymedzenie úložiska podľa dostupných mapových podkladov, identifikácia úložiska, správna a katastrálna príslušnosť, identifikácia banského revíru, mapa vhodnej mierky (1:25 000, 1:10 000, 1:5 000)

Základné údaje o úložisku:

- druh úložiska (odkalisko/odvalu),
- kategória úložiska,
- parametre úložiska:
 - 1) odvalu: výška odvalu, druh a množstvo uložených ťažobných odpadov, plocha odvalu
 - 2) odkalisko: výška hrádze odkaliska, druh a množstvo uložených ťažobných odpadov, plocha odkaliska
- údaje o chemických látkach a chemických prípravkoch, ktoré boli použité pri úprave nerastnej suroviny
- stručná história úložiska,
- predchádzajúce a predpokladané budúce využitie územia úložiska.

2.2 Prírodné pomery úložiska

Prírodné pomery úložiska obsahujú charakteristiku geomorfologických a klimatických, geologických (resp. geologicko-ložiskových), hydrogeologických, hydrologických, pedologických pomerov a vzťah úložiska k územiám chráneným podľa osobitných predpisov⁴, ak je to potrebné je možné popis prírodných pomerov doplniť vhodnou mapovou prílohou resp. schematickým rezom.

Pri hodnotení údajov týkajúcich sa prírodných pomerov sa vychádza z relevantných mapových podkladov, archívnych materiálov, ako aj z výsledkov geologických prác⁵ realizovaných v mieste resp. bezprostrednom okolí úložiska.

2.3 Prieskumné a analytické práce

V tejto časti analýzy rizika je uvedený prehľad a analýza výsledkov a informácií získaných doteraz realizovanými prieskumnými prácami. Súčasťou kapitoly je priestorové ohraničenie znečistenia a materiálová bilancia znečistenia.

Požiadavky na prieskum znečistenia

Prieskumné a analytické práce musia byť pre potreby analýzy rizika vykonané v takom rozsahu, aby zabezpečili dostatočné (požadované) vstupné údaje o rozsahoch znečistenia zložiek životného prostredia, predovšetkým v podzemných vodách a zeminách.

Z hľadiska rozsahu znečistenia, cieľom prieskumných prác je zabezpečiť nasledovné údaje:

- rozsah znečistenia podzemných vôd a zemín podľa koncentračných úrovní
- koncentračnú úroveň znečisťujúcich látok a ich heterogenitu
- priestorovú bilanciu znečisťujúcich látok v jednotlivých vrstvách a koncentračných úrovniach
- ekotoxicitu vzoriek znečistených médií a materiálov

Vo fáze posúdenia rizika zo znečistených zemín sa požaduje zistenie rozsahu znečistenia zemín na plochách väčších ako 50 m², čo pre hrúbku vrstvy zemín, pôdy, horninového prostredia 1 m predstavuje objem 50 m³. Pre podzemné vody sa požaduje zistenie rozsahu a nárastu znečistenia s objemom 100 m³, čo pri priemernej pórovitosti prostredia 0,2 predstavuje objem 500 m³. Tieto čísla determinujú požadovaný rozsah prieskumných prác.

Odber vzoriek podzemných vôd a zemín

Odbery vzoriek podzemných vôd (resp. povrchových vôd) a zemín sú vykonávané v zmysle platných slovenských technických noriem.

⁴ Napríklad zákon č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny v znení neskorších predpisov, zákon č. 364/2004 Z. z. v znení neskorších predpisov, zákon č. 326/2005 Z. z. o lesoch v znení neskorších predpisov, zákon č. 538/2005 Z. z. o prírodných liečivých vodách, prírodných liečivých kúpeľoch, kúpeľných miestach a prírodných minerálnych vodách a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov, zákon č. 478/2002 Z. z. o ochrane ovzdušia a ktorým sa dopĺňa zákon č. 401/1998 Z. z. o poplatkoch za znečisťovanie ovzdušia v znení neskorších predpisov (zákon o ovzduší) v znení neskorších predpisov,

⁵ podľa § 2 zákona č. 569/2007 Z. z. o geologických prácach (geologický zákon)

Analýzy vzoriek

Analýzy odobratých vzoriek by mali byť spracované v akreditovanom laboratóriu, pričom 3 – 5 % vzoriek by mali predstavovať kontrolné vzorky (interné + externé).

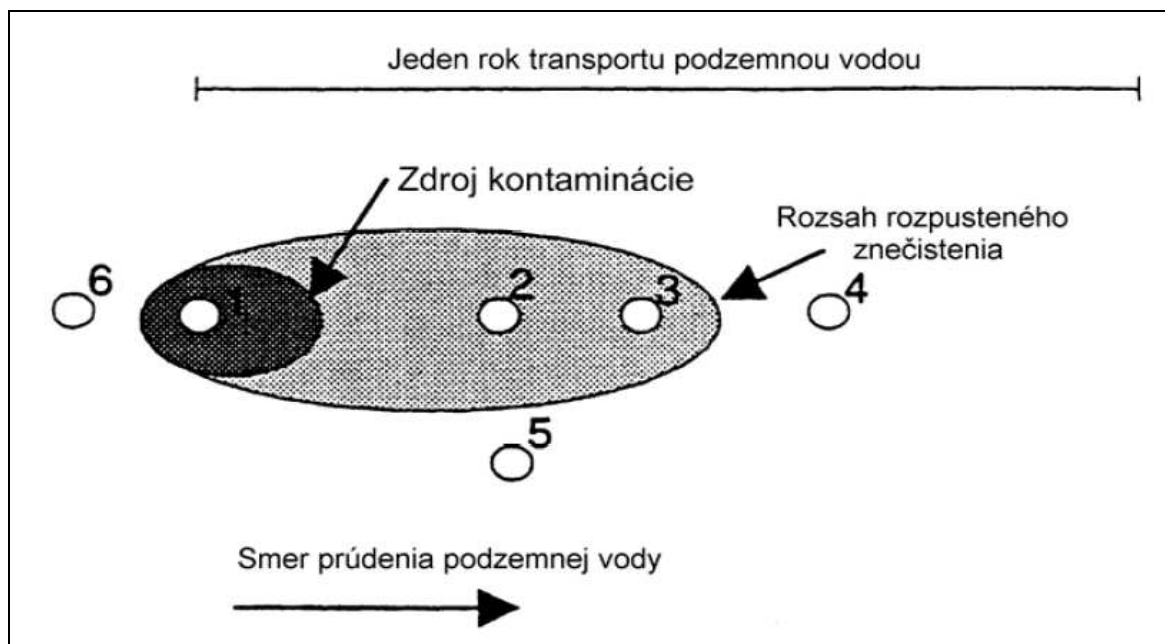
Výber sledovaných ukazovateľov v analyzovaných vzorkách vychádza z údajov o pôvode ťažobného odpadu uloženého na úložisku, ako aj zo znalosti o použitých chemických látkach a chemických prípravkoch pri spracovaní nerastnej suroviny.

Súčasťou sledovaných ukazovateľov sú okrem predpokladaných znečisťujúcich látok aj indikačné ukazovatele (rozpustené a nerozpustené látky, elektrolytickú vodivosť, pH vody, chemická spotreba kyslíka - $CHSK_{Cr}$ resp. $CHSK_{Mn}$, celkový organický uhlík - TOC, biologická spotreba kyslíka - BSK_5).

Lokalizácia vrtov

Pre kvalitné spracovanie rizikovej analýzy je nevyhnutné podrobné zmapovanie rozsahu znečistenia a hydrogeologických pomerov. Presná poloha monitorovacích bodov, počet monitorovacích bodov a dĺžka monitorovania závisia od druhu znečisťujúcich látok a od hydrogeologických pomerov. Monitoring je nutné posudzovať v každom prípade individuálne. V niektorých prípadoch je možné použiť prieskumné vrty na monitorovacie účely. Pre stanovenie rozpadových rýchlostí je dôležitá tiež lokalizácia prieskumných a monitorovacích objektov.

V etape orientačného prieskumu a monitorovania lokality je potrebné vybudovať najmenej tri vrty v smere prúdenia podzemnej vody od zdroja kontaminácie (okrem vrtov realizovaných za účelom zisťovania smeru prúdenia a rozsahu znečistenia), v súlade s obrázkom 1.

Obrázok 2 Príklad situovania prieskumných/monitorovacích vrtov vzhľadom na šírenie znečistenia

2.4 Ekotoxikologické hodnotenie

Ekotoxikologické hodnotenie sa vykonáva v odôvodnených prípadoch a predstavuje súbor ekotoxikologických skúšok, ktoré umožňujú posúdiť účinky zmesí záujmových látok, ich synergické, aditívne či antagonické vplyvy.

Výhodou ekotoxikologických skúšok je, že môžu rýchlo indikovať možné riziko a že skúsime reálne vzorky odobraté priamo na hodnotenej lokalite.

3. Hodnotenie rizika

3.1 Konceptný (situačný) model lokality a charakteristika znečisťujúcich látok

Základným a zároveň prvým krokom pre spracovanie analýzy rizika úložísk je návrh konceptného modelu, v ktorom sa na základe zadefinovania (charakterizácie) zdroja znečistenia, identifikácie potenciálnych rizík a nebezpečenstiev, možnosti migrácie určia predpokladané (možné) transportné cesty vedúce k environmentálnym rizikám pre abiotické a biotické zložky životného prostredia, alebo zdravotným rizikám.

Za zložky životného prostredia sa vo vzťahu k ich biotám v rámci tejto metodiky pokladajú:

- voda (podzemná a povrchová)
- hornina, zemina, pôda

Požiadavky na konceptné modely

Konceptný model je vždy špecifický pre danú lokalitu a druh úložiska (odkalisko, odval). Pri jeho vytvorení je potrebné vychádzať a zohľadniť doterajšie dosiahnuté výsledky prieskumných, monitorovacích prác a skutočnosti získané rekognoskáciou terénu v priestore úložiska a v jeho okolí.

V konceptnom modeli sa uvádzajú predpokladané expozičné cesty od zdroja znečistenia prostredníctvom transportných ciest k potenciálnym príjemcom rizík.

Z výsledkov prieskumných a monitorovacích prác sú v konceptnom modeli zohľadnené:

1. hydrogeologické vlastnosti prostredia

- litologické profily (hlavne prítomnosť nepriepustných vrstiev - hydrogeologických izolátorov, zvodnených horizontov, šošoviek, puklín a podobne)
- údaje o hladine podzemnej vody (hlbka hladiny (narazená a ustálená), rozkyv hladiny podzemnej vody)
- hydraulické gradienty podzemnej vody
- smer prúdenia podzemnej vody resp. lokálne smery prúdenia podzemnej vody, ak je na to dostatok údajov
- koeficienty filtrácie a prietočnosti

2. súčasné resp. budúce využitie lokality a prítomnosť receptorov

- charakter lokality v bezprostrednej blízkosti úložiska (priemysel, poľnohospodárstvo, sídelné útvary a podobne)
- prítomnosť recipientov (povrchové toky, jazerá, štrkoviská, mokrade a pod.)
- receptory (podzemné a/alebo povrchové vody, ľudia, zvieratá, bioty)

3. znečistenie

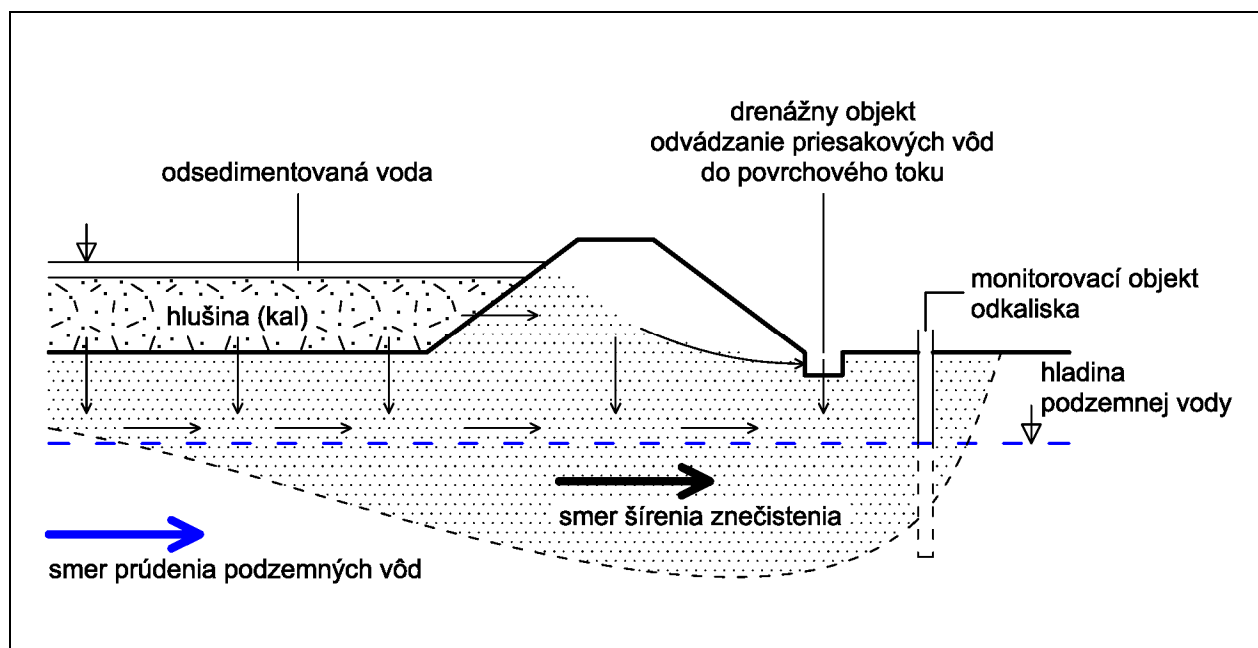
- zdroje znečistenia (priesaky cez hrádzu, priesaky cez dno úložiska a pod.)
- znečisťujúce látky
- rozsah znečistenia povrchových vrstiev zemín a pôd do hĺbky 1,5 m
- rozsah znečistenia nenasýtenej zóny
- rozsah znečistenia podzemných vôd
- transportné cesty k potenciálnym receptorom a recipientom

Koncepčný model môže byť spracovaný viacerými spôsobmi:

- dvojrozmerný resp. trojrozmerný obrázok,
- schematický diagram (bloková schéma),
- tabuľka.

Príklady uvedených druhov koncepčných modelov pre úložiská sú uvedené na obrázkoch 2 až 4.

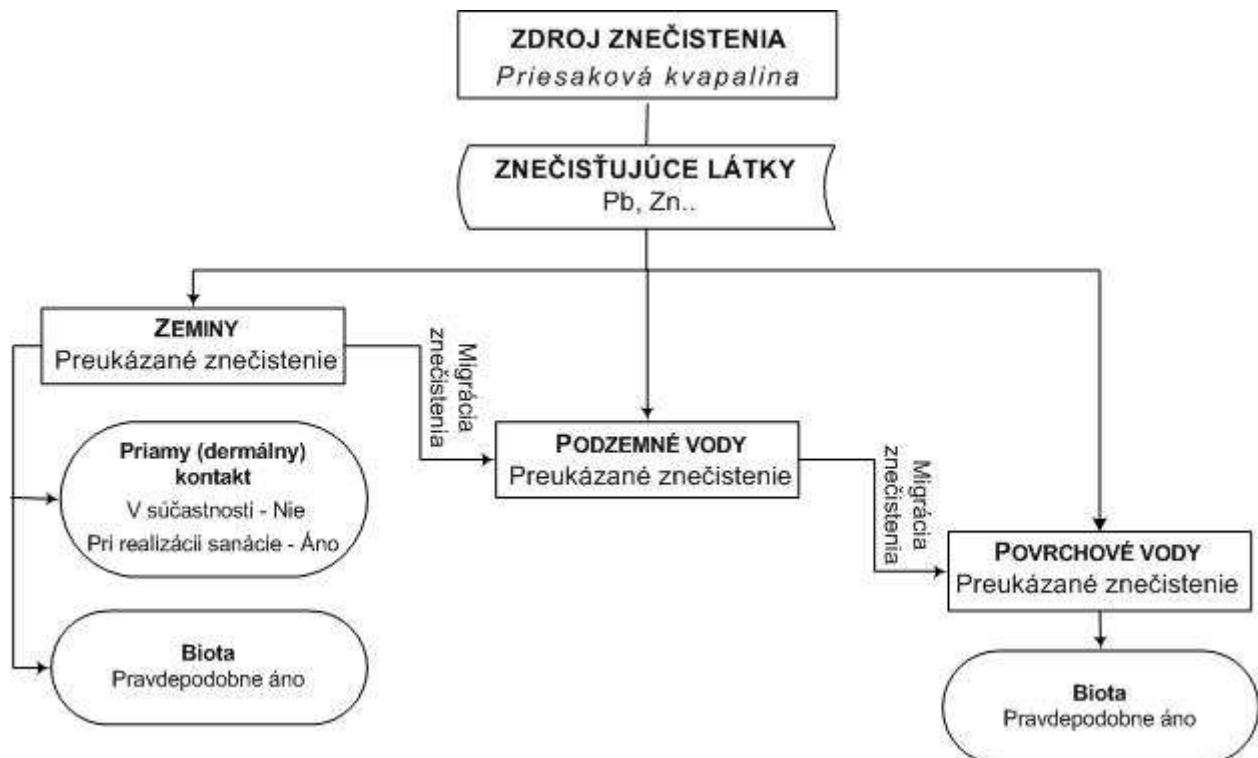
Obrázok 3 Príklad koncepčného modelu odkaliska – dvojrozmerný obrázok



Obrázok 4 Príklad koncepčného modelu spracovaného formou tabuľky

Zdroj znečistenia	Cesty šírenia sa znečistenia (transportné cesty)	Negatívne prejavy (receptory znečistenia)
Priesaková kvapalina z úložiska ťažobných odpadov obsahujúca kovy (Pb, Zn...)	1) úniky priesakovej kvapaliny do podlažia úložiska 2) úniky priesakovej kvapaliny z drenážneho objektu	✓ znečistenie zemín ✓ znečistenie podzemnej vody ✓ znečistenie povrchovej vody

Obrázok 5 Príklad koncepčného modelu – bloková schéma



3.2 Hodnotenie environmentálnych rizík

3.2.1 Posúdenie aktuálnosti environmentálneho rizika

Cieľom posúdenia aktuálnosti environmentálneho rizika je odhad existencie rizík, vyplývajúcich z prítomnosti znečisťujúcich látok v zeminách resp. podzemných vodách.

Posúdenie aktuálnosti environmentálneho rizika sa vykonáva prostredníctvom jednoduchého testu rizika šírenia znečistenia z úložiska ťažobných odpadov a je prvým krokom hodnotenia environmentálneho rizika.

Jednoduchý test pozostáva zo súboru testovacích otázok, ktoré sú rozdelené do dvoch samostatných blokov. Prvý blok testovacích otázok je zameraný na posúdenie potenciálu rizikovosti úložiska a vychádza z údajov o ťažobnom odpade uloženom na úložisku (tabuľka 1, blok 1).

Ak výsledkom jednoduchého testu posúdenia potenciálu rizikovosti je, že úložisko ťažobného odpadu nemá rizikový potenciál, riziková analýza končí a nie je potrebné vykonať ďalšie kroky. Ak výsledkom jednoduchého testu posúdenia potenciálu rizikovosti je, že úložisko ťažobného odpadu má rizikový potenciál, v ďalšom kroku sa posudzuje relevantnosť expozície a existencia receptorov znečistenia. tabuľka 1, blok 2).

Tabuľka 1 Jednoduchý test rizika šírenia znečistenia z úložiska ťažobných odpadov

BLOK 1 POSÚDENIE POTENCIÁLU RIZIKOVOSTI ÚLOŽISKA ŤAŽOBNÉHO ODPADU
1. Vznikol ťažobný odpad pri spracovaní sulfidických rúd alebo obsahuje ťažobný odpad sulfidické minerály?
2. Obsahuje ťažobný odpad toxické (stopové) prvky (As, Cd, Cr, Co, Cu, Hg, Pb, Ni, Mo, Sb, V, Zn) vo zvýšených koncentráciách ⁶ ?
3. Obsahuje ťažobný odpad nebezpečné chemické látky a nebezpečné chemické prípravky, 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 ⁷ , alebo pozorovať zmeny sensorických vlastností vody ⁸ , či zmeny na vegetačnom pokryve, či iné zmeny indikujúce prítomnosť znečistenia?
Záverčné zhodnotenie blok 1 časť A
<i>Ak je odpoveď na jednu z otázok 1 – 5 „ÁNO“ – ťažobný odpad má potenciál rizikovosti a v posudzovaní aktuálnosti environmentálnych rizík sa pokračuje v bloku otázok 2.</i>
<i>Ak je odpoveď na otázky 1 – 5 „NIE“, ťažobný odpad nemá potenciál rizikovosti, nie je aktuálne environmentálne riziko</i>

⁶ porovnáva sa napríklad s identifikačnými kritériami podľa prílohy č. 2, alebo s ukazovateľmi a normatívmi podľa Pokynu MSPNM a MŽP č. 1617/97-min. (limitná hodnota A)

⁷ tvorba okrov, povlakov alebo zrazenín

⁸ najmä farba a zápach

BLOK 2 POSÚDENIE EXISTENCIE RECEPTOROV
1. Je podložie úložiska budované priepustnými horninami (koeficient filtrácie je $> 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$)?
2. Nachádza sa vo vzdialenosti 50 m od úložiska povrchový tok alebo iný recipient?
3. Nachádza sa vo vzdialenosti 100 m od úložiska územie chránené podľa osobitných predpisov (napr. chránené územie prírody, ochranné pásmo vodárenského zdroja a podobne)?
4. Nachádza sa vo vzdialenosti 1 km od úložiska obec s počtom obyvateľov > 100 ?
Záverečné zhodnotenie blok 2
<i>Ak je odpoveď na jednu z otázok 1 - 4 „ÁNO“ – úložisko predstavuje riziko, sú potrebné ďalšie výpočty</i>
<i>Ak je odpoveď na otázky 1 - 4 „NIE“ – úložisko nepredstavuje riziko, nie sú potrebné ďalšie výpočty</i>

V prípade, že výsledkom hodnotenia bloku 2 je, že úložisko predstavuje riziko je potrebné preukázať, či je aktuálne riziko šírenia sa znečistenia podzemnou vodou k príjemcom rizík - receptorom.

o **Hodnotenie aktuálnosti rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou**

Účelom hodnotenia aktuálnosti rizika šírenia 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 prioritné (výšpecifikované) znečisťujúce látky, ktoré boli zistené prieskumnými prácami. Pre každú prioritnú znečisťujúcu látku (kontaminant) sa vypočíta ročný prírastok znečistenia v podzemnej vode.

Pri výpočte ročného prírastku znečistenia sa vychádza z retardačného faktoru, 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:

Vstupné údaje pre hodnotenie aktuálnosti rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou:

A	merná hmotnosť horniny v nasýtenej zóne ρ (kg.dm^{-3})
B	obsah vody v nasýtenej zóne (číselne = efektívnej pórovitosti n)
C	znečisťujúca látka v zemine presahujúca intervenčnú hodnotu (IT) podľa prílohy č. 2, alebo iná prahová hodnota podobného charakteru (napr. C limit podľa pokynu MSPNM a MŽP č. 1617/97-min.)
D	distribučný koeficient K_d pre danú znečisťujúcu látku (tabuľková hodnota uvedená v prílohe 3)
E	retardačný faktor R (-), vzorec pre výpočet: $R = 1 + \rho \cdot K_d / n$
F	rýchlosť prúdenia podzemnej vody v (m/s, m/rok), vzorec pre výpočet: $v = (k \cdot I) / n$
G	hydraulický gradient I (-)
H	koeficient filtrácie k (m/s)
I	kontaktná plocha P (m^2)

Pre výpočet ročného nárastu znečistenia je možné použiť nasledujúci vzorec:

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

Ak je vypočítaný ročný prírastok znečistenia väčší ako **100 m³/rok**, hovoríme o vážnom riziku šírenia znečistenia v podzemnej vode. V takom prípade je potrebné pokračovať v hodnotení environmentálneho rizika prostredníctvom ďalších výpočtov krokovej metódy.

Poznámka:

Vypočítané hodnoty sú tzv. najnepriaznivejším stavom a nemusia predstavovať reálnu situáciu na lokalite – ich úlohou je rýchlo a na základe minima informácií posúdiť možnosť šírenia sa znečistenia zo zemín do podzemnej vody. Ak výsledok tohto kroku preukázal riziko šírenia, sú potrebné ďalšie výpočty.

○ **Hodnotenie aktuálnosti ekologického rizika zo znečistenia zemín**

Hodnotenie aktuálnosti ekologického rizika sa vykonáva len vtedy, ak je preukázané prieskumnými prácami znečistenie zemín (pôd) a spočíva v určení rozsahu znečistenia, stanovení pomeru skutočných (nameraných) koncentrácií a hodnoty IT.

Praktická aplikácia metódy pozostáva z dvoch základných krokov - jednoduchého testu aktuálnosti rizika a výpočtu aktuálneho rizika.

Jednoduchý test aktuálnosti rizika zo znečistených zemín (pôd)

Hodnotiaca otázka	Rozhodnutie	
	Áno	Nie
Je znečisťujúca látka prítomná v kontaktnej zóne?		

Za kontaktnú zónu pre hodnotenie rizík zo znečistených zemín považujeme nesaturovanú zónu do hĺbky asi 1,0 - 1,5 m.

V prípade, že je odpoveď v jednoduchom teste aktuálnosti rizika áno, je potrebné posúdenie aktuálnosti rizika podľa tabuľky 2, v ktorom sa vychádza zo súčasného využitia znečisteného územia a násobku prekročenia hodnoty IT pre každú identifikovanú znečisťujúcu látku.

Tabuľka 2 Kritériá posúdenia aktuálneho ekologického rizika

A Využitie lokality		Kontaminovaná plocha, v ktorej sú obsahy kontamin. <10.IT	Kontaminovaná plocha, v ktorej sú obsahy kontamin. >10.IT
1.	Prírodné (chránené územia, prírodné parky, ...)	>50 m ²	>50 m ²
2.	Poľnohospodárstvo Domy s bytmi a záhrady Rekreácia, oddychové zóny	>5 000 m ²	>50 m ²
3.	Stavby, priemysel, infraštruktúra Nevyužívané lokality	>500 000 m ²	>5 000 m ²

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

3.2.2 Výpočet rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou a do povrchovej vody

V prípade, že sa predchádzajúcim hodnotením preukáže pre niektorú z vybraných znečisťujúcich látok aktuálnosť environmentálnych rizík, pokračuje sa v hodnotení environmentálneho rizika výpočtom rizika z migrácie znečisťujúcich látok zo zemín do podzemnej vody, migrácie podzemnou vodou a rizika vo vzťahu k povrchovej vode (len ak je táto možnosť reálna).

Ak vybrané znečisťujúce látky patria medzi prirodzene sa vyskytujúce látky v horninovom prostredí (ako je to aj v prípade kovov), prirodzené pozadové koncentrácie týchto látok musia byť pri spracovaní rizikovej analýzy brané do úvahy.

V takomto prípade je potrebné stanoviť príspevok znečistenia pochádzajúceho z úložiska ťažobných odpadov alebo zo znečistených zemín.

V prípade, že sa preukáže znečistenie z iných zdrojov látkami, ktoré sú danému prostrediu cudzie a pochádzajú z ľudskej činnosti, tieto skutočnosti sa do hodnotenia nezahŕňajú, avšak na túto skutočnosť je potrebné upozorniť v záveroch analýzy rizika.

Analýza rizika je založená na princípoch opatrnosti. Princíp opatrnosti znamená, že jej výsledok bude zodpovedať nadhodnoteniu rizika znečistenia, čo je nevyhnutné z hľadiska ochrany kvality podzemnej vody.

○ *Výpočet rizika z migrácie znečisťujúcich látok v podzemných vodách krokovou metódou*

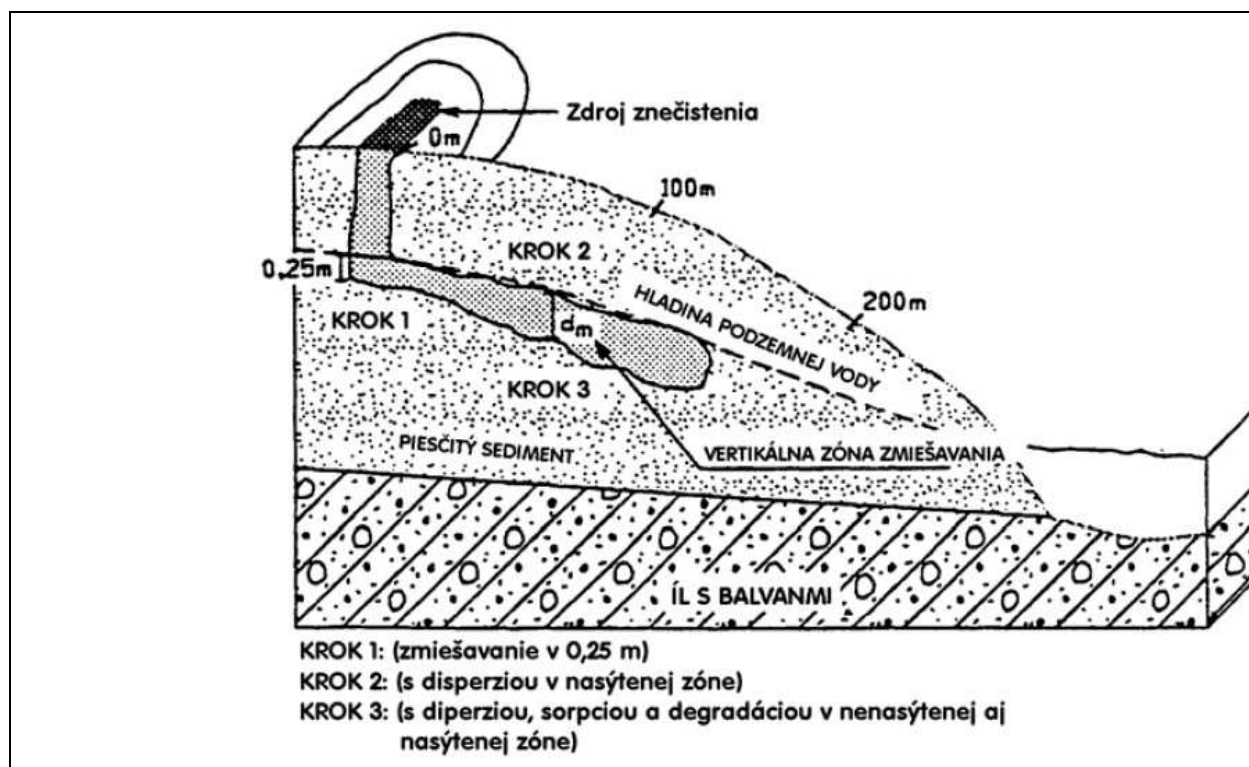
Cieľom krokovej metódy je zistiť, či zistené znečistenie zeminy (horniny, pôdy) alebo podzemnej vody prispieva k znečisteniu podzemnej vody v takom rozsahu, že sú prekročené kritériá pre podzemné vody hodnotenej znečisťujúcej látky (príloha č. 2).

Kroková metóda, ktorá sa používa pre výpočet rizika z migrácie znečisťujúcich látok v podzemných vodách pozostáva z troch krokov (obrázok 2):

- 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 dominantnou znečisťujúcou látkou v priestore a bezprostrednom okolí úložísk 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).

Obrázok 6 Zobrazenie analýzy rizika krokovou metódou – kroky 1-3



Krok 1: Proces miešania v blízkosti zdroja

Krok 1 zahŕňa proces zmiešavania v blízkosti zdroja, pričom výpočty sú založené na zmiešavaní vo vrchných 0,25 m zvodnenej zóny. Výpočet neuvažuje so sorpciou, disperziou, degradáciou ani difúziou. Predpokladá sa, že zvodnená vrstva je homogénna, rýchlosť prúdenia podzemnej vody je konštantná. Výpočet obsahu znečisťujúcej látky v podzemnej vode sa uskutočňuje, ako výpočet rovnovážneho stavu vo vrchnej časti zvodnenej vrstvy.

Koncentrácia znečisťujúcej látky pri zdroji (C_0) predstavuje maximálnu koncentráciu znečisťujúcej látky (v čase a priestore), ktorá sa uvoľňuje zo zdroja znečistenia do vody v póroch. Na účely rizikovej analýzy používame najvyššie namerané hodnoty. Je dôležité vyhodnotiť, či sa v predmetnom prípade jedná o dočasné (ukončené) znečistenie zvodnenca, alebo ide o permanentné znečistenie (dlhodobé pôsobiacie).

C_1 výsledná koncentrácia kontaminantu v podzemnej vode tesne pod znečisteným územím: $(\text{g} \cdot \text{m}^{-3})$

$$C_1 = \frac{(A \cdot N \cdot C_0 + B \cdot 0,25 \text{ (m)} \cdot k \cdot I \cdot C_g)}{(A \cdot N + B \cdot 0,25 \text{ (m)} \cdot k \cdot I)}$$

Použité symboly:

A	plocha kontaminovaného územia	(m ²)
B	šírka kontaminovaného územia (kolmo na smer prúdenia podz. vody)	(m)
C ₀	koncentrácia v zdroji	(g.m ⁻³)
d _M	hrúbka zóny miešania (0,25)	(m)
VD	filtračná (Darcyho) rýchlosť prúdenia podzemnej vody, $vD = k * I$	(m.s ⁻¹)
C _g	prirodená požadovaná koncentrácia v podzemnej vode (mg.l ⁻¹ = g.m ⁻³)	(g.m ⁻³)
k _H	koeficient filtrácie v nasýtenej zóne, kh	(m.s ⁻¹)
I	hydraulický gradient	(-)
k _V	vertikálny koeficient priepustnosti nenasýtenej zóny, kv	(m.s ⁻¹)
N	infiltrácia zrážkovej vody do prostredia, N = zrážky – výpar – odtok	(m.s ⁻¹)
Q ₀	tok vody presakujúcej cez kontaminované územie $Q_0 = N * A$	(m ³ .s ⁻¹)
J ₀	tok kontaminantu presakujúceho do podzemnej vody $J_0 = C_0 * Q_0$	(g.s ⁻¹)
Q _g	tok vody prúdiacej pod kontaminovaným územím $Q_g = B * 0,25 * vD$	(m ³ .s ⁻¹)

Stanovenie hodnôt C₀ (koncentrácia v zdroji)

Koncentrácia pri zdroji je možné zistiť nasledovným spôsobom:

- Meraním koncentrácie znečistenia vo vode v póroch nenasýtenej zóny
- V mnohých prípadoch bude možné zistiť iba koncentráciu znečistenia v zemine alebo pôde. 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).
- Stanovením výluhu zo vzorky zeminy buď statickým testom v zmysle normy STN, alebo dynamickým testom cez prietochné kolóny.

Koncentráciu znečisťujúcich látok v podzemnej vode tesne pod zdrojom znečistenia je možné získať nielen na základe výpočtu, ale aj stanoviť počas prieskumných prác, odberom a analýzou vzoriek podzemnej vody odobratej z vrchnej časti nasýtenej zóny.

C₁ je možné stanoviť aj meraním (odberom a analýzou vzoriek) vo vrchnej časti nasýtenej zóny – z vrtov s maximálnou veľkosťou filtra 0,25 m pri hladine podzemnej vody.

Ak hodnota C₁ prekračuje limitné kritériá (IT, C limit), je potrebné vykonať aj druhý krok hodnotenia.

Krok 2: Proces miešania v smere prúdenia

Krok 2 zahrňuje zmiešavací proces v smere prúdenia podzemnej vody, v ktorom sa počíta s hĺbkou miešania kontaminovanej podzemnej vody (d_m) na základe disperzie, filtračnej rýchlosti a času zmiešavania.

Výsledná koncentrácia kontaminantov sa počíta v bode, situovanom od zdroja znečistenia vo vzdialenosti 100 m. V tomto teoretickom výpočtovom bode musia byť splnené kritériá

kvality pre podzemné vody. Ak sú prekročené, je v lokalite vážne riziko šírenia. V prípade, že je dôvod pre splnenie kritérií v menšej vzdialenosti ako 100 m, počíta sa pre túto vzdialenosť.

Výpočet neuvažuje so sorpciou, degradáciou ani difúziou, uvažuje s disperziou. Predpokladá sa, že zvodnená vrstva je homogénna, rýchlosť prúdenia podzemnej vody je konštantná.

v_p	skutočná (pórová) rýchlosť prúdenia podzemnej vody, $v_p = v_D / n$	(m.s ⁻¹)
n	pórovitosť,	(-)
t	čas,	(s)
d_m	hrúbka zóny miešania, pre danú vzdialenosť $d_m = \text{SQRT}((72/900) * a_L * v_p * t)$	(m)
a_L	pozdĺžna disperzia, tabuľková hodnota ako funkcia vzdialenosti od zdroja (pre 100 m = 0,02)	(m)
C_2	výsledná koncentrácia kontaminantu vo vzdialenosti 100 m a hrúbke hornej časti zvodnenej vrstvy d_m	(g.m ⁻³) (mg.l ⁻¹)

Poznámka: SQRT je programátorský zápis druhej odmocniny výrazu uvedeného v nasledujúcej zátvorke

$$C_2 = (J_0 + B * d_m * k * i * C_g) / (Q_0 + B * d_m * k * i)$$

ak $C_g = 0$ (látky nepôvodné v prírodnom prostredí), rovnica sa upraví na

$$C_2 = J_0 / (Q_0 + B * d_m * k * i)$$

pre látky zistené len vo vode rovnica bude

$$C_2 = (B * d_m * k * i * C_g) / (Q_0 + B * d_m * k * i)$$

Ak druhý krok preukáže prekročenie limitnej koncentrácie danej znečisťujúcej látky v teoretickom bode vzdialenom 100 m od zdroja znečistenia v smere prúdenia podzemných vôd, potom existuje riziko šírenia sa znečistenia z **migrácie znečisťujúcich látok v podzemných vodách**.

o **Výpočet rizika vo vzťahu k povrchovým vodám**

Potenciálne ohrozené sú povrchové vody recipientu, ak sú v hydraulickej spojitosti so znečistenými podzemnými vodami.

Pre stanovenie rizika ohrozenia povrchovej vody je možné použiť rovnaký mechanizmus výpočtu ako pre stanovenie rizík krokovou metódou.

V prípade, že vypočítané znečistenie podzemnej vody na brehu toku prekračuje koncentrácie v toku, vypočítame prírastok kontaminácie v toku vplyvom infiltrácie kontaminovanej podzemnej vody. Ako koncentrácie kontaminantu v podzemnej vode použijeme vypočítané koncentrácie C_2 (keďže neuvažujeme s degradáciou kontaminantu).

Pre výpočet prírastku kontaminácie sa použije zmiešavacia rovnica:

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

$$C_p = C_v - C_t$$

kde :

C_2 = koncentrácia v podzemnej vode na brehu toku

Q_3 = množstvo podzemnej vody infiltrujúce do toku

C_t = koncentrácia v toku pred zmiešaním

Q_t = prietok v toku

C_p = prírastok kontaminácie

3.3 Hodnotenie zdravotných rizík

Zdravotné riziko vo všeobecnosti predstavuje pravdepodobnosť poškodenia, choroby alebo smrti človeka ako dôsledok vystavenia (expozície) rizikovým faktorom vyskytujúcim sa v životnom prostredí.

Ak existuje možnosť, že znečistenie z úložiska by mohlo mať potenciálny vplyv na ľudské zdravie, hodnotenie zdravotných rizík sa vykonáva podľa Metodického pokynu pre rizikovú analýzu kontaminovaných lokalít (Auxt, A., Holubec, M., Paluchová, K., 2008).

4. Závery rizikovej analýzy (charakterizácia rizika)

V tejto časti analýzy rizika je potrebné zdôrazniť a zosumarizovať najdôležitejšie dosiahnuté výsledky vzhľadom na zadaný cieľ analýzy rizika.

V záveroch analýzy rizika sa uvedú výsledky a závery výpočtov a hodnotení predchádzajúcich častí analýzy rizika - rekapitulácia získaných výsledkov hodnotenia, osobitne pre všetky hodnotené riziká:

- Environmentálne riziká:
 - pre pôdy
 - pre podzemné vody
 - pre povrchové vody

- Zdravotné riziká (len, ak sú aktuálne):
 - nebezpečnosť kontaminantov
 - identifikované expozičné cesty
 - výsledky hodnotenia zdravotných rizík

Do záverečného zhodnotenia je potrebné popísať neistoty a neurčitosti, ktoré sú spojené s hodnotením environmentálnych a zdravotných rizík a odporúčenie pre ich zníženie.

5. Stanovenie cieľových hodnôt v podzemných vodách a zemine

Jedným z hlavných cieľov analýzy rizika je návrh cieľových hodnôt sanácie pre tie zložky životného prostredia, ktorých potreba sanácie vyplýva z dosiahnutých výsledkov analýzy rizika.

Cieľové hodnoty sanácie predstavujú koncentráciu znečisťujúcich látok v sanovaných zložkách životného prostredia, ktorá je akceptovateľná pre ľudské zdravie a životné prostredie.

Návrh je možné realizovať viacerými postupmi, ktoré sú však v princípe rovnocenné, pretože základným prvkom je aplikácia rovnakých vzťahov ako v prípade výpočtu rizika.

V prípade zemín existujú nasledovné možné riziká:

- Riziko znečistenia zemín v povrchových vrstvách sa nepočíta, je dané príslušnými limitmi, alebo stanovenými maximálnymi expozičnými hodnotami alebo stanovenými limitmi (napr. pre pôdu)
- Riziko pre podzemné vody je spojené s rizikom šírenia sa znečistenia podzemnými vodami. V tomto prípade za hodnotu C_3 dosadíme požadovanú limitnú hodnotu v podzemnej vode vo vzdialenosti ročného prúdenia a /alebo 100 m od zdroja znečistenia. Postupne vypočítame hodnoty C_2 , C_1 a C_0 .

1. metóda

Postup výpočtu je opačný ako pri výpočte rizika, teda začíname od požadovanej limitnej hodnoty a počítame pri akej hodnote C_0 bude splnená podmienka limitnej hodnoty.

2. metóda

Princíp spočíva v realizácii rady výpočtov rizika s rozličnými vstupnými hodnotami nižšími ako pôvodné hodnoty. Radou výpočtov, s klesajúcimi vstupnými hodnotami rozsahov znečistenia (modelové výpočty na určenie závislosti vstupnej koncentrácie a intenzity jeho samovoľného odstraňovania z prírodného prostredia), zistíme závislosť počiatočného obsahu znečistenia na vstupnej hodnote. Zostavením grafickej závislosti zistíme hodnotu pri ktorej už nie je identifikované riziko.

Rozdiel medzi zistenou požadovanou cieľovou hodnotou a počiatočným stavom na lokalite je požadovaná účinnosť ochranných opatrení.

6. Návrh a rámcové zhodnotenie možností sanácie a ochranných opatrení – ak sú potrebné

Návrh možností sanácie a ochranných opatrení je dôležitou súčasťou analýzy rizika a slúži ako odborný podklad pre rozhodovanie sa o potrebe, rozsahu a spôsobe sanácie.

Pri návrhu sanácie a ochranných opatrení je potrebné zohľadniť charakter, rozsah a závažnosť znečistenia, ako aj potenciálne a súčasne riziká, ktoré boli zistené počas hodnotenia rizika.

Všeobecne možno sanáciu deliť na sanáciu aktívnu a na sanáciu pasívnu.

Sanácia aktívna (likvidácia znečistenia) – dôjde k likvidácii znečistenia v danom priestore, a to až na požadované hodnoty, ktoré neohrozujú okolie.

Sanácia pasívna (imobilizácia znečistenia) – jedná sa o postup, ktorý zamedzí šíreniu kontaminácie mimo zistený priestor. Negatívne pôsobenie škodlivých látok je obmedzené iba na znečistený priestor.

Riadené znečistenie – je stav, kedy z ekonomických, alebo technologických dôvodov nie je možné vykonať sanačný zásah a celá znečistená oblasť je monitorovaná. Ak sa kontaminácia nepohybuje, sú iba pripravené havarijné opatrenia pre likvidáciu mimoriadnych situácií.

Nasadenie sanačných metód je potrebné hodnotiť aj z hľadiska sanačných scenárov vyjadrujúcich rôzne ciele sanácie. Pre potreby ďalšieho rozhodovacieho procesu sa odporúča porovnanie 4 sanačných scenárov .

- A. nulový variant
- B. izolácia územia
- C. sanácia po navrhované sanačné limity
- D. úplné odstránenie znečistenia, alebo sanácia po inak stanovené limity

A. Nulový variant

Nulový variant predstavuje súčasný stav – t.j. silné znečistenie podzemných vôd a zemín.

B. Izolácia územia

Cieľom izolácie územia je zamedzenie šírenia sa kontaminácie podzemnou vodou do okolia, najmä do povrchového toku. Izolácia je vhodná najmä v prípade, že sa predpokladá pretrvávanie aktivity zdrojov znečistenia, resp. v lokalite je zvýšené riziko havarijných únikov.

Tento sanačný scenár znamená elimináciu všetkých negatívnych vplyvov kontaminácie na okolité prostredie. V samotnom znečistenom území nebudú vykonávané sanačné práce a v prípade zmeny jeho využívania bude pravdepodobne potrebné ich vykonať. Je potrebné vykonávať pravidelný a dlhodobý.

C. Sanácia po navrhované sanačné limity

Cieľom tohto sanačného scenára je znížiť koncentrácie kontaminantov na prijateľnú úroveň v tých územiach, kde ich prítomnosť môže predstavovať najvýznamnejšie riziká.

D. Sanácia po inak stanovené limity v celom kontaminovanom území

V prípade inak stanovených limitov (napr. v ochranných pásmach vodných zdrojov je potrebné úplné odstránenie kontaminantu) sa volí sanačný scenár predstavujúci trvalé zníženie koncentrácií v celom dotknutom území.

Použitá literatúra:

1. Auxt, A., Holubec, M., Paluchová, K., 2008: Metodický pokyn pre rizikovú analýzu kontaminovaných lokalít (návrh). Požiadavky na rozsah a kvalitu vstupných údajov a postupov spracovania a možnosti použitia rizikovej analýzy kontaminovaných lokalít.
2. Metodický pokyn MŽP SR z 22. októbra 1998 č. 623/98-2 na postup a riadenie rizík (Vestník MŽP SR, ročník VI, čiastka 6)
3. Metodický pokyn MŽP ČR pro analýzu rizik kontaminovaného území, Vestník MŽP ČR, ročník XV, čiastka 9, 2005

Príloha č. 1 Obsah analýzy rizika úložísk ťažobných odpadov

- 1. ÚVOD**
- 2. ZÁKLADNÉ ÚDAJE**
 - 2.1 Všeobecné údaje o úložisku**
 - 2.1.1 Miestopisné údaje
 - 2.1.2 Základné údaje o úložisku
 - 2.2 Prírodné pomery záujmového územia**
 - 2.2.1 Geomorfologické a klimatické pomery
 - 2.2.2 Geologické a hydrogeologické pomery
 - 2.2.3 Hydrologické pomery
 - 2.2.4 Pedologické pomery
 - 2.2.5 Ochrana prírody a krajiny v okolí úložiska
 - 2.3 Prieskumné a analytické práce**
 - 2.3.1 Výsledky predchádzajúcich prieskumných (monitorovacích) prác na úložisku
 - 2.3.2 Určenie a zdôvodnenie znečisťujúcich látok, priestorové ohraničenie znečistenia a materiálová bilancia
- 3. HODNOTENIE RIZIKA**
 - 3.1 Konceptný (Situačný) model lokality a charakteristika (hodnotenie vlastností) znečisťujúcich látok**
 - 3.2 Hodnotenie environmentálnych rizík**
 - 3.2.1 Posúdenie aktuálnosti environmentálneho rizika
 - 3.2.2 Výpočet rizika šírenia sa znečistenia podzemnou vodou a do povrchovej vody
 - 3.3 Hodnotenie zdravotných rizík**
 - 3.3.1 Hodnotenie nebezpečnosti
 - 3.3.2 Hodnotenie vzťahu dávka – účinok
 - 3.3.3 Hodnotenie expozície
 - 3.3.4 Hodnotenie rizika
- 4. ZÁVERY RIZIKOVEJ ANALÝZY**
- 5. STANOVENIE CIEĽOVÝCH HODNÔT V PODZEMNÝCH VODÁCH A ZEMINÁCH**
- 6. NÁVRH A RÁMCOVÉ ZHODNOTENIE MOŽNOSTÍ SANÁCIE A OCHRANNÝCH OPATRENÍ**
- 7. ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY**
- 8. ZOZNAM PRÍLOH**

Príloha 2 Indikačné a intervenčné kritéria pôdy, horninového prostredia a podzemnej vody pre vybrané kovy

Pôda a horninové prostredie					
Ukazovateľ	Symbol ukazovateľa	Indikačné kritériá	Intervenčné kritériá		Poznámka
			Obytné zóny	Priemysel	
		mg.kg ⁻¹ sušiny	mg.kg ⁻¹ sušiny	mg.kg ⁻¹ sušiny	
I. Kovy					
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 celk.	450	500	1000	
chróm šesťmocný	Cr ⁶⁺	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	
II. ostatné anorganické látky					
kyanidy / tiokyanáty voľné	CN- / SCN-	8	10	30	
kyanidy komplexotvorné		100 (pH<5), 15 (pH≥5)	150 (pH<5), 20 (pH≥5)	700 (pH<5), 75 (pH≥5)	

PODZEMNÁ VODA				
Ukazovateľ	Symbol ukazovateľa	Indikačné kritériá	Intervenčné kritériá	Poznámka
		$\mu\text{g.l}^{-1}$	$\mu\text{g.l}^{-1}$	
I. Kovy				
hliník trojmocný	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	Cr^{6+}	35	75	
meď	Cu	200	500	
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	
II.				
kyanidy / tiokyanáty voľné		40	75	
kyanidy komplexotvorné		250 ($\text{pH} < 5$), 100 ($\text{pH} \geq 5$)	500 ($\text{pH} < 5$), 200 ($\text{pH} \geq 5$)	

Poznámka: Hodnoty ID (indikačné kritériá) a IT (intervenčné kritériá) boli prevzaté z prípravnej dokumentácie pre zákon o environmentálnych záťažach

Príloha 3 Hodnoty distribučného koeficienta K_d pre vybrané kovy

Stopový prvok	Hodnota K_d (ml/g)
As	29
Cd	37
Cr ³⁺	$2 \cdot 10^5$
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 (tabuľka 11-1, str. 11-13 až 11-23)