

**Český hydrometeorologický ústav
Ústav teorie informace a automatizace Akademie věd ČR**

**Vývoj a zavedení pokročilých systémů pro modelování
šíření radionuklidů v životním prostředí**

Projekt 6/2002

**Lokalizace hydrologických modelů RIVTOX a
THREETOX systému RODOS na úseku středního
Povltaví**

Etapa E09

Praha, říjen 2004

Projekt 6/2002

Etapu E09: Lokalizace modelů systému RODOS pro úsek řeky Vltavy

Lokalizace modulů RIVTOX a COASTOX (THREETOX) systému RODOS na jednu konkrétní zjednodušenou vodní síť v ČR (krátkodobý únik z JETE do Vltavy a dále šíření aktivity v nádrži Orlík). Řešeno v ÚTIA.

Vypracoval:

Za spolupříjemce (ÚTIA) : Ing. Petr Pecha, CSc.

Anotace

V poslední etapě E09 projektu č. 6/2002 vyhlášeném poskytovatelem SÚJB s názvem "**Vývoj a zavedení pokročilých systémů pro modelování šíření radionuklidů v životním prostředí**" je řešena konkrétní problematika: "**Lokalizace modelů systému RODOS pro úsek řeky Vltavy**". Jsou řešeny dvě úlohy z oblasti šíření radionuklidů hydrologickou cestou. První scénář se týká modelování transportu aktivity částí říční sítě, konkrétně v úseku středního Povltaví od Kořenska (potenciální zdroj kapalných úniků z JE Temelín) po vodní nádrž Orlík. Druhý scénář zahrnuje šíření aktivity ve vodní nádrži Orlík.

Pro modelování šíření aktivity v říční síti v důsledku krátkodobých úniků z JE Temelín do řeky Vltavy a dále šíření aktivity v nádrži Orlík byl zvolen řetěz hydrologických modelů systému RODOS. Pro úsek říční sítě je použit jednorozměrný model RIVTOX. Pro popis přenosových procesů ve vodní nádrži byl původně uvažován model COASTOX (1-D a 2-D modely šíření aktivity ve vodních nádržích) implementovaný též v systému RODOS. Ukázalo se však, že vzhledem k parametrům vodního tělesa Orlík by nebylo užítí dvourozměrného popisu korektní. Vzhledem k velké hloubce tělesa, jeho velké délce a členitosti by bylo středování charakteristik po výšce (hloubce) nerealistické, a proto po poradě s vývojovým HDM týmem systému RODOS se přešlo k pokusu o 3D modelování pomocí modulu THREETOX. Tento přechod znamenal určité zkomplikování prací a objevil se požadavek na mnohem podrobnější vstupní data.

Etapa E09 byla řešena v období 2002 až 2004 a velmi užitečným se ukázal paralelní projekt EVANET-HYDRA, jehož účastníkem byla i instituce ÚTIA. V rámci tohoto projektu byla organizována setkání modelářů z oblasti hydrologie z různých evropských zemí. Kromě mezinárodních produktů MOIRA, AQUASCOPE a dalších, zde byl zastoupen i RODOS projekt, konkrétně hlavním vývojovým týmem z IPMMP Kijev z ukrajinské AV. Během těchto schůzek byly řešeny i potíže s funkčností RODOS HDM modelů spojené s častým přechodem na nové verze produktu. Možnost přímého styku s vývojovým týmem pomohla k jasnější definici nutných vstupů do modelů a k rychlejšímu řešení lokalizačních problémů.

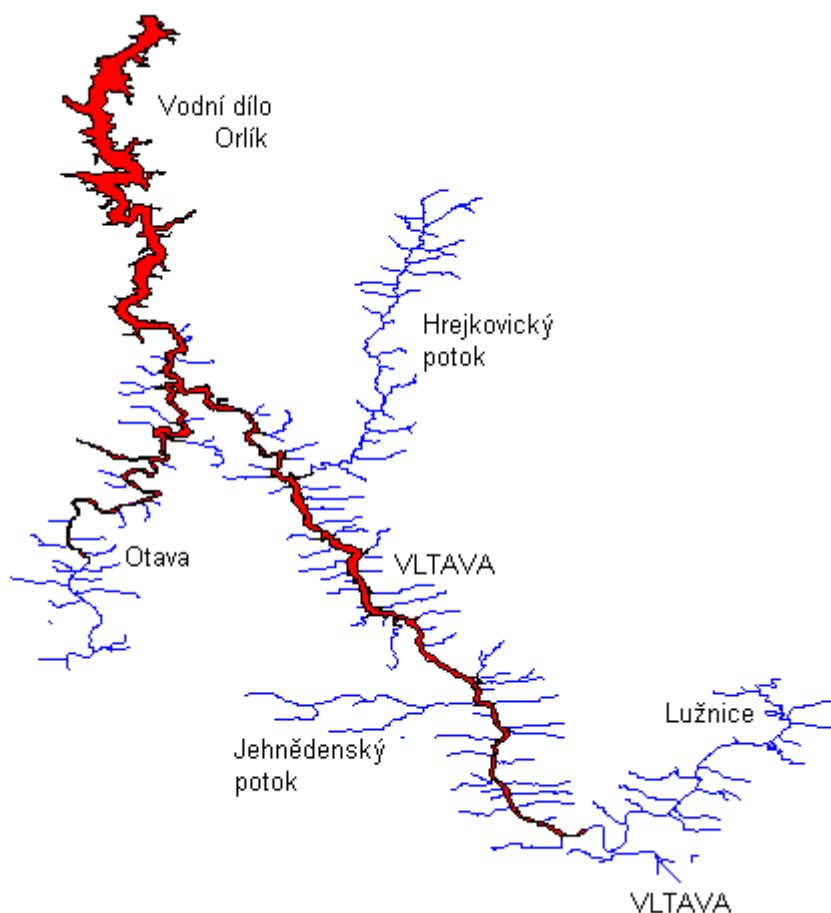
OBSAH

1. Hydrologické modely evropského programového systému RODOS	5
1.1. 1-D model RIVTOX : Šíření aktivity v říční síti	6
1.2. 3-D model THREETOX : Šíření aktivity ve složitých hlubokých vodních nádržích.....	7
2. Problematika lokalizace hydrologického modelování pro zvolené konkrétní vodní síť středního Povltaví.....	9
2.1. Dosavadní výsledky analýzy dosažitelnosti lokálních hydrologických vstupů pro potřeby lokalizace modelů RIVTOX a THREETOX pro střední Povltaví	9
2.2. Přínos mapového díla DMÚ25 při vyhledávání lokálních topografických a geografických charakteristik	12
3. Adaptace HDM systému RODOS na zjednodušenou vodní síť středního Povltaví včetně vodní nádrže Orlík	15
3.1. Lokalizace modulu RIVTOX na úsek řeky Vltavy.....	16
3.2. Lokalizace modulu THREETOX na vodní těleso nádrže Orlík	25
4. Reference.....	32
5. Přílohy	33
5.1. Příloha 1: Přehled dat DMÚ25 zpracovaných pro projekt RODOS – oblast střední Povltaví	33
5.2. Příloha 2: Struktura souboru batymetrie vodní nádrže Orlík.....	34
5.3. Příloha 3a: Transport Cs137 Orlíkem: Situace po 24 hodinách	37
5.4. Příloha 3b: Transport Cs137 Orlíkem: Situace po 48 hodinách.....	38
5.5. Příloha 4a: Transport aktivity Cs137 [Bq/kg] v rozptýlených sedimentech v povrchové vrstvě vodní nádrže Orlík – 3 dny po úniku	39
5.6. Příloha 4b: Transport aktivity Cs137 v rozptýlených sedimentech [Bq/kg] ve vodě blízko dna ve vodní nádrži Orlík – 3 dny po úniku	40
5.7. Příloha 4c: Vývoj teploty vody v povrchové vrstvě [°C] ve vodní nádrži Orlík- 9. den od počátku modelování.....	41

1. Hydrologické modely evropského programového systému RODOS

V systému RODOS lze pro popis transportu aktivity hydrologickou cestou volit několik modelů s různým stupněm prostorového rozlišení a časové škály. Podrobnější popis modelů připadajících v úvahu pro zvolené scénáře byl proveden v [1]. Je řešena hydrodynamika proudění, transport sedimentů a výměna radionuklidů v systému voda – suspendované sedimenty – deposit na dně. Řetězec hydrologických modelů lze sestavovat pro různé vodní systémy a soustavy počínaje modelováním vodních splachů s povrchu vymezené oblasti (model RETRACE) přes řešení transportu a disperse příměsí v říčních korytech (model RIVTOX) až po popis chování radionuklidů ve vodních reservoárech, přehradách či jezerech. (modely COASTOX, LAKECO a THREETOX). Byly vyvinuty speciální modely pro popis transportu radionuklidů v podzemních vodách (modely SUSTOX, GROWTOX, VADZONE), pro třírozměrný popis distribuce aktivity v hlubokých nádržích, pro analýzu nestacionárních procesů v říčních korytech či pro popis splachů v horských oblastech. Výsledky modelů vstupují dále do modulu FDMA (Food chain and Dose Module Aquatic) popisujícího postupující transport aktivity do vodních rostlin a živočichů.

Obecnější přehled metodiky provedený v [1] vedl zde dále ke zúžení problematiky ve shodě se zvolenými konkrétními scénáři v oblasti středního Povltaví, schématicky znázorněné na obr.1 .



Obr. 1: Zjednodušená vodní síť pro oblast středního Povltaví

Jedná se zhruba o oblast od možného vtoku kontaminované vody z JE Temelín až po hráz vodní nádrže Orlík. Pro modelování šíření aktivity v první části vodní sítě od ponořeného

stupně Kořensko po nádrži Orlík je zvolen modul RIVTOX založený na jednorozměrném modelování nestacionárního šíření radioaktivity ve větší oblasti, při čemž na vstupu lze zadat přímé kapalně výpusti nuklidů nebo výstupy z atmosférického modelování (přímý spad na hladinu a plachy aktivity z terénu).

Pro simulaci šíření v nádržích byl původně uvažován model COASTOX, jehož 2-D model produkuje vertikálně středované koncentrace aktivity v nódech pravoúhlé mříže (modifikované Navier-Stokes rovnice pro popis proudění) pokrývající vodní těleso (část řeky, mělké nádrže, přehrady nebo jezera). Model vyžaduje podrobnou detailní geometrii profilu dna, při čemž počítá bilanci radionuklidů kapalina-suspendované sedimenty-dno. Ještě v práci [1] je model COASTOX označen jako zamýšlená volba pro popis transportu v přehradním vodním tělese Orlík. Během mezinárodní spolupráce v rámci paralelního projektu EVANET-HYDRA byl tento záměr prezentován na pravidelných schůzkách mezinárodních vývojových týmů z oblasti hydrologických modelů šíření znečištění. Na základě expertních posouzení včetně autorského vývojového kolektivu HDM RODOS z Ukrajinské AV, instituce IPMMS v Kyjevě, bylo nakonec rozhodnuto přejít při lokalizačních pracích od modelu COASTOX ke složitějšímu 3-D modelu THREETOX.

1.1. 1-D model RIVTOX : Šíření aktivity v říční síti

Simultánně jsou řešeny hydrologický submodel, model přenosu sedimentů a tím i suspendované aktivity a konečně submodel přenosu radioaktivního znečištění (podrobně v [1]). Algoritmus modelu RIVTOX spočívá v řešení systému rovnic vždy jen v jednoduché říční větvi (kanálu) s relevantní počáteční podmínkou pro danou větev a dále pak dochází ke spojování řešení v jednotlivých větvích pomocí **okrajových podmínek** ve význačných bodech (soutoky, výrazné změny koryta a tím i proudění apod.). Separace říční sítě do posloupnosti dílčích jednoduchých kanálů se provádí na počátku analýzy na základě topografických charakteristik vodního tělesa. Dílčí řešení v konkrétním „jednoduchém kanálu“ se pak provádí numericky v uzlových bodech výpočtové sítě.

Ve všech zvolených nódech sítě jsou stanoveny zdroje na vstupu s případným rozšířením na uzly soutoků. Ve výstupních uzlech je zaváděna podmínka volného šíření. Speciální bilance jsou formulovány pro jediný vtok a vícenásobný odtok z uvažovaného kanálu. Je třeba definovat **počáteční podmínky** pro $t=0$ pro všechny parametry ve všech bodech numerické sítě.

Požadavky modulu RIVTOX na vstupní data zahrnují nutnost pořízení GIS map daného regionu s odpovídající podrobností jednotlivých vektorových vrstev, hlavně:

- geometrii říční sítě
- soutoky resp. větvení toku
- měřicí stanice, měřicí body
- důležité charakteristiky přilehlých oblastí (osídlení, zemědělská produkce, odběrová místa apod.)

Hydraulická analýza požaduje shromáždit hydrologická data zvolené konfigurace říční sítě, z nichž nejdůležitější jsou:

- průtok vody resp. střední (po průřezu) rychlost proudění

- výšky hladiny
- sklon říčního dna

Podrobněji se otázkou nutných vstupů v bodech vtoku a výtoku pro zvolené elementární kanály zabývá práce [1]. Kromě vstupů pro hydraulický submodel je v dalším kroku nezbytné shromáždit dostatečné údaje o sedimentech, které musí umožnit výpočty koncentrace sedimentů rozptýlených v proudu, a jejich depozice v podloží. Dále by přidružená měření měla poskytnout informaci o velikosti zrn sedimentů rozptýlených v proudu a usazených na podloží. Důležitou funkcí modelu je zahrnutí dynamiky smývání sedimentů z povodí do říčního koryta, což bude důležité při případném budoucím vyšetřování složitějších a současně realističtějších scénářů úniků radioaktivního znečištění.

Vstupní parametry důležité pro modelování transportu aktivity musí předně komplexně popisovat scénář průniku aktivity do vodního prostředí. Pro účely modulu RIVTOX byly vývojovým týmem systému RODOS shromážděny pro nejdůležitějších 7 nuklidů transportní parametry, které představují implicitní hodnoty modelu (jsou uvedeny v příslušné tabulce v [1]). Jedná se o :

- distribuční koeficienty pro soustavu „voda – sedimenty rozptýlené ve vodě“
- distribuční koeficienty pro soustavu „voda – sedimenty v podloží“
- sorpční toky v soustavě „voda – sedimenty rozptýlené ve vodě“
- desorpční toky v soustavě „voda – sedimenty rozptýlené ve vodě“
- sorpční toky v soustavě „voda – sedimenty v podloží“
- desorpční toky v soustavě „voda – sedimenty v podloží“

Výstupy z modelu RIVTOX jsou představovány poli výsledků v nódech výpočetní sítě v říčních větvích, z nichž hlavními jsou:

- Časové průběhy koncentrací radionuklidů ve vodě (středované přes průtočný průřez)
- Časové průběhy koncentrací radionuklidů v rozptýlených sedimentech (středované přes průtočný průřez)
- Časové průběhy středních koncentrací radionuklidů v horní vrstvě sedimentů vodního podloží

Další výsledky v binárním tvaru jsou generovány pro účely exportu do navazujícího modelu transportu radionuklidů ve vodních potravních řetězcích representovaným modulem FDMA (Foodchain and Dose Module Aquatic)

1.2. 3-D model THREETOX : Šíření aktivity ve složitých hlubokých vodních nádržích

Jak bylo uvedeno výše, na základě expertních posouzení včetně autorského vývojového kolektivu HDM RODOS z Ukrajinské AV, instituce IPMMS v Kyjevě, se přešlo při lokalizačních pracích pro vodní nádrž Orlík od modelu COASTOX k 3-D modelu THREETOX. Tento model je poměrně složitý (a jak se ukázalo i výpočtově mimořádně

časově náročný) a vyžaduje mnohem podrobnější vstupní hydrologická data. Nicméně je to jediná korektní cesta jak analyzovat takto hloubkově a tvarově různorodé vodní těleso. Poněvadž v [1] je zmíněn pouze metodický přístup pro model COASTOX, připojíme v následujících odstavcích několik poznámek bez podrobnějšího matematického popisu o metodice modelu THREEETOX.

Předně je třeba podotknout, že je uvažována omezená grupa nuklidů H3, Co60, Sr90, Ru106, I131, Cs137, Pu239. Hydrodynamický submodel je založen na nestacionárním třídimensionálním popisu s podmínkou volného povrchu. Je vhodný pro předpovědi v časově kratším časovém horizontu (řádově několik dnů) a složité lokální podmínky. Jsou počítány 3-D komponenty pole rychlostí, teplot a slanosti a převýšení hladiny. Na volném povrchu jsou předepsány hodnoty toků hybnosti a tepla, na podloží vodního tělesa jsou zavedeny nulové difúzní toky.

Přenos rozptýlených sedimentů bere v úvahu depoziční rychlost zrn sedimentu. Okrajové podmínky na podloží respektují resuspenzi sedimentů a jejich opětné usazování v závislosti na poměru mezi rovnovážnou koncentrací a skutečnou koncentrací sedimentů rozptýlených ve vodě těsně u podloží. Radioaktivní znečištění se počítá simultánně pro koncentrace příměsí v kapalině, rozptýlených sedimentech a v podloží. Výměna mezi těmito fázemi je vyjadřována v termínech adsorpčně-desorpčních mechanismů a procesy sedimentace - zpětná resuspenze. Okrajovými podmínkami jsou nulové gradienty koncentrace ve vodě a v rozptýlených sedimentech na hladině. Podle intenzity eroze dna je uvažována změna tloušťky horní vrstvy podloží.

Hlavním vstupním souborem pro model THREEETOX je dvourozměrná matice hodnot hloubek nádrže na vhodně zvolené kartézské síti (x,y). Budeme dále mluvit o batymetrii pro vodní těleso Orlík a musí obsahovat vhodné volby pro:

- rozsah oblasti pokryté volenou mříží
- krok mříže
- explicitně deklarovanou minimální a maximální hloubku nádrže

Dále musí být určeny počáteční a okrajové podmínky a parametry modelů pro všechny submodely. Ukázalo se, že právě s dohledáním lokálně platných parametrů jednotlivých submodelů jsou u nás značné problémy. Souhrn provedený v [1] ukázal, že jen malou část z nich je možno získat u našich institucí s únosným stupněm formálních komplikací nebo přenosem z obdobných modelů používaných v ČR. Zatím je nutné postupovat obvyklou cestou přejímání implicitních hodnot dodaných vývojovými týmy s demonstračními úlohami systému RODOS.

Výstupy z modelu THREEETOX jsou představovány poli výsledků v nódech výpočetní sítě zvolené batymetrie nádrže, z nichž hlavními jsou:

- V jednotlivých časových krocích jsou generována dvourozměrná pole rychlosti kapaliny, teploty a slanosti v kapalině a koncentrace rozptýlených sedimentů
- Časový vývoj dvourozměrných polí koncentrace radionuklidů ve vodě, rozptýlených sedimentech a v podloží
- Koncentrace a další výsledky ve vybraných průřezích přehradní nádrže
- Běhy programu THREEETOX připravují výsledky, které mohou být dále používány jako vstupy do modelů transportu aktivity potravními řetězci

2. Problematika lokalizace hydrologického modelování pro zvolené konkrétní vodní síť středního Povltaví.

Otázka dostupnosti nezbytných vstupních údajů, a to s dostatečným rozlišením ve zvolené oblasti, je hlavním předpokladem úspěšné lokalizace modelu. Je třeba shromáždit případně nakoupit aktuální jak statická tak dynamická data a zajistit jejich okamžitou dosažitelnost pro širokou oblast. Statická data se týkají definice systému odvodnění povodí na bázi podrobného výškopisu, hydrologických map a batymetrických charakteristik včetně znalosti průřezů koryt řek a přehrad, výšek hladiny, velikosti zrn rozptýlených sedimentů atd., a dále znalosti chování radionuklidů v konkrétní soustavě typu půdy a vody. Přitom musí být zohledněna otázka návaznosti takové vstupní databáze s požadavky ostatních modelů systému RODOS (atmosférické modely, transport potravními řetězci).

Dynamická data vstupují do výpočtů v průběhu inicializace a rozvoje nehody. Scénářem úniků a jeho dynamikou je determinována kontaminace území a její časový vývoj. U některých scénářů je nezbytná dostupnost meteorologických předpovědí atmosférických srážek a jejich lokální variability a dále vlhkosti ovzduší. I v uvažovaných zúžených scénářích přímého bodového vtoku aktivity do části říční sítě a následného transportu nádrží vodního díla Orlík je třeba respektovat podrobnost dat, protože se ukazuje, že hrubá data s malým rozlišením degradují výsledky modelování bez ohledu na kvalitu použitých algoritmů řešení. Z hlediska priorit lze proces sběru vstupních údajů rozdělit na vyhledání zcela specifických lokálních charakteristik vodního tělesa (topografické, geografické a hydrologické) a dále na hledání vhodných parametrů použitých fyzikálních modelů.

Ve druhém případě jde o parametry procesů adsorpce a desorpce rozpuštěných sedimentů, sedimentace a resuspenze v podloží, určení distribučních koeficientů a podobně, ale také parametrů hydrologického potravního řetězce jako příjem kontaminované potravy živočichem či biologické poločasy. Ve smyslu závěrů úvodní studie [1] konstatujeme, že pouze několik málo vstupních parametrů modelů je možno získat u našich institucí. Dalším jejich zdrojem mohou být údaje k obdobným kódům používaným v ČR (viz studie [1]). Hlavním zdrojem však zůstávají implicitní hodnoty dodávané se systémem RODOS pro demonstrační běhy a dále pak zkušenosti s validačními úlohami při implementaci hydrologických modelů systému RODOS (analýzy vztažené k černobylské havárii, implementace pro Bodamské jezero, pobřeží Černého moře, finská jezera, jakož i zkušenosti pro Dudváh/Váh a přehradu Králová na Slovensku – viz [1]).

2.1. Dosavadní výsledky analýzy dosažitelnosti lokálních hydrologických vstupů pro potřeby lokalizace modelů RIVTOX a THREETOX pro střední Povltaví

V kapitole 7 předcházející práce [1] je uveden souhrn výsledků dosažených k tomuto termínu při shromažďování vstupních dat. Byla shromážděna celá řada dílčích vstupních údajů pořízených v rámci analýzy implicitních údajů publikovaných u příbuzných kódů z oblasti hydrologického modelování (kódy MIKE, HEIS ČR, BIOS_3A komentované v [1]). Kromě

toho byla vedena systematická dlouhodobější jednání s důležitými potenciálními dodavateli dat. Z těchto aktivit jsou nejvýznamnější (podrobnosti opět v [1]) :

- Údaje od státního podniku **Povodí Vltavy** se specifikací dostupných hydrologických dat existujících na VH dispečinku Povodí Vltavy, s.p. pro VD Orlík. Byly získány některé hydrologické údaje a měření radioaktivního znečištění (většinou nesystematické údaje).
- Údaje od firmy **DHI Hydroinform, s.r.o.**, která je zpracovatelem dat pořizovaných v podniku Povodí Vltavy. Nabídla služby z oblasti zpracování a transformace dat.
- Údaje od **Výzkumného ústavu vodohospodářského**, se kterým bylo jednáno o možnostech využití informačního systému HEIS pro poskytování vstupních údajů pro projekt RODOS. Nejzajímavější otázkou byla možnost využití Základní vodohospodářské mapy systému HEIS vzhledem k jejímu velkému know-how z oblasti hydrologie pro území ČR dobudovanému do základních běžně distribuovaných vektorových vrstev.
- Pořízení mapových podkladů **DMÚ 25** od **VTOPÚ Dobruška**. Byla realizována procedura zapůjčení díla od VTOPÚ Dobruška pro účely systému RODOS, popis základních tematických vrstev DMÚ 25 je uveden v příslušné kapitole v [1], podrobný popis vektorové vrstvy VODSTVO je uveden tamtéž v příloze 3. Využití digitálního modelu DMÚ25 se ukázalo jako šťastná myšlenka a jeho dalšímu využití v procesu HDM lokalizace je věnován následující paragraf.

Během roku 2004 byly shromážděny další informace týkající se jak hydraulických veličin zvoleného úseku říční sítě tak batymetrie nádrže Orlík. Vycházelo se ze základních hrubých údajů pro říční síť poskytnutých Ing. P. Lettem (ČHMÚ – viz následující tabulky), které jsou postupně upřesňovány a rozšiřovány na základě konzultací se správcí vodních toků a nádrží Povodí Vltavy.

<i>jednotky:</i>	<i>km</i>	<i>m</i>	<i>m</i>
profil	ř.km	X Gauss	Y Gauss
VD Hněvkovice	210,3	3459800	5450000
ústí Lužnice	202,4	3455600	5455500
VD Kořensko	200,5	3454800	5456700
ústí Jelnědanského p.	191,1	3451500	5463000
ústí Hrejkovického p.	177,3	3445300	5474300
ústí Otavy	169,1	3441700	5479000
VD Orlík hráz	144,6	3441000	5497500

<i>jednotky:</i>	<i>km</i>	<i>m³/s</i>	<i>m³/s</i>	<i>m³/s</i>
profil	ř.km	Qa nad	Qa přítoku	Qa pod
VD Hněvkovice	210,3	30,60		
ústí Lužnice	202,4	30,79	24,1	54,89
VD Kořensko	200,5	54,89		
ústí Jelnědanského p.	191,1	55,08	0,069	55,149
ústí Hrejkovického p.	177,3	55,50	0,25	55,75
ústí Otavy	169,1	55,97	27,08	83,05
VD Orlík hráz	144,6	83,42		

<i>jednotky:</i>	<i>km</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m/s</i>	<i>m/s</i>
profil	ř.km	šířka	hloubka	rychlost nad	rychlost pod
VD Hněvkovice	210,3	100	1	0,306	
ústí Lužnice	202,4	300	3	0,034	0,061
VD Kořensko	200,5	150	3	0,122	
ústí Jehnědenského p.	191,1	200	8	0,034	0,034
ústí Hrejkovického p.	177,3	300	12	0,015	0,015
ústí Otavy	169,1	300	25	0,007	0,011
VD Orlík hráz	144,6	500	50	0,003	

Jsou získávány i doplňující údaje pro další uzly říční sítě (dlouhodobý průměrný průtok 23.4 m³/s v Písku pro řeku Otavu – RNDr. J. Brzáková - a jiné). Povodí Vltavy sleduje přítoky do VD Orlík v měrných profilech (ing. Kendík):

- Vltava: odtok z VD Hněvkovice, České Budějovice
- Lužnice: Bechyně
- Otava : Písek
- Lomnice : Dolní Ostrovec
- Skalice : Varvažov

V těchto profilech jsou v PVL k dispozici reálné řady pozorování , jako vodní stav a průtoky (za období 2000 – současnost, s hodinovým krokem), z nichž lze statisticky zpracovat různé průměrné, maximální nebo minimální hodnoty. Pro VD Orlík existují pozorování pohybu hladiny v nádrži a odtok z ní pro období 1990 až současnost a dále křivky zatopených ploch. Profily na PVL k dispozici nejsou, délky úseků se odečítají z říční mapy.

Nezastupitelnou aktivitou při lokalizaci je úkol vyhledávání zcela specifických topografických, geografických a hydrologických lokálních charakteristik konkrétní analyzované vodní sítě. Tato aktivita nemůže být suplována zjednodušenými simulacemi a žádné implicitní údaje nejsou k dispozici. Je plně v odpovědnosti lokalizačního týmu.

Jak již bylo řečeno, v úvahu připadal systém HEIS vzhledem k jeho velkému know-how z oblasti hydrologie pro území ČR. Ukázalo se však, že systém je distribuovaným způsobem vyvíjen v několika institucích, což by vedlo k formálním komplikacím při žádosti o jeho využití v projektu RODOS. Navíc systém je vyvíjen pro oblast sledování čistoty vody a není adaptován na problematiku lokálního radioaktivního znečištění. Topografickým podkladem jsou mapy v měřítku 1:50 000.

Dílo DMÚ 25 bylo v počátku prací posuzováno jako alternativa k využití Základní vodohospodářské mapy systému HEIS. Veškeré objekty (bodové, liniové a plošné) jsou v DMÚ 25 kódovány v systému WGS84, zatímco geografický systém RoGIS systému RODOS vyžaduje geografické souřadnice. Systém samozřejmě nezná RIF formát vektorových vrstev používaný v geografické části RoGIS systému RODOS. Dále je tato databáze dodávána fyzicky rozdělená po jednotlivých mapových stránkách (zhruba 9 x 9 km), což opět není kompatibilní s RoGIS. Testování ukázalo, že tato fakta jsou do jisté míry překážkou. Nicméně převážily výhody produktu DMÚ 25, vyvinutého a profesionálním způsobem udržovaného ve Vojenském topografickém ústavu v Dobrušce. Na základě vstřícného postoje Generálního

štábu Armády ČR a vedení VTOPÚ v Dobrušce byly pro účely testování v systému RODOS zapůjčeny podrobné mapové podklady pro celé střední Povltaví včetně VD Orlik. V procesu adaptace produktu pro účely systému RODOS byly lokalizačnímu týmu poskytovány vysoce odborné konzultace specialisty z VTOPÚ, které umožnily připravit nezbytné podklady.

2.2. Přínos mapového díla DMÚ25 při vyhledávání lokálních topografických a geografických charakteristik

Digitální model území 1:25 000 vyvinutý ve Vojenském topografickém ústavu v Dobrušce představuje soubor informací o topografických objektech a jevech tříděných podle sémantických typů objektů a sdružovaných do komplexních objektů tematických vrstev. Informace v DMÚ 25 jsou uchovávány, organizovány a spravovány v digitální vektorové formě. Katalog produktu obsahuje seznam neustavovaných typů topografických objektů a jevů a seznamy jejich kvalitativních, kvantitativních a popisných vlastností, které jsou předmětem zobrazování v Digitálním modelu území 1: 25 000. Definuje dekompozici geografické reality do jednotlivých typů topografických objektů a jevů, nezbytnou pro jejich zobrazení v digitální formě. Je otevřeným dokumentem a může být dále doplňován v průběhu aktualizace DMÚ 25.

Základní tematické vrstvy v díle DMÚ 25 jsou:

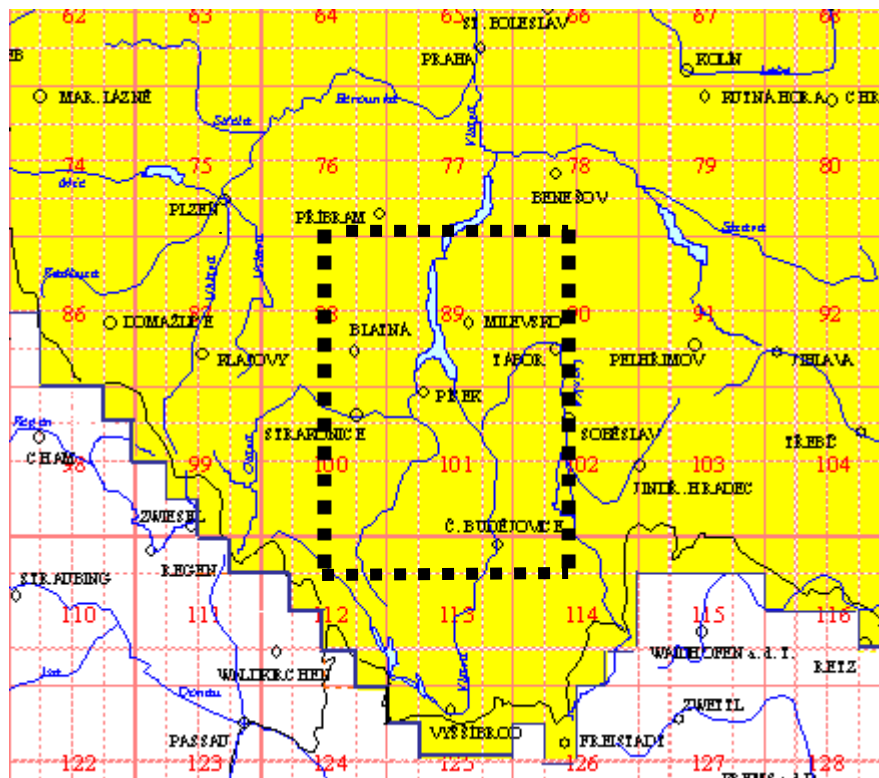
- **vodstvo**
- **komunikace**
- **potrubní, energetické a telekomunikační trasy**
- **rostlinný a půdní kryt**
- **sídla, průmyslové a jiné topografické objekty**
- **hranice a ohrady**
- **terénní reliéf**

Vzhledem k tématu této zprávy se dále zaměříme pouze na popis vrstvy VODSTVO, která zahrnuje přirozené i umělé vodní nádrže a vodní toky, objekty na nich a některé další vodohospodářské zařízení a stavby. Součástí vrstvy je podvrstva ŘÍČNÍ SÍŤ. Tato podvrstva schematicky zobrazuje ucelenou síť potoků, řek, kanálů, vodních nádrží a vybraných vodohospodářských objektů na nich. Všechny objekty související s hladinou vodních toků nebo vodních nádrží jsou zobrazeny při tzv. střední hladině vody (průměrný stav vody v letních měsících). Totéž platí i pro uváděné charakteristiky těchto objektů (hloubka vody, rychlost proudu atd.). Všechny podrobné údaje k vektorové vrstvě VODSTVO jsou uvedeny v [1] v příloze č. 3, odkud si lze učinit představu o objemu poskytovaných informací.

Na základě smlouvy o užití mezi institucemi VTOPÚ a ÚTIA bylo předáno 63 stránek vektorových vrstev DMÚ 25 pokrývajících oblast středního Povltaví podle obrázku 2. Se souhlasem VTOPÚ bylo vybráno 22 mapových listů těsněji pokrývajících zvolenou vodní síť a pro tuto oblast byla vyspecifikována následující zakázka u ARCDATA ČR na adaptaci mapových podkladů pro účely lokalizace RIVTOX a THREETOX:

1. Konverze z WGS84 do geografických souřadnic pro vrstvy vodstvo (VD1, VOD2, SIT), komunikace, rostlinný kryt, sídla.

2. V jednotlivých vrstvách budou vybrány jen některé objekty – podle dohody zadavatele s řešitelem z ARCDATA ČR (výběr objektů je patrný z přílohy 1).
3. Každá vrstva bude spojena ze všech mapových stránek do jediného souboru typu *shp*.



Obr. 2: Klad mapových listů DMÚ 25, ohraničen je úsek dodaný z VTOPÚ pro analyzovanou oblast středního Povltaví

Takto předzpracované podklady vstupovaly do dalších transformací nezbytných pro model říční sítě a model nádrží. Paralelně bylo úspěšně vyzkoušeno převedení vrstev z *shp* formátu do *rif* formátu systému RODOS. V RODOS V 4.0F je v podadresáři :

~ rodos/rogis/maps/Vltava/ připraveny a odladěny kompletní rif vrstvy :

stl.rif, v1p.rif, bup.rif, kol.rif, lep.rif, lesy1.rif, stn.rif,
stp.rif, v1l.rif, v2l.rif, v2p.rif, vod_tok1.rif, z1p.rif

a dále řídicí soubor *Vltava.crd* s obsahem:

```
#M.Description CSR500
#M.Source ArcView
#M.Level 1
#M.Mapping Mercator
Lesy1 ( 13.20, 48.50) ( 15.30, 49.90)
Vod_tok1 ( 13.20, 48.50) ( 15.30, 49.90)
#bup ( 13.20, 48.50) ( 15.30, 49.90)
#kol ( 13.20, 48.50) ( 15.30, 49.90)
#lep ( 13.20, 48.50) ( 15.30, 49.90)
stl ( 13.20, 48.50) ( 15.30, 49.90)
```

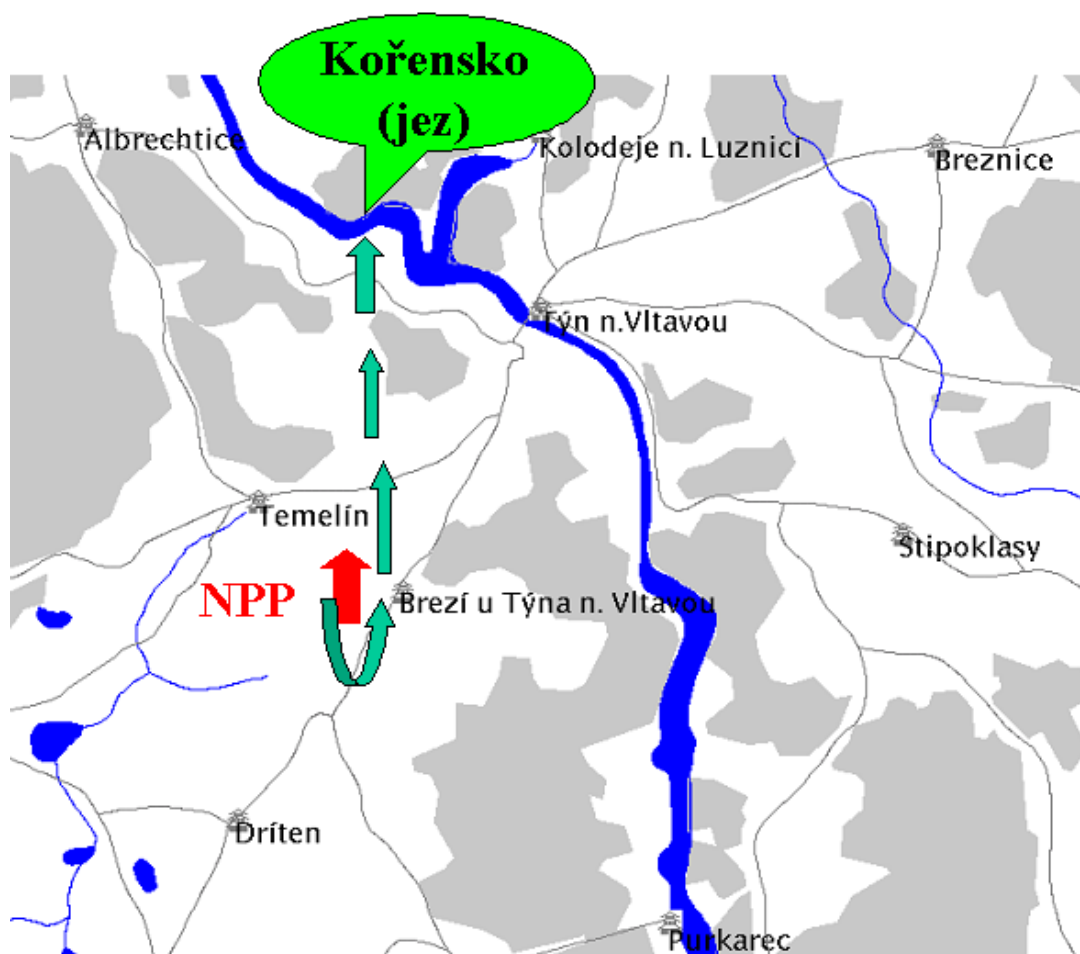
stn	(	13.20,	48.50)	(	15.30,	49.90)
stp	(	13.20,	48.50)	(	15.30,	49.90)
v1l	(	13.20,	48.50)	(	15.30,	49.90)
v1p	(	13.20,	48.50)	(	15.30,	49.90)
v2l	(	13.20,	48.50)	(	15.30,	49.90)
v2p	(	13.20,	48.50)	(	15.30,	49.90)
z1p	(	13.20,	48.50)	(	15.30,	49.90)

Podadresář Vltava se specifikovanými mapami je při běžích systému RODOS plně funkční a je využíván jako alternativní vstup do grafického manažeru RoGIS.

Pozn.: Ukázalo se, že v dodaných souborech zatím nejsou přítomny vrstvy pro obce a bude se dále jednat s dodavatelem. Nicméně bylo vyzkoušeno přechodné řešení, kdy vrstva sídel je vybírána tříděním z produktu ARC DATA 500. Zde ale pořád přetrvává problém, že pokud zůstanou v rif formátech názvy s diakritikou, tato se grafickým manažerem zatím nedá zobrazit (nedostatek přetrvává i ve verzi PV 5).

3. Adaptace HDM systému RODOS na zjednodušenou vodní síť středního Povltaví včetně vodní nádrže Orlík

Je zvolen úsek říční sítě Vltava (jez Kořensko) → hráz vodní nádrže Orlík (podle schématu na obr. 1). Z možných scénářů je uvažován jednoduchý scénář krátkodobého vtoku kapalné radioaktivity z JE Temelín podle schématu na obrázku 3.



Obr. 3: Schéma potenciálního přímého vtoku radioaktivní kapaliny z JE Temelín do řeky Vltavy (ponořený stupeň Kořensko)

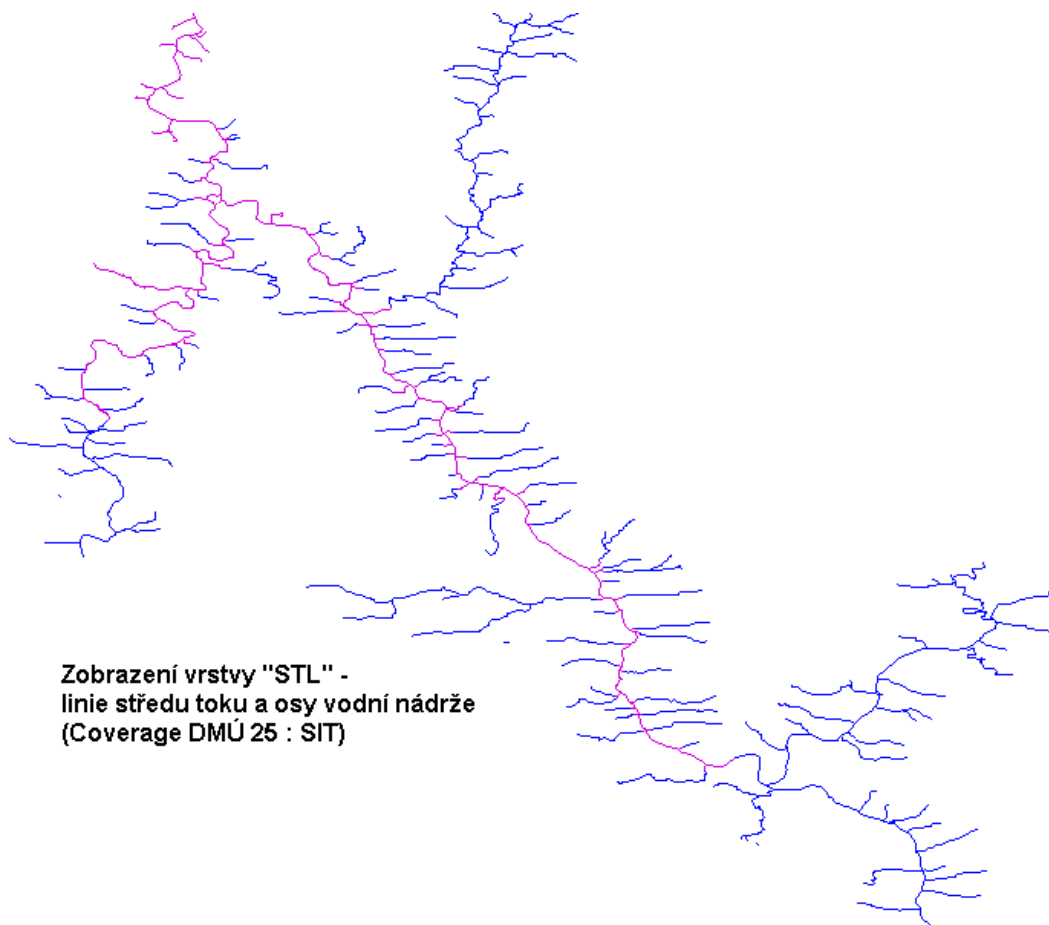
Originální podklady DMÚ 25 z VTOPÚ byly přepracovány pro účelu použití v systému RODOS na zakázku ve firmě ARCDATA ČR. Bylo třeba provést další úpravy vyžadované hydrologickými moduly RIVTOX a THREEETOX. Předně bylo nutné zredukovat počet mapových listů z původního rozsahu 63 listů, protože RoGIS vyžaduje spojení každé vektorové vrstvy do jediného souboru. Nakonec bylo zvoleno 21 mapových listů dostatečně pokrývajících zvolenou část vodní sítě.

V konečné fázi byla tedy s firmou „Tibor Hrnko“ uzavřena smlouva na redukci rozsahu říční sítě a přidání uzlových bodů (práce v ArcView 3.2) a export v *shp* formátech. Stejná firma pak připravovala batymetrii vodní nádrže Orlík v prostředí ARC INFO, přičemž se vycházelo

z vektorové vrstvy „hloubnice“ produktu DMÚ 25. Byla prováděna i optimalizace výpočetní sítě pokrývající dané povodí.

3.1. Lokalizace modulu RIVTOX na úsek řeky Vltavy

Na obrázku 4 je znázorněno podrobné schéma analyzovaného říčního toku (vrstva *stl* – viz příloha 1). Červeně je označena střední čára vodní nádrže Orlík.



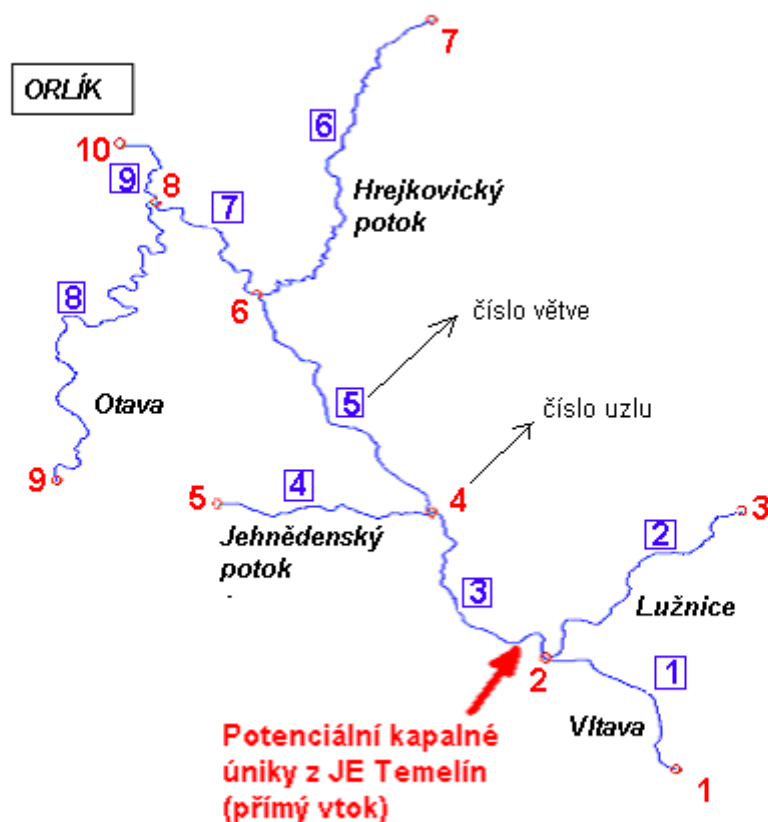
Obr. 4: Podrobná vodní síť zvoleného úseku toku řeky Vltavy – středy toků

Odtud je nutno zdůraznit jeden důležitý fakt, a sice že vzdutí hladiny od přehrady Orlík dosahuje až ke Kořensku. To je ostatně patrné i z obrázku 1, který obdobně vznikl zobrazením VOD1 (Coverage DMÚ 25) **shape** souborů *vll* a *vlp*.

V DMÚ 25 není vše dopracováno do detailů, produkt je neustále rozšiřován a doplňován. Proto v něm dosud nejsou detailní údaje pro atributy vrstvy VODSTVO, jako jsou na příklad WD3 (šířka vodního toku), WVA (rychlost proudění), WVP (průtok) a jiné veličiny, které by pro modul RIVTOX byly využitelné (podrobněji viz příloha 3 v [1]). Zatím je zde jen několik nesystematických údajů pro vybrané body monitorování. Proto bylo nutné tyto údaje hledat jinými již zmíněnými paralelními cestami.

Prvním krokem při lokalizaci modulu RIVTOX byla příprava geografických dat, kdy se

vycházelo z DMÚ 25 podkladů. Podrobné údaje o vodní síti ve sledované oblasti podle obr. 4 jsou podstatně zredukovány a jsou vybrány jen nejdůležitější přítoky Vltavy. Výsledek je znázorněn na obr. 5.



Obr. 5: Zjednodušená vodní síť zvoleného úseku toku řeky Vltavy s očíslováním jednotlivých uzlů a větví (vzestupné číslování po směru toku)

Současně jsou doplněny příslušné uzly sítě s definicí jejich geografických souřadnic. V dir HDM jsou připraveny nezbytné soubory, které jsou opět v geografických souřadnicích.

Celý proces lokalizace nové konfigurace vodní sítě má mít podle lokalizačního manuálu [7] tři hlavní kroky:

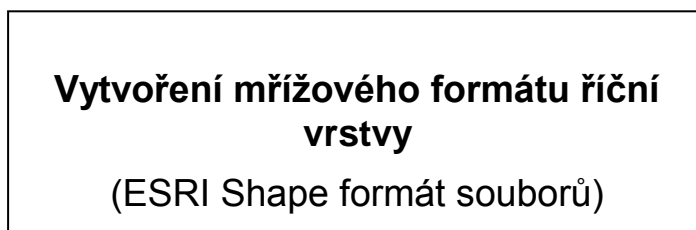
1. KROK:

Příprava vektorové vrstvy říční sítě
(ESRI Shape formát souborů)



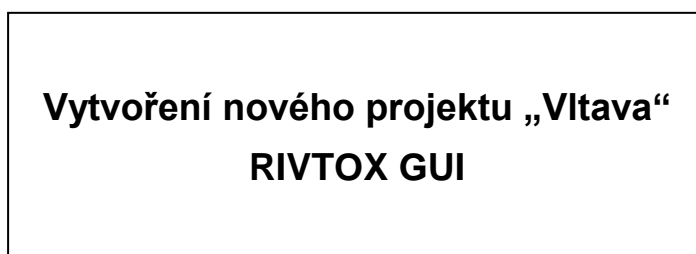
aplikace konverze bxy2bgxy

2. KROK:



aplikace konverze shp2rivtox

3. KROK:



V 1. kroku je provedeno v ESRI ArcView GIS prostředí zobecnění říční sítě. Je tedy nezbytný produkt ArcView, byla použita jeho licence platná na SÚJB. Je třeba provádět další manipulace (např. každá polyline se musí sestávat pouze z jednoho úseku, přidání uzlů do konfigurace), a tak pro přípravu dat k 1 kroku bylo nezbytné si najmout GIS specialistu.

Celý nový projekt „*Vltava*“ je umístěn v podadresáři Vltava s cestou:

~ roextern/hdm/rivtox/bin/customization/bxy2bgxy/Vltava

Výsledkem 1. kroku vektorizace zjednodušené říční sítě podle obr. 5 jsou příslušné *.shp* soubory, umístěné ve zmíněném podadresáři:

reky_linie.shx

reky_linie.shp

reky_linie.dbf

Předchozí tři soubory definují schéma vodní sítě, přičemž asociovaná databázová tabulka *.dbf* obsahuje charakteristiky nové říční sítě (značení čísel uzlů a čísel větví podle obrázku 5, větve

číslovány vzestupně po směru toku Vltavy):

FNODE_	TNODE_	LENGTH	ID	NUMBER	GRIDS
8	10	4521,54671	0	9	23
1	2	9099,91059	0	1	45
3	2	13034,04113	0	2	65
5	4	10282,99061	0	4	51
4	6	13925,70407	0	5	70
7	6	20444,09924	0	6	102
6	8	8200,00000	0	7	41
9	8	24189,45016	0	8	121
2	4	10746,69200	0	3	54

FNODE, TNODE, NUMBER počáteční a koncové číslo uzlu (uzly značeny na obr. 5 červeně, modrá čísla větví jsou znázorněna ve čtverečku) pro danou větev NUMBER

LENGTH délka větve (m)

GRIDS počet bodů ve větvi (pravidelná mříž)

Z těchto ArcView GIS souborů jsou generovány příkazem **bxy2bgxy.exe** příslušné mřížové soubory. Syntaxe příkazu **bxy2bgxy** je následující:

bxy2bgxy < vstupní .shp soubory > < výstupní mřížové .shp soubory > UTM

Vstupem byly shora uvedené **reky_linie** soubory. Konkrétní příkaz zněl:

bxy2bgxy reky_linie.shp reky.shp UTM

Výstupem z bxy2gxy jsou mřížové soubory, umístěné v tomtéž adresáři:

reky.shx

reky.shp

reky.dbf

a kromě toho je generován textový soubor **reky_linie_points.tbl** obsahující seznam souřadnic bodů v daných větvích, který se pak používá dále při některých operacích. Na následujícím obrázku 6 je znázorněna část výsledného mřížového souboru (úsek říční sítě končící vtokem do nádrže Orlík.



Obr. 6: Přepřacování vektorové vrstvy říční sítě na „bodové“ shape soubory představující postupný sled nódů

Ve třetím kroku je generován nový projekt pomocí programu *shp2rivtox*, který bere jako vstup z předchozího výstupu z *bxy2bgxy* a má syntaxi:

```
shp2rivtox <input river graph shape file> <output grid shape file>
<template Project name> <output Project name>
<output directory>
```

Program bere jako vstup též šablonu RIVTOX GUI projektu, která popisuje některé implicitní údaje pro RIVTOX submodely a limitovanou grupu nuklidů. Při generování projektu jsou aktualizovány tabulky topografie říční sítě pro buňky v jednotlivých větvích. V poslední fázi vytváření nového projektu musí být tento zkopírován do adresáře :

```
~ roextern/hdm/rivtox/data/Vltava
```

k předchozím implicitním projektům dodávaných s instalací, jako jsou na příklad **Rhein** a **VahDudvah**.

Vytvoření projektu „Vltava.Project“ bylo provedeno v podadresáři :

```
~/customization/shp2rivtox/Vltava/ s vyvoláním výkonného programu:
```

shp2rivtox reky_linie.shp reky.shp VahDudvah.Project Vltava.Project ./

Při provedení příkazu nastaly určité potíže, které jsou dosud konzultovány s vývojovým týmem (bohužel s velmi dlouhou odezvou). Prozatím jsou použity výsledky generované v prostředí PC MS Windows alternativním modulem *shp2rivtox.exe*, které provedl člen vývojového týmu při své návštěvě na RODOS instalaci na SÚJB. UNIXový příkaz ***shp2rivtox*** tedy sice vytvořil „Vltava.Project“, ale chybějící soubor Vltava.Project.data byl přenesen z WINDOWS prostředí. Oba soubory *Vltava.Project* i *Vltava.Project.data* byly přepokopírovány do podadresáře ***~roextern/hdm/rivtox/data***.

Celý další postup definice vstupních charakteristik se děje v prostředí RIVTOX GUI (Graphical User Interface) po otevření dialogu. Jednou z možností je z cesty:

~roextern/hdm/rivtox/bin

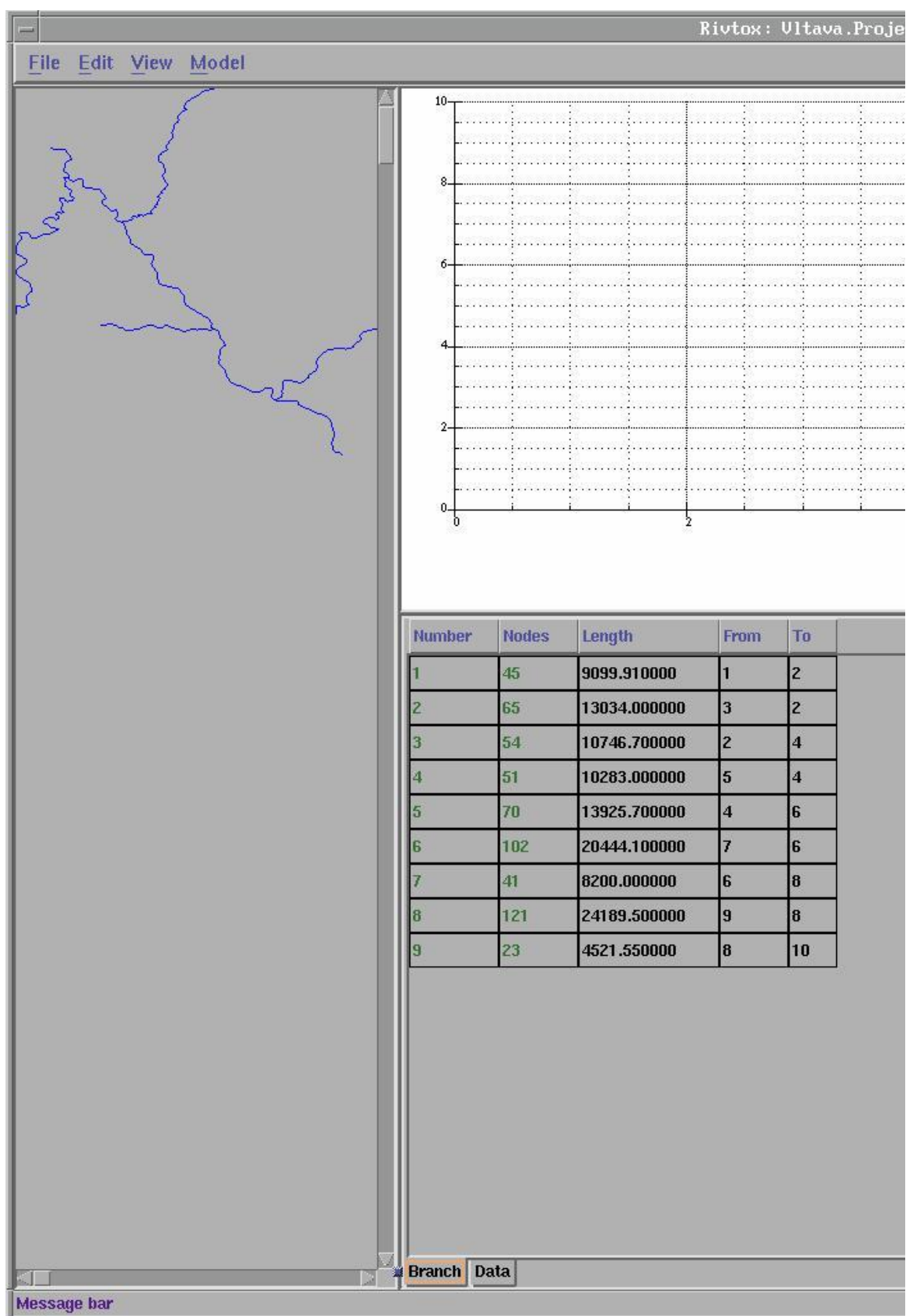
použít příkaz:

./Rivtox.bin --project ../data/Vltava.Project

Objeví se okno podle obrázku 7a s mapkou uvažované zjednodušené vodní sítě středního Povltaví. Po otevření vstupního dialogu jsou v [3] uvedeny postupy, jak upravovat tabulky pro submodely:

- WF – water flow model
- ST - sediment transport model
- PT - pollution transport model

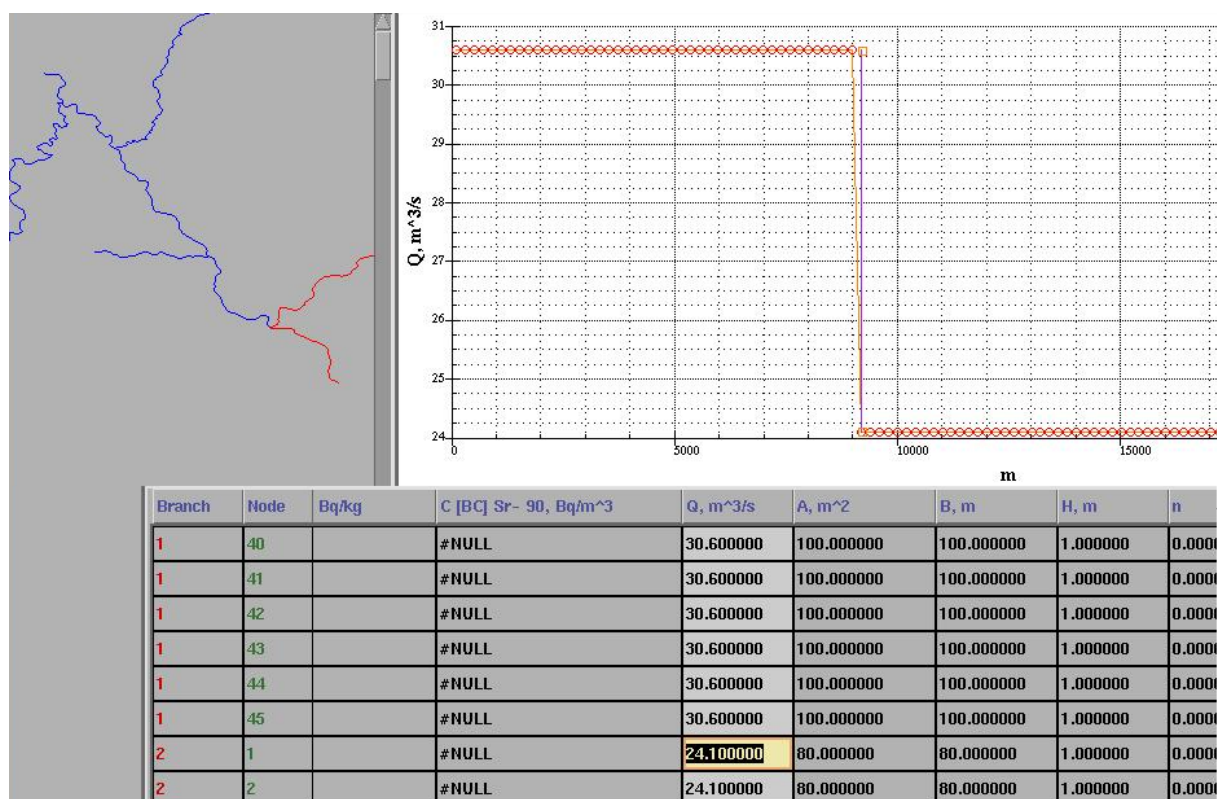
Z dokumentace ale není zcela jasné, jaká je minimálně nutná lokální konfigurace. Konečně je zde popsán postup, jak editovat počáteční a okrajové podmínky a časový krok výpočtů. V uživatelském manuálu [3] jsou též uvedeny postupy, jak prohlížet časově závislé výsledky a dále „okamžité“ snímky jejich prostorové (délkové) závislosti.



Obr. 7a: Úvodní panel RIVTOX GUI s automatickým zavedením nově konfigurovaného projektu „Vltava“

Z úvodního implicitního projektu „Vltava“ byl odvozen nový projekt „Vltava1“, ve kterém

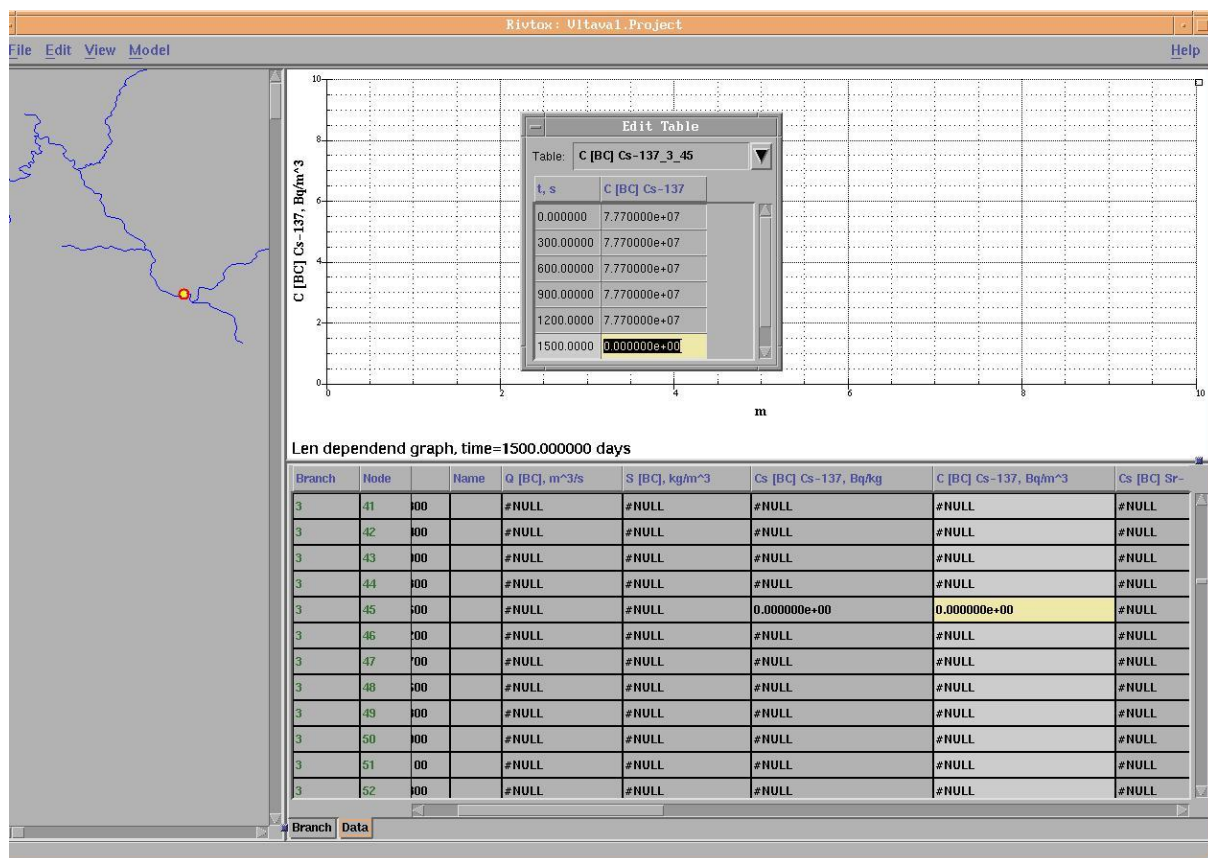
jsou zavedeny počáteční podmínky v souladu s tabulkami uvedenými v paragrafu 2.1 pro získané hydrologické údaje od ČHMÚ a Povodí Vltavy. Část datového okna s vyplněnými hodnotami počínaje 1. větví konfigurace říční sítě je na obrázku 7b.



Obr. 7b: K nastavování počátečních podmínek v novém projektu Vltava1.Project

Projekt „Vltava1“ je spuštěn na pracovní stanici MLOK v ÚTIA z adresáře $\sim /rivtox/bin/$. Je provedeno astavení okrajových podmínek pro přímý vtok aktivity Cs137 o hodnotě $7.7e+07$ Bq v každém 5 minutovém intervalu (celkem zadáno 5 intervalů podle obr. 7c). Zde je zvolen vtok aktivity podle shora uvedeného scénáře v 45. uzlu 3. větve (ponořený stupeň Kořensko).

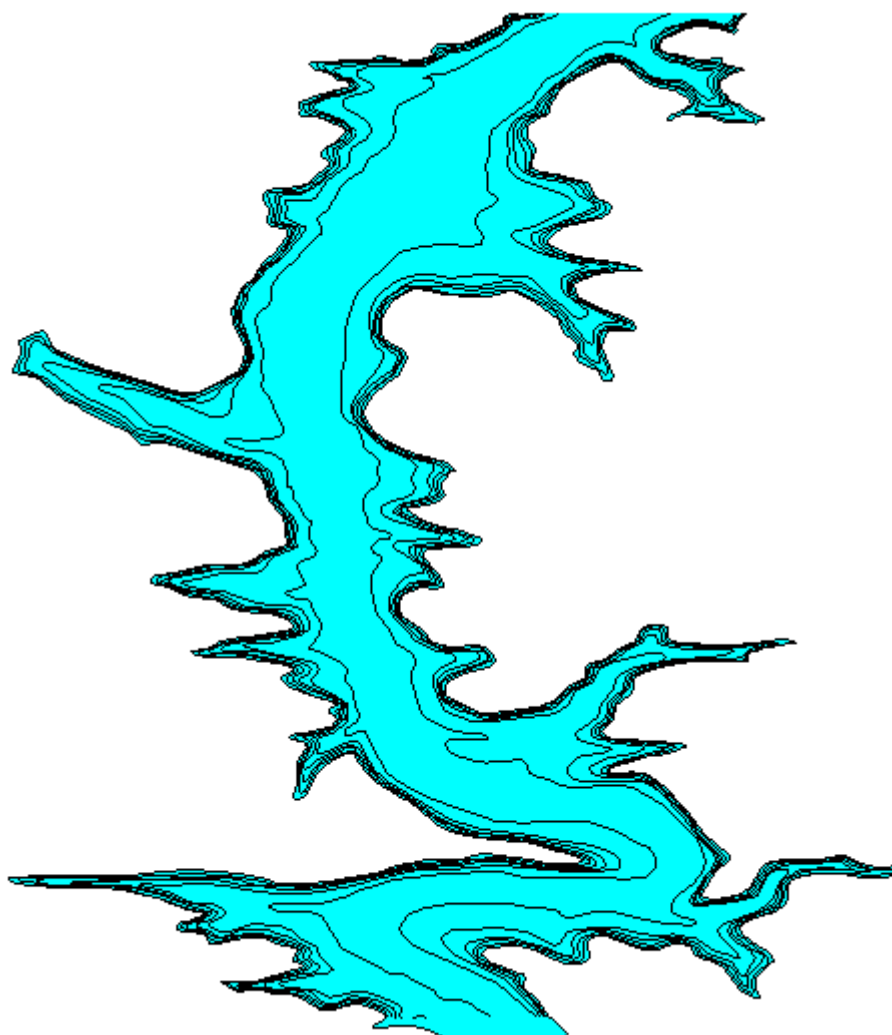
Po nastavení podmínek ve Vltava1.Project byl učiněn pokus o spuštění běhu úlohy v pořadí WF (Water Flow model) a ST-PT (Sediment Transport – Pollutant Transport). V binárním kódu v souboru Model_sh se objevily určité potíže, které jsou řešeny na základě konzultací s vývojovým týmem. Jedná se o dotazy týkající se kompletnosti vstupů, správnosti nastavení UNIX prostředí a aktuálnost hydrologického software. Korespondence však nyní neprobíhá s dostatečně rychlou odezvou. Nicméně proces lokalizace byl doveden až do stadia spuštění úloh a další postup prací bude upřesněn po dořešení problémů s řešitelem. Slepé experimentování s nejrůznějším nastavením a případně s alternativním HDM software z jiných verzí systému RODOS představuje neúměrné plýtvání časem lokalizačního týmu, zvláště pak v situaci, kdy se stále čeká na dokumentaci ve formě „kuchařky“, která by úměrně a zcela jednoznačně pokrývala všechny části adaptačního procesu.



Obr. 7c: K nastavování okrajových podmínek pro radioaktivní znečištění v novém projektu Vltava1.Project: Vtok aktivity Cs137 v místě ponořeného stupně Kořensko

3.2. Lokalizace modulu THREETOX na vodní těleso nádrže Orlík

Základním předpokladem použití modulu THREETOX systému RODOS k lokalizaci na vodní nádrž Orlík je získání podrobných údajů o profilu tělesa nádrže, tak zvané batymetrie. Jako schůdná cesta se opět ukázalo využití mapového díla DMÚ 25, a sice vrstvy VODSTVO, coverage VOD2, soubor *v2l.shp* - *hloubnice* (viz příloha 1). Pro celou vodní nádrž byly v ArcData ČR příslušné mapové listy do jediného *.shp* souboru. Na obrázku 8 je znázorněna část celé nádrže se znázorněním hloubnic v2l. Z obrázku je současně vidět velmi složitou konfiguraci nádrže Orlík. Výsledek spojení jednotlivých listů do jediného souboru byl předán firmě „Tibor Hrnko“, která provedla v prostředí ACR INFO konverzi do požadovaného formátu *.grd* (podrobně viz příloha č. 2)



Obr. 8: Znázornění části složitého tvaru vodní nádrže Orlík se zakreslením hloubnic vektorové vrstvy v2l.shp (zdroj: mapové dílo DMÚ 25)

Hlavním problémem lokalizace THREETOX je nedostatek přesných podkladů a návodů pro adaptaci na podmínky nového vodního tělesa. Přetrvává nevypracovaná kapitola o lokalizaci THREETOX v [4] : RODOS HDM Customization Manual. Podrobnější popis běhů je sice uveden v [9], ale jakákoliv zmínka o lokalizačních krocích chybí. Nicméně hodně práce

s pořízováním vstupů pro Orlík bylo během dvouletých probíhajících příprav vykonáno a bylo by škoda marně vynaloženého úsilí. Proto se řešitel rozhodl pro v této situaci jedinou možnost, a sice vynaložit další úsilí a prostředky a pozvat některého člena vývojového týmu HDM na instalaci v Praze.

Proces pozvání byl realizován hlavně v rámci výměnného programu mezi AV ČR a AV Ukrajiny, částečně také díky projektu EVANET-HYDRA (Contract No. FIGE-CT-2001-20125), na kterém ÚTIA participovala v letech 2002 – 2004. Celou složitou a těžkopádnou proceduru se podařilo díky vstřícnosti vedení ÚTIA a KAV AV ČR realizovat a pracovník RODOS HDM vývojového týmu pan Volodimir Košebutskij z IMMSP v Kijevě se zúčastnil na SÚJB a v ÚTIA lokalizačních prací v období 10. 5. až 24. 5. 2004. Ukázalo se, že v další konkrétní úpravě lokálních vstupů do formátů vyžadovaných modulem THREETOX je nutné použít další programové produkty (většinou provozované v PC prostředí WINDOWS – ArcView 3.2, SURFER 7, autorovy vlastní konverzní routiny). V dalším budou zmíněny jen hlavní body lokalizace.

Hlavní aktivitou bylo přepracování původně dodaného souboru batymetrie (viz popis výše nebo uceleně v příloze 2) se záměrem optimalizovat podrobnost sítě vzhledem k době výpočtu. Byly vytvořeny dva soubory batymetrie, které jsou uloženy v podadresáři:

~ *roextern/hdm/tox2and3/data/threetox/ orlik_50.grd*
..... / *orlik_short.grd*

První soubor batymetrie *orlik_50.grd* vznikl z originálně dodané verze s krokem mříže 5 m redukcí na krok mříže 50 m (pro X i Y). Začátek tohoto souboru má tvar (srovnej s originálním souborem v příloze 2):

orlik_50.grd:

```
DSAA
87 314
0 4300
0 15650
0 50
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
atd. ....

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 8.408746 37.94236 50 50 50 50
```

```

50 47.15199 11.94676 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0

```

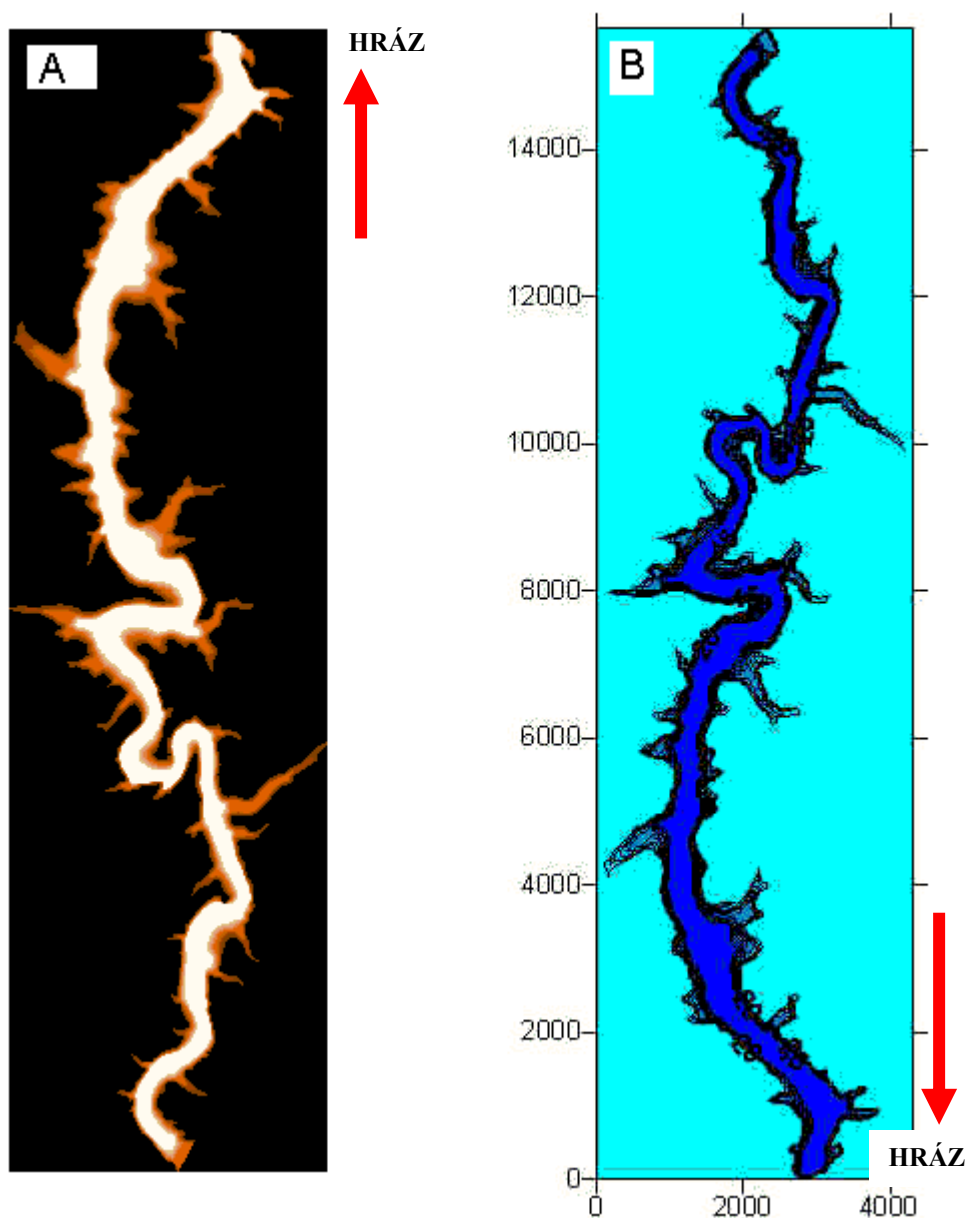
```

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

```

atd

Původní podrobný soubor batymetrie celé vodní nádrže s krokem 5 metrů v obou směrech otočený tak, aby obdélník mříže byl optimálně pokrytý vodní plochou, je znázorněn na obr. 8 A, schéma B představuje soubor *orlik_50.grd* vykreslený v relativních souřadnicích.

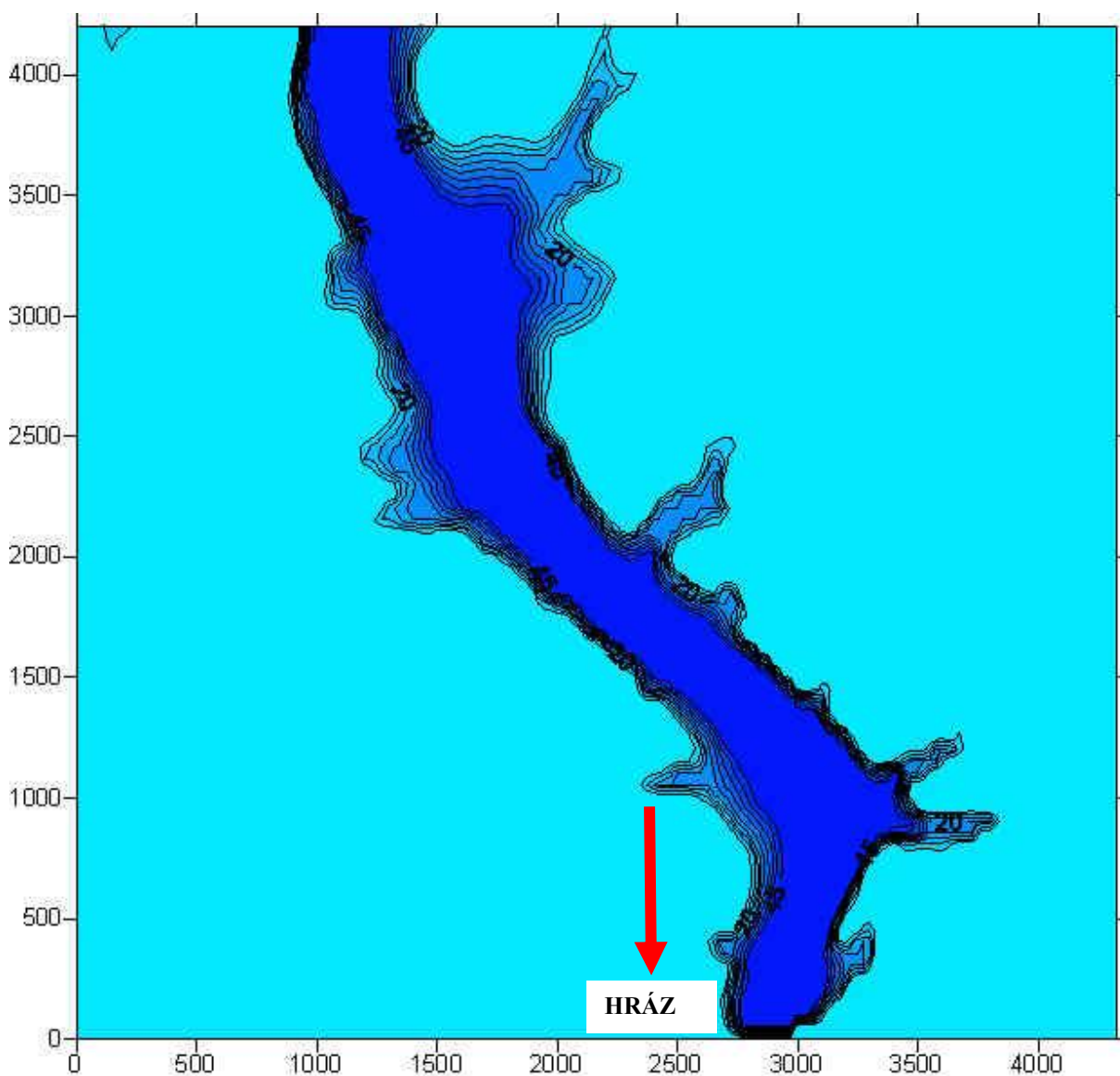


Obr. 9: A - znázornění originální batymetrie nádrže Orlik s optimální pozicí
 B - *orlik_50.grd*: v relativních výpočtových souřadnicích (zrcadlové otočení, hráz je dole)

Alternativní soubor batymetrie **orlik_short.grd**: podrobnější, ale zkrácený asi na 1/3 původní délky nádrže (krok : Y = 50 m, in X =25 m). Začátek souboru má tvar:

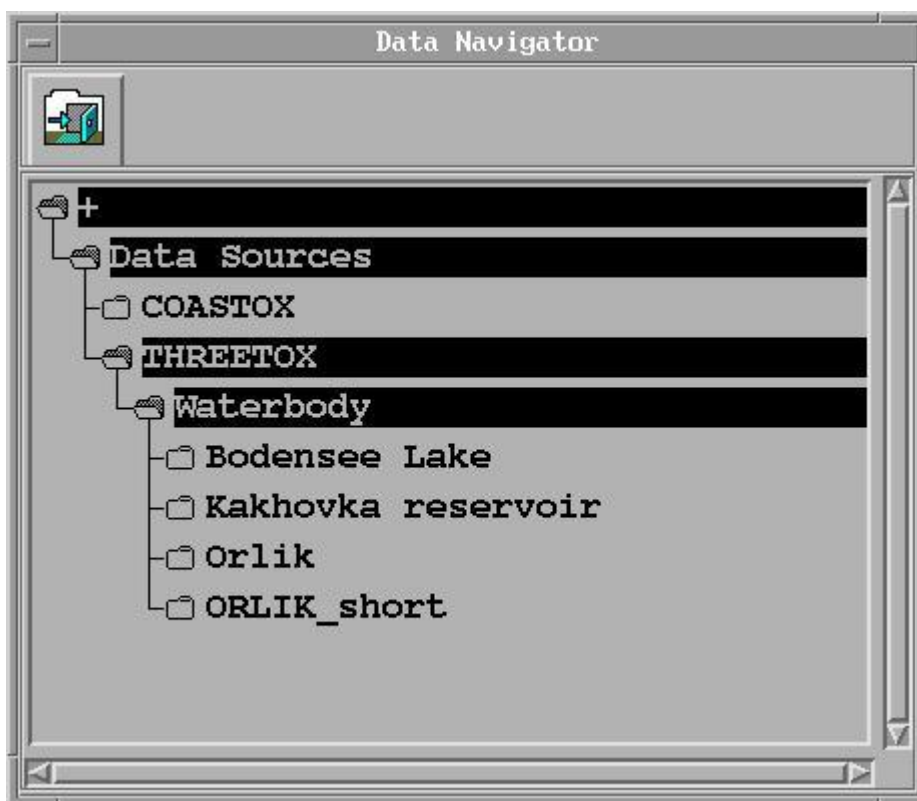
```
DSAA
174 85
0 4325
0 4200
0 50
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
... atd ....
```

Na obr. 9 je batymetrie **orlik_short.grd** vykreslená v relativních výpočtových souřadnicích.



Obr. 10: Batymetrie zkrácené konfigurace nádrže Orlik (soubor **orlik_short.grd**)

Jako příklad běhu uvedeme výpočty pro ORLIK_SHORT project. Ve shodě s uživatelským manuálem modulu THREEETOX [9] je provedena definice vstupů s využitím uživatelského prostředí **RtGraph** , které se aktivuje z podadresáře `~/tox2and3/` příkazem `./rtgraph` . Po stisknutí druhé ikony v panelu nástrojů se otevře se uživatelsky příjemné prostředí *Data Navigátoru* . Ve složce THREEETOX → Waterbody se objeví nabídka podle následujícího Panel 1, kde jsou již zpřístupněny i nové batymetrie pro vodní nádrž Orlík (odpovídají souborům *orlik_50.grd* - viz obr. 9, resp. *orlik_short.grd* – viz obr. 10)



Panel 1: Implementovaná vodní tělesa pro model THREEETOX

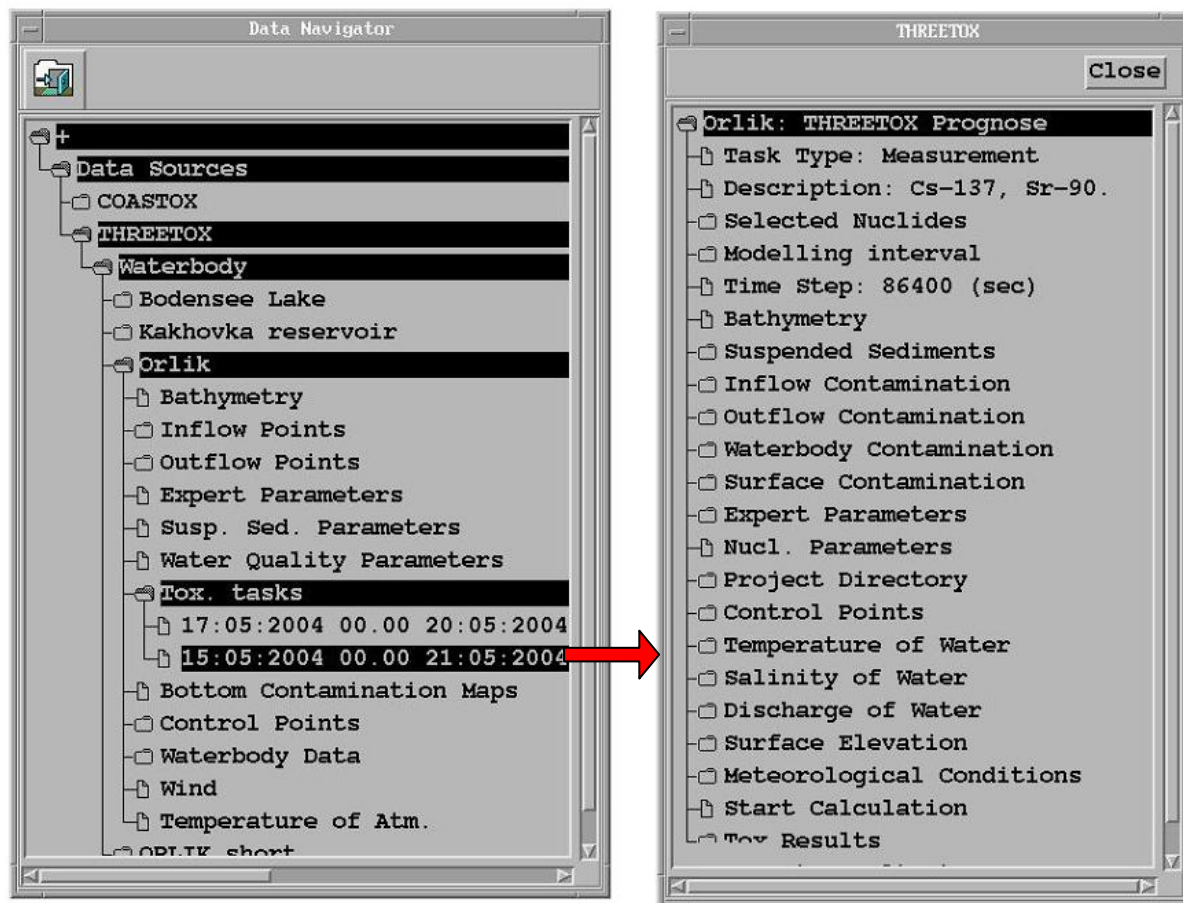
Ve stručnosti shrneme zadání vstupů pro běh demonstrační úlohy s modulem THREEETOX:

- Jsou uvažována průměrná letní data
- Meteorologie: komponenty rychlosti větru $u_x = u_y = 3 \text{ m/s}$
teplota vzduchu $t_{\text{air}} = 25 \text{ °C}$
- Charakteristiky na vstupu:

Průtok vody	:	83.42 m ³ /s
Teplota vody	:	17 °C
Koncentrace Cs137	:	1.e+5 Bq/ m ³
Koncentrace sedimentů	:	ponechány implicitní hodnoty
- Charakteristiky na výstupu:

Průtok vody	:	83.42 m ³ /s
Teplota vody	:	18 °C
Koncentrace sedimentů	:	užity implicitní hodnoty

Schema Panel 2 ukazuje postup zadávání vstupních charakteristik scénářů pro analýzu šíření znečištění ve vodní nádrži Orlik. Pro nový scénář lze zadávat počáteční a okrajové podmínky, parametry modelu sedimentů, atmosférické podmínky a pod. (viz levý panel). Zde je možno se též dotázat na již spočtené úlohy z archivu (viz Tox. tasks).



Panel 2: Řetězec zadávání vstupních parametrů pro scénáře úniku na vodním tělese Orlik (celé těleso s batymetrií popsanou databází *orlik_50.grd*)

Volbou konkrétního výstupu označeného červenou šipkou se pro tyto výsledky zobrazí panel na pravé straně, odkud uživatel může zobrazovat vstupní zadání a případně pokračovat ve výpočtu (Start Calculation), pokud úloha původně nebyla dopočítána v rámci zadaného intervalu analýzy.

Podrobnější popis funkcí je uveden v uživatelském manuálu modulu THREETOX. Tak lze i zadat interval analýzy, i když je třeba si pamatovat speciální postup:

.... → Tox. Task (viz Panel2) a stisknout pravé tlačítko → .. New Task →

→ Modelling interval → proved' volby v Panel3



Panel 3: Volba časového intervalu modelování

Některé výsledky výpočtů podle modelu THREETOX pro obě konfigurace vodní nádrže Orlik jsou znázorněny v přílohách. Je nutné upozornit na to, že tyto výpočty jsou mimořádně časově náročné (řádově dny na pracovní stanici b2000 na SÚJB). Přílohy obsahují :

*Příloha 3a: Transport Cs137 Orlikem: Situace po 24 hodinách.
3 hodinová kontaminace na vstupu $1.0E+5 \text{ Bq/m}^3$ (15.5.2004 od 0.00 hod do 3.00 hod.) . Izoplety koncentrace Cs137 v povrchové vrstvě vody*

*Příloha 3b: Transport Cs137 Orlikem: Situace po 48 hodinách
3 hodinová kontaminace na vstupu $1.0E+5 \text{ Bq/m}^3$ (15.5.2004 od 0.00 hod do 3.00 hod.) . Izoplety koncentrace Cs137 v povrchové vrstvě vody*

Příloha 4a: Transport aktivity Cs137 [Bq/kg] v rozptýlených sedimentech v povrchové vrstvě vodní nádrže Orlik – 3 dny po úniku

Příloha 4b: Transport aktivity Cs137 v rozptýlených sedimentech [Bq/kg] ve vodě blízko dna ve vodní nádrži Orlik – 3 dny po úniku

Příloha 4c: Vývoj teploty vody v povrchové vrstvě [$^{\circ}\text{C}$] ve vodní nádrži Orlik- 9. den od počátku modelování

4. Reference

- [1] Pecha P.: Studie šíření radionuklidů hydrologickou cestou. Projekt 6/2002, Etapa E08, březen 2003.
- [2] Ehrhardt J and Weis A. ed. : RODOS: Decision Support System for Off-site Emergency Management in Europe. EURATOM, EUR 19144 EN, 2000
- [3] Dochnytz G., Zeleznyak M., Raskob W. : User Guide for the River Transport Model RIVTOX of RODOS PV 5.0
- [4] RODOS HDM Customization Manual. Training Course Doc., TRAC-HDM-CMC02, Trnava, SVK, Dec, 2003.
- [5] Müller H., Gering F., Pröhl G. : Model Description of the Aquatic Food Chain and Dose Module FDMA in RODOS PV 4.0F_02. RODOS (WG3)-TN(99)-18
- [6] Slavik O.: Experience with HDM Customization in Slovakia. TRAC-HDM-CMC02, Trnava, SVK, Dec, 2003.
- [7] Dochnytz G.: RIVTOX River Modelling (L4), RIVTOX Customization (P.2 I-II). TRAC-HDM-CMC02, Trnava, SVK, Dec, 2003.
- [8] Martin J. S., Barraclough I. M., : User Guide for BIOS_3A. NRPB-M285 (1991).
- [9] THREETOX – Numerical Model to Simulate Three Dimensional Dispersion of Radionuclides in Stratified Water Bodies : User Guide. TRAC-HDM-CMC02, Trnava, SVK, Dec, 2003.

5. Přílohy

5.1. Příloha 1: Přehled dat DMÚ25 zpracovaných pro projekt RODOS – oblast střední Povltaví

22 mapových listů, ARCDATA PRAHA, s.r.o., srpen 2003, řešitel: ing. Miroslav Fanta

vrstva DMÚ25	coverage DMÚ25	výsledný shapefile	typ dat	objekty dle katalogu DMÚ25	
				kód	popis
Vodstvo	VOD1	v1l	linie	BA010	břehová linie (u dvoučarého vodního toku či u vodní plochy)
				BH020	kanál (jednočarý)
				BH140	řeka, potok (jednočarý vodní tok)
		v1p	polygony	BH020	kanál (dvoučarý) – ve zpracovaných datech se nevyskytuje
				BH080	vodní nádrž
				BH095	močál, bažina
				BH140	řeka, potok (dvoučarý vodní tok)
	VOD2	v2l	linie	BE015	hloubnice
		v2p	polygony	BE020	místo, kde je uveden údaj o hloubce (reprezentováno jako ploška cca 1m ²)
	SIT	stl	linie	BH144	střed toku (osa vodního toku, průtočné vodní nádrže)
		stn	body	BB999	vodohospodářský objekt
				BF510	místo, kde jsou měřeny charakteristiky toku (šířka, hloubka, rychlost,...)
		stp	polygony	BB999	vodohospodářský objekt
Komunikace	KOM	kol	linie	AN010	železnice
				AP010	cesta
				AP030	silnice
				AQ040	mosty
Rostlinný a půdní kryt	LESY	lep	polygony	EA030	lesní školka
				EB020	porost křovin
				EC015	les
Sídla, průmyslové a jiné topografické objekty	ZAS1	z1p	polygony	AD010	elektrárna
				IA550	blok budov
	BUD	bup	polygony	AL015	budova

5.2. Příloha 2: Struktura souboru batymetrie vodní nádrže Orlík

Soubor batymetrie má příponu :grd . Pevný povrch je značen hodnotou 0, hloubka vody kladným číslem. Každá řádka je rozdělena po 10ti subřádcích, první a poslední číslo v každém řádku je 0.0 .

Hlavička souboru má následující strukturu:

DSAA - *identifikátor*

cc rr – *počet sloupců a řádků*

minx maxx – *minimální a maximální UTM x souřadnice*

miny maxy – *minimální a maximální UTM y souřadnice*

minH maxH - *nejmenší a největší hloubka*

Ukázka části souboru batymetrie pro celé vodní dílo Orlík

(podrobný krok 5 m, vypracované v prostředí ARC INFO firmou „Tibor Hrnko“)

```
DSAA
870 3139
437928.2196 442278.2196
5479516.7143 5495211.7143
0 50
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
.....
.....
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

[illegible]

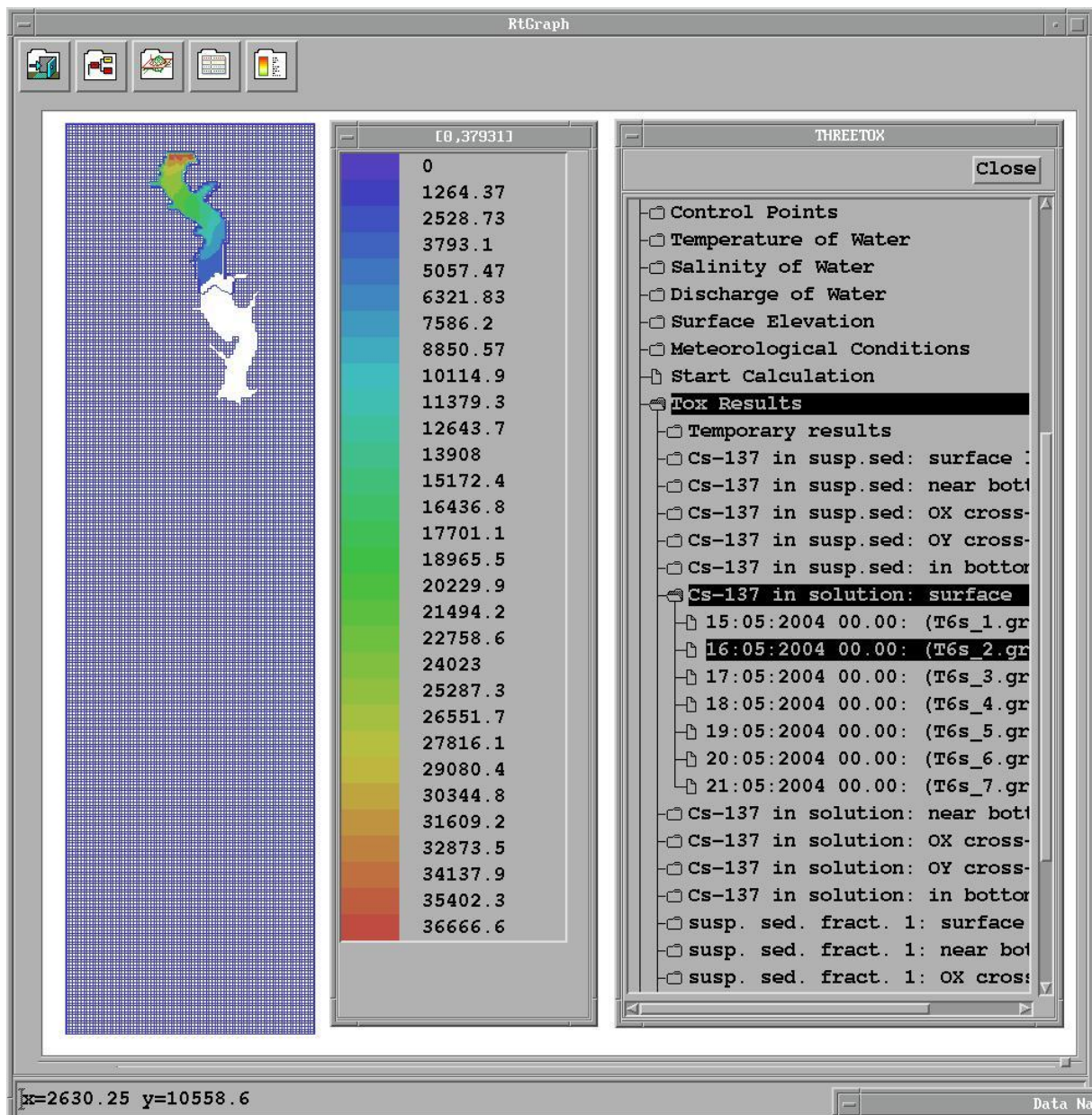
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

.....
.....

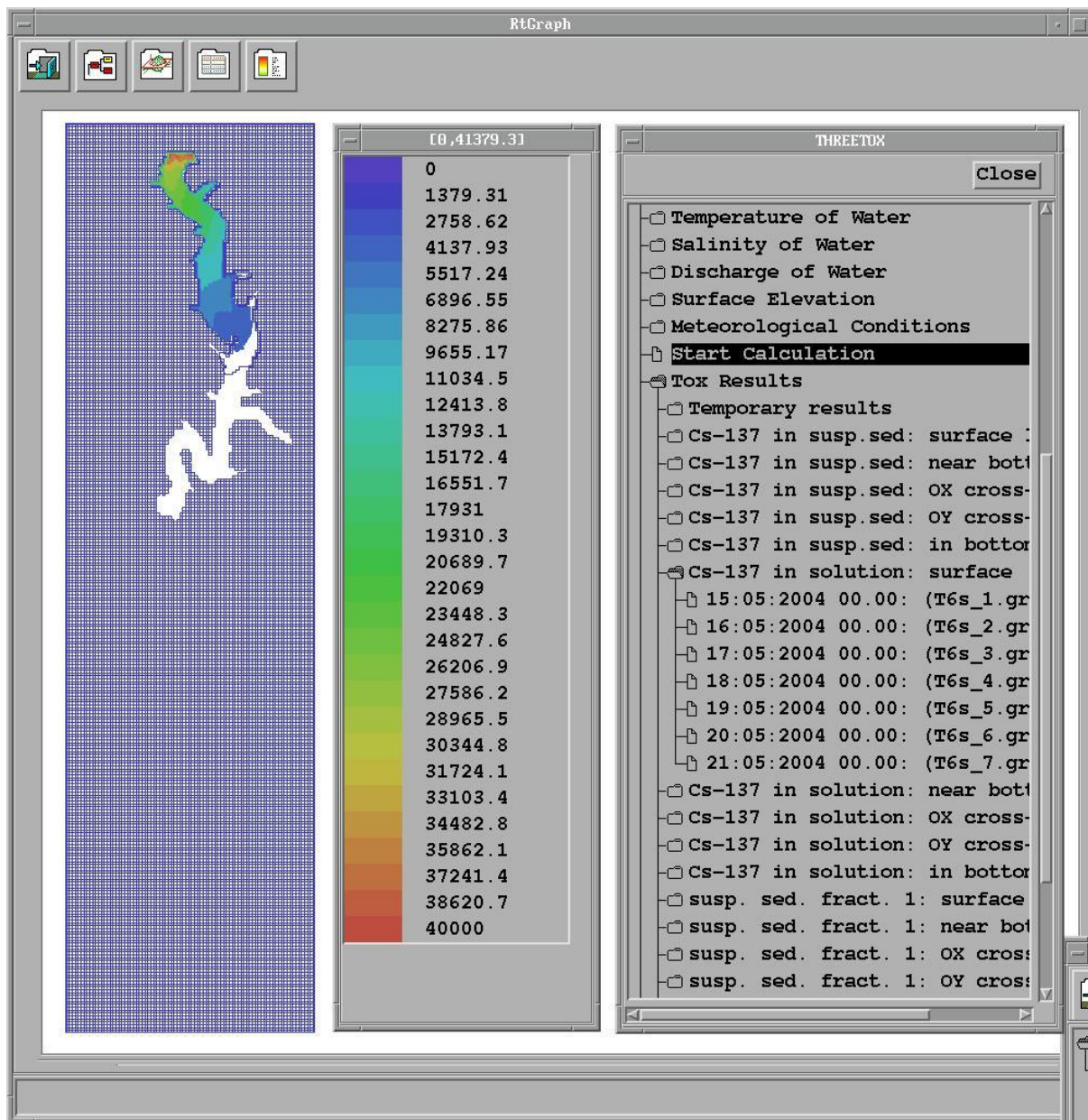
5.3. Příloha 3a: Transport Cs137 Orlíkem: Situace po 24 hodinách

3 hodinová kontaminace na vstupu $1.0E+5 \text{ Bq/m}^3$ (15.5.2004 od 0.00 hod do 3.00 hod.) . Izoplety koncentrace Cs137 v povrchové vrstvě vody



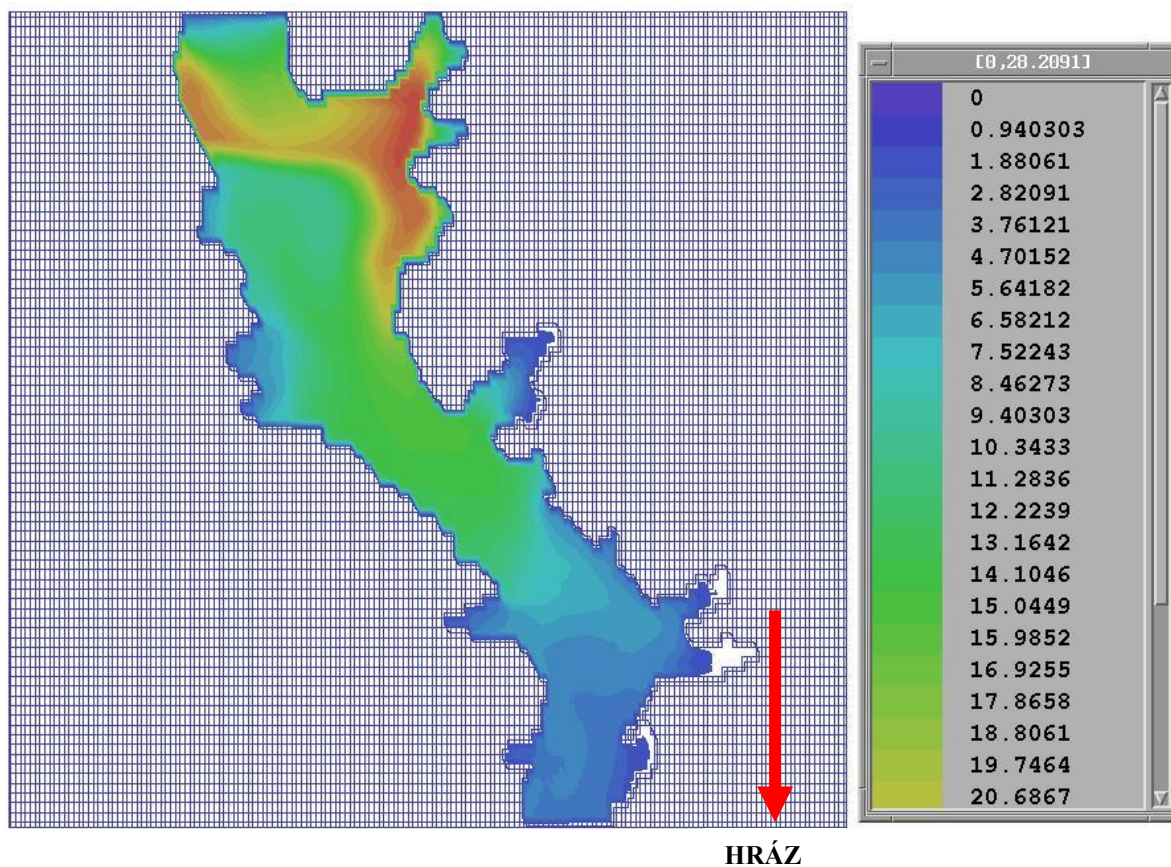
5.4. Příloha 3b: Transport Cs137 Orlíkem: Situace po 48 hodinách

3 hodinová kontaminace na vstupu $1.0E+5 \text{ Bq/m}^3$ (15.5.2004 od 0.00 hod do 3.00 hod.) . Izoplety koncentrace Cs137 v povrchové vrstvě vody



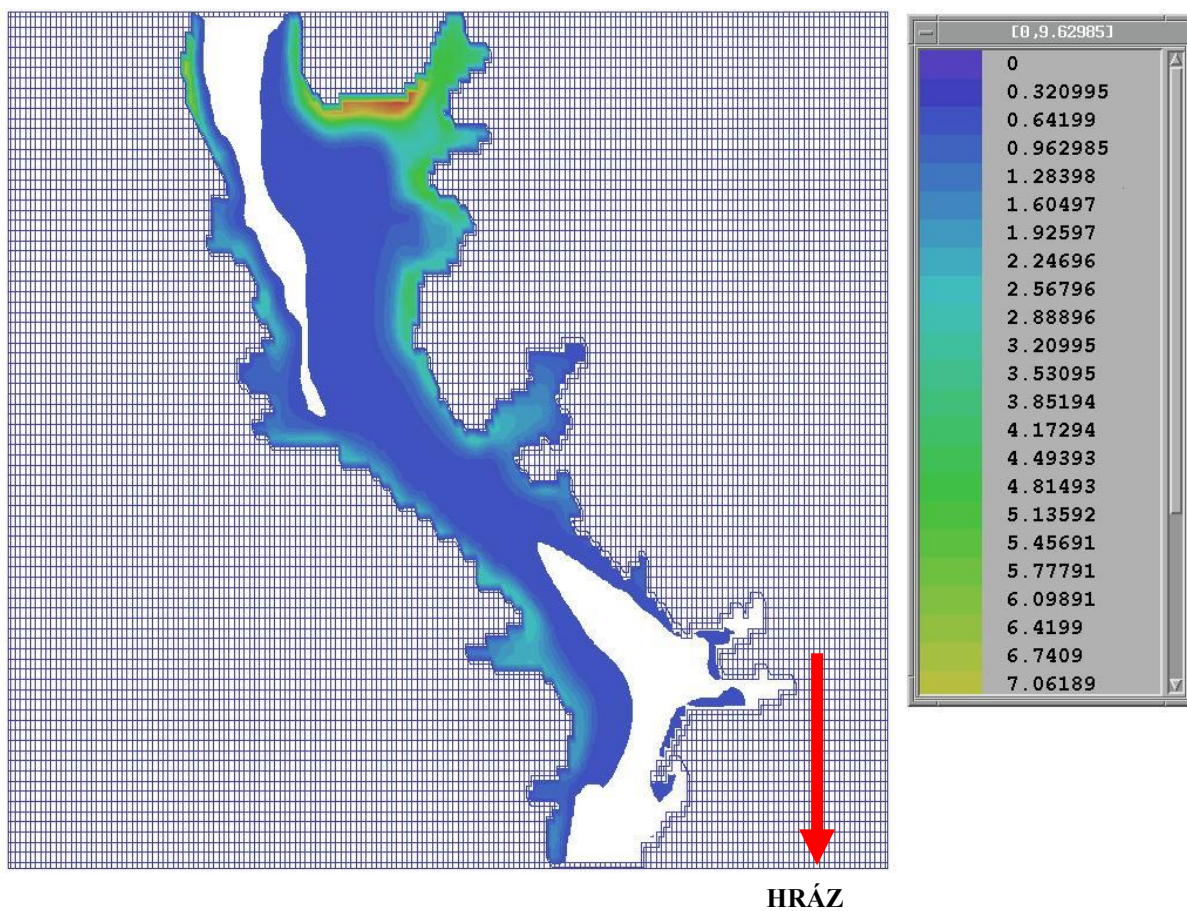
5.5. Příloha 4a: Transport aktivity Cs137 [Bq/kg] v rozptýlených sedimentech v povrchové vrstvě vodní nádrže Orlík – 3 dny po úniku

- Výpočty pro zkrácenou batymetrii přehrady Orlík (zhruba poslední třetina)
- Únik Cs137 do vody na vstupu: $1 \cdot 10^5 \text{ Bq/m}^3$, interval modelování : 10 dní
- Počáteční kontaminace sedimentů : 0.0
- Počáteční teplota vody v nádrži: 10°C , teplota vody na vstupu 17°C
- Teplota vzduchu 25°C po celou dobu modelování
- Průtok : $83.42 \text{ m}^3/\text{s}$
- Vítr: $w_x = w_y = 3 \text{ m/s}$



5.6. Příloha 4b: Transport aktivity Cs137 v rozptýlených sedimentech [Bq/kg] ve vodě blízko dna ve vodní nádrži Orlík – 3 dny po úniku

- Výpočty pro zkrácenou batymetrii přehrady Orlík (zhruba poslední třetina)
- Únik Cs137 do vody na vstupu: $1 \cdot 10^5 \text{ Bq/m}^3$, interval modelování : 10 dní
- Počáteční kontaminace sedimentů : 0.0
- Počáteční teplota vody v nádrži: 10°C , teplota vody na vstupu 17°C
- Teplota vzduchu 25°C po celou dobu modelování
- Průtok : $83.42 \text{ m}^3/\text{s}$
- Vítr: $w_x = w_y = 3 \text{ m/s}$



5.7. Příloha 4c: Vývoj teploty vody v povrchové vrstvě [°C] ve vodní nádrži Orlík- 9. den od počátku modelování

- Výpočty pro zkrácenou batymetrii přehrady Orlík (zhruba poslední třetina)
- Počáteční teplota vody v nádrži: 10°C , teplota vody na vstupu 17°C
- Teplota vzduchu 25°C po celou dobu modelování
- Průtok : $83.42\text{ m}^3/\text{s}$
- Vítr: $w_x = w_y = 3\text{ m/s}$

