

**Aktualizace projektové dokumentace
sanace lokality Skatulův Hliník
společnosti ArcelorMittal
Frýdek-Místek a.s.**

Hydraulický a transportní model

OBSAH

1. Úvod	1
2. Metodika tvorby modelu	1
2.1 Modelová mřížka	1
2.2 Okrajové podmínky	2
2.3 Hydrogeologické vlastnosti.....	3
3. Výsledky	4
3.1 Optimalizace.....	4
3.2 Proudění podzemní vody.....	5
3.3 Transport kontaminantů	7

1. Úvod

Cílem modelování proudění podzemní vody a transportu kontaminátů byla simulace proudového pole a šíření anorganických kontaminantů na lokalitě Skatulův Hliník.

Numerický model vychází z poznatků získaných v rámci realizace podrobného průzkumu (Čáslavský a kol., 2005). Klimatické, geologické a hydrogeologické poměry, ze kterých model rovněž vychází, jsou podrobně popsány v části „B.“ předkládané projektové dokumentace „Souhrnná technická zpráva“.

V následujícím textu je popsán způsob sestavení modelu a interpretace získaných výsledků.

2. Metodika tvorby modelu

Model byl vytvořen v programu Visual Modflow, což je software na modelování proudění podzemní vody a transportu kontaminátů. Byl koncipován s cílem co nejvíce se přiblížit reálné situaci na lokalitě. Toho bylo dosaženo s ohledem na údaje známé z lokality, některé parametry byly zjištěny kalibrací modelu nebo byly použity reprezentativní hodnoty dostupné v odborné literatuře.

Oblast modelu je situována na levém břehu Hodoňovického náhonu. Na něm jsou umístěny dva odměrné body DBH-1 a DBH-2. Břehy náhonu jsou tvořeny betonovými panely. Jeho dno je však propustné a je v hydraulické spojitosti s mělkou kvartérní zvodní, kterou drénuje.

Zpracovaný model je kalibrován na střední stav hladiny podzemní vody na lokalitě, který byl zaměřen dne 28. 6. 2006. V této době byly pro měření dostupné všechny pozorovací hydrogeologické vrty na lokalitě, s výjimkou PVS-5. V současnosti je již přístup k vrtům omezený a hladinu podzemní vody je možné měřit jen v 6 vrtech.

Model se skládá ze dvou vrstev, první vrstva reprezentující hlíny však zůstala nezvodněná po celou dobu simulace. Při další práci s modelem by však mohla být využita pro simulaci procesů v nesaturované zóně. Druhá vrstva reprezentuje kvartérní štěrkopísčité kolektor s proměnlivou přítomností hlinité a jílovité složky. Jedná se o fluviální sedimenty řeky Ostravice a jejích přítoků. V prostoru Skatulova Hliníku je zachována hlavní terasa Ostravice. Podloží štěrkopísčitých sedimentů je tvořeno paleogenními jíly, pískovci, jílovci a slepenci. Mohou být částečně navětralé s puklinovou propustností. V antropogenních navážkách na lokalitě se objevuje zavěšená zvodň, ta však pro svou prostorovou i časovou proměnlivost nebyla do modelu začleněna.

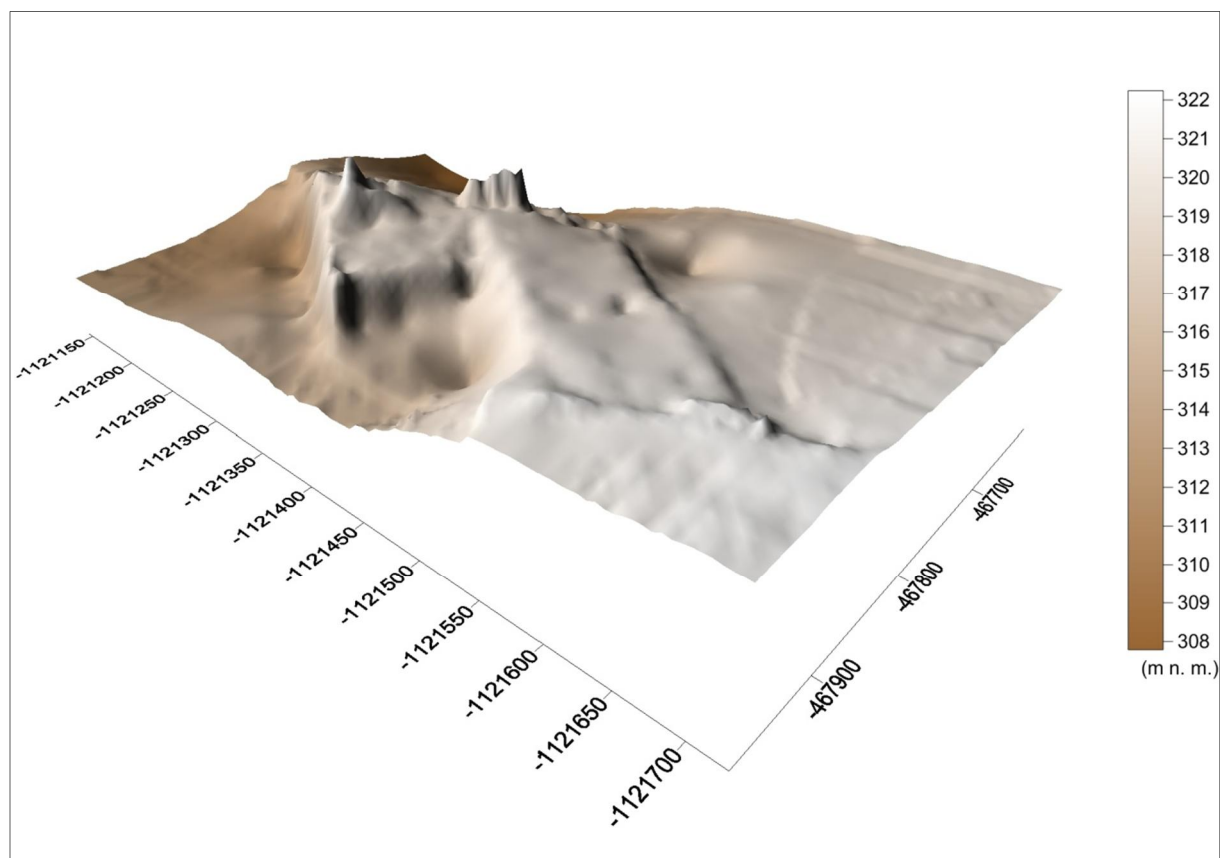
2.1 Modelová mřížka

Povrchy jednotlivých vrstev byly do modelu importovány jako .grd soubory, které byly vytvořeny v programu Surfer. Při tomto postupu byly interpolovány sedimentární rozhraní zjištěná z archivních podkladů (petrografických popisů průzkumných děl realizovaných v rámci podrobného průzkumu v roce 2005).

Na obrázku č. 2.1-1 je zobrazen 3D povrch terénu. Pro model proudění je podstatný kvartérní štěrkopísčité kolektor. Pouze několik vrtů na lokalitě dosáhlo až nepropustného podloží. Báze písčitého štěrku byla proto umístěna na úroveň 296 m n.m. po celé ploše modelu, jen v oblasti vrtu PVS-11 byla báze snížena přibližně na úroveň 293 m n.m, aby byla zachována lokální deprese.

3D povrch terénu na lokalitě Skatulův Hliník

Obrázek č. 2.1-1



Jednotlivé vrstvy modelu jsou rozděleny do sloupců a řad. Nejmenší část modelu je pak modelová buňka, která je horizontálně omezena sloupci a řadami a vertikálně povrchem a bází vrstvy, v níž leží. Model studované lokality má 204 řad a 204 sloupců, jednotlivé buňky mají v horizontální rovině tvar čtverců o straně 2,5 m. Modelová mřížka by měla být orientována rovnoběžně s hlavním směrem proudění podzemní vody. Z tohoto důvodu byla rotována o 20°.

2.2 Okrajové podmínky

Okrajové podmínky představují pro model vstupy a výstupy hmoty vody, proto je jejich nastavení pro dostatečně přesný model velmi důležité. Okrajové podmínky popisovaného modelu je možné rozdělit na ty, které jsou reálné (Hodoňovický náhon, doplňování) a na uměle vytvořené (konstantní hydraulická výška, okrajová podmínka bez proudění). Uměle vytvořené okrajové podmínky byly v modelu zájmového území použity proto, že se jedná o část rozsáhlejšího systému proudění podzemní vody ve fluvialních sedimentech (Reilly, 2001).

Okrajová podmínka typu řeka je v modelu reprezentována Hodoňovickým náhonem. Vertikální hydraulická vodivost říčního dna byla odhadnuta na hodnotu 1×10^{-5} m/s, jeho mocnost pak na 50 cm.

Doplňování, které představuje množství vody infiltrované ze srážek, bylo zadáno zónově pouze do plochy, která není kryta navážkami nepropustného charakteru. Jeho hodnota byla stanovena kalibračním procesem na 220 mm/rok. Což představuje přibližně 24 % z ročního úhrnu srážek na stanici Olešná z roku 2006 – 890,3 mm.

Okrajová podmínka 1. typu, označovaná jako Dirichletova, představující konstantní hydraulickou výšku, byla při jihozápadním okraji modelu nastavena na hodnotu 303,42 m n.m.

2.3 Hydrogeologické vlastnosti

Pro použití modelu jako nástroje k simulaci proudového pole a šíření kontaminantů, byla provedena kalibrace v programu Pest. Jedná se o modul pro optimalizaci hodnot vybraných hydrogeologických parametrů.

Cílem bylo přiblížit hodnoty hydraulických výšek odečtených z vrtů v terénu a hydraulických výšek v modelovaném proudovém poli. Modelová vrstva fluvialních štěrkopísků byla rozdělena do tří zón hydraulické vodivosti. Rozdělení vychází ze sedimentární stavby v oblasti vrtů. První zóna pokrývá téměř celou modelovou oblast. Druhá zóna tvoří jen malý propustnější ostrůvek kolem vrtu PVS-6 a třetí malá zóna je méně propustná oblast kolem vrtů HP-128 a HP-127.

3. Výsledky

3.1 Optimalizace

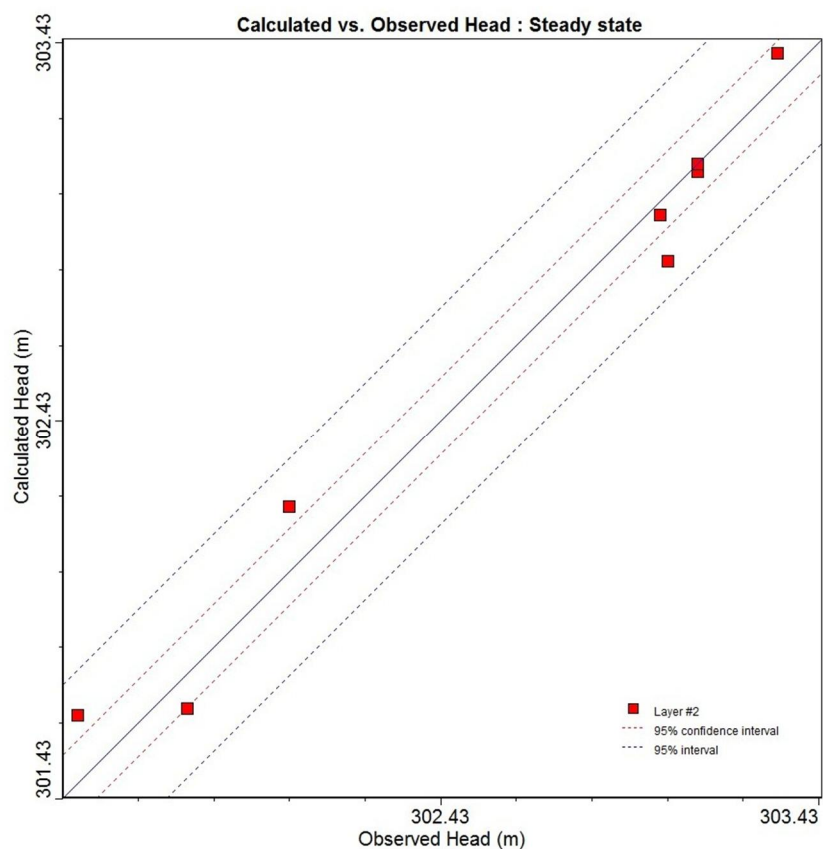
Výsledkem optimalizačního procesu jsou hodnoty hydraulické vodivosti. Byly zjištěny v rozmezích pro $k_x = 1 \times 10^{-4}$ až $1,02 \times 10^{-6}$, pro $k_y = 2 \times 10^{-4}$ až 1×10^{-4} .

Po optimalizaci dosáhla maximální zbytková hodnota rozdílu mezi modelovou a pozorovanou úrovní hladiny 18 cm, minimální -1 mm. Kalibrací modelu, která byla provedena na celkem 8 vrtech, bylo dosaženo poměrně přesné shody (viz Obrázek č. 3.1-1). Procentuální nesoulad mezi hmotou vody do modelu vstupující a vystupující dosáhl pouze 0,1 %.

Výsledky simulace u zkalibrovaného modelu lze považovat za přijatelné, pokud je chyba v hmotnostní rovnováze nižší než 2 % (Schlumberger W.S. 2010).

Diagram výsledků optimalizace v modulu Pest

Obrázek č. 3.1-1



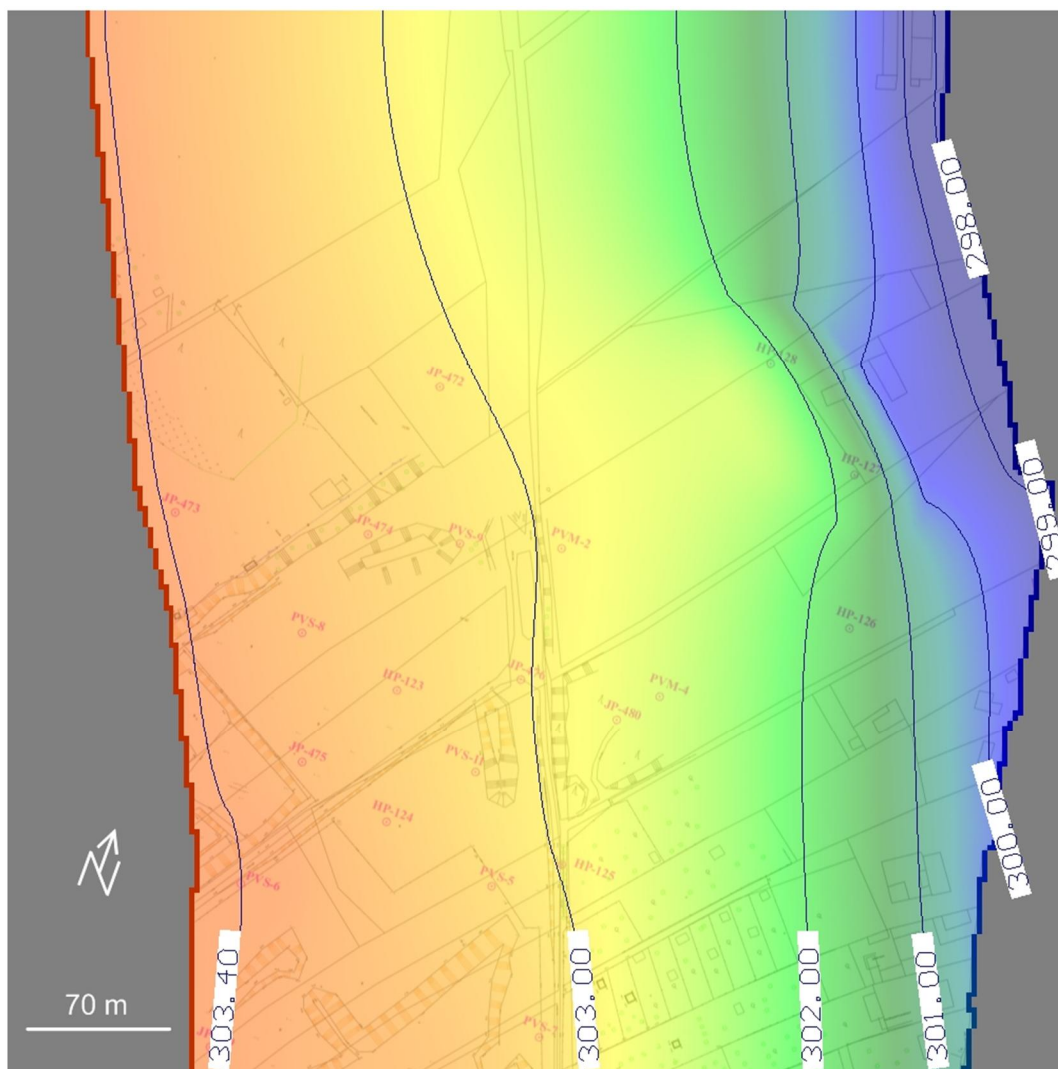
3.2 Proudění podzemní vody

Směr proudění je v modelované vrstvě k SV, k Hodoňovickému náhonu (viz Obrázek č. 3.2-1).

Červená linie představuje okrajovou podmínku konstantní hydraulické výšky. Modrá line je okrajová podmínka typu řeka – Hodoňovický náhon.

Hydroizohypsy mělké kvartérní zvodně

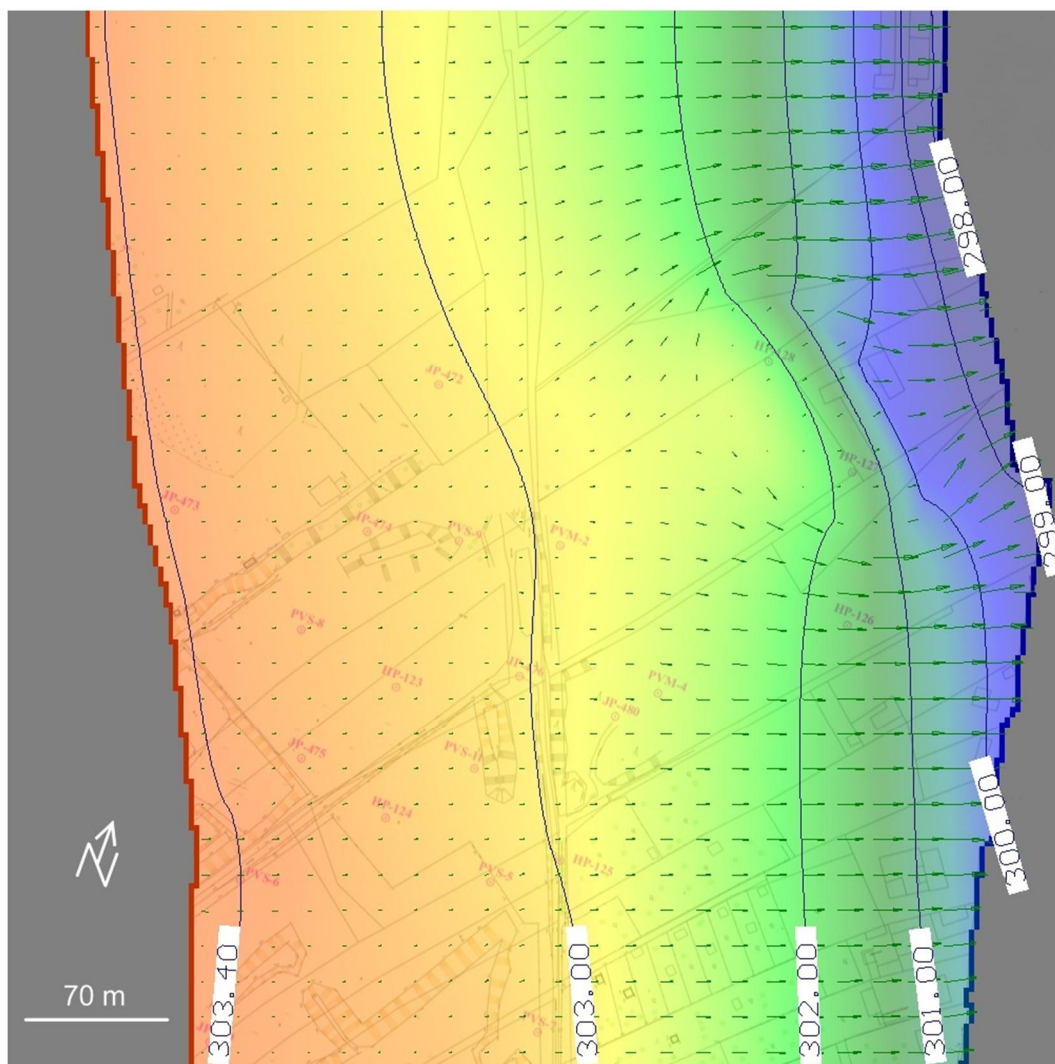
Obrázek č. 3.2-1



Obrázek č. 3.2-2 zachycuje rychlostní vektory. Jejich velikost narůstá směrem k Hodoňovickému náhonu. Rychlost proudění se pohybuje v rozmezí od 0,07 do 0,8 m/den. Snížená je v oblasti vrtů HP-127 a HP-128, které leží v zóně s nižší propustností. Od této oblasti se také odchyľují trajektorie částic (viz Obrázek č. 3.2-3).

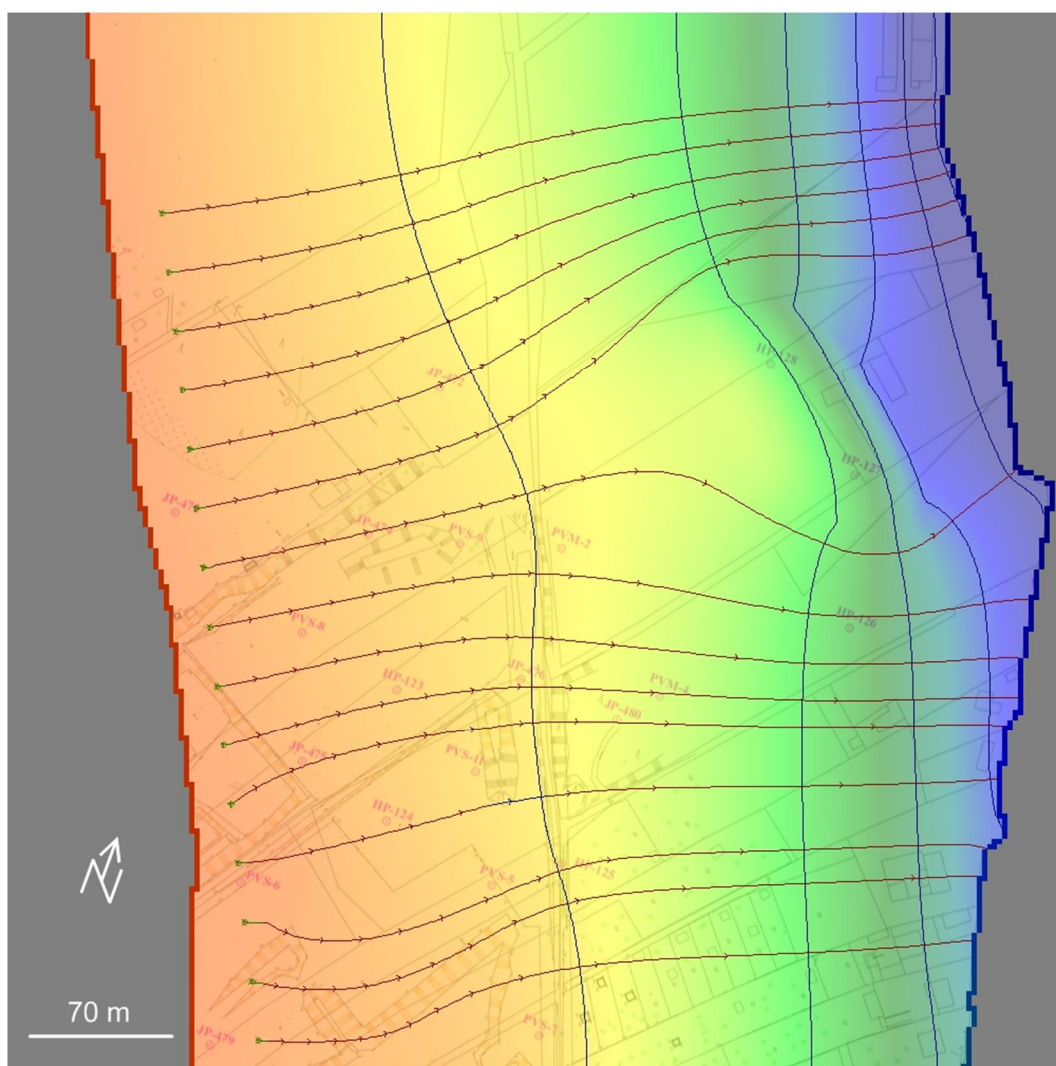
Mapa rychlostních vektorů

Obrázek č. 3.2-2



Trajektorie částic (modul Modpath)

Obrázek č. 3.2-3



3.3 Transport kontaminantů

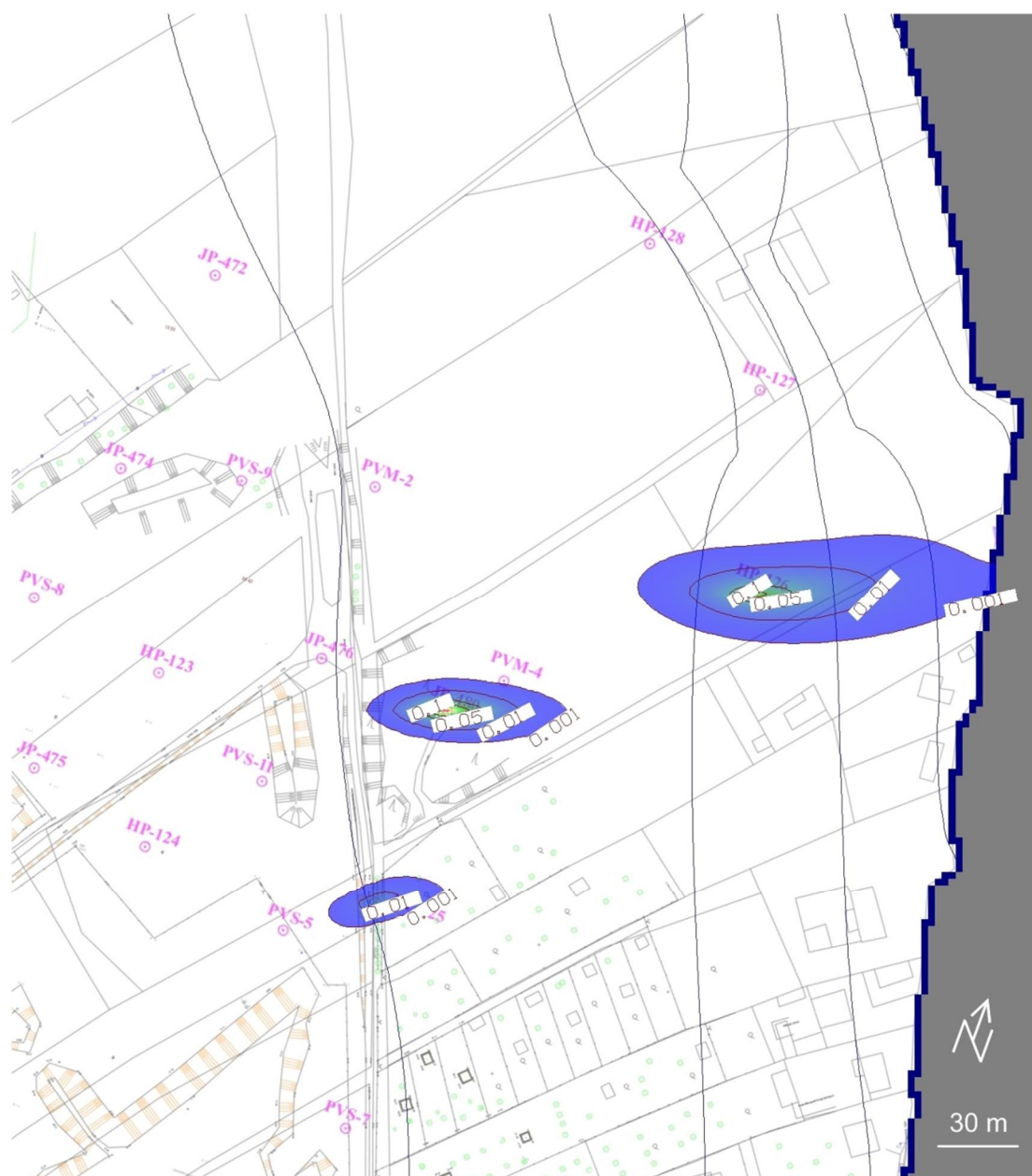
Kontaminace na lokalitě Skatulův Hliník pochází z odpadů uložených v nesaturované zóně. Převážně se jedná o neutralizační kaly a odpadní dehty. Monitoring na lokalitě probíhá ve dvou liniích vrtů ŠH1 a ŠH2 od roku 2002 až do současnosti. Pro simulaci transportu anorganické kontaminace byl vybrán stav monitoringu ze dne 28. 3. 2012. Do modelu byly začleněny koncentrace Ni zjištěné ve vrtech HP-125 (0,038 mg/l), JP-480 (0,281 mg/l) a HP-126 (0,153 mg/l). V posledním monitorovaném vrtu HP-127 byly koncentrace Ni pod detekčními limity.

K šíření kontaminace těžkými kovy v nesaturované zóně dochází infiltrací atmosférických srážek. Dochází k vymývání těžkých kovů přítomných v uložených odpadech a kontaminované zemině a následnému transportu směrem k hladině podzemní vody. Část kontaminace se šíří z prostorově omezené zvodně, která se vytváří v navážkách s nízkou propustností. Transport kontaminantů může být zpomalován sorpčními procesy. Pro účely transportního modelu nebyl vliv sorpce uvažován, a je tak simulován stav maximálního rozšíření kontaminace. Hodnota podélné disperzivity byla nastavena na 20 m, tj. 10 % délky

kontaminačního mraku, horizontální příčná disperzivita byla nastavena o řád nižší a vertikální příčná disperzivita o dva řády nižší. Efektivní pórovitost byla nastavena na 0,15. Obrázky č. 3.3-1, 3.3-2 a 3.3-3 zachycují modelový stav šíření kontaminace v časech transportu 100 dnů, 1 rok a 4 roky. Zdroj kontaminace na lokalitě leží v nesaturované zóně. Významný vliv má velikost efektivní infiltrace a její četnost. V závislosti na efektivní infiltraci není dotace kontaminantu do zvodně stálá, ale dochází k ní v dlouhodobém časovém horizontu. Zpracovaný transportní model je zjednodušený. Představuje zdroj kontaminace o konstantní koncentraci. Po dokončení plánované rekultivace, kdy bude zamezeno infiltraci srážkových vod na lokalitě, dojde k postupnému vymizení kontaminačního mraku z kvartérní zvodně.

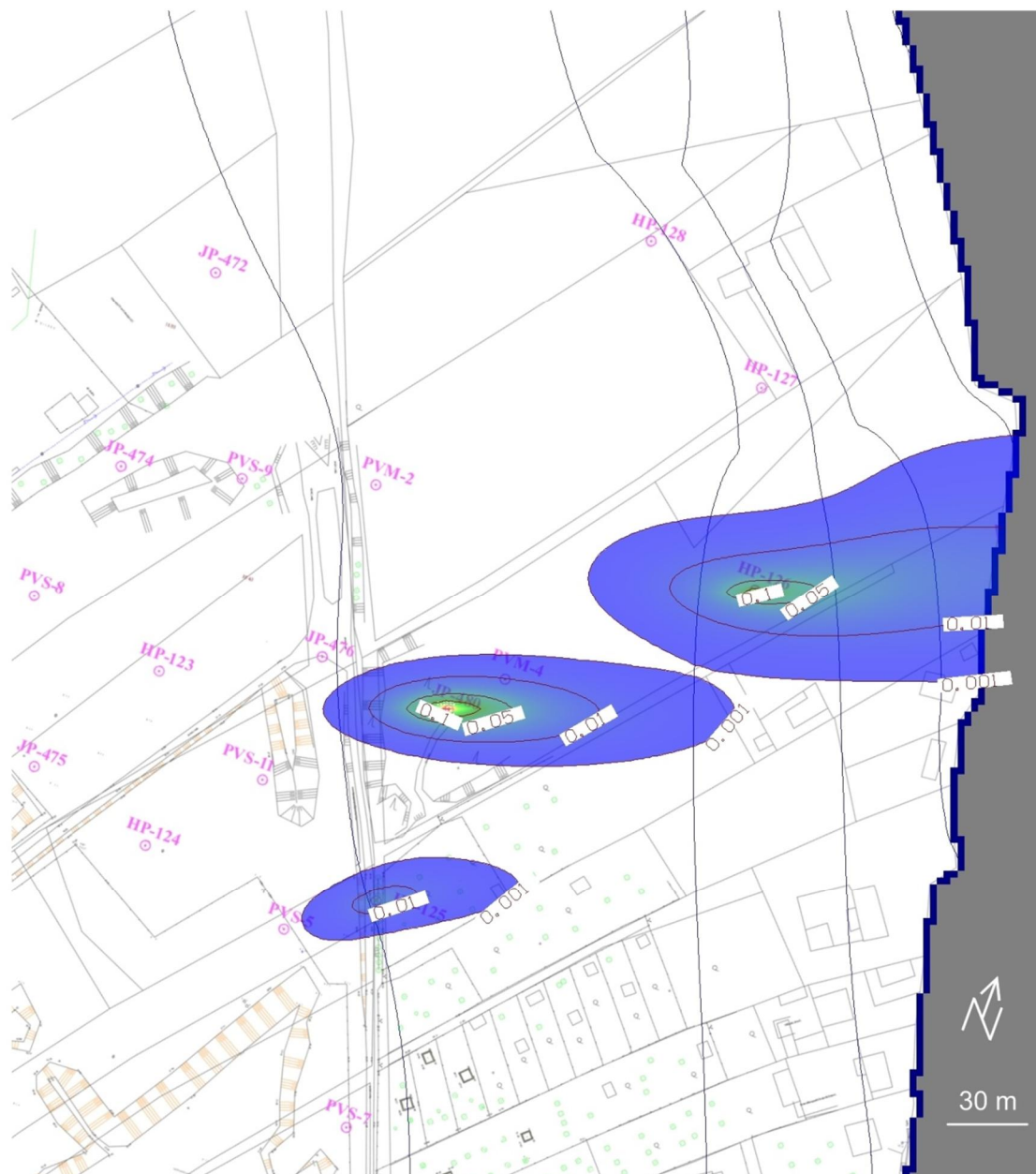
Transportní model Ni s koncentracemi ze dne 28. 3. 2012, čas 100 dnů

Obrázek č. 3.3-1



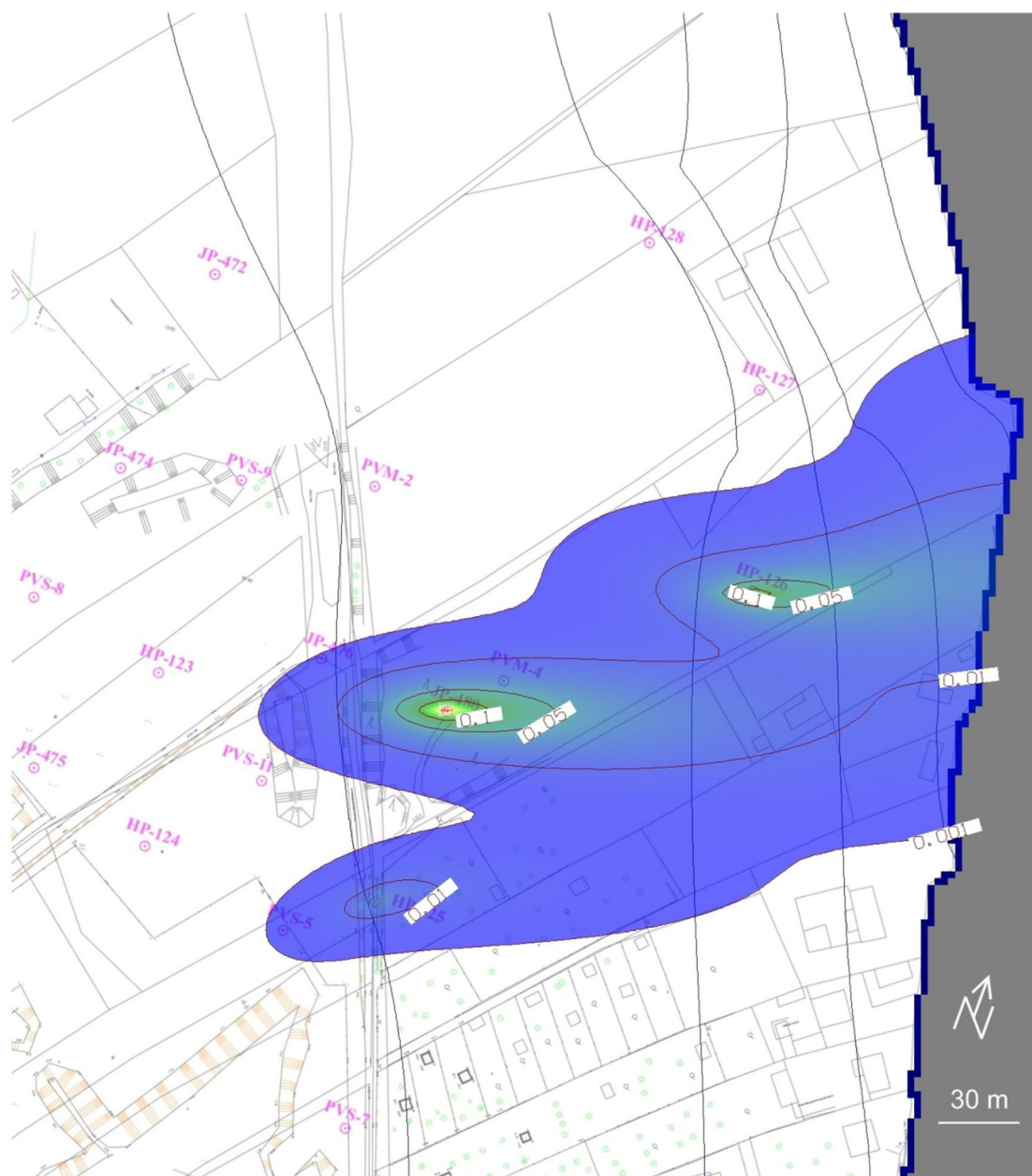
Transportní model Ni s koncentracemi ze dne 28. 3. 2012, čas 1 rok

Obrázek č. 3.3-2



Transportní model Ni s koncentracemi ze dne 28. 3. 2012, čas 4 roky

Obrázek č. 3.3-3

*Štefěčka***Zpracoval:** Mgr. Jakub Štefěčka