

Postup pro sestavení map rizikovosti z hlediska atmosférické depozice

Jedním z vytyčených cílů projektu bylo přispět k návrhu opatření ke zlepšení stavu vodních útvarů z důvodu vlivu atmosférické depozice na vodní prostředí. Dalším cílem bylo přispět poznatky k optimalizaci monitoringu povrchových vod s ohledem na možné vlivy. Údaje zjištěné v průběhu zpracování projektu terénním šetřením rešerší i datovým modelováním byly shrnuty do formy interaktivní databáze faktorů ovlivňujících vliv atmosférické depozice na útvary povrchové vody a do přehledných map výsledné odhadované rizikovosti. Takové výstupy jsou nutně zatíženy značnou dávkou nejistoty a nelze je v žádném případě považovat za reprezentaci přesné kvantifikace látkových toků v životním prostředí. Jejich účelem je v obou případech vyhodnotit maximální možné riziko, být tzv. na bezpečné straně. S tím souvisí i rozhodnutí v případě nejistoty riziko spíše nadhodnotit než podhodnotit.

Výstupy:

- **Databáze** obsahující vypočtenou depozici, potenciální vnos do vodního prostředí obojí v přepočtu na mezipovodí útvaru povrchových vod vždy pro vybranou látku a rok a modelovanou potenciální propustnost území k látkám pocházejícím z atmosférické depozice.
- **Mapa** ukazující 5 tříd rizika nedosažení dobrého stavu vod z důvodu vlivu atmosférické depozice. Mapa je založená na porovnání potenciálních koncentrací látek v přímém povrchovém odtoku s limity pro dobrý stav povrchových vod (kategorie rizikovosti mezipovodí útvaru povrchových vod, vytvořená zvlášť pro každý ze sledovaných kovů, pro kovy celkově a pro benzo[a]pyren.

Způsob vyhodnocení a základní předpoklady

Základním principem pro vyhodnocení bylo pokusit se vypočítat maximální množství dané látky v daném roce, které vstupuje na plochu mezipovodí útvaru povrchové vody ve formě atmosférické depozice a následně se dostává do povrchové vody jako příčinek znečištění a porovnat tento hypotetický příčinek s limity pro dobrý stav povrchových vod.

Vyhodnocení rizika tedy sestávalo ze tří hlavních kroků.

V prvním kroku bylo stanoveno potenciální množství vstupující z atmosférické depozice na plochu mezipovodí útvaru přepočtem z rastrové mapy sestavené ČHMÚ (viz výstup tohoto projektu č.3) .

Dále byla hodnocena schopnost prostředí propustit toto znečištění do prostředí povrchových vod. Tato schopnost, pracovně nazývaná „propustnost prostředí“ byla definována jako podíl znečištění vstupujícího do povrchové vody vůči celkové depozici na dané odvodňované území. Propustnost je ovlivňována řadou faktorů, z nichž za významné lze považovat podíl povrchového odtoku a vzhledem k vlastnostem sledovaných látek také množství eroze.

Za základní faktory takto definované „propustnosti“ byly jak na základě literatury (EEA/ETC Report 3/2022), tak částečně vlastních poznatků stanoveny: povrch území jako klíčový faktor, podíl základního odtoku, který určuje podíl podzemních vod v toku a míra eroze, kdy u sledovaných látek očekáváme významnou sorpci na půdní částice a tedy jejich zachycení při běžném stavu respektive uvolnění při erozní události. Za další faktory by bylo možné považovat sklonitost terénu a půdní typy ovlivňující schopnost vsakování srážek.

Podíl základního odtoku popisuje např. Kašpárek (Kašpárek, 2017). Určité vyhodnocení významu základního odtoku bylo provedeno také v projektu *Emise a jejich dopad na vodní prostředí* (projekt QJ1220346, MZe ČR), kde bylo provedeno rozdělení útvarů na ty s významným podílem a bez významného podílu základního odtoku. Dostupné údaje ovšem počítají s celou plochou nad zájmovým profilem a jejich převedení na příčinek vztažený pouze k mezipovodí útvaru není jednoznačné, byly pro transparentnost z postupu vynechány. Jejich začlenění ale zůstává možností v případě přesnějšího např. lokálního vyhodnocení.

Podobně míra eroze byla vyhodnocována a klasifikována v řadě projektů např. *Erozní smyv – zvýšené riziko ohrožení obyvatel a jakosti vody v souvislosti s očekávanou změnou klimatu* (projekt VG20122015092, MV ČR) Vzhledem k tomu, že vyhodnocení ovlivnění vodních toků vodní erozí s přihlédnutím k podílu zrnitostních frakcí, kdy nejjemnější materiál je největším nositelem adsorbovaného znečištění je předmětem právě probíhajícího projektu *Centrum Voda* (projekt SS02030027, TAČR, Prostředí pro život), bylo vyhodnocení rizikovosti z hlediska eroze z projektu vynecháno s možností dosažených výsledků později do projektu doplnit.

Vzhledem k dostupnosti a přesnosti vstupních dat, byl tedy ze jmenovaných faktorů hodnocen pouze vliv využití území. Přesto byly popisu ponechány i kroky popisující začlenění dalších parametrů, a to zejména proto, aby v případě získání dalších podrobnějších dat, bylo možné postup bez větších změn a úsilí aktualizovat.

Vstupní data:

Vzhledem k výše uvedenému byly základními daty tři datové sady

1. Mapy atmosférické depozice, konkrétně celkové depozice arzeny, kadmia, niklu a olova a mapa suché depozice benzo[a]pyrenu pro roky 2012, 2015, 2019, v gridu 1x1km (Mapy atmosférické depozice benzo[a]pyrenu a vybraných těžkých kovů - kadmium, olovo, arsen, nikl, specializovaná mapa s odborným obsahem a metodika její tvorby, <https://heis.vuv.cz/projekty/atmosferickadepozice/default.asp?tab=5&wmap>). Nejistotou zde zůstává mokrá depozice benzo[a]pyrenu, která pro nedostatek přímých měření nebyla hodnocena a depozice rtuti, která je vzhledem k vlastnostem tohoto prvku obtížně stanovitelná.
2. Mapa dílčích povodí vodních útvarů povrchových vod, které sloužily jako základní jednotky pro vyhodnocení (<http://heis.vuv.cz/isvs/UtvaryPOV>)
3. Pokryv území. Pro celkové vyhodnocení na území ČR byla využita datová sada CORINE land cover 2018 (<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>). Pro podrobnější např. lokální určení lze využít databázi ZABAGED, která disponuje nejenom větším měřítkem, ale i v některých případech podrobnějším popisem využití území a může tak poskytnout přesnější výsledky. Při vyhodnocení na velkém území jsou ovšem výsledky srovnatelné a pracnost nesrovnatelně vyšší.

Postup:

1. Přepočítání celkové (u benzo[a]pyrenu suché) depozice z gridu 1x1km na průměrnou hodnotu v mezipovodí útvaru byl proveden nástroji GIS, přičemž do mezipovodí byly započteny i hodnoty hraničních bodů.

2. Přiřazení „propustnosti“ podle pokryvu území váženým průměrem propustností definovaných pro jednotlivé třídy Corine Land Cover 2018 podle vzorce:

$$PROP_{LC} = \sum PLO_i * PROP_i$$

PROP_{LC} – koeficient propustnosti podle pokryvu území

PLO_i – podíl plochy i tého typu (v modelovém výpočtu použity třídy LC podle CORINE 2018) na ploše mezipovodí útvaru

PROP_i – koeficient nepropustnosti i tého typu

Koeficienty propustnosti jednotlivým třídám bylo provedeno kvalifikovaným odhadem s použitím dostupné literatury (EEA/ETC Report 3/2022). V případě zastavěných ploch nebyl zjišťován typ odvodnění ani stupeň čištění srážkových vod, který může hrát zásadní roli pokud čištěním prochází významný podíl srážkových vod. Vzhledem k tomu, že se snažíme modelovat maximální možné znečištění a vzhledem k tomu, že ani v případě společné kanalizace není vždy zaručeno čištění významného podílu srážkových vod zejména při významných srážkoodtokových událostech, byly tyto rozdíly ponechány pro případnou kvantifikaci dalším projektům.

Tabulka 1 Třídy CORINE a jejich propustnost

Název třídy	Kód třídy	propustnost
Souvislá městská zástavba	111	0,8
Nesouvislá městská zástavba	112	0,5
Průmyslové a obchodní areál	121	0,8
Silniční a železniční síť s okolím	122	0,8
Přístav	123	0,8
Letiště	124	0,8
Oblasti současné těžby surovin	131	0,6
Haldy a skládky	132	0,6
Staveniště	133	0,6
Městské zelené plochy	141	0,4
Sportovní a rekreační plochy	142	0,4
Orná půda	211	0,6
Vínice	221	0,4
Sady, chmelnice a zahradní plantáže	222	0,4
Louky a pastviny	231	0,15
Směsice polí luk a trvalých plodin	242	0,2
Zemědělské oblasti s přirozenou vegetací	243	0,2
Listnaté lesy	311	0,05
Jehličnaté lesy	312	0,05
Smíšené lesy	313	0,05
Přírodní louky	321	0,15

Název třídy	Kód třídy	propustnost
Stepi a křoviny	322	0,05
Nízký porost v lese	324	0,05
Skály	332	0,8
Oblasti s řídkou vegetací	333	0,5
Mokřiny a močály	411	0,15
Rašeliniště	412	0,15
Vodní toky	511	1
Vodní plochy	512	1

Příklad výpočtu:

HOD_0070 - Jičínská od pramene po tok Zrzávka včetně, **70,3 km²**

Celková depozice olova v roce 2019 na plochu povodí útvaru **89,7 kg.rok⁻¹ (1,126 kg.km⁻².rok⁻¹)**

Kategorie krajinného pokryvu, jejich podíl a propustnost shrnuje tabulka 2.

Tabulka 2: podíl tříd CORINE o různé propustnosti v povodí útvaru HOD_0070

kód CORINE	název	odhadovaná propustnost	rozloha km ²	podíl plochy povodí (%)	dílčí propustnost (podíl* propustnost)
112	Nesouvislá městská zástavba	0,5	7,14	10,15	5,07
141	Městské zelené plochy	0,4	0,08	0,12	0,05
211	Orná půda	0,6	3,82	5,43	3,26
231	Louky a pastviny	0,15	19,56	27,81	4,17
243	Zemědělské oblasti s přirozenou vegetací	0,2	13,04	18,53	3,71
311	Listnaté lesy	0,05	1,97	2,79	0,14
312	Jehličnaté lesy	0,05	7,28	10,35	0,52
313	Smíšené lesy	0,05	15,26	21,69	1,08
324	Nízký porost v lese	0,05	2,20	3,13	0,16
Celková propustnost povodí útvaru (%)					18,15582

Celkový modelovaný přírůstek znečištění olovem z atmosférické depozice:

$$89,7 \text{ kg.rok}^{-1} \cdot 0,1815582 = \mathbf{16,3 \text{ kg.rok}^{-1} (0,232 \text{ kg.km}^{-2}.\text{rok}^{-1})}$$

- Přiřazení „propustnosti“ podle případných dalších parametrů (zatím nebylo využito)
- Výpočet celkové propustnosti – v případě dodání dalších koeficientů

$$PROP = PROP_{LC} * PROP_{BFI} * PROP_{ER} * PROP_D$$

PROP – koeficient celkové “propustnosti”

PROP_{LC} – koeficient propustnosti podle krajinného pokryvu

PROP_{BFI} – koeficient propustnosti podle významu základního odtoku

PROP_{ER} – koeficient propustnosti podle ohroženosti erozí

PROP_D – další případný koeficient

5. Výpočet teoretického maximálního vnosu jako násobku celkové depozice v území a propustnosti území podle vzorce:

$$LO = AD * PROP$$

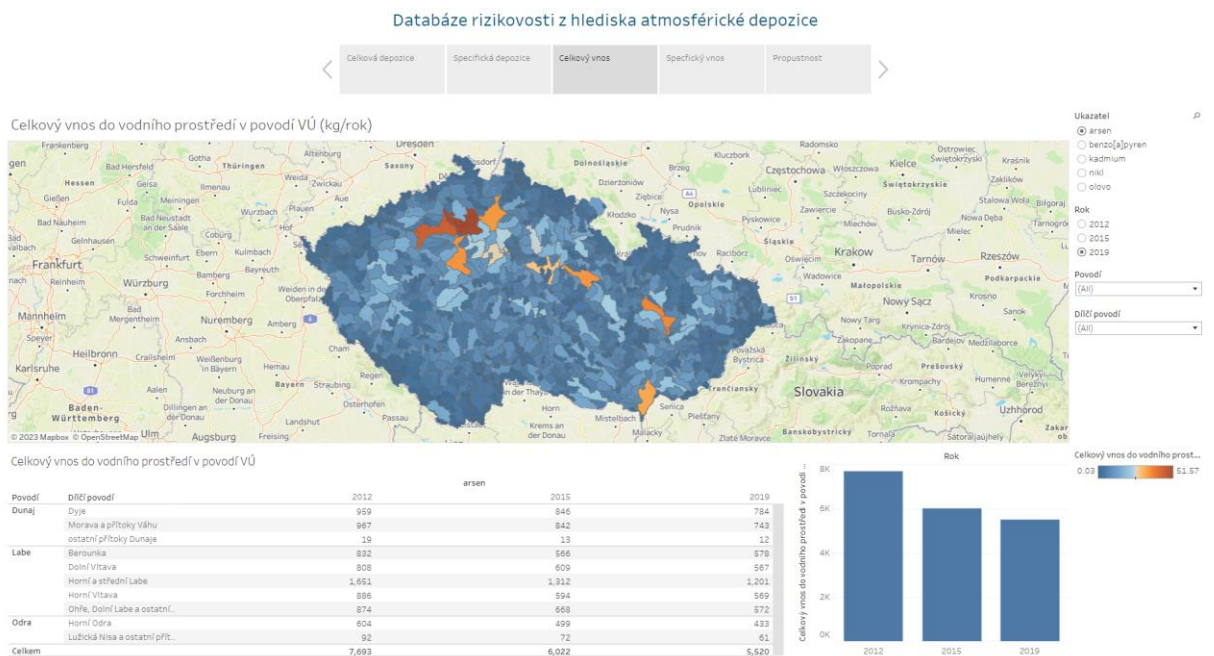
LO – látkové množství (vnos) z atmosférické depozice

AD – atmosférická depozice

PROP – celková “propustnost”

Výsledkem je databáze umožňující vybírat z řešených látek a let. Zobrazovat je možné celkovou depozici na plochu mezipovodí útvaru, relativní (vztaženou na m²) průměrnou celkovou depozici v mezipovodí útvaru, maximální odhadovaný vnos z mezipovodí útvaru a relativní maximální vnos (vztaženou na m²) z mezipovodí útvaru a modelovanou propustnost území pro znečištění z atmosférické depozice.

Obrázek 1: ukázka prohlížení databáze:



Výsledek k prohlížení je dostupný k prohlížení nebo jako soubor formátu MS Excel na stránkách projektu: <https://heis.vuv.cz/projekty/atmosferickadepozice/default.asp?tab=5&wmap=>

6. Pro sestavení map rizika bylo provedeno porovnání hypotetického vnosu látek z celkové atmosférické depozice v roce 2019 s mezními hodnotami dobrého stavu povrchových vod podle Rámcové směrnice (2000/60/EC). Jelikož je celkový vnos vypočten jako celkové množství (kg), byla k němu přiřazena koncentrace, která by odpovídala koncentraci tohoto množství v celkovém množství srážek. V případě kadmia, niklu, olova a benzo[a]pyrenu stanovuje průměrnou přípustnou roční koncentraci Směrnice NEK (2013/39/EC) pro prioritní nebezpečné látky, v případě arzenu je tato hodnota popsána v metodice (Durčák, 2011). Při interpretaci výsledků je vždy potřeba mít na zřeteli, že limity pro kovy jsou stanoveny pro rozpuštěnou formu kovů, pro potřeby stanovování ekotoxicity se navíc posuzuje jejich biodostupnost, zatímco celý předchozí model počítá s celkovým množstvím kovů. V případě kadmia jsou navíc limity vztažené ke kategorii tvrdosti vody, při tvorbě map byl ale vždy porovnáván nejpřísnější limit (pro nejměkčí vodu).
7. Výsledná mapa v případě kovů zobrazuje hodnotu pro ten z kovů, jehož výsledek vyšel pro dané mezípodvodí nejhůře. V případě výsledku nad 30% je symbolem vyznačen kov, kterého se nejhorší hodnocení týká. Benzo[a]pyren nebyl vzhledem k výsledkům horším až o několik řádů zahrnut do výsledné mapy. Soubor výsledných map je dostupný na internetových stránkách projektu:
<https://heis.vuv.cz/projekty/atmosferickadepozice/default.asp?tab=5&wmap=>

Závěr

Mapy a databáze, sestavené v rámci projektu, mohou posloužit při posuzování vlivu atmosférické depozice na vodní prostředí a jeho významu. Autoři jsou si vědomi toho, že stanovený postup má celou řadu zjednodušení nebo slepých míst. Zároveň se ukazuje, že i přes příznivý trend, je vliv kvality ovzduší na vodní prostředí stále nezanedbatelný a to zejména v případě některých látek.

Literatura

Calculating emissions to water – a simplified method, EEA/ETC Report 3/2022

Durčák, M. Metodika hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích (kategorie řeka) – specifické znečišťující látky, 2011

KAŠPÁREK, L., VLNAS, R., HANEL, M., PELÁKOVÁ, M. Vztahy mezi základním a celkovým odtokem z povodí v závislosti na hydrogeologickém typu horninového prostředí. *Vodní hospodářství*. 2017, 7, s. 5–11.