MAPY ZRANITELNOSTI PODZEMNÍCH VOD PESTICIDY V ČR

MAPS OF GROUNDWATER VULNERABILITY TO PESTICIDE IN THE CZECH REPUBLIC

Jaroslav Skořepa, Irena Skořepová, Vít Kodeš, Darina Remenárová

ABSTRACT

Maps of groundwater vulnerability to pesticides were constructed using the DRASTIC model (Allert et al.1987). This model was modified for Czech Republic conditions. In particular rating values were adjusted for selected factors. Groundwater vulnerability to pesticides is highest in flat areas covered by light soils and with poorly permeable bottom layers.

KEY WORDS

map of vulnerability, GIS processing, pollution potencial, intrinsic vulnerability, specific vulnerability

KLÍČOVÁ SLOVA

mapa zranitelnosti, zpracování v GIS, potenciál znečištění, obecná zranitelnost, specifická zranitelnost

ÚVOD

Kontaminace podzemních vod v České republice je vážným problémem, který je nezbytné monitorovat a řešit. Jedno z preventivních opatření je sestavit soubor map zranitelností podzemních vod hlavními kontaminanty nebo skupinami kontaminantů a následně je používat při rozhodování o využití území a stanovení nápravných opatření. Z novějších celorepublikových map zranitelnosti byly zpracovány mapy zranitelnosti podzemních vod dusičnany, acidifikací a kovy (Rosendorf et al., 1998, Rieder et al., 2002, Skořepa, et al., 2002).

ZÁKLADNÍ TERMINOLOGIE

Zranitelnost podzemních vod je termín, který není jednoznačně používán. Mapy zranitelnosti a termín zranitelnost lze chápat z různých hledisek. V terminologii EU se užívá dvou termínů „intrinsic vulnerability“ a „specific vulnerability“. První termín „intrinsic vulnerability“ je používán pro definování obecné zranitelnosti geologického prostředí do kterého kontaminant může infiltrovat a kterým může procházet. Druhý termín „specific vulnerability“ se užívá pro vymezení zranitelnosti podzemní vody specifickým kontaminantem nebo skupinou kontaminatů – Hötzel, H. (2002). Tato terminologie je jedním z výsledků programů Evropské komise Co-operation in Science and technology (EC - COST Action 65 a EC - COST Action 620). Pro českou terminologii navrhuji používat termíny obecná zranitelnost a specifická zranitelnost.

Specifická zranitelnost pro různé kontaminanty se může v jednom prostředí značně lišit. Jako příklad uvádím kovy, polyaromatické uhlovodíky a chlorované uhlovodíky v málo propustném jílovitém prostředí s neutrální hodnotou pH. Kovy jsou za těchto podmínek ve své většině prakticky imobilní, polyaromatické, chlorované uhlovodíky a další organické látky naopak jílovitou polohou mohou za specifických podmínek migrovat

RNDr. Jaroslav Skořepa, CSc.
AQUATEST a.s., Geologická 4, 152 00 Praha 5 – Barrandov, skorepa@aquatest.cz
RNDr. Irena Skořepová, CSc.
Český ekologický ústav, Kodaňská 10, 100 10 Praha 10, irena_skorepova@ceu.cz
Mgr. Vít Kodeš, RNDr. Darina Remenárová
Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 1711, 143 06 Praha 4 – Komořany, kodes@chmi.cz, remenarova@chmi.cz

(Morrison, A. 1981).

Charakteristiky, které ovlivňují zranitelnost lze rozdělit následovně:

- Statické charakteristiky - skupina vlastností převážně charakterizující přírodní prostředí v nadloží aquiferu. Typická je jejich velká stabilita (litologický charakter horninového a půdního prostředí, morfologie, hloubka hladiny podzemní vody a pod.) a lze je považovat z hlediska zpracování map za neměnné nebo velmi málo proměnlivé.
- Dynamické charakteristiky - zahrnuje převážně vlastnosti, které definují geochemické změny v nadloží aquiferu, výrazně ovlivňují migrační schopnosti kontaminantu a mohou se v průběhu transportu kontaminatu prostředím rychle měnit (vliv pH, Eh, sorpce, desorpce.....).
- Transportní charakteristiky – vlastnosti aquiferu, které definují horizontální pohyb kontaminantů v tělese podzemní vody.

METODIKA SESTAVENÍ MAPY ZRANITELNOSTI

Při sestavení mapy zranitelnosti je hlavním cílem vyjádřit míru možného transportu kontaminantu do podzemní vody určitého kolektoru. Pohyb kontaminantu do podzemních vod může být následujícími způsoby:

- Průnikem v celé ploše kolektoru (například infiltrace do štěrkové terasy s propustným půdním pokryvem)
- Průnikem podél přírodních preferenčních zón (například podél zlomové a puklinové zóny v krystaliniku, krasové jevy ve vápencích apod.)
- Průnikem na výchozech kolektoru a následným transportem ve směru proudu podzemní vody (například u hlubších aquiferů pánevních struktur krytých izolátorem, infiltrace z povrchových toků do údolní nivy apod.)
- Umělými zásahy (například důlní díla, bodové znečištění ze staveb, které porušily nepropustnost nadloží aquiferu apod.).

Je samozřejmé, že výše popsané způsoby pohybu kontaminatu se mohou v konkrétním území kombinovat.

Zpracování map zranitelnosti podzemních vod pro území České republiky je relativně složitá záležitost. Vyplývá to zejména z geologické a hydrogeologické pozice jednotlivých kolektorů. Geologická stavba území a následně i hydrogeologická situace je velmi různorodá a často značně komplikovaná. Vytváří se zde několik typových situací, které můžeme shrnout do následujících příkladů:

a) Nejjednoduššími jsou území s jednokolektorovým systémem a infiltrací prakticky in situ. Do této kategorie náleží především území budovaná krystalinikem a část kvartérních sedimentů, například vyšší terasy a některé glaciofluviální uloženiny.
b) Podobnou hydrogeologickou pozici zaujímají klasické říční sedimenty údolních niv, které jsou navíc velmi často ovlivněny infiltrací z okolních hydrogeologických struktur a periodicky při vyšších stavech v toku i infiltrací povrchových vod.
c) Další skupinou jsou klasické pánevní struktury, v kterých je vyvinut jeden nebo více kolektorů navzájem izolovaných. Pro tyto struktury je charakteristická přítomnost dvou výrazně rozdílných hydrogeologických situací. Prvá nastává u nejvyšších kolektorů s volnou hladinou podzemní vody a přímou vazbou na infiltraci in situ, druhá u hlubších kolektorů, zpravidla s napjatou hladinou podzemní vody s většinovou infiltrací v omezeném území výchozů kolektoru. Typickou strukturou tohoto typu je české křídová pánev.
d) Pánevní struktury tektonicky silně porušené, kde jednotlivé kolektory vzájemně komunikují. Ke komunikaci dochází podél tektonických poruch a umělým propojením souvisejícím s těžbou. Klasickou strukturou je terciérní žitavská pánev.
e) Zcela specifické postavení zaujímají flyšoidní sedimenty nebo jejich metamorfované modifikace, kde se vytváří velké množství drobných separátních kolektorů s oběhem podzemní vody izolovaným nebo vzájemně propojeným v závislosti na mocnosti a průběhu izolátorů, povrchovém rozpojení hornin a tektonickém porušení. K této skupině lze přiřadit i některé komplexy střídání výlevných a efuzivních hornin.
f) Poslední charakteristickou skupinou jsou horniny s krasovou propustností.

Dalším problematickým faktorem je mocnost nenasycené zóny, respektive úroveň hladiny

podzemní vody. Dostupná hydrogeologická data z Geofondu a ČHMÚ jsou při souhrnné aplikaci značně nesourodá. Zejména jednorázová data z Geofondu nelze jednoznačně zařadit a těžko se zde posuzuje jejich pozice v dlouhodobém režimu. Často jsou uvedeny jen naražené nebo ustálené hladiny Při sumárním i monotématickém vynesení dat obdržíme i u tak jednoduchých hydrogeologických struktur jako je krystalinikum nebo kvartérní sedimenty velmi rozkolísanou škálu dat, kterou nelze jednoznačně interpretovat. U sedimentárních pánevních struktur je většinou situace přehlednější, a lze zde vymezit skupiny různých hladin v závislosti na jednotlivých kolektorech. Hladiny hlubších kolektorů náležející kolektorům s napjatou hladinou nereprezentují mocnost nenasycené zóny. Tu lze určovat pouze ze strukturně geologických map a řezů.

Výše uvedené členění ilustruje složitost přípravy a hodnocení map zranitelnosti. Je zjevné, že zranitelnost souvisí především s vlastnostmi horninového a půdního prostředí, schopnosti infiltrovat srážkové vody a pozicí aquiferu. Zejména tyto vlastnosti by měly být využity pro konstrukci map zranitelnosti podzemních vod. Další vlivy jako je vegetace, využití krajiny atd. mohou ovlivnit zranitelnost podzemních vod a jejich použitím výslednou mapu zranitelnosti upřesňujeme.

Základní vlastností prostředí je schopnost transportu látek z povrchu do podzemní vody. Většina publikovaných map zranitelnosti podzemní vody pracuje pouze se statickými vlastnostmi horninového prostředí nebo s kombinací statických a dynamických charakteristik. Aplikace dynamických charakteristik je velmi obtížná, protože nejsou zpravidla k dispozici všechna potřebná data. Transportní charakteristika se při konstrukci map neuvažuje a pokud je řešena, má specifické lokální cíle a souvisí např. se sanačními pracemi, stanovením ochranného pásma pro jímání vod apod. (Skořepa, 2002).

Při přípravě map zranitelnosti v prvé řadě musíme definovat cílovou vypovídací schopnost mapy zranitelnosti. V našem případě zranitelnost podzemních vod pesticidy popisuje zranitelnost prvního, pro popisovanou strukturu významného, kolektoru. Například v oblasti krystalinika je prvním významným kolektorem pásmo povrchového rozvolnění, naopak v klasických pánevních strukturách je toto pásmo relativně nevýznamné a je zanedbáno. Transportní charakteristika nebyla uvažována.

Pro přípravu mapy zranitelnosti pesticidy byl modifikován standardizovaný systém pro odhad znečištění podzemních vod „DRASTIC“ vyvinutý v USA (Aller et al., 1987) a to pro variantu pesticidy. Autoři postupují systémem, který vymezuje následující faktory:

D - hloubka hladiny vody
R - dotace vody
A - prostředí aquiferu
S - prostředí půd
T - topografie (sklony)
I - vliv nenasycené zóny
C - hydraulická vodivost aquiferu

Každému z faktorů jsou přiřazeny pro případ pesticidů určité tabulkové váhy (W) v rozpětí hodnot 1 - 5. Každý z výše popsaný faktorů je vnitřně ohodnocen v rozpětí hodnot (R) 1 - 10 v závislosti na vlastnostech prostředí (např. hloubka hladiny vody). Výsledná zranitelnost (DRASTIC index) je vyjádřena „potenciálem znečištění“, který je součtem všech faktorů podle následujícího vzorce:

$$D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W$$

Výsledný potenciál znečištění umožňuje sestavit mapu potenciálního znečištění. Pro účely mapy zranitelnosti pesticidy České republiky byly hodnoty váhy W a rozpětí R upřesněny podle skutečných vlastností jednotlivých faktorů. Pro každý faktor byla zpracována samostatná vrstva v geologickém informačním systému (GIS). Byly vytvořeny následující vrstvy:

R - specifický odtok podzemních vod (analogie dotace podzemních vod)
A - prostředí aquiferu (byla přehodnocena litologická charakteristika hornin s ohledem na podmínky v ČR)
S - prostředí půd
T - topografie (sklony terénu)
I - prostředí nenasycené zóny (byla přehodnocena litologická charakteristika hornin s ohledem na podmínky v ČR)
C - transmisivita hornin aquiferu

Vrstva D - hloubka hladiny podzemní vody pod

terénem (mocnost nenasycené zóny) nebyla zpracována. Dostupná data z Geofondu a ČHMÚ jsou velmi různorodá a pro jejich aplikaci bude nezbytné zpracovat podrobnou analýzu. Z těchto důvodů považují autoři za správné vrstvu D v této fázi zpracování vyřadit a presentovanou mapu zranitelnosti podzemních vod pesticidy chápat jako první přiblížení.

Vrstva R byla oproti původní infiltraci srážkových vod v modelu DRASTIC nahrazena specifickými odtoky podzemní vody. Vycházelo se z předpokladu, že pro určitý specifický odtok je nezbytná analogická infiltraci vod.

Vrstvy A a C týkající se aquiferu byly zjednodušeny na tři kategorie.

Pro klasifikaci půd (vrstva S) byl použit jako klíčová charakteristika obsah jílových částic.

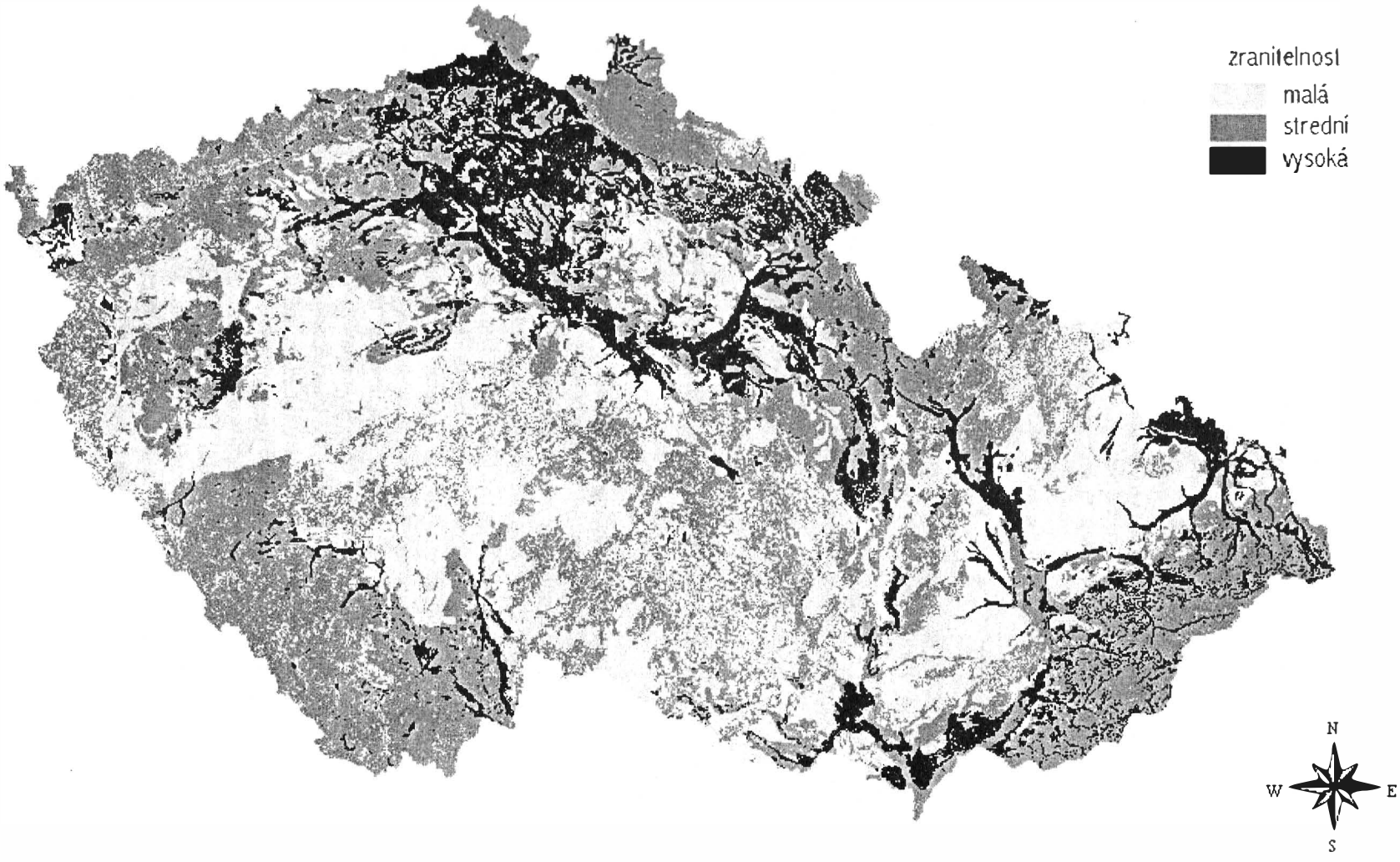
Přehled vah (W) a rozpětí (R) hodnot jednotlivých faktorů je uveden v následující tabulce:

Tab. 1: Vstupní hodnoty pro výpočet potenciálu znečištění
Tab. 1: Input value for calculation of potential pollution

Vrstva	Váha W	Rozpětí R		
		jednotka	rozpětí	ohodnocení
R	4	mm/rok	< 50	1
			50,01 - 100	3
			100,01 - 150	6
			150,01 - 200	8
			> 200	9
A	3	horniny	břidlice, krystalinikum	3
			střídání pískovců a břidlic	6
			pískovce, štěrky, písky,	8
S	5	jílovitost %	> 40	1
			25 - 40	3
			15 – 25	5
			5 – 15	7
			< 5	9
			organogenní půdy (rašeliny)	8
T	3	Sklon terénu %	0 - 2	10
			2,1 - 6	9
			6,1 - 12	5
			12,1 – 18	3
			> 18	1
I	4	nenasycená zóna	(podle litologie)	1 až 10
C	2	transmisivita	$< 5.\ 10^{-5}$	1
		(m^2s^{-1})	$5\ .10^{-5} – 9{,}9.10^{-4}$	4
			$> 9{,}9.10^{-4}$	7

ZÁVĚR

Pro konstrukci mapy zranitelnosti podzemních vod pesticidy byl modifikován standardizovaný systém pro odhad znečištění podzemních vod „DRASTIC“. Základem řešení je kvantifikace vlivu hlavních faktorů na migraci a atenuaci pesticidů v přírodním prostředí. Nejvýrazněji se uplatňují vlastnosti nenasycené zóny, především půd, množství infiltrované vody a sklon terénu. Významná je i mocnost nenasycené zóny, kterou popisovaná mapa zranitelnosti podzemních vod pesticidy v této fázi zpracování nezahrnuje. Mapa prakticky representuje zranitelnost prvního mělkého kolektoru. Pro konečnou kompletaci zranitelnosti prvního významného kolektoru bude k předkládané mapě zranitelnosti přičtena vrstva mocnosti nenasycené zóny. Mapu zranitelnosti lze dokončit po částech podle kompletace věrohodných dat. Výrazné změny (snížení zranitelnosti) dozná mapa zranitelnosti prvního významného kolektoru v pánevních strukturách se zakleslou hladinou podzemní vody. Zranitelnost v území krystalinika, kvartéru a dalších územích s mělkými kolektory se prakticky nezmění.



Obr. 1: Zranitelnost podzemních vod prvního mělkého kolektoru pesticidy (zranitelnost: malá, střední, vysoká)
Fig. 1: Groundwater vulnerability to pesticides of first shallow aquifers (vulnerability: low, medium, high)

Zranitelnost podzemní vody pesticidy je nejvyšší v plochých územích s lehkými půdami a propustným podložím. Typickými zranitelnými oblastmi jsou území tvořená fluviálními a glaciofluviální štěrky a štěrkopísky a pánevní struktury s písčitým vývojem a volnou hladinou podzemní vody zastiženou mělce pod terénem. Nejméně zranitelné jsou oblasti budované nepropustnými jílovitými a flyšoidními horninami s pokryvem těžkých jílovitých půd. Oblast krystalinika náleží k málo nebo středně zranitelným územím. Rozložení zranitelnosti podzemních vod prvního mělkého kolektoru pesticidy je uvedeno na obrázku 1.

LITERATURA

Aller, L., Bennett, T., Lehr, J.H., Petty, R.J., Hackett, G. 1987: DRASTIC: A Standardized Systém for Evaluating Ground Water Pollution. Potential Using Hydrogeological Settings. EPA/600/2-87/035.

EPA 1987: Guidelines for Delineation of Wellhead Protection Areas. Office of Ground-Water Protection, US Environmental Protection Agency.

Hötzel, H. 2002: Groundwater Protection and European Water Framework Directive. PANGEO, Salzburg 28-30.6.2002. 77-79.

Morisson, A. 1981: Can clay liners prevent migration of toxic leachate? Civil Engineering – ASCE, Vol. 51, No. 7. 60-64.

Rieder, M. et al. 2002: VaV/650/3/00 Výskyt a pohyb nebezpečných látek v hydrosféře. ČHMÚ Praha.

Rosendorf, P. et al. 1998: VaV/510/4/98 Omezování plošného znečištění povrchových a podzemních vod v ČR. Etapová zpráva. VÚV TGM Praha.

Skořepa J. 2002: Mapy zranitelnosti a ochranná pásma vodních zdrojů. Sborník referátů České vědeckotechnické vodohospodářské společnosti, „Ochranná pásma vodních zdrojů", Klub techniků, Praha, 1.10.2002. 13-19.

Skořepa, J., Skořepová, I., Remenárová, D., Kodeš, V., Kadlecová, R. 2002: „Groundwater vulnerability map in the Czech Republic – a slightly different approach. Sb. z konference „PANGEO", Salzburg 28-30.6.2002. 167-168.

MAPS OF GROUNDWATER VULNERABILITY TO PESTICIDE IN THE CZECH REPUBLIC

RESUMÉ

The standardized system for evaluating groundwater pollution DRASTIC was modified for mapping groundwater vulnerability to pesticides (Table 1). The main processes and properties affecting pesticides in a natural environment are the basis for the solution. The most important of which are processes and reactions in the soil, the unsaturated zone, the aquifer, the amount of infiltration of rainwater, and the surface gradient. The thickness of the unsaturated zone is very important also but this is not applied in this step of the solution. The data of the unsaturated zone from central information systems (Geofond, Czech Hydrometeorological Institute) are very incongruous and it will be necessary to prepare a detailed analysis of these data. The presented vulnerability map of groundwater to pesticides (Figure 1) represents vulnerability of first shallow aquifers and is prepared for final completion of map of vulnerability of the first important aquifer by intersecting it with maps of unsaturated zone thickness. Large changes in vulnerability are only expected in basins with a deep groundwater table. Vulnerability in the crystalline massive, quaternary sediments and other areas with aquifers near the surface will remain practically the same.

Vulnerability of groundwater to pesticides is highest in plate areas with light soils and permeable ground. Typical vulnerable territories are areas built of fluvial and glaciofluvial gravels and sands and basin structures with sandy sediments and free water table near the surface. The least vulnerability are territories built of impermeable clayey and flysh rocks and heavy soils.

Recenzovala: Doc. RNDr. Zlatica Ženišová, PhD.