JIHOČESKÁ UNIVERZITA

V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studiní program: **Zemědělská specializace**

Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**

Příprava podkladů pro modelování odtoku a odnosu látek v prostředí SWAT

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jana Moravcová, Ph.D.**

Vypracoval: **Jan Homolka**

Akademický rok: **2011/2012**

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: **2010/2011**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Jan HOMOLKA**
Osobní číslo:	**Z09485**
Studijní program:	**B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor:	**Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**
Název tématu:	**Příprava podkladů pro modelování odtoku a odnosu látek v prostředí SWAT**
Zadávající katedra:	**Katedra krajinného managementu**

Zásady pro vypracování:

Výběr vhodné lokality pro modelování pomocí SWAT.
Provedení terénního průzkumu zájmového území.
Příprava mapových podkladů a digitálního modelu terénu.
Příprava meteorologických dat, pedologických dat a údajů o pěstování rostlin ve zvolené lokalitě.
Příprava dat popisujících hydrologické a hydrochemické vlastnosti lokality.
Příprava dat pro kalibraci a validaci modelu SWAT pro zvolené časové období.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

DiLUZIO, M., SRINIVASAN, R., ARNOLD, J. G., NEITSCH, S. L. 2002. ArcView Interface for SWAT2000. Blackland Research and Extension Center. USDA Agricultural Research Service.

Arnold, J. (Ed.). 2009. Soil and Water Assessment Tool (SWAT) Global Applications. World Association of Soil and Water Conservation. Special Publication No. 4. 413 s.

ARNOLD, J. G., FOHRER, N. 2005. SWAT 2000: Current capabilities and research opportunities in applied watershed modeling. Hydrological Processes 19. 563-572.

VAN GRIENSVEN, A., BAUWENS, W. 2003. Multiobjective autocalibration for semidistributed for water quality models. Water Resources Research 39. 1348-1353.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jana MORAVCOVÁ**
Katedra krajinného managementu

Datum zadání bakalářské práce: **14. března 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2012**

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice

L.S.

prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
děkan

prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 14. března 2011

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, 13.03.2012 Jan Homolka

Poděkování

Tomu, že se tato práce dostala do takové formy v jaké je teď, děkuji přednostně mé vedoucí, paní Ing. Janě Moravcové, Ph.D. za věcné rady, pomoc při shánění materiálů a za odpovězení každé otázky která jí byla mnou položena.

Dále bych rád poděkoval mé rodině, která mi při psaní pomáhala, motivovala mě a radila, když jsem si nevěděl rady.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá přípravou podkladů pro modelaci odtoku a odnosu látek v prostředí SWAT. Obsahuje literární rešerši pojednávající o základech modelu SWAT, jeho vývoji, předností a nedokonalostí. Probírá různé možnosti modelace v tomto prostředí a jeho základní dělení. Dále popisuje nutná vstupní data, jejich typy a náležitosti, bez kterých by modelace nemohla proběhnout. Pro svůj úkol jsem si vybral povodí Jenínského potoka umístěného u obce Jenín vzdálené cca tři kilometry východně od obce Rožmberk nad Vltavou. Díky možnostem internetu jsem měl tuto práci zjednodušenou a hledání kvalitních, dobře dostupných podkladů bylo snažší.

Klíčová slova

SWAT, odtok, odnos látek, eroze, Jenínský potok

Abstract

This bachelor thesis is dealing with preparation bases for modelation draining and carrying materials in SWAT model. Thesis includes literature search about basis of SWAT model, SWAT development, preferences and imprefections of this model. It's also going over various modelations and general division. Further describes necessary input data, their types and requirements without which would be impossible to complete this task. I've chosen Jenín stream basin located near village Jenín which is approximately three kilometers eastwards from Rožmberk upon Vltava . Thanks to the possibilities of todays internet my work was simplified and looking for quality, well available bases was easier.

Key words

SWAT, drain, carrying materials, erosion, Jenín stream

OBSAH

1. Úvod 1
2. Literární rešerše 2
2.1 Co je SWAT 2
2.1.1 Vývoj prostředí SWAT 3
2.1.2 Přehled prostředí SWAT 7
2.1.2.1 Zemní část vodního cyklu 9
2.1.2.2 Sledovací část vodního cyklu 10
2.1.2.2.1 Sledování v tekoucí vodě 11
2.1.2.2.2 Sledování ve stojaté vodě 12
2.2 Vstupní údaje 14
2.2.1 Digitální model terénu - DMT 14
2.2.1.1 Metoda vrstevnic 15
2.2.1.2 Metoda barevné hypsometrie 15
2.2.1.3 Metoda stínovaného reliéfu 16
2.2.1.4 Metoda vertikálních řezů 17
2.2.1.5 Pokročilé metody vizualizace 17
2.2.2 Land use a land cover 18
2.2.2.1 Corine Land Cover - CLC 18
2.2.2.2 ZABAGED 20
2.2.3 Půdní mapy 21
2.2.4 Údaje o počasí a další data 22
3. Podklady pro Jenínský potok 23
3.1. Digitální model terénu - DMT 23
3.1.1. Příprava dat 23
3.1.2. Výsledná data 26

3.2. Půdní data……27
3.2.1 Příprava dat 27
3.2.2 Výsledná data 29
3.3. Mapy Land use…… 32
3.3.1. Příprava dat 32
3.3.2. Výsledná data 33
3.4. Meteorologická a ostatní data 34
3.4.1. Příprava dat 34
3.4.1.1 Meteorologická data 34
3.4.1.2 Denní srážky 35
3.4.1.3 Denní teploty 35
3.4.1.4 Denní průtoky 36
3.4.1.5 Parametry vodních nádrží 36
3.4.1.6 Parametry managmentu krajiny 37
3.4.1.7 Chemické údaje půd 38
3.4.2. Výsledná data 38
4. Závěr…… 42
5. Literatura……. 43
6. Seznam obrázků……. 45
7. Seznam tabulek……. 46
8. Seznam zkratek……. 47

1. Úvod

Vývoj krajiny vždy lidi zajímal. Ať se jednalo o prvotní formování krajiny, tak o začátky zemědělství, či pozdější industrializaci a postupnou degradaci krajiny. V posledních několika letech došlo ke zničení krajiny v důsledku nezájmu a ignorace lidí. Jakožto student pozemkových úprav jsem měl možnost podívat se, jak se lidi starají o vlastní pole, jaká je realita pozemkových úprav a jak často stačí málo, aby se vyskytla povodeň a vše smetla.

Program SWAT byl původně navržen, aby zjišťoval dopad lidí na krajinu v průběhu několika desítek let. Je zajímavé pozorovat, kolik tun zeminy je ročně odplaveno z polí a jak málo by stačilo aby tomu bylo zabráněno. Tuto bakalářskou práci jsem si vybral jak z hlediska oblíbenosti programu GIS ve kterém se zdrojová data zpracovávají, ale také ze zájmu pozorování síly vodních toků, vlivu využití půdy na celkovou erozi a zájmu o budoucí stav naší země.

Pro modelaci jsem si vybral povodí Jenínského potoka a doufám, že na tuto práci budu moci navázat i v budoucnu.

2. Literární rešerše

2.1 Co je prostředí SWAT

SWAT je anglická zkratka pro Soil and Water Assessment Tool. Překlad této zkratky znamená „Nástroj pro posouzení půdy a vody.“ SWAT model byl vyvinut Dr. Jeffem Arnoldem pro USDA - ARS (United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service). Model měl předpovídat dopad obhospodařování země na vodní toky, usazeniny a zemědělská pole v měřítku celých povodí v delším časovém úseku.

Abychom tohoto cíle mohli dosáhnout, potřebujeme dodržet několik pravidel.

a) SWAT je fyzikálně založený model. Raději, než začleňovat složité zpětné rovnice které popisují vztah mezi vstupními a výstupními proměnnými, požaduje model SWAT precizní informace ohledně počasí, půdy, topografie, vegetace a způsobu obhospodořování půdy v zájmovém povodí. Fyzikální procesy spojené s pohybem vody, pohybem usazenin, růstu rostlin atd, jsou poté přímo modelovány ze vstupních dat, zadaných uživatelem.
b) Používání snadno dostupných dat. Jelikož může být SWAT model použit ke studování více specializovaných procesů, jako třeba transportu bakterií, je doporučováno používat běžně dostupná data od vládních institucí.
c) Modelování velkých ploch či povodí je výpočetně velice složité. Tyto modelace nemůžou být prováděny bez řádné dotace času.
d) Zpřístupnit zjištěné dopady dalším uživatelům. Některé problémy, jako například znečištění řek, či postupný nárůst zdrojů znečištění se projeví až během několika desetiletí.

SWAT můžeme zařadit mezi semidistribuované modely se dvěma základními úrovněmi prostorového členění. Území je rozděleno na dílčí povodí, která jsou dále členěna na hydrologické jednotky (HRU) s relativně homogenními půdními a vegetačními charakteristikami. Doporučovaný časový krok výpočtu je 1 den.

Tento model je tedy využit v širším časovém horizontu. Není primárně určen ke zkoumání jedné záplavy, ale celkového dopadu během několika let. (Neitsch et al., 2005)

2.1.1 Vývoj prostředí SWAT

SWAT obsahuje několik ARS modelů a je to přímý nástupce SWRRB (Simulator for Water Resources in Rural Basins) v případě SWRBB se jedná o kontinuální model který byl vyvinut k simulaci zdrojů vody v povodí. (Williams et al., 1985; Arnold et al., 1990).

Další modely které výrazně přispěly k vývoji SWAT byly modely:

CREAMS (Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Managed Systems)

Odpověď na federální zákon zakazující znečištění vod v USA sestavem ARS začátkem šedesátých let. Sestavil ho tým vědců z celé Ameriky, aby vyvynuli plošný, simulační model. Z tohoto úsilí vznikl model CREAMS. Je to tedy model určený pro simulaci dopadu zemědělského obhospodařování na vodu, usazeniny, nutrienty, pesticidy opouštějící hranice polí apod. Všechny ostatní ARS modely jako GLEAMS, EPIC, SWRRB a AGNPS nacházejí své počátky právě v tomto modelu. (Knisel, 1980)

GLEAMS (Groundwater Loading Effects on Agricultural Managment Systems)

Plošný zdrojový model soustředící se na pesticidy a nutrienty hromadící se v podzemní vodě. (Leonard et al., 1987)

EPIC (Erosion - Productivity Impact Calculator)

Původně navržen k simulaci dopadu eroze na produkci rostlin. Nyní se vyvinul v komplexní zemědělské řízení. (Williams et al., 1984)

Vývoj SWRRB začal modifikací denního srážkového modelu z CREAMS. Hlavní změny tvořily:

a) Rozšíření modelu z hlediska schopnosti průběžných výpočtů na několika podpovodích k předpovědi nárůstu vody v povodí.

b) Přidání složky zpětného průtoku do podpovrchové vody.
c) Přidání retenčního obsahu nádrží k výpočtu efektu farmářských rybníků na celkové povodí a nárůst usazenin.
d) Přidání simulačního modelu počasí obsahující data pro srážky, sluneční záření a teplotu k usnadnění dlouhotrvajících simulací.
e) Vylepšena metoda předpovědi maximálního odtoku
f) Přidání růstového modelu rostlin z modelu EPIC z důvodu roční změny v produkci rostlin
g) Přidání snadného sledování povodní
h) Přidání složky transportu usazenin k simulaci pohybu usazenin skrz rybníky, nádrže, kanály a údolí
i) Začlenění výpočtu ztrát materiálu v průběhu přenosu

Hlavním cílem modelu užitých koncem osmdesátých let bylo posouzení kvality vody a vývoj SWRRB modelu.

Viditelné změny v SWRRB modelu tvořili:
a) Osud složky pesticidů užitých v GLEAMS
b) Možné užití SCS technologie k určení maximálního průtoku
c) Nově vyvinuté rovnice pro výpočet nárůstu usazenin
(Neitsch et al., 2005)

Koncem osmdesátých let potřeboval úřad pro indiánské záležitosti (BIA) model k odhadnutí dopadu správy nádrží v rezervacích na osady umístěné po proudu. SWRRB model byl určen k simulaci těchto dopadů v povodích řádu stovek kilometrů čtverečních. BIA ale také chtělo simulovat říční tok v povodích přes několik tisíc kilometrů čtverečních.

Pro takto rozlehlé povodí bylo potřeba, aby bylo rozděleno na několik menších podpovodí. Dělení povodí bylo v SWRRB modelu limitováno na deset podpovodí a model sledoval tok vody a odnos látek až po uzávěr každého podpovodí. Tato limitace vedla k vývoji nového modelu zvaného ROTO (Routing Outputs To Outlet) (Arnold et al., 1995) který vzal hodnoty vypočtené modelem SWRRB ze všech podpovodí a sloučil je do jednoho.

ROTO tedy překonal limity SWRRB modelu tím, že spojil výpočty ze všech podpovodí do sebe. Ačkoliv bylo toto spojení efektivní, počet vstupů a výstupů do SWRRB modelu byl tak velký, že potřeboval obrovský výpočetní prostor. Další věcí bylo to, že SWRRB výpočty musely být prováděny nezávisle a až poté spojeny v modelu ROTO. K překonání nesnází a podivnosti tohoto postupu, došlo ke sloučení modelu SWRRB a ROTO do modelu SWAT. Jelikož byl model SWAT vyvinut již v počátcích devadesátých let, došlo k dnešní době k několika velkým opravám a rozšířením schopností.

Výčet těch nejdůležitějších je zde:
a) SWAT94.2 : Začlenění hydrologických jednotek (HRU)

b) SWAT96.2 : Přidání možnosti automatického hnojení a zavlažování; začlenění obsahu vody v oblacích; přidána složka CO_2 do výpočtu růstu rostlin a vlivu na atmosféru; začlenění Penman-Monteith rovnice pro výpočet evapotranspirace; začlenění laterálního průtoku do výpočtu pohybové složky; přidány rovnice pro výpočet kvality vody z pohledu nutrientů z modelu QUAL2E; sledování pesticidů v řekách

c) SWAT98.1 : Vylepšeno počítání tání sněhu; zlepšení výpočtu kvality vody; rozšíření možností procedur oběhu nutrientů; přidání pastvy, hnojení a drenáže jakožto systému řízení; upravení modelu pro užití na jižní polokouli

d) SWAT99.2 : Vylepšení procedur oběhu nutrientů; vylepšení procedur výpočtu rýžových polí a mokřadů; přidání možnosti odstranění nutrientů z nádrží, rybníků a mokřad pomocí pročištění; přidání možnosti uložení vody v mělčinách; přidání sledování kovů skrze tok; změna formátu roku z dvoučíselného na čtyřčíselný; přidání rovnic pro výpočet výstavby a vymývání v zastavěných oblastech z SWMM (Storm Water Management Model) společně se zpětnými rovnicemi z USGS

e) SWAT2000 : Přidání procedur transportu bakterií; přidání Green & Ampt výpočtu infiltrace; vylepšení generátoru počasí; povolení generování denního svitu, relativní vlhkosti a rychlosti větru, nebo zadání vlastních hodnot; povolení teoretických evapotranspiračních (ET) hodnot pro povodí s možností zadání vlastních hodnot, nebo výpočtu těchto hodnot; všechny teoretické ET metody překontrolovány; vylepšení procesů výpočtu výšek; povolení simulace nekonečného množství nádrží; vylepšení výpočtu vegetačního klidu v tropických oblastech

f) SWAT2005 : Vylepšení procedur transportu bakterií; přidání možnosti předpovědi počasí; přidán generátor denních srážek; retenční parametr použit pro výpočet denních CN křivek může být funkcí obsahu vody v půdě, nebo rostlinné evapotranspirace

(Neitsch et al., 2005)

Snaha o odstranění nedostatků v modelovém algoritmu a lepší přizpůsobení místním podmínkám vedla k vytvoření několika upravených verzí modelu SWAT.

K nejvýznamnějším modifikacím patří SWAT-G (Eckhardt a kol., 2002) a SWIM (Soil and Water Integrated Model) (Krysanova a kol., 2005a). Model SWAT-G je přizpůsoben pro zalesněná podhorská povodí ve středním Německu, kde je dominantní složkou odtoku hypodermický odtok a tzv. nasycený (nehortonský) povrchový odtok. Úprava spočívala v zavedení tzv. horizontální hydraulické vodivosti, která vlivem preferenčních půdních pórů (makropórů) několikanásobně převyšuje vertikální hydraulickou vodivost zjištěnou rozborem půdních vzorků v laboratoři. To vede ve srovnání s původní verzí SWAT k několikanásobnému zvýšení vypočteného objemu hypodermického odtoku.

Rozsáhlou modifikací modelu SWAT vznikl i model SWIM, vytvořený v Institutu pro výzkum klimatu (PIK) v Postupimi. SWIM obsahuje submodel cyklu uhlíku, umožňuje simulaci fotosyntézy a růstu vegetace při zvýšené koncentraci CO_2 v atmosféře.

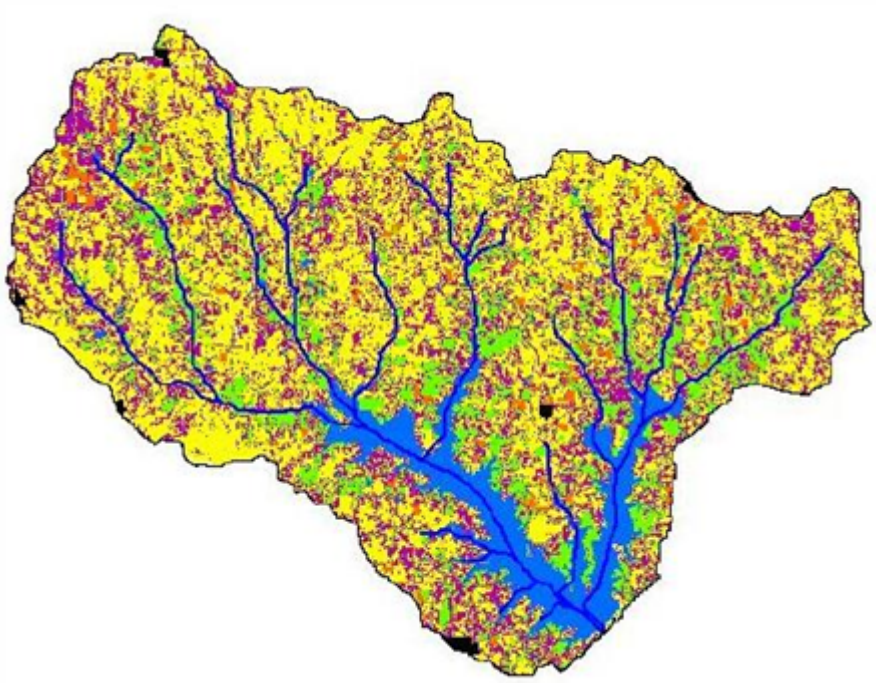
Další přidaným doplňkem je modul pro simulaci lužních lesů, mokřadních společenstev a břehových porostů. Částečně upraven byl i algoritmus pro výpočet mělkého podpovrchového odtoku. Krysanova a kol. (2005b) provedla rozsáhlou verifikaci modelu SWIM v německém povodí Labe. Zjistila, že model dává i pro velké území s velmi rozdílnými geografickými podmínkami realistické výsledky. Vypočtené a měřené průtoky se nejlépe shodovaly v horských povodích s vysokými úhrny srážek, nejmenší shoda byla dosažena v suchých oblastech pahorkatin na sprašovém pokryvu. Autorka doporučuje při verifikaci hodnotit nejen úspěšnost předpovědi výstupních veličin (průtok, plaveniny, živiny), ale i další měřitelné veličiny (půdní vlhkost, hladina podzemní vody, vodní hodnota sněhu, výnosy zemědělských plodin).

Většina autorů se shoduje, že hlavní výhodou modelu SWAT je snadná dostupnost (model je nekomerční s otevřeným zdrojovým kódem), kvalitní dokumentace, propojení se systémem GIS a velká rychlost výpočtu. Naopak za nevýhodu je považován značný počet

vstupních parametrů, které vyžadují kalibraci a při chybném zadání mohou vést k nesprávným výsledkům. Určitou nevýhodou může být i použitý přístup k prostorovému členění povodí, který nezohledňuje vliv vzájemné polohy zemědělských pozemků na odtok a erozní procesy.

2.1.2 Přehled prostředí SWAT

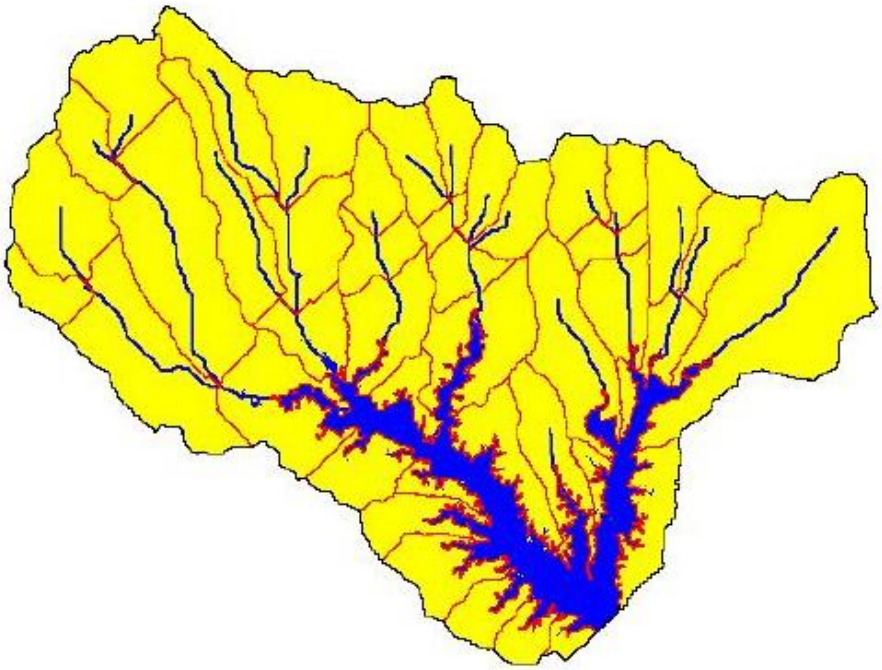
SWAT umožňuje modelaci několika fyzikálních procesů odehrávajících se v povodí. V zásadě se celá modelace dělí na dvě části. Na zemní část a sledovací část vodního cyklu.



Obr. 1: Povodí Lake Fork v severo-východním Texasu zorazující využití půdy a říční síť. (Neitsch et al., 2005)

Pro potřeby modelování odtoku a odnosu látek můžeme povodí rozdělit na několik podpovodí a později pracovat s nimi. Užití podpovodí jsou v simulacích užitečnou věcí, pokud jsou různé části povodí tak půdně rozdílné, že by ovlivnily vodní koloběh. Pokud tyto oblasti od sebe oddělíme, dostaneme neovlivněná data a budeme moci zacházet

s každou oblastí jinak. Na následujícím obrázku je k vidění možné rozdělení povodí Lake Fort.



Obr. 2: Rozdělení povodí Lake Fort na podpovodí. (Neitsch et al., 2005)

Vstupní informace pro každé podpovodí je kategorizováno do následujících skupin:

a) klima

b) hydrologická jednotka

c) rybník/mokřada

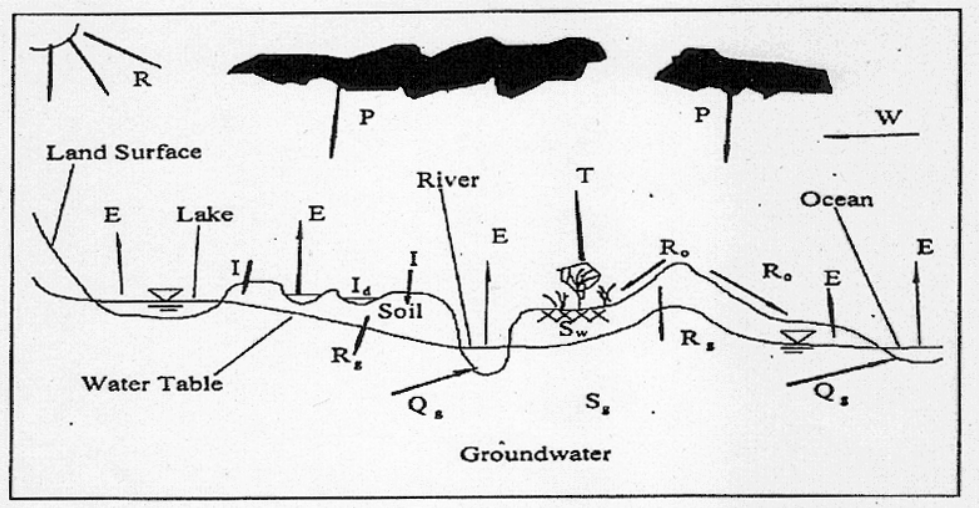
d) podzemní voda

e) hlavní tok odvádějící vodu z podpovodí.

Bez ohledu na problém který v prostředí SWAT řešíme, je vodní bilance řídící sílou všeho, co v povodí stane. Abychom přesně určili pohyb pesticidů, usazenin, nebo nutrientů musí vodní cyklus simulovaný v modelu přesně odpovídat tomu skutečnému, který se děje v povodí. Simulace hydrologie v povodí je rozdělena na dvě hlavní části.

První je zemní část vodního cyklu a druhá část je sledovací část vodního cyklu.

2.1.2.1 Zemní část vodního cyklu



Obr. 3: Oběh vody v přírodě (Serrano, 1997)

R – sluneční záření

E – evaporace

T – transpirace

W – rychlost větru

P – srážky

I_n – intercepce

I – infiltrace

S_w – půdní vlhkost

Q_s – podpovrchový odtok

R_g – odtok do saturované zóny

S_g – rezervoár podzemní vody

Q_g – odtok podzemní vody do řek, jezer a oceánů

Hydrologický cyklus simulovaný ve SWATu je založen na vodní bilanční rovnici.

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^{t} \left(R_{day} - Q_{surf} - E_a - w_{seep} - Q_{gw}\right)$$

Kde je SW_t celkový obsah vody v půdě [mm], SW_0 počáteční stav vody v půdě ve dnu i [mm], t čas ve dnech, R_{day} množství srážek za den i[mm], Q_{surf} množství povrchového odtoku dne i[mm], E_a množství výparu dne i[mm], w_{seep} množšství vody vstupující do nenasycené zony [mm] a Q_{gw} množství zpětného toku ze závlahové vody[mm].

(Neitsch et al., 2005)

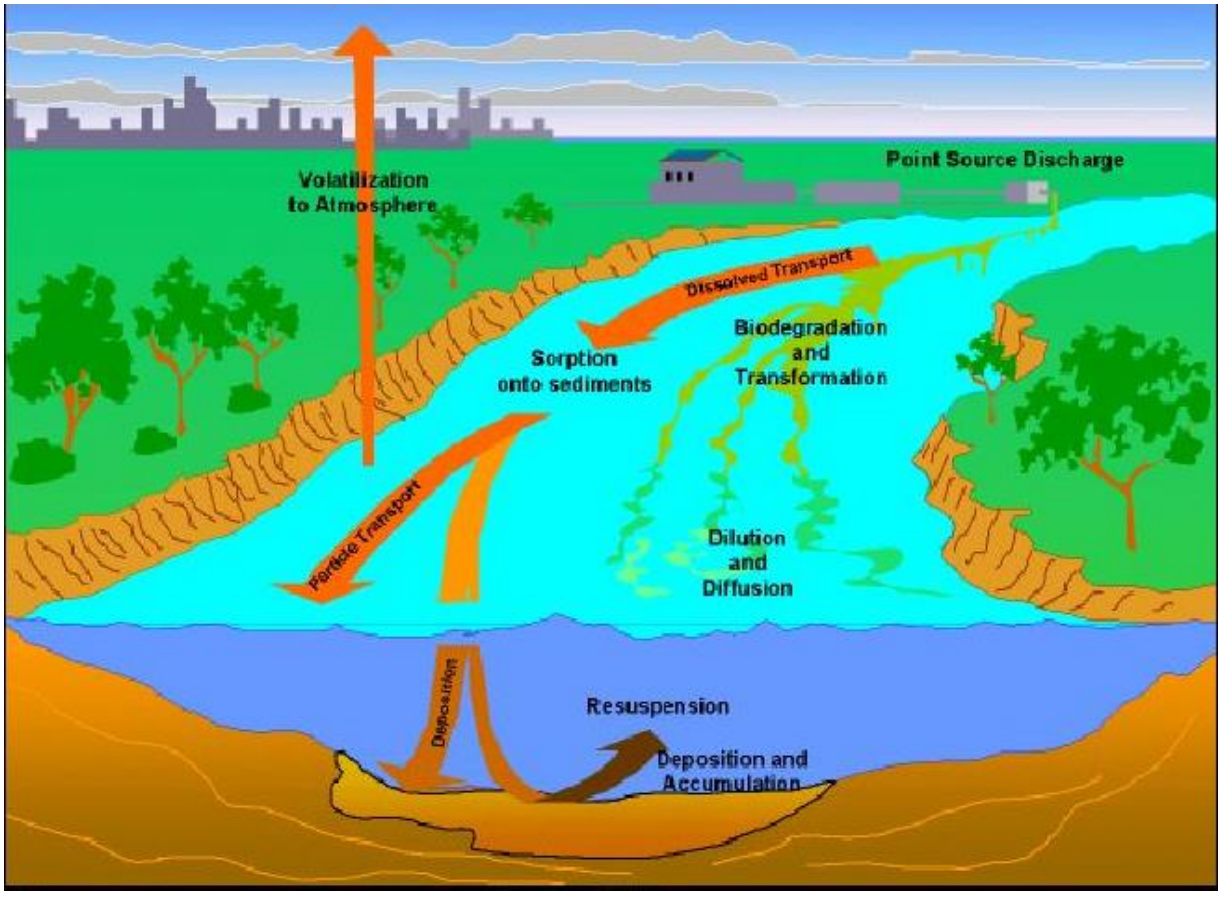
Rozdělení povodí na subpovodí povolí modelu zobrazit rozdílnosti ve výparu podle různých druhů rostlin a půd. Odtok je vypočítáván zvláště pro každou HRU jednotku a sledován k celkovému odtoku z povodí. To dává možnost zvýšení přesnosti a mnohem lepšího popisu fyzikálních procesů vodní bilance.

Jak již bylo na úvodu objasněno, model SWAT je velmi závislý na kvalitě, přesnosti a rozsahu vstupních dat. Tyto údaje budou probrány v kapitole 2.2. – Vstupní údaje.

2.1.2.2 Sledovací část vodního cyklu

Jakmile SWAT vypočte objem vody, nánosů, nutrientů a pesticidů směřujících do hlavního toku, je tato nálož sledována skrz říční síť až k uzávěru pomocí nástroje podobnému nástroji HYMO (Hydrologic Modeling) . (Williams a Hann, 1972)

Aby bylo sledování odnosu skrze povodí jednodušší, SWAT modeluje transformaci chemikálií do toku a koryta. Na následujícím obrázku je tato transformace zobrazena.



Obr. 4: Procesy uvnitř toku modelovány ve SWAT (Neitsch et al., 2005)

Jakmile vstoupí dusík do toku, rozdělí jej model SWAT na čtyři části:

a) Organický dusík N

b) Amoniakální dusík NH_4-N

c) Dusitanový dusík NO_2 – N

d) Dusičnanový dusík NO_3 – N.

SWAT model simuluje změny v dusíku, které ústí v pohyb dusíku mezi jednotlivými částmi. Algoritmus užitý k popisu těchto změn byl vylepšen z modelu QUAL2E vývojáři prostředí SWAT. (Neitsch et al., 2001a)

2.1.2.2.1 Sledování v tekoucí vodě

Sledování v hlavním toku může být rozděleno na tyto čtyři části:

a) Voda
b) Sedimenty
c) Nutrienty
d) Organické látky

Voda:

Jak voda protéká hlavním tokem, přichází o svojí část díky evapotranspiraci a vybřežením toku. Další potencionální ztrátou je čerpání vody pro zemědělské účely, či pro potřebu lidí. Záplava může být způsobována přívalovým deštěm přímo do toku, nebo/a přídavkem vody z neplošných zdrojů vody. Voda je tedy v korytě sledována pomocí metody proměnného úložného koeficientu vyvinutým Williamsem (1969), nebo pomocí tzv. Muskingum routing method.

Sedimenty:

Transport sedimentů v toku je kontrolován souběhem dvou procesů, depozice a degradace. Předchozí verze SWAT používala sílu toku k určení přibližné depozice a degradace v toku. (Arnold et al, 1995). Bagnold (1977) definoval sílu toku jako produkt hustoty vody, průtoku a sklonu toku. Williams (1980) použil Bagnoldovu definici síly toku k vyvinutí metody určení degradace jako funkce sklonu toku a rychlosti proudění. V této verzi SWATu byly rovnice zjednodušeny a maximální množství sedimentů, které mohou být z určité části povodí odvedeny jsou funkcí maximální rychlosti toku. Dostupná síla toku je

použita k znovuzadání ztráty a uloženého materiálu dokud nebude veškerý materiál odplaven.

Nutrienty:

Transformace nutrientů v toku je kontrolována pomocí hodnotící komponenty kvality toku přímo v modelu. Modely užité ve SWATu ke sledování nutrientů jsou vyvinuty z QUAL2E (Brown a Barnwell, 1987). Model sleduje nutrienty sloučené s vodním tokem a nutrienty absorbované do sedimentů. Nutrienty unášené s tokem jsou transportovány dále , oproti tomu nutrienty absorbované do sedimentů jsou uloženy na dně toku.

Organické látky:

I když může být nespočetné množství pesticidů aplikováno do HRU jednotek, sleduje je model SWAT pouze jako jeden ucelený prvek. To vše kvůli množství simulovaných procesů. Tak jako nutrienty, je celkové množství pesticidů v toku rozděleno na část sloučenou s tokem a na část absorbovanou do sedimentů. Část sloučená s tokem pokračuje dále , část spojená se sedimentem je závislá na transportu sedimentů a jejich uložení na dno toku.

2.1.2.2.2 Sledování ve stojaté vodě

Vodní bilance pro nádrže obsahuje:

a) Přítok
b) Odtok
c) Srážky
d) Evaporaci
e) Průsak skrze dno nádrže
f) Odvod vody

Odtok:

Model nabízí tři možné způsoby pro určení odtoku. První umožňuje uživateli vložit změřený odtok. Druhá možnost pro malé a nekontrolované nádrže požaduje po uživateli specifikovat hodnotu pro upouštění vody. Pokud je dosažena maximální kapacita nádrže, je

přebytečná voda upouštěna na libovolnou hodnotu určenou uživatelem. Tuto hodnotu zadáváme. Třetí možnost je pro velké a kontrolované nádrže. Zde uživatel zadává mesíční objemy nádrží.

Sedimenty:

Vstup sedimentů může být způsoben buď přítokem sedimentů z výše umístěných toků, nebo ze smyvu půdy z povrchu. Koncentrace sedimentů v nádrži je určená rovnicí založenou na množství a koncetraci sedimentů v přítoku, odtoku a vodě zadržované v nádrži. Usazování sedimentů v nádrži je dáno koncentrací sedimentů a velikostí usazenin. Množství sedimentů v odtoku je produktem množství vody odtékající pryč a množstvím usazenin v době odtoku.

Nutrienty:

Jednoduchý model pro mnošství dusíku a fosforu byl převzat od Chapry (1997). Model předpokládá: 1) smíšený obsah nádrže, 2) fosfor je omezující nutrient a 3) celkový obsah fosforu je odměřen trofickým stavem nádrže. První předpoklad ignoruje rozčlenění a intenzivní umístění fytoplanktonu ve nejvrchnější části nádrže. Druhý předpoklad je obecně platný pokud převládají nebodové zdroje toku a třetí předpoklad naznačuje vztahy mezi fosforem a biomasou. Rovnice pro výpočet fosforu obsahuje koncentraci v nádržích, přítocích, odtocích a celkovou míru ztráty.

Pesticidy:

Model bilance pesticidů je také převzat od Chapry (1997) a předpokládá dobře promíchané podmínky. Systém je rozdělen do smíšených vodních vrstvev, pod kterými se nachází promíchaná vrstva nánosů. Pesticidy jsou rozděleny do sloučených a částicových fází jak vodních, tak nánosových vrstev.

2.2 Vstupní údaje

Hlavními vstupními údaji pro modelování v prostředí SWAT jsou:

1) Digitální Model Terénu - DMT
2) Mapy land use a land cover – využití půdy a pokrytí půdy
3) Půdní mapy
4) Údaje o počasí – srážky a teploty

2.2.1 Digitální model terénu - DMT

Digitální model terénu je dle terminologického slovníku zeměměřičství a katastru nemovitostí (ČÚZK, 2004) definován jako: „Digitální reprezentace reliéfu zemského povrchu v paměti počítače, složená z dat a interpolačního algoritmu, který umožňuje mj. odvozovat výšky mezilehlých bodů“. Obdobně jej definuje i např. Voženílek a kol. (2001), Wood (1996) či Šíma (2002).

Vlastní metody vizualizace DMT v zásadě závisí na tom, zda budou objekty zobrazovány ve 2D nebo 2,5D (popř. 3D).

Podle dimenze se v modelování rozlišují:

a) 2D objekty - jedná se o rovninnou grafiku
b) 2,5D objekty - představují přechod od 2D k 3D objektům. Jsou to v podstatě 2D objekty, které mají v bodech (x,y) definovaný třetí rozměr (souřadnici z) jako atribut
c) 3D objekty - lze je považovat za plnohodnotná tělesa, což znamená, že ke každému bodu (x,y) existuje množina souřadnic (z)
d) 4D objekty - k 3D objektům je přidán další rozměr kterým je čas

(Šváb, 2005) a (Voženílek, 2001)

Mezi základní metody pro 2D i 2,5D lze zařadit metodu vrstevnic, barevné hypsometrie, stínovaného reliéfu, pro 2,5D navíc sítě vertikálních řezů. Dále lze využít i tzv. pokročilých metod vizualizace, které jsou však běžnější spíše v 3D počítačové grafice.

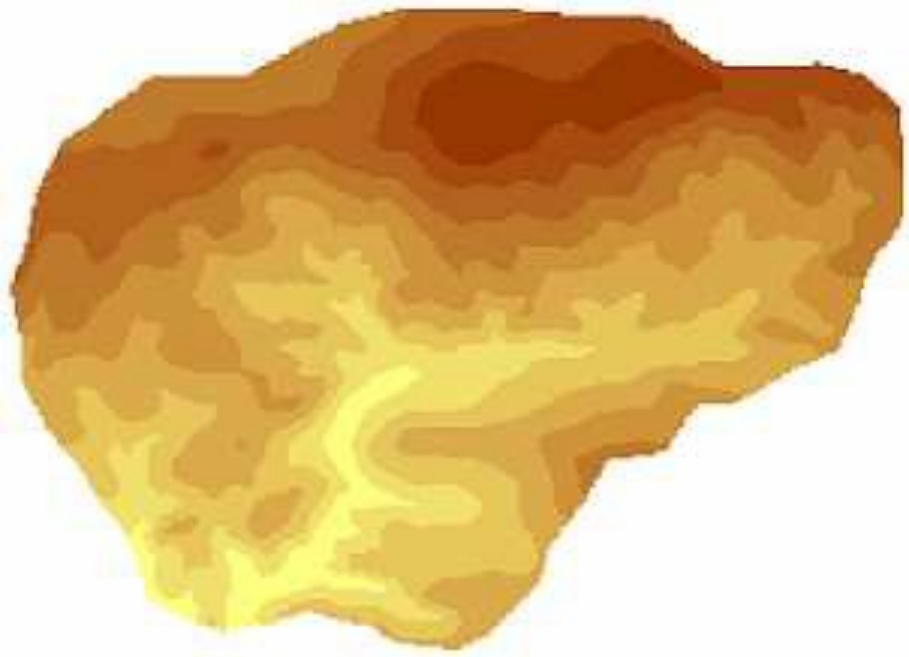
2.2.1.1 Metoda vrstevnic

Pro vizualizaci DMT metodou vrstevnic mohou být použity vrstevnice vygenerované z gridu - rastrová struktura pro uložení terénních dat, kde je povrch vyjádřen pravidelnou maticí buněk, kde je pro každou buňku uložena jedna hodnota, která se vztahuje ke středu buňky i TIN - forma výškového modelu, která je založena na nepravidelné trojúhelníkové síti (angl. Triangulated Irregular Network) s vrcholy ve vstupních bodech. Povrch je konstruován použitím Delauneyho triangulace či vrstevnice získané digitalizací topografických map. (Voženílek, 2001)

Obr. 5: Vizualizace DMT metodou vrstevnic (Kadlčíková, 2007)

2.2.1.2 Metoda barevné hypsometrie

Při vizualizaci pomocí barevné hypsometrie dochází k přiřazení barevného tónu jednotlivým pixlům spadajícím do zvolených intervalů - výškových stupňů. Hranice intervalů by měly odpovídat některé ze standardních stupnic. Nejčastěji se používá následující stupnice narůstající geometrickou řadou, neboť nejlépe odpovídá rozložení hodnot nadmořských výšek na zemském povrchu: 0 - (50) - 100 - 200 – 500 - 1000 - 2000 - 4000 m n. m. Hypsometrická stupnice barevných tónů a odstínů nejčastěji odpovídá následující řadě: modrozelená - zelená - zelenožlutá - žlutá - žlutohnědá - oranžovohnědá - hnědá - hnědočervená , kdy se dodržuje použití odstínů zelené barvy pouze do 200 m n. m. Lze však vyoužít i jiné (spojité) stupnice barev či odstíny jedné barvy. (Voženílek, 1999).



Obr. 6: Vizualizace DMT metodou hypsometrie (Kadlčíková, 2007)

2.2.1.3 Metoda stínovaného reliéfu

Metoda stínovaného reliéfu přiřazuje nejsvětlejší odstíny pixelům, jejichž normála svírá nejmenší úhel se směrem potencionálně dopadajících slunečních paprsků a naopak.

Obr. 7: Vizualizace DMT metodou stínovaného reliéfu (Kadlčíková, 2007)

2.2.1.4 Metoda vertikálních řezů

Poslední základní metoda vychází ze dvou na sebe kolmých systémů vertikálních řezů. (Rapant, 2005)

Obr. 8: Vizualizace DMT metodou vertikálních řezů (Kadlčíková, 2007)

2.2.1.5 Pokročilé metody vizualizace

Pro reálnější vizualizaci objektů lze použít i tzv. pokročilé metody, které se primárně využívají spíše v grafice počítačových her než pro vizualizaci digitálních modelů reliéfu. Pokud je však cílem "pouze" co nejrealističtěji vizualizovat DMT (i mimo prostředí geoinformačních systémů) a nepoužívat jej již pro další výpočty, lze si vybrat některé z poměrně výkonných nástrojů 3D počítačové grafiky.

Obr. 9: Vizualizace DMT metodou pokročilé vizualizace tzv. bump mapping (www.mathematica-users.org)

2.2.2 Land use a land cover

V dnešní době vyvinutých informačních technologií, GISových dat a možnosti poskytování dat po internetu připadá jako nejlepší možnost užití CLC (Corine land cover) a/nebo dat z projektu ZABAGED (Základní báze geografických dat).

2.2.2.1 Corine Land Cover – CLC

Dne 27.6. 1985 odsouhlasila Evropská komise program CORINE (Coordination of information on the environment). Cílem byl sběr, koordinace a zajištění kvalitních informací o životním prostředí a přírodních zdrojích, které jsou srovnatelné v rámci Evropského společenství.

Program má několik částí: Land Cover (krajinný pokryv), Biotopes (biotopy) a Air(ovzduší). Databázi tvoří polygony vzniklé interpretací družicových snímků na snímaných v příslušném referenčním roce. Výstupem jsou mapy vegetačního pokryvu v měřítku 1:100 000, rozděleného do 44 tříd. Mapy vyjadřují rozložení krajinného pokryvu v daném roce. A také jsou tvořeny změnové databáze, které vyjadřují přírůstky a úbytky ploch jednotlivých tříd mezi dvěma referenčními lety.

Zjištěné informace slouží k lepší informovanosti o využívání krajiny a jsou podkladem při řešení dalších vědeckých projektů a různých problémů při rozhodování o krajině. Zatím byly vytvořeny databáze pro rok 1990, 2000 a 2006 a změnové databáze, které vyjadřuje přírůstky a úbytky ploch jednotlivých tříd mezi roky 1990 a 2000 a mezi lety 2000 a 2006. (www.cenia.cz)

CLC90:

Cílem projektu CORINE Land Cover bylo vytvořit databázi krajinného pokryvu na základě jednotné metodiky. Tehdejší Československo vstoupilo do projektu mezi prvními státy a od roku 1991 rozběhlo pilotní studii o vhodnosti nomenklatury a metodologie. V září 1993 začaly práce na vektorové databázi, které vyústily v roce 1996 ve 2 oddělené databáze pro každou republiku, zpracované firmou Gisat. Databáze byla vytvořena interpretací snímků družice LANDSAT na snímaných mezi roky 1986 – 1995. Výstupem byla mapa vegetačního pokryvu v měřítku 1:100 000, rozděleného do 44 tříd. (www.cenia.cz)

CLC2000:

Po vytvoření Evropské agentury životního prostřední (EEA) přešla odpovědnost za CORINE do jejích pravomocí. CLC představuje důležitou databázi pro ucelené zhodnocení stavu životního prostředí. Slouží pro prostorové a místní analýzy na různých úrovních. Potřeba aktualizace byla vyjádřena na evropské i národní úrovni, a proto v roce 1999 začala EEA spolupracovat s JRC (Joint Research Center) Evropské komise na aktualizaci databáze CLC - projekty IMAGE2000 a CLC2000 (I&CLC2000).

Projekt IMAGE2000 představoval databázi satelitních snímků území Evropy z družice Landsat s prostorovým rozlišením 25 m, která tvořila výchozí materiál pro aktualizaci databáze CLC a identifikování změn (změnovou databázi), jež nastaly během uplynulých let. Minimální jednotka pro inventarizaci byla 25 ha, minimální šíře 100 m. Identifikovaly se pouze plošné objekty (polygony).

Jako změnová plocha byla identifikována pouze souvislá plocha o minimální velikosti 5 ha. Důležitou součástí byla korekce databáze CLC90, neboť v ní bylo zjištěno mnoho chyb. V případě CLC2000 byla použita stejná nomenklatura jako u CLC90. Základní hierarchie tříd má 3 úrovně:

Úroveň 1 – Pro měřítka menší než 1:1 000 000; obsahuje 5 tříd
Úroveň 2 – Pro měřítka 1:500 000 až 1:1 000 000; obsahuje 15 tříd
Úroveň 3 – Pro měřítko 1:100 000; obsahuje 44 tříd
(www.cenia.cz)

CLC2006:

V roce 2006 se projekt CORINE Land Cover stal součástí evropského projektu GMES (Global Monitoring for Environment and Security). V rámci jedné části projektu – GMES Fast Track Service on Land Monitoring a ve spolupráci s MŽP, proběhla aktualizace databáze CORINE k referenčnímu roku 2006. Výsledná databáze pokryvu CLC2006 a změnová databáze mezi lety 2000 a 2006 jsou již k dispozici. (www.cenia.cz)

2.2.2.2 ZABAGED

ZABAGED je digitální geografický model území České republiky, který svou přesností a podrobností zobrazení geografické reality odpovídá přesnosti a podrobnosti Základní mapy České republiky v měřítku 1:10 000 (ZM 10). Obsah ZABAGED tvoří 106 typů geografických objektů zobrazených v databázi vektorovým polohopisem a příslušnými popisnými a kvalitativními atributy.

ZABAGED obsahuje informace o sídlech, komunikacích, rozvodných sítích a produktovodech, vodstvu, územních jednotkách a chráněných územích, vegetaci a povrchu a prvcích terénního reliéfu. Součástí ZABAGED jsou i vybrané údaje o geodetických, výškových a tíhových bodech na území České republiky a výškopis reprezentovaný prostorovým 3D souborem vrstevnic.

Prvotní naplnění ZABAGED zahájil Zeměměřický úřad již v roce 1995 vektorovou digitalizací tiskových podkladů ZM 10. Tato základní digitalizace byla s výjimkou zástavby sídel dokončena v roce 2001. V období do konce 1. čtvrtletí roku 2004 byla ZABAGED doplněna o geografické objekty zástavby sídel, do databáze byly přidány další popisné a kvalitativní atributy včetně vybraných druhů identifikátorů a jednotlivé ukládací jednotky v kladu ZM 10 byly spojeny do „bezešvé“ databáze.

Současně od roku 2001 probíhala první celoplošná aktualizace ZABAGED s cílem zpřesnění a zaktualizování polohopisné složky a revize a doplnění atributové části databáze. Využívány byly zejména fotogrammetrické metody a topografické šetření přímo

v terénu. Tato první aktualizace byla ukončena v roce 2005. V letech 2005 a 2006 byla vedle pokračující aktualizace dat vyprojektována a v závěru roku 2006 provozně nasazena nová technologie aktualizace a správy ZABAGED.

Data ZABAGED se v současné době poskytují po mapových listech v kladu ZM 10, dále v rozsahu krajů, případně jako ucelená bezešvá databáze z celého území České republiky. Vektorové soubory polohopisu (2D) se poskytují ve formátu DGN s atributy ve formátu MDB, dále ve formátu SHP nebo GML.
Data jsou poskytována v souřadnicových systémech S-JTSK, WGS84/UTM, případně v S-42/1983 a výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání.
(http://www.cuzk.cz)

2.2.3 Půdní mapy

Česká geologická služba dokončila jako první geologická služba světa edici geologických a tématických map v měřítku 1 : 50 000 na území celé ČR. Kolekce zahrnuje 1651 map, které vycházely postupně mezi roky 1985 a 1998. K mapovým listům této edice byly také knižně vydány vysvětlivky, které velmi detailně popisují geologickou stavbu území mapového listu i z hlediska dílčích geologických disciplin (inženýrská geologie, ložisková geologie aj.) Na přípravě map a vysvětlivek se podílelo 260 geologů, hydrogeologů, geochemiků a jiných specialistů.

Map bylo celkově vyrobeno 13, ale nás zajímá pouze jedna mapa, a to Půdní mapa 1:50 000. Jedná se o mapu zobrazující půdní kryt určité oblasti. Vyjadřují jak typologickou příslušnost půdy (půdní typ, subtyp, hydromorfní vývoj, půdní varietu a formu), tak údaje o půdotvorném substrátu. Projekt mapování půdních map dokončila Agentura ochrany přírody a krajiny.

Do půdních map patří také mapa obsahující tzv. bonitovaně půdně ekologické jednotky (BPEJ kódy.) Bonitace půd navázala na komplexní průzkum půd (KPP) vykonávaný v letech 1961-1970 a podle těchto kódů jsou pak půdy oceňovány a využívány v pozemkových úpravách a dalších oborech. Tyto jednotky v sobě slučují půdy obdobných vlastností kde je každá BPEJ definována pětimístným kódem.

První číslice kódu BPEJ značí příslušnost ke klimatickému regionu (označeny kódy 0 - 9). Klimatické regiony byly vyčleněny na základě podkladů Českého hydrometeorologického ústavu v Praze výhradně pro účely bonitace zemědělského

půdního fondu (ZPF) a zahrnují území s přibližně shodnými klimatickými podmínkami pro růst a vývoj zemědělských plodin. V ČR bylo vymezeno celkem 10 klimatických regionů.

Druhá a třetí číslice vymezuje příslušnost k určité hlavní půdní jednotce (01 - 78). Hlavní půdní jednotka je účelové seskupení půdních forem, příbuzných ekologickými vlastnostmi, které jsou charakterizovány morfogenetickým půdním typem, subtypem, půdotvorným substrátem, zrnitostí a u některých hlavních půdních jednotek výraznou svažitostí, hloubkou půdního profilu, skeletovitostí a stupněm hydromorfismu.

Čtvrtá číslice stanoví kombinaci svažitosti a expozice pozemku ke světovým stranám.

Pátá číslice určuje kombinaci hloubky půdního profilu a jeho skeletovosti.

2.2.4 Údaje o počasí a další data

Pro analýzu srážko-odtokového režimu představují zásadní vstup data srážek a průtoků vztahujích se ke sledovanému povodí. V hydrologickém modelování jsou data využívána především pro kalibraci a následnou verifikaci modelu.
Údaje o počasí, vodních stavech a teplotách na našem území poskytuje Český hydrometeorologický ústav, zkráceně ČHMÚ, nebo správy jednotlivých povodí.
Dostupný je také atlas podnebí České republiky ve kterém můžeme najít pro konkrétni území např:

- průměrné teploty vzduchu
- nástupy agroklimatických období podle průměrné denní teploty
- průměrné teploty půdy
- doby slunečního svitu
- měsíční úhrny srážek
- průměrné počty sněhových dnů
- četnosti směrů větrů

3. Podklady pro Jenínský potok

Jak bylo uvedeno v literární rešerši, jsou k modelaci zapotřebí vrstevnice, ze kterých byl v GISovém programu vytvořen digitální model terénu, dále mapy využití půdy, tzv land use, půdní mapy, tedy mapy obsahující informace o půdě a v neposlední řadě meteorologická a ostatní data obsahující průměrné srážky a průtoky, množství dusíku, fosforu, nutrientů, hodnot pH atd.

Data byla stáhnuta na geoportále Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního (http://geoportal.cuzk.cz) pro studijní účely do plochy 200 km^2 zdarma, pro ostatní účely se data poskytují za úplatu.

Web geoportálu je velmi přehledný a hledání potřebných dat je velice snadné. Pokud jsou žádaná data pod určenou hranici, je zde možnost stažení přímo ze stránek . Pokud ne, jsou data vložena na přenosné medium s možností osobního převzetí, nebo zaslání poštou.

V následujících kapitolách bude probrána úprava zdrojových dat do takové podoby, aby data mohla být použita pro modelaci.

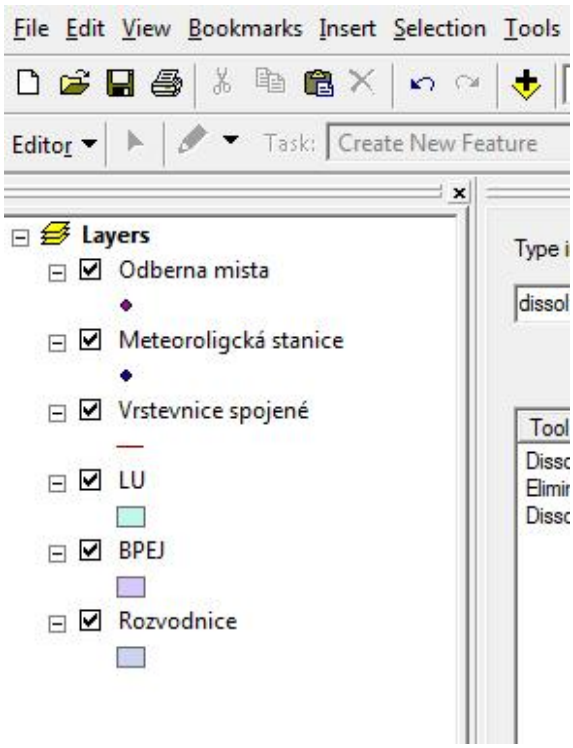
V mém případě jsem veškeré úpravy prováděl v programu ArcMap 9.3 s rozšířením pro tvorbu 3D modelů terénu.

3.1. Digitální model terénu – DMT

3.1.1. Příprava dat

Digitální model byl vytvořen v programu ArcMap pomocí externího modulu 3D analyst, která není standartním obsahem programu ArcMap. Aby toho mohlo být docíleno, byla potřeba získat zdrojové vrstevnice nebo body, ze kterých bude model vytvářen.

Založil jsem tedy nový projekt a nakopíroval potřebné vrstvy do prostředí ArcMap.



Obr. 10: Vložené vrstvy do programu ArcMap 9.3

Vložené vrstevnice byly ořezány na řešenou plochu a poté již pouze použity pro vytvoření DMT.

Obr. 11: Zdrojové vrstevnice pro vytvoření DMT

Jelikož prostředí SWAT podporuje DMT jak ve formě TIN, tak ve formě rastru, byla zvolena forma TIN. Je více přehledná, jsou na ní vidět zlomy v terénu a celkově se jeví lépe než forma rastru.

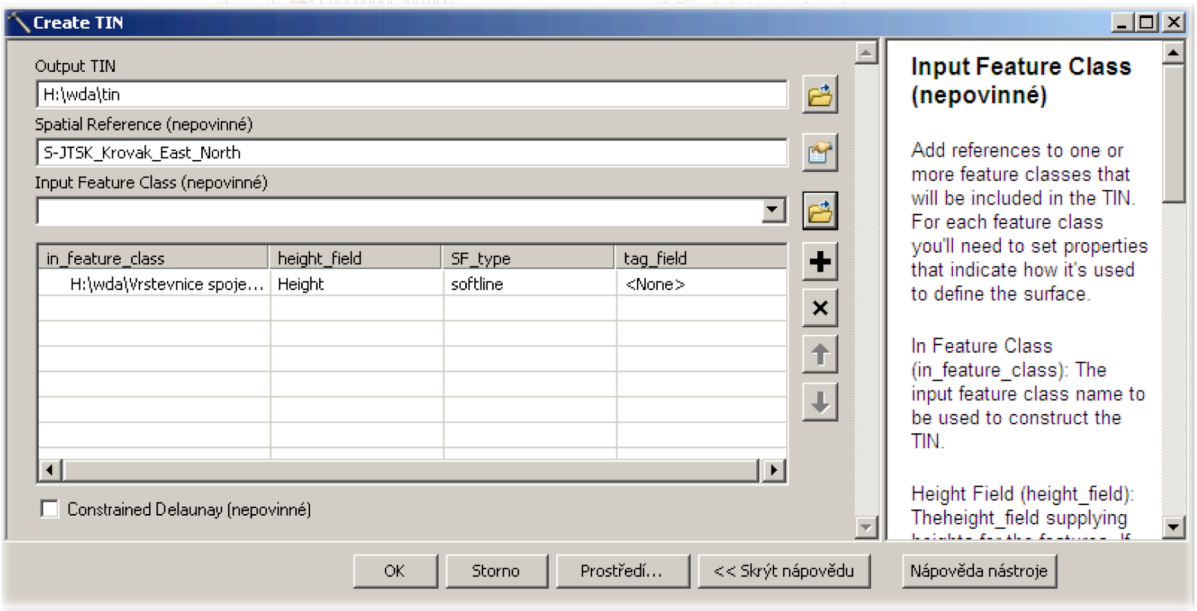
Po spuštění funkce „Create TIN“ došlo k následujícímu nastavení:

Output TIN: Cílová složka a název souboru TIN.

Spatial Reference: Námi používaný systém, tedy S-JTSK užívající Křovákovo zobrazení.

Input Feature Class: Vložení zdrojových dat ze kterých bude TIN model vypracován. Tedy import vrstevnic, volba v jakém sloupci tabulky atributů je parametr výška, volba typu vytváření TIN modelu (hardline tvoří přechody mezi výškami více viditelné a dobře vykresluje detaily, softline tvoří přechody méně vitidelné a výsledný model je tedy více uhlazen a bez velkých hran) a poslední sloupec zůstal prázdný.

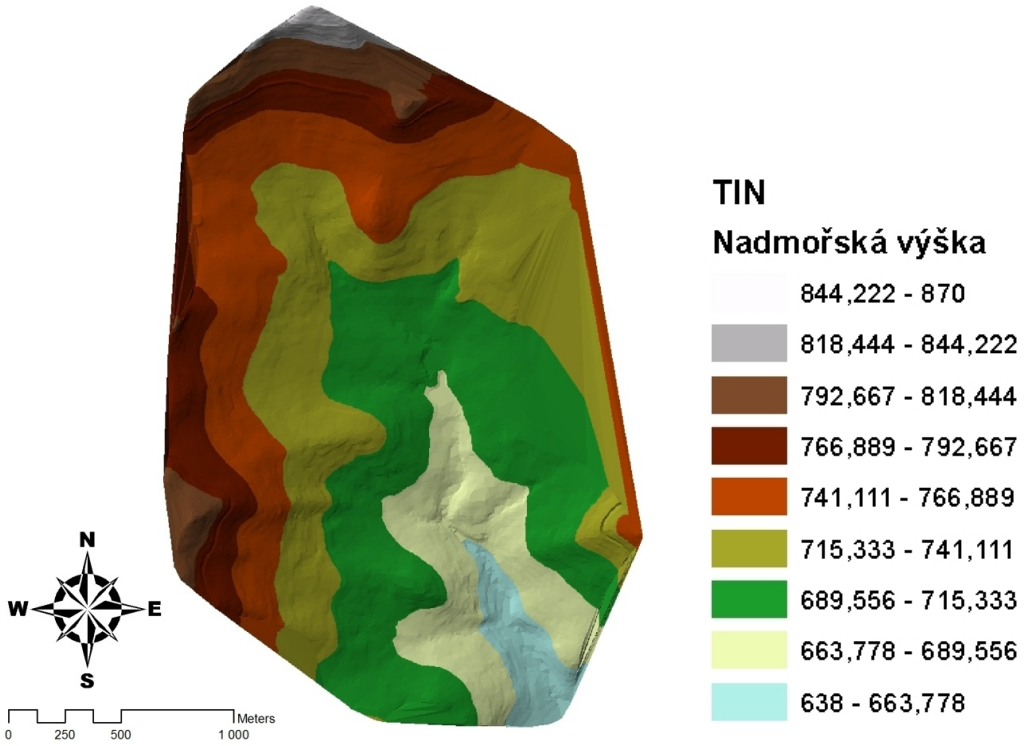
Klik na tlačítko OK a model TIN byl vytvořen.



Obr. 12: Parametry fuknce Create TIN

3.1.2. Výsledná data

Napravo od modelu je legenda, která nám pomůže zjistit, jak řešené povodí ve skutečnosti vypadá. Do prostředí SWAT se poté vkládá přímo tento TIN soubor.



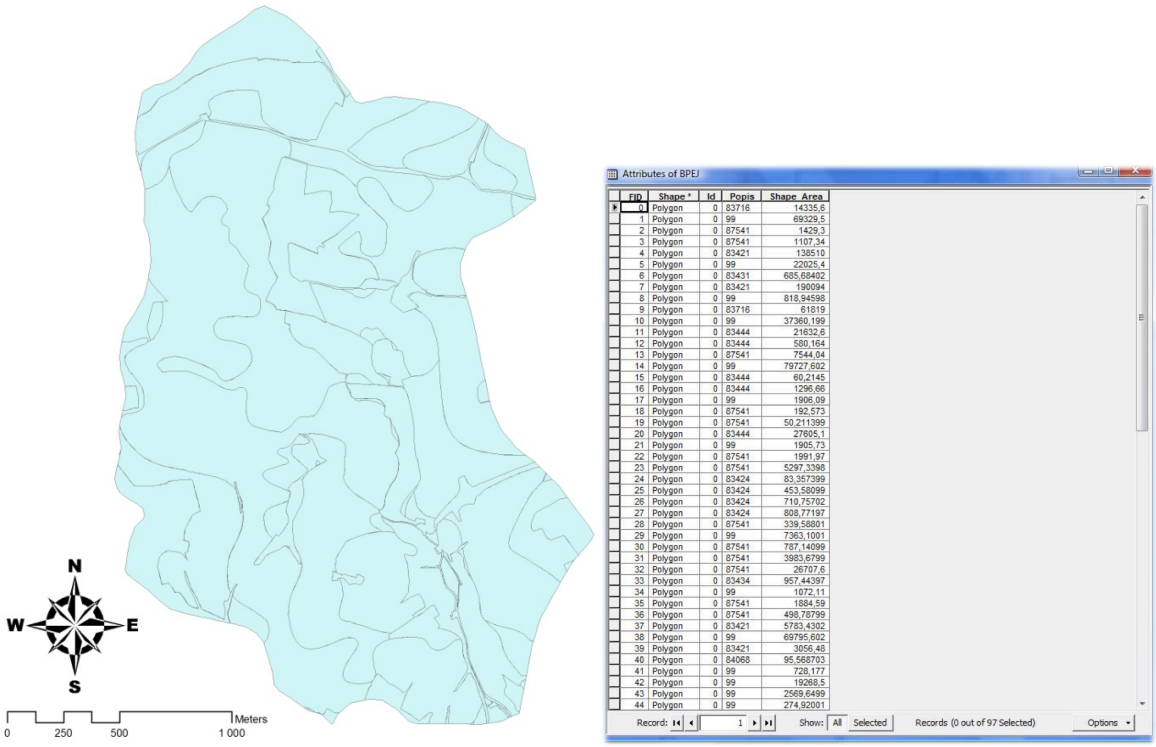
Obr. 13: Výsledný DMT ve formě TIN a jeho legenda

3.2. Půdní data

3.2.1. Příprava dat

U mapy BPEJ bylo do vrstvy zasahováno více. Řešené území je potřeba rozdělit podle různých půdních druhů a stejné druhy sloučit.

Po zobrazení této vrstvy vypadala mapa a tabulka atributů takto:



Obr. 14: Vrstva půdní mapy a tabulka atributů před úpravou

Podle potřebného sloupce v tabulce atributů bylo rozhoduto, jak budou polygony slučovány, aby se dalo později s vrstvou lépe pracovat. V tomto případě se slučovalo podle sloupce „Popis.“

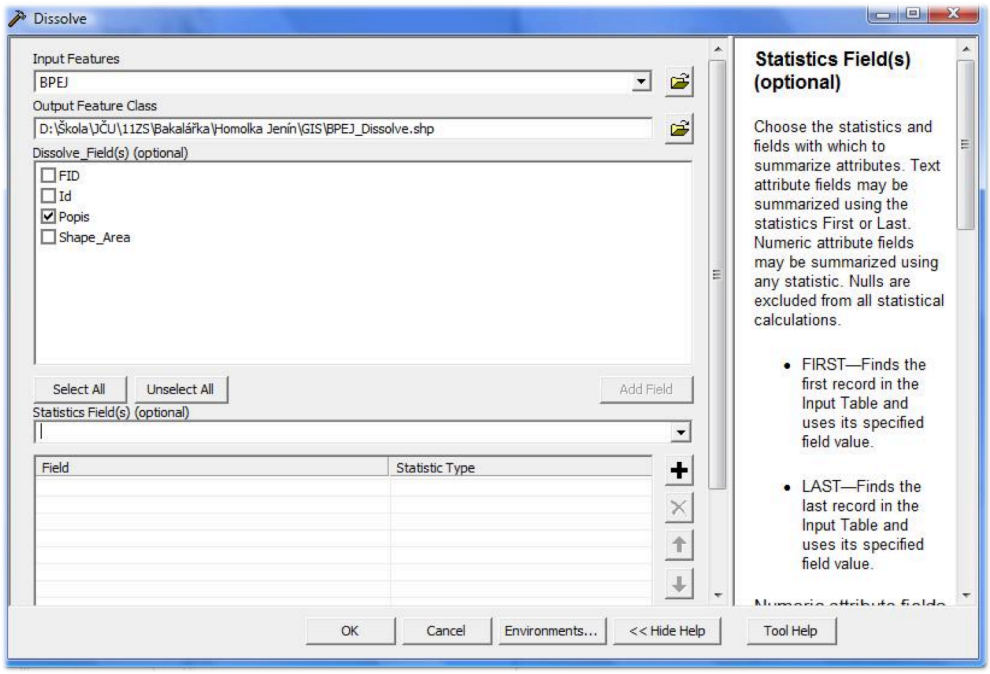
Po spuštění funkce Dissolve byly opět nastaveny potřebné parametry slučování.

Input Features: Vrstvy vstupující do slučování.

Output Feature Class: Umístění a pojmenování sloučené vrstvy.

Dissolve_Field(s): Výběr parametru nebo parametrů podle kterých se bude vrstva slučovat.

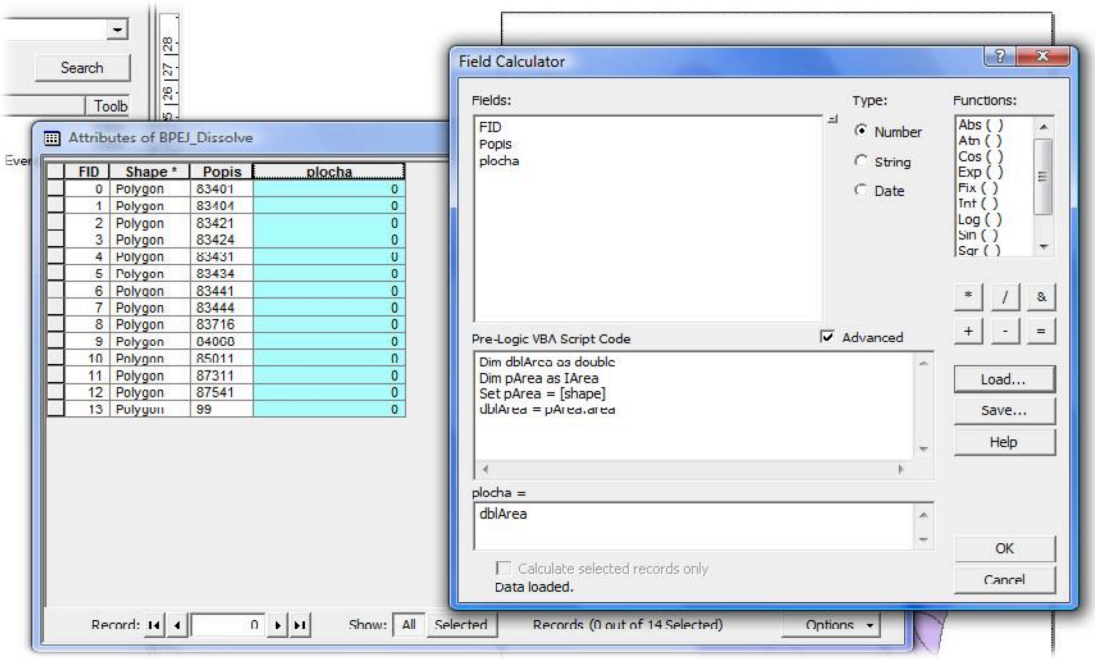
Ostatní parametry zanechány v defaultním nastavení.



Obr. 15: Parametry funkce Dissolve

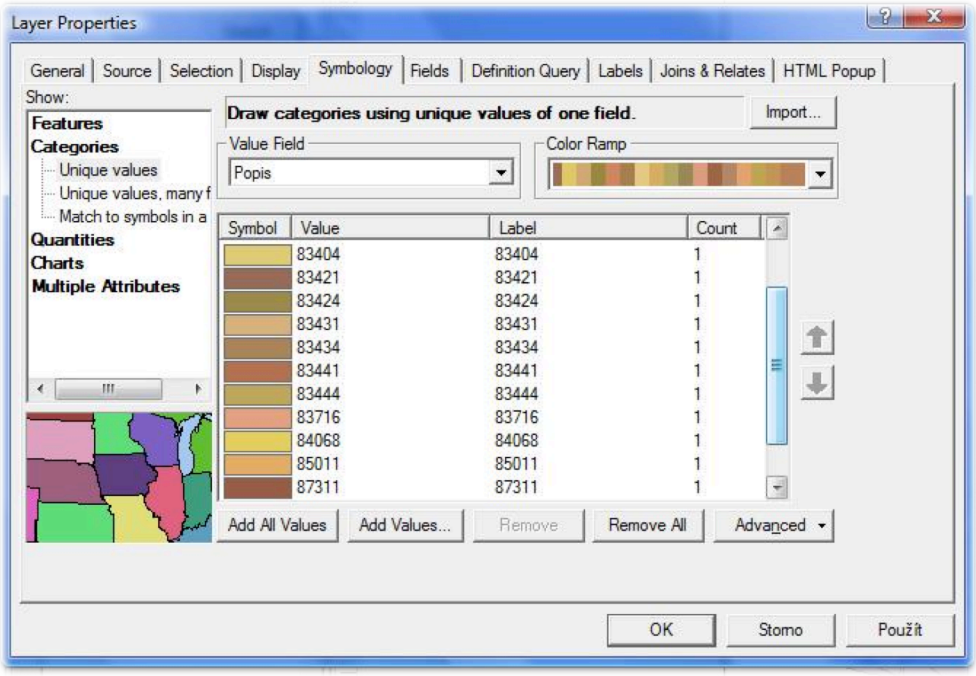
Po sloučení vrstvy došlo k výpočtu ploch a barevnému rozlišení jednotlivých typů půd.

Pomocí Field Calculatoru byly vypočteny plochy a uloženy do tabulky atributů.



Obr. 16: Parametry funkce Field Calculator

Poté již jen byly ve vlastnostech vrstvy upraveny barevná zobrazení a půdní mapa byla hotová.



Obr. 17: Parametry Layer Properties

3.2.2. Výsledná data

Výstupem pro tuto vrstvu je půdní mapa a tabulka parametrů každého druhu půdy podle klíče uvedeného v manuálu. Vestavěná půdní databáze obsahuje údaje o půdách pouze pro území USA. Proto bylo nutné databázi doplnit o půdy, které se vyskytují v povodí Jenínského potoka. Názvy a jednotky půdních parametrů, které musejí být v databázi zadány pro každou půdu, jsou uvedeny v následující tabulce.

Veličina	Jednotky	SWAT
Hloubka půdy	mm	SOL_Z
Objemová hmotnost	g/cm^3	SOL_BD
Využitelná vodní kapacita	mm H_2O / mm půdy	SOL_AWC
Nasycená hydraulická vodivost	mm/h^1	SOL_K
Fyzikální jíl	% hmotnosti	CLAY
Prach	% hmotnosti	SILT
Písek	% hmotnosti	SAND
Obsah skeletu	% celkové hmotnosti	ROCK
K-faktor rovnice USLE	původní US jednotky	USLE_K

Tab. 1: Atributy půd

Jelikož není v ČR žádná mapa která by kompletně obsáhla požadované parametry, museli být použity převodní tabulky na zjištění známnější parametrů, na parametry ostatní program Soil Water Characteristics.

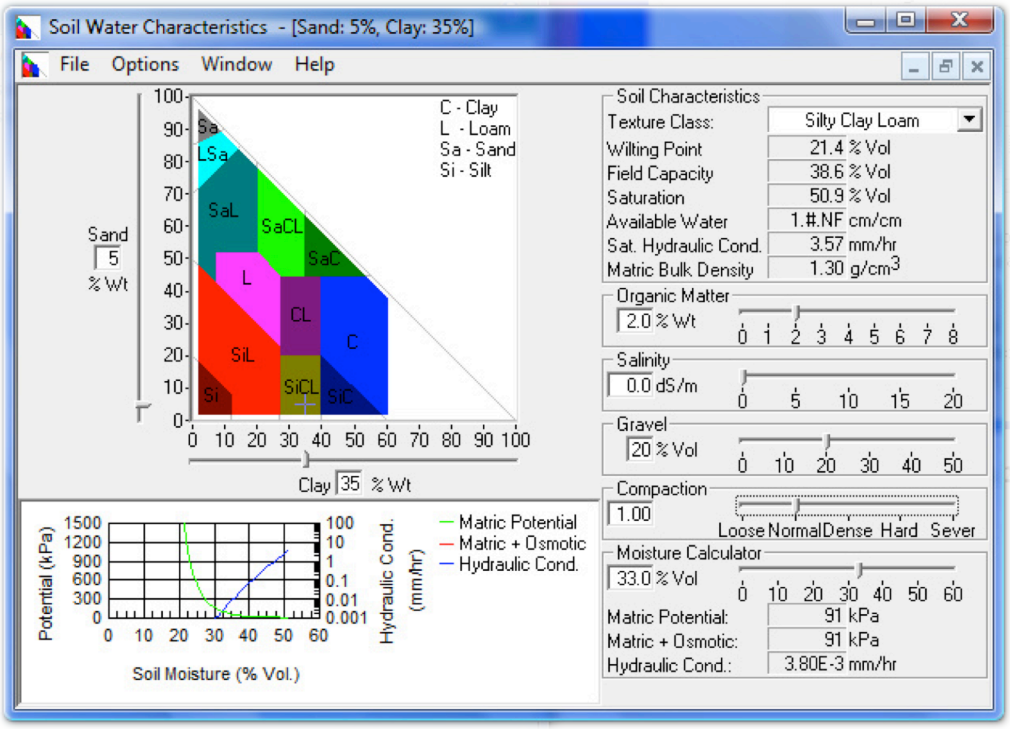
SOL_Z: Podle kodu BPEJ určena hloubka půdy
SOL_BD: Zjištěno z programu Soil Water Characteristics
SOL_AWC: Zjištěno z programu Soil Water Characteristics
SOL_K: Zjištěno z programu Soil Water Characteristics
CLAY: Podle obsahu jílnatých částic z tabulky odečten podíl jílovitých částic
SILT: Podle obsahu jílnatých částic z tabulky odečten podíl hlinitých částic
SAND: Podle obsahu jílnatých částic z tabulky odečten podíl písčitých částic
ROCK: Podle kodu BPEJ určena skeletovitost
USLE_K: Podle kodu BPEJ určen K faktor

Nejdříve byly určeny z kodu BPEJ atributy SOL_Z, ROCK, USLE K a obsah jílnatých částic podle Novákovy klasifikace. Poté z následující tabulky odečteny parametry CLAY, SILT a SAND a vloženy do programu Soil Water Characteristics.

zrnitost.	*jílnaté částice*	*podíl zrnitostních frakcí*			**zařazení do**
(půdní druh)	**0 - 10** μm	**0 - 2** μm	**2 - 50** μm	**> 50** μm	tříd podle evropské
		CLAY	SILT	SAND	evropské klasifikace
P	do 10	0-10	5-20	75-95	coarse
HP	10 - 20	5-15	20-40	45-75	coarse - medium
PH	20 - 30	10-20	35-55	25-55	medium
H	30 - 45	15-25	50-75	10-30	medium - medium fine
JH	45 - 60	20-35	50-70	5-20	medium fine
J	60 - 75	25-45	45-65	5-15	fine

Tab. 2: Přepočet Novákovy klasifikace na klasifikaci FAO (Kadlec, 2007)

Pro určení parametrů SOL_BD, SOL_AWC a SOL_K bylo potřeba v programu nastavit podíl písčitých a hlinitých částic, % humusu a skeletovitost. Ostatní parametry na námi hledané údaje neměly vliv. Jelikož je většina území okolo Jenínského potoka zatravněna a zalesněna, bylo počítáno jsem se středním obsahem humusu (2%). Takto byly nastavené parametry u všech druhů půd a výsledné údaje zapsány do tabulky. Jelikož parametr SOL_AWC neukazoval program řádně, byl vypočten jako rozdíl půdní kapacity a bodu vadnutí a vydělen 100. $SOL_AWC = \frac{FP}{WP} / 100$

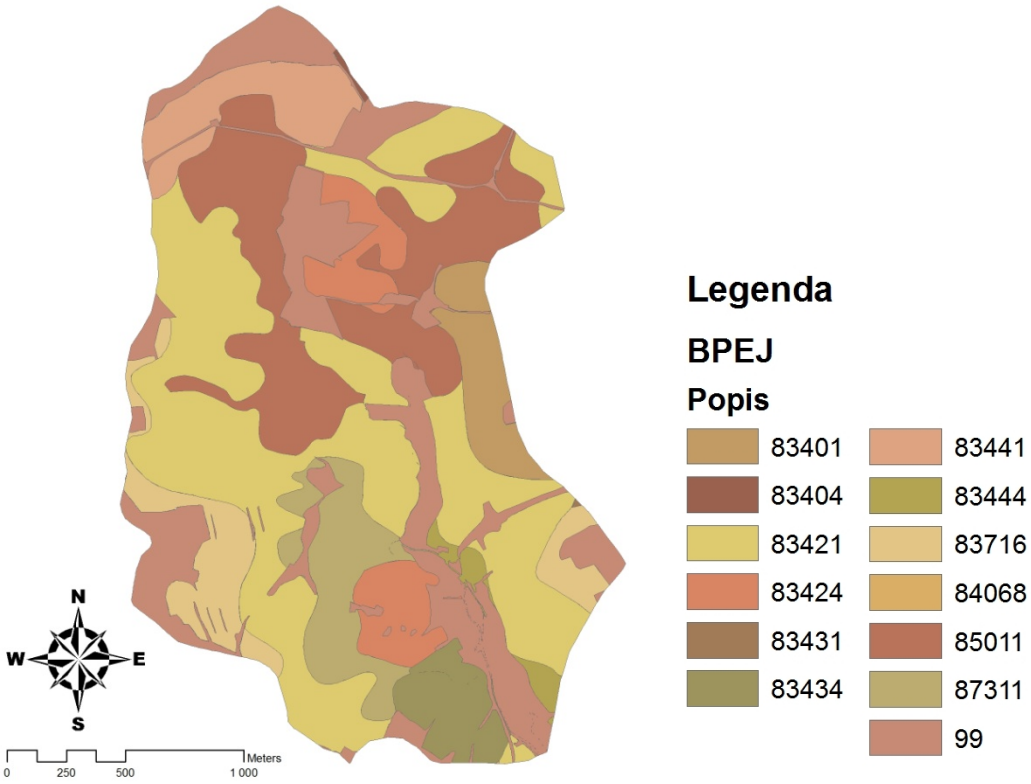


Obr. 18: Parametry programu Soil Water Characteristics

Parametry u BPEJ 87541 a 99 nebylo možno určit. BPEJ 99 označuje lesní porosty a hodnoty pro tyto půdy jsou v databázi půd pro SWAT. BPEJ 87541 je horší, neboť tato kombinace nemá určení půdního druhu potřebného k odvození podílu jílnatých částic. Jelikož plocha této skupiny není tak velká, byla rozdělena na menší plochy a přiřazena k vyhovujícím sousedním skupinám.

KÓD BPEJ	SOL_Z	SOL_BD	SOL_AWC	SOL_K	CLAY	SILT	SAND	ROCK	USLE_K
83401	400	1,48	0,14	16,06	15	40	45	20	0,26
83404	400	1,48	0,14	12,21	15	40	45	35	0,26
83421	400	1,48	0,14	16,06	15	40	45	20	0,26
83424	400	1,48	0,14	12,21	15	40	45	35	0,26
83431	400	1,48	0,14	16,06	15	40	45	20	0,26
83434	400	1,48	0,14	12,21	15	40	45	35	0,26
83441	400	1,48	0,14	16,06	15	40	45	20	0,26
83444	400	1,48	0,14	12,21	15	40	45	35	0,26
83716	250	1,48	0,14	12,21	15	40	45	35	0,16
84068	150	1,48	0,14	14,95	15	40	45	30	0,24
85011	400	1,43	0,17	7,96	20	55	25	20	0,33
87311	400	1,3	0,17	3,57	35	60	5	20	0,48
99	600	2,5	0,15	180	5	25	70	98	0,01

Tab. 3: Výsledné atributy půd



Obr. 19: Výsledná půdní mapa a její legenda

3.3. Mapy land use

3.3.1. Příprava dat

Podobně jako u půdních dat, vystupujícím formátem využití území a pěstovaných plodin je mapa land use a tabulka atributů plodin. Zde byla práce trochu ulehčená, protože jediné co zde bylo prováděno, je příprava mapy land use. Databáze SWAT totiž obsahuje informace o plodinách pěstovaných i ve střední Evropě. Pro případ nedostatku dat bude možno použít německou databázi obsahující informace o typických zemědělských plodinách, které se pěstují ve střední Evropě (Pohlert a kol., 2006)

Vrstva land use byla zdigitalizována z ortofoto mapy, poté rozlišeny různé využití půdy, vypočteny plochy a výsledná tabulka atributů vypadá takto.

Attributes of LU

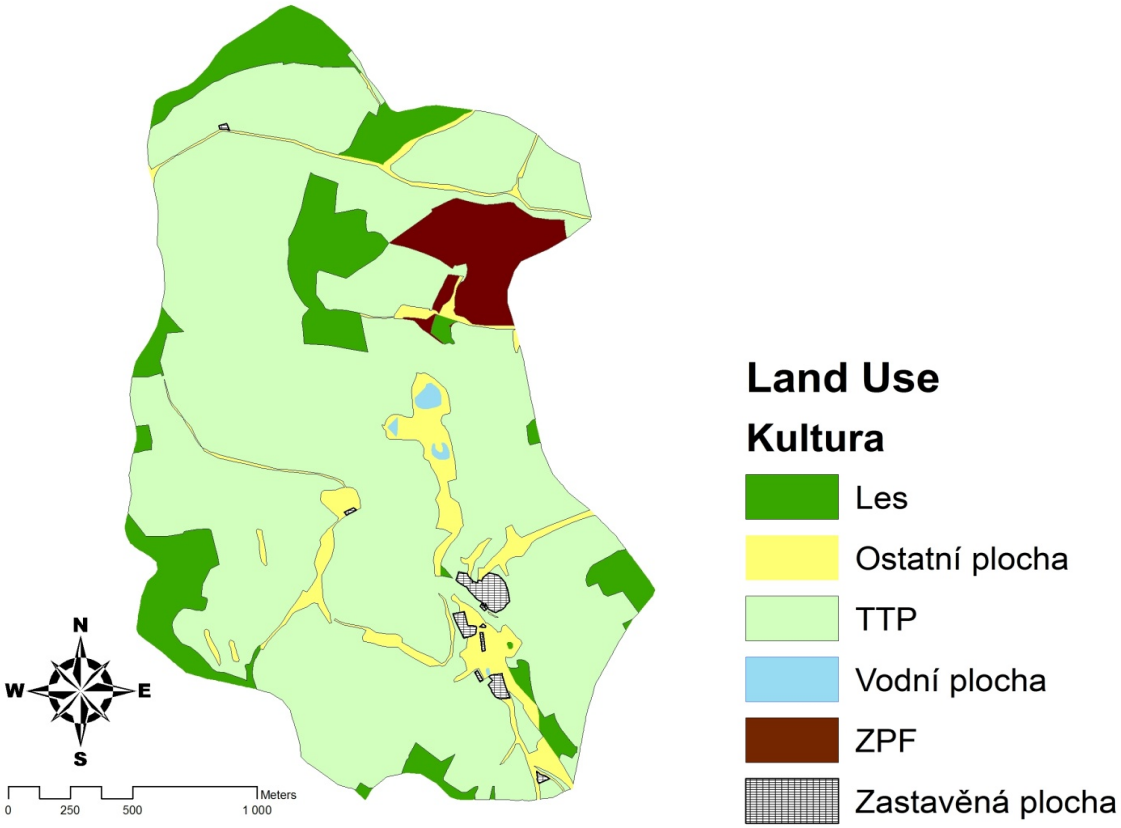
FID	Shape *	Kultura	plocha
0	Polygon	Les	579540,388
1	Polygon	Ostatní plocha	304400,259
2	Polygon	TTP	3527084,806
3	Polygon	Vodní plocha	13585,721
4	Polygon	Zastavěná plocha	34383,647
5	Polygon	ZPF	188437,866

Record: 1 Show: All Selected Records (0

Obr. 20: Tabulka atributů vrstvy land use

3.3.2. Výsledná data

Jak bylo napsáno výše, je výstupem pro tento soubor dat.dbf tabulka atributů plodin a mapa využití půd.



Obr. 21: Výsledná mapa land use a její legenda

3.4. Meteorologická a ostatní data

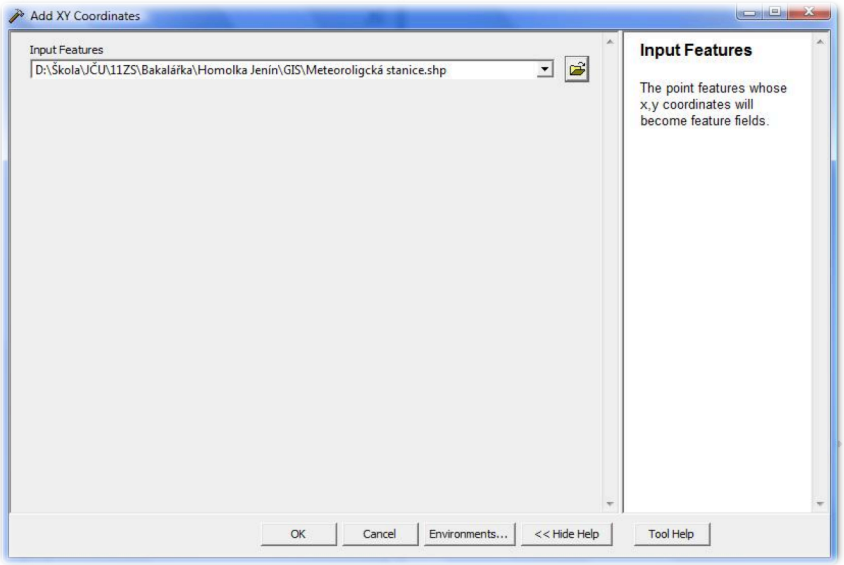
Poslední kapitola je věnována meteorologickým a ostatním vstupním informacím. Do této kategorie spadá:

a) Poloha meteorologických stanic
b) Denní srážky
c) Denní teploty
d) Denní průtoky
e) Parametry vodních nádrží
f) Parametry managementu krajiny
g) Chemické údaje půd

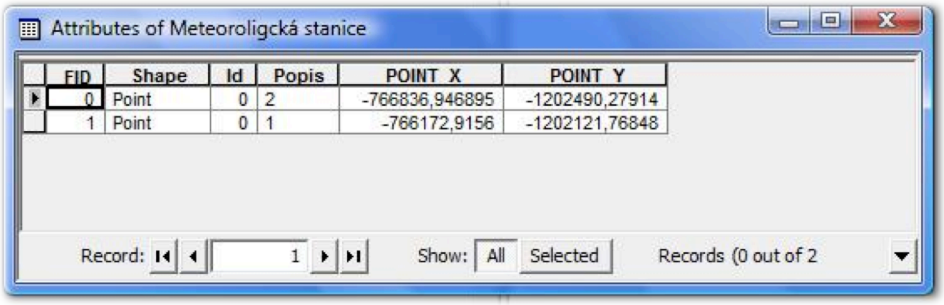
3.4.1. Příprava dat

3.4.1.1. Poloha meteorologických stanic

Polohu meteorologických stanic vypočetl ArcMap pomocí fuknce Add X/Y Coordinates. V prostředí SWAT je poté na začátku modelace zadán referenční systém Křovákovo zobrazení užívající souřadnicovou síť S-JTSK. Dále byla potřeba vědět výška stanic. Tento problém je vyřešen odečtením výšky ze známých vrstevnic. Jelikož je interval vrstevnic 1 metr, bylo odčítání rychlé.



Obr. 22: Parametry funkce Add XY Coordinates



Obr. 23: Souřadnice meteorologických stanic ve formátu S-JTSK

3.4.1.2. Denní srážky

Jak je na první pohled jasné, je voda hnací silou všeho, co se v povodí uskuteční. Aby mohl SWAT správně vymodelovat průtoky, kulminace, atd., potřebuje precizní data v podobě denních srážek doplněných do tabulek. Parametry u srážek nejsou nijak složité.

Parametr	Jednotky	SWAT
Datum	-	DATE
Hodnota srážky	mm	PRECIPITATION

Tab.4 : Parametry denních srážek

Jako o většiny databází, jsou tyto informace potřeba ve formátu DBF. Microsoft Excel tuto možnost přímo nenabízí, ale mnou vytvořená databáze ve formátu CSV se dala pomocí externích programů lehce převést do formátu DBF.

DATE	PRECIPITATION
20120105	1.9

Tab.5 : Formát parametrů denních srážek

3.4.1.3. Denní teploty

Stejně jako u srážek, je potřeba tyto data zadat do tabulky ve formátu DBF.

Parametr	Jednotky	SWAT
Datum	-	DATE
Maximální teplota	°C	MAX TEMP
Minimální teplota	°C	MIN TEMP

Tab.6 : Parametry denních teplot

DATE	MAX TEMP	MIN TEMP
20100101	5,34	-0,63

Tab. 7: Formát parametrů denních teplot

3.4.1.4. Denní průtoky

Informace ohledně denních průtoků jsou potřeba ve formátu DAT. Soubor byl vytvořen v poznámkovém bloku jako soubor TXT, poté otevřen v Total Commaneru a koncovka přepsýna na DAT. SWAT je na formátování průtoků striktní a vyžaduje je v tomto rozložení:

	2	0	1	2				5	2											0	.	2

Tab. 8: Formát denních průtoků

Prvních pět míst je pro zadání roku, dalších pět pro zadání dnu v roce a posledních čtrnáct míst pro konkrétní průtok. Ten se zadává v m^3/s a pokud se jedná o malé povodí s malým průtokem, lze tuto hodnotu povýšit o jeden řád a poté výsledně vypočtené průtoky opět snížit na skutečné hodnoty průtoků. Tento konkrétní průtok je tedy měřen 21.2.2012 a činní 0,2 m^3/s.

3.4.1.5. Parametry vodních nádrží

Jelikož se v povodí Jenínského potoka nalézají dva rybníky, musely být začleněny do modelace. SWAT model povoluje zadání všemožných atributů, chemických vlastností atd. Důležité a povinné jsou pouze ale tyto:

Parametr	Jednotky	SWAT
Podíl vody z povodí která vtéká do nádrží	0 - 1	PND_FR
Plocha nádrží napuštěných k hlavnímu přepadu	ha	PND_PSA
Objem naplněných nádrží po hlavní přepad	10^4 m2	PND_PVOL
Plocha nádrží napuštěných k nouzovému přepadu	ha	PND_ESA
Objem naplněných nádrží po nouzový přepad	10^4 m2	PND_EVOL
Počáteční objem nádrží	10^4 m2	PND_VOL
Počáteční koncetrace sedimentů	mg/l	PND_SED
Rovnovážná koncentrace sedimentů	mg/l	PND_NSED
Hydraulická vodivost	mm/hr	PND_K

Tab. 9: Parametry rybníků

Formát bude podobný jakou u tabulky denních srážek, tedy:

PND_FR	PND_PSA	PND_PVOL	PND_ESA	PND_EVOL	PND_VOL	PND_SED	PND_NSED	PND_K
0.5	1.34	1.34	1.36	1.36	1.2	100	75	16.06

Tab. 10: Formát parametrů vodních nádrží

Parametry vodních nádrží nejsou závislé na čase, programu tedy stačí zadat pouze počáteční hodnoty a zbytek si dopočítá sám.

3.4.1.6. Parametry managmentu krajiny

Tak jako všude, je zásah člověka do krajiny velice znát. Erodovatelnost krajiny roste v důsledku scelování pozemků, nesprávného organizačního uspořádání pozemků, nedodržování správných osevních postupů, atd. Ve SWATu je tomuto věnována celá velká kapitola. Jelikož je ale povodí Jenínského potoka zastoupenou hlavně TTP a lesní plochou, byly zadány pouze parametry seče travních porostů.

Parametr	Jednotky	SWAT
Datum	-	DATE
Kód akce	-	MGT_OP
Efektivita sklizně	-	HARVEFF

Tab. 11: Parametry managmentu krajiny

Parametr DATE určuje datum sklizně. Kód akce je pro sklizně určen číslem 7 a efektivita sklizně dává možnost zadat jak hodně jsme zájmovou plochu sklidili. Pokud dojde k zadání 0, nebo zanechání prázdného pole, program počítá s tím, že na zemi nezůstalo nic a vše je sklizeno.

DATE	MGT_OP	HARVFF
20120523	7	0.2

Tab. 12: Formát parametrů managmentu krajiny

3.4.1.7. Chemické údaje půd

Jak bylo uvedeno v literárním přehledu, model SWAT dokáže modelovat obsah chemických prvků, nutrientů, pesticidů atd. ve vodním toku. K tomu úkolu mu pomáhá tabulka atributů, kam můžou být zadány obsahy chemických prvků a sloučenin v zeminách. Celá tato sekce je dobrovolná a SWAT jí pro základní modelaci nepotřebuje.

Parametr	Jednotky	SWAT
Obsah NO3	mg/kg	SOL_NO3
Obsah organického fosforu	mg/kg	SOL_ORGP

Tab. 13: Parametry chemických údajů půd

Pokud jsou k dispozici pouze obsahy pesticidů a nejsou známy jejich parametry, může být použita databázi v prostředí SWAT. Pro povodí Jenínského potoka jsou informace všechny, byly tedy pouze doplněny do tabulky. Stejně jako tomu bylo u parametrů nádrží, SWAT nezajímají denní obsahy chemických prvků a sloučenin, ale pouze stavy počáteční.

SOL_NO3	SOL_ORGP
25	0.2

Tab. 14: Formát parametrů chemických údajů půd

3.4.2. Výsledná data

Jakmile byla dokončena veškerá příprava dat, byla vložena do tabulek a podle předepsaných formátů uložena a připravena k modelaci. Tabulky obsahují veliké množství dat a vkládat sem denní srážky, průtoky, atd. za poslední čtyři roky by zabralo velké množství listů. Vložil jsem proto do této práce pouze části tabulek, aby bylo vidět, jak výsledná data vypadají.

STATION	X	Y	ELEVATION
1	766836,9469	1202490,2791	675 m
2	766172,9156	1202121,7685	676 m

Tab. 15: Poloha meteorologických stanic

DATE	PRECIPITATION
20070308	4,1
20070309	0,1
20070310	0,2
20070311	0,1
20070312	0
20070313	0,1
20070314	0,1
20070315	0
20070316	0,1
20070317	0,1
20070318	0,4
20070319	6,4
20070320	2,3
20070321	17,15
20070322	1,2
20070323	3,9
20070324	12,75
20070325	0,8
20070326	0
20070327	0,1

Tab. 16: Tabulka srážek

DATE	MAX TEMP	MIN TEMP
20100308	-4,16	-17,93
20100309	-3,29	-13,54
20100310	-2,56	-10,49
20100311	-1,67	-6
20100312	2,86	-6,36
20100313	-0,55	-3,02
20100314	1,67	-0,7
20100315	1,02	-4,36
20100316	2,64	-2
20100317	8,42	-2,13
20100318	10,31	-4,98
20100319	12,58	-3,08
20100320	12,4	-2,32
20100321	11,68	4,32
20100322	9,96	-0,96
20100323	12,96	-3,1

20100324	16,92	-3,57
20100325	17,38	-1,63
20100326	19,39	-0,09
20100327	9,17	-1,76

Tab. 17: Tabulka teplot

	2	0	0	7				8	9										5	.	4
	2	0	0	7			1	2	0										2	.	5
	2	0	0	7			1	5	1										1	.	5
	2	0	0	7			1	8	1										1	.	3
	2	0	0	7			2	1	2										1	.	2
	2	0	0	7			2	4	3										1	.	1
	2	0	0	7			2	7	3										4	.	7
	2	0	0	7			3	0	4										2	.	2
	2	0	0	7			3	3	5										4	.	9
	2	0	0	7			3	6	5										7	.	0
	2	0	0	8				3	1										4	.	7
	2	0	0	8				6	0										4	.	2
	2	0	0	8				9	1										5	.	8
	2	0	0	8			1	2	1										5	.	9
	2	0	0	8			1	5	2										3	.	7
	2	0	0	8			1	8	2										3	.	2
	2	0	0	8			2	1	3										4	.	0
	2	0	0	8			2	4	4										3	.	3
	2	0	0	8			2	7	4										2	.	7
	2	0	0	8			3	0	5										1	.	9

Tab. 18: Tabulka průtoků

PND_PVOL	PND_ESA	PND_EVOL	PND_VOL	PND_SED	PND_NSED	PND_K
1.34	1.36	1.36	1.2	100	75	16.06

Tab. 19: Tabulka vodních nádrží

DATE	MGT_OP	HARVFF
20040523	7	0.2
20050510	7	0.25
20060521	7	0.15
20070425	7	0.2
20080501	7	0.25

Tab. 20: Tabulka managmentu krajiny

SOL_NO3	SOL_ORGP
14,9	0,075
24,1	0,078
23,3	0,025
29,5	0,109
31,5	0,109
30,8	0,097
28,6	0,091
15,5	0,08
9,45	0,112
7,92	0,09
14,7	0,042
18,7	0,038
10,7	0,049
10,7	0,042
9,54	0,034
15,3	0,032
14,9	0,071
19,8	0,06
17,4	0,069
24	0,037

Tab. 21: Tabulka chemických údajů půd

4. Závěr

Jak bylo v úvodu této práce napsáno, cílem bylo připravit data pro následnou modelaci odnosu a odtoku látek v prostředí SWAT. Tento úkol byl v pořádku splněn a data jsou připravena k modelaci.

Největším problémem bylo správné roztřídění půd podle obsahu jílnatých částic a následné určení potřebných parametrů. Ostatní vstupní informace nedaly tolik práce a jejich úprava byla jednodušší.

Až při psaní této práce jsem si uvědomil, jak je model SWAT náročný a co vše ovliňuje erozi, ohrožení a celkovou degeneraci naší krajiny. Alarmující hodnoty odplavení orničních horizontů jasně dokazují, že nás čeká ještě hodně práce, budeme-li chtít kvalitu naší krajiny zachovat. Bohudík nám k tomuto cíli můžou pomáhat různé modelační programy, jako například SWAT. Jak to ale bývá, nic není zadarmo a abychom došli k opravdu přesným informacím, je potřeba pořádně zpracovat vstupní parametry, pátrat po nových možnostech krajinného managmentu a řídit se doporučenými postupy jak zachovat a zlepšovat krajinu.

5. Literatura

1) Arnold, J.G., J.R. Williams, A.D. Nicks, a N.B. Sammons. 1990. SWRRB: A basin scale simulation model for soil and water resources management. Texas A&M Univ. Press, College Station, TX.
2) Arnold, J.G., J.R. Williams a D.R. Maidment. 1995. Continuous-time water and sediment-routing model for large basin. Journal of Hydraulic Engineering 121(2):171-183.
3) Bagnold, R.A. 1997. Bedload transports in natural rivers. Water Resources Res. 13(2):303-312.
4) Brown, L.Cc a T.O. Barnwell, Jr. 1987. The enhaced water quality models QUAL2E a QUAL2E-UNCAS documentation and user manual. EPA document EPA/600/3-87/007. USEPA, Athens, GA.
5) ČÚZK – terminologická komise, <http://www.vugtk.cz/termkom/termsl.html>, Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí na Internetu
6) Chapra, S.C. 1997. Surface water-quality modeling. McGraw-Hill, Boston.
7) Eckhardt, K., S. Haverkamp, N. Fohrer, H.G. Frede . 2002. SWAT-G, a version of SWAT99.2 modified for application to low mountain range catchments. Physics and Chemistry of the Earth 27 (9) (2002), s. 641-644.
8) Kadlčíková, J. 2007. DMR a jeho vizualizace (referát).PřF UP v Olomouci, Olomouc, 15s.
9) Kadlec, J. 2007. Modelování erozních procesů v povodí Blšanky (diplomová práce). PřF UK, Praha, 93 s.
10) Knisel, W.G. 1980. CREAMS, a field scale model for chemicals, runoff and erosion from agricultural management systems. USDA Conservation Research Rept. No. 26.
11) Krysanova, V., F. Hattermann, A. Habeck. 2005. Expected changes in water resources availability and water quality with respect to climate change in the Elbe basin (Germany). Nordic hydrology 36 (2005), s. 321 - 333.
12) Krysanova, V., F. Hattermann, A. Habeck. 2005. Development of the ecohydrological model SWIM for regional impact studies and vulnerability assessment. Hydrological processes 19 (3) (2005), s. 763 - 783.
13) Leonard, R.A., W.G. Knisel, a D.A. Still. 1987. GLEAMS: Groundwater loading effects on agricultural management systems. Trans. ASAE 30(5):1403/1428

14) Neitsch, S.L., J. G. Arnold, J. R. Kiniry a J. R. Williams. 2001a. Soil and Water Assessment Tool theoretical documentation version 2000.
15) Neitsch, S.L., J.G. Arnold, J.R. Kiniry a J.R. Williams. 2005. Soil and Water Assessment Tool theoretical documentation version 2005.
16) Rapant, P. 2005. Geoinformační technologie. Institut geoinformatiky, Hornickogeologická fakulta, Vysoká škola Báňská - Technická univerzita Ostrava, Ostrava.
17) Serrano, E.S. Hydrology for Engineers, Geologists and Environmental Professionals, HydroScience Inc. Lexington, Kentucky, 1997, 468 s.
18) Šíma, J. 2002. Musíme používat pracovní slang při prezentacích a v publikacích o geografických informačních systémech?. Sborník konference GIS Ostrava 2002. Ostrava.
19) Šváb, T. 2005. 4D-stokrát jinak. Acta Montanistica Slovaca, 10, 2. 2005.
20) Voženílek, V. 1999. Aplikovaná kartografie I - tematické mapy. Vydavatelství UP, 1999 Olomouc. ISBN 80-7067-971-9.
21) Voženílek, V. a kol. 2001. Integrace GPS/GIS v geomorfologickém výzkumu. Vydavatelství UP, 2001 Olomouc. ISBN 80-244-0383-8.
22) Williams, J.R. 1969. Flood routing with variable travel time or variable storage coefficients. Trans. ASAE 12(1):100-103.
23) Williams, J.R. 1980. SPNM, a model for predicting sediment, phosphorus, and nitrogen yields from agricultural basins. Water Resour. Bull. 16(5):843-848.
24) Williams, J.R., C.A. Jones a P.T. Dyke. 1984. A modeling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity. Trans. ASAE 27(1): 129-144.
25) Williams, J.R., A.D. Nicks, a J.G. Arnold. 1985. Simultator for water resources in rural basins. Journal of Hydraulic Engineering 111(6): 970-986.
26) Wood, J.D. 1996. The geomorphological characterisation of digital elevation models. Geography Department, University of Leicester, UK, 1996.
27) Advanced Directx examples, 2012. Mathematica-users. http://www.mathematica-users.org (accessed Feb 13, 2012)
28) CORINE Land Cover 2006 (2007-2008), 2012. CENIA. www.cenia.cz (accessed Feb 12, 2012)
29) Základní báze geografických dat ZABAGED, 2012. Český úřad zeměměřičský a katastrální. www.cuzk.cz (accessed Feb 13, 2012).

6. Seznam obrázků

Obr. 1: Povodí Lake Fork v severo-východním Texasu ukazující využití půdy a říční síť. ... 7

Obr. 2: Rozdělení povodí Lake Fort na podpovodí. ... 8

Obr. 3: Oběh vody v přírodě ... 9

Obr. 4: Procesy uvnitř toku modelovány ve SWAT ... 10

Obr. 5: Vizualizace DMT metodou vrstevnic ... 15

Obr. 6: Vizualizace DMT metodou hypsometrie ... 16

Obr. 7: Vizualizace DMT metodou stínovaného reliéfu ... 16

Obr. 8: Vizualizace DMT metodou vertikálních řezů ... 17

Obr. 9: Vizualizace DMT metodou pokročilé vizualizace tzv. bump mapping ... 18

Obr. 10: Vložené vrstvy do programu ArcMap 9.3 ... 24

Obr. 11: Zdrojové vrstevnice pro vytvoření DMT ... 24

Obr. 12: Parametry funkce Create TIN ... 25

Obr. 13: Výsledný DMT ve formě TIN a jeho legenda ... 26

Obr. 14: Vrstva půdní mapy a tabulka atributů před úpravou ... 27

Obr. 15: Parametry funkce Dissolve ... 28

Obr. 16: Parametry funkce Field Calculator ... 28

Obr. 17: Parametry Layer Properties ... 29

Obr. 18: Parametry programu Soil Water Characteristics ... 31

Obr. 19: Výsledná půdní mapa a její legenda ... 32

Obr. 20: Tabulka atributů vrstvy land use ... 33

Obr. 21: Výsledná mapa land use a její legenda ... 33

Obr. 22: Parametry funkce Add XY Coordinates ... 34

Obr. 23: Souřadnice meteorologických stanic ve formátu S-JTSK ... 35

7. Seznam tabulek

Tab. 1: Atributy půd 29

Tab. 2: Přepočet Novákovy klasifikace na klasifikaci FAO 30

Tab. 3: Výsledné atributy půd 31

Tab.4 : Parametry denních srážek 35

Tab.5 : Formát parametrů denních srážek 35

Tab.6 : Parametry denních teplot 35

Tab. 7: Formát parametrů denních teplot 36

Tab. 8: Formát denních průtoků 36

Tab. 9: Parametry rybníků 36

Tab. 10: Formát parametrů rybníků 37

Tab. 11: Parametry managmentu krajiny 37

Tab. 12: Formát parametrů managmentu krajiny 37

Tab. 13: Parametry chemických údajů půd 38

Tab. 14: Formát parametrů chemických údajů půd 38

Tab. 15: Poloha meteorologických stanic 38

Tab. 16: Tabulka srážek 39

Tab. 17: Tabulka teplot 39

Tab. 18: Tabulka průtoků 40

Tab. 19: Tabulka rybníků 40

Tab. 20: Tabulka managmentu krajiny 41

Tab. 21: Tabulka chemických údajů půd 41

8. Seznam zkratek

Zkratka	Anglicky	Česky
BIA	Bureau of Indian Affairs	Úřad pro indiánské záležitosti
BPEJ	-	Bonitovaná půdně ekologická jednotka
CORINE	Coordination of information on the environment	Koordinace a zajištění informací ohledně životního prostředí
CREAMS	Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Managed Systems	Chemikálie, odtok a eroze ze zemědělsky řízených systémů
ČHMÚ	-	Český hydro-meteorologický ústav
DMR	-	Digitální model reliéfu
DMT	-	Digitální model terénu
EEA	Europen environment agency	Evropska agentura životního prostřední
EPIC	Erosion - Productivity Impact Calculator	Kalkulátor dopadu eroze-produktivita
GIS	Geographic Information Systems	Geografické informační systémy
GLEAMS	Groundwater Loading Effects on Agricultural Managment Systems	Dopady hromadící se podzemní vody na zemědělský systém řízení
GMES	Global Monitoring for Environment and Security	Globální sledování životního prostředí a ochrany
HRU	Hydrological response unit	Hydrologická jednotka
HYMO	Hydrologic Modeling	Hydrologické modelování
JRC	Joint Research Center	Společné výzkumné středisko
MŽP	-	Ministerstvo životního prostředí
PIK	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung	Institut pro výzkum klimatu
QUAL2E	Enhanced Stream Water Quality Model	Vylepšený model pro hodnocení kvality vody
ROTO	Routing Outputs To Outlet	Sledování složek k uzávěru
S42	-	Systém 1942
SHP	Shapefile	Datový formát pro ukládání prostorových dat

S-JTSK	-	Systém - jednotné trigonometrické sítě katastrální
SWAT	Soil and Water Assessment Tool	Nástroj pro posouzení půdy a vody
SWIM	Soil and Water Integrated Model	Integrovaný model půdy a vody
SWRBB	Simulator for Water Resources in Rural Basins	Simulátor pro vodní zdroje v zemědělských povodích
SWMM	Storm Water Management Model	Dynamický simulační model srážek a odtoku
USDA ARS	United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service	Ministerstvo zemědělství - Zemědělské výzkumné služby
UTM	Universal Transverse Mercator	Univerzální transverzální Mercatorův systém souřadnic
WGS84	World Geodetic System 1984	Světový geodetický systém 1984
ZABAGED	-	Základní báze geografických dat České republiky
ZM10	-	Základní mapa 1:10000