

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**  
**Katedra pozemkových úprav**

**Studijní program: M 4101 Zemědělské inženýrství**  
**Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**

**Zpracování a vyhodnocení mapových podkladů v prostředí GIS**  
**pro povodí Zdíkovského toku.**

diplomová práce

Autor diplomové práce:

Petr Adámek

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Pavel Žlábek, Ph.D.

2009

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Zemědělská fakulta  
Katedra pozemkových úprav  
Akademický rok: 2006/2007

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr ADÁMEK**  
Studijní program: **M4101 Zemědělské inženýrství**  
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**  
  
Název tématu: **Zpracování a vyhodnocení mapových podkladů v prostředí GIS pro povodí Zdíkovského toku.**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je vytvoření jednotlivých tematických vrstev propovodí toku Zdíkovského toku v prostředí GIS.

1. Shromáždění dostupných mapových podkladů (letecké snímky, mapy BPEJ, projekty odvodnění apod.).
2. Terénní průzkum.
3. Digitalizace jednotlivých podkladů.
4. Vytvoření jednotlivých vrstev v prostředí GIS.
5. Vytvoření uceleného souboru GIS vrstev pro dané povodí a analýza získaných informací.



Rozsah grafických prací: 10 stran  
Rozsah pracovní zprávy: 50 stran  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:


- Forman, T.T., Godron, M.: Krajinná ekologie. Academia Praha, 1993.  
Chábera, S., a kol.: Jihočeská vlastivěda, neživá příroda. Č. Budějovice: Jihočeské nakladatelství, 270 s., 1985.  
Němeček, J., a kol.: Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Praha, 2001.  
Manuál k software GIS.  
Maidment, D. R.: Handbook of hydrology. New York: McGraw-Hill, 1993.  
Serrano, E.S.: Hydrology for engineers, Geologists and Environmental Professionals, HydroScience Inc., Lexington, Kentucky, 1997.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Žlábek  
Katedra pozemkových úprav  
Datum zadání diplomové práce: 28. března 2007  
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2009

  
prof. Ing. Martin Křížek, CSc.  
děkan

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

L.S.

  
doc. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 28. března 2007

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Zpracování a vyhodnocení mapových podkladů v prostředí GIS pro povodí Zdíkovského toku vypracoval samostatně s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb. v plném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 27.4.2009

Petr Adámek

### *Poděkování*

*Děkuji Ing. Pavlu Žlábkovi, Ph.D. za odborné vedení a poskytnuté cenné rady při vypracování této práce. Dále děkuji Ing. Janě Moravcové a Ing. Monice Koupilové za poskytnuté materiály.*

## Anotace

Cílem diplomové práce je vytvoření jednotlivých tematických vrstev pro povodí Zdíkovského potoka. Prvním krokem bylo shromáždění mapových podkladů a jejich porovnání se skutečným stavem. Následovala digitalizace těchto podkladů a vytvoření tematických vrstev. Z jednotlivých vrstev a jejich kombinací byly vytvořeny mapové výstupy, které byly analyzovány. Výsledkem práce je soubor GIS vrstev pro dané povodí. Při zpracování této práce byl využit balík programů ArcGIS Desktop 9.1 vyvíjený firmou ESRI. Vypracovaný soubor podkladů bude dále využit Katedrou pozemkových úprav pro výzkumné a výukové účely.

klíčová slova: povodí, digitalizace, geografický informační systém, mapové podklady

## Annotation

The aim of this thesis is to create various thematic layers for the Zdíkovský stream catchment. The first step was to collect maps and compare them with the actual state, followed by the digitizing of these documents and the creation of thematic layers. Map outputs were created from the individual layers and their combinations and were analyzed. The result is a set of GIS layers for the catchment. ArcGIS Desktop 9.1 program developed by ESRI was used in this work. Elaborated set of layers will be further used for research and educational purposes by the Department of Land Adjustment.

keywords: catchment, digitizing, geographic information system, maps

# Obsah

1 Úvod.....	9
2 Literární přehled.....	11
•2.1 Povodí.....	11
2.1.1 Popis a charakteristika povodí.....	11
2.1.2 Srážkoodtokový proces v povodí.....	12
2.1.3 Modelování srážkoodtokového procesu.....	13
2.1.3.1 Metoda čísel odtokových křivek.....	14
2.1.3.2 Hydrologický model DesQ – MAX Q.....	15
2.1.3.3 Model SMODERP.....	15
2.1.3.4 HydroCAD.....	16
2.1.4 Experimentální povodí.....	16
2.1.4.1 Experimentální povodí Katedry vodního hospodářství a enviromentálního modelování FLE ČZU.....	16
2.1.4.2 Experimentální povodí VÚMOP v.v.i.....	17
•2.2 Geografický informační systém.....	17
2.2.1 Definice pojmu GIS.....	17
2.2.2 Datové modely GIS.....	18
2.2.3 Způsoby reprezentace prostorových dat.....	18
2.2.3.1 Rastrová reprezentace dat.....	19
2.2.3.2 Vektorová reprezentace dat.....	20
2.2.3.3 Srovnání reprezentací dat.....	21
•2.3 Digitální model terénu.....	22
2.3.1 Terminologie digitálních modelů.....	22
2.3.2 Základní metody vizualizace DMT.....	24
2.3.3 Zdroje dat pro DMT.....	25
2.3.4 Datové modely používané pro DMT.....	25
2.3.4.1 Polyedrický model - TIN (Trianguled irregular networks).....	26
2.3.4.2 Plátový model.....	26
2.3.4.3 Rastrový model (grid).....	27
2.3.4.4 Srovnání reprezentací DMT.....	28
2.3.5 Využití DMT.....	28
2.3.5.1 Hydrologické analýzy.....	28
2.3.5.2 Analýzy viditelnosti.....	29
2.3.5.3 Objemové výpočty.....	29
•2.4 Bonitace půd.....	30
2.4.1 Komplexní průzkum půd.....	30
2.4.2 Soustava přírodních stanovišť.....	30
2.4.3 Charakteristika bonitované půdně ekologické jednotky.....	31
2.4.4 Vedení a aktualizace BPEJ.....	31
2.4.5 Využití bonitovaných půdně ekologických jednotek.....	32
2.4.5.1 Oceňování zemědělských pozemků.....	32
2.4.5.2 Potenciální erozní ohroženost půd v území.....	32
2.4.5.3 Hodnocení infiltrační zranitelnosti.....	32
2.4.5.4 Další využití.....	33

3	Materiál.....	34
•3.1	Charakteristika zájmového území.....	34
•3.2	Hydrologické poměry.....	35
•3.3	Klimatické poměry.....	35
3.3.1	Teplotní poměry.....	35
3.3.2	Srážkové poměry.....	36
•3.4	Geomorfologické podmínky.....	37
•3.5	Biogeografické členění.....	37
•3.6	Geologické poměry.....	37
•3.7	Půdní poměry.....	38
4	Metodika.....	40
•4.1	Softwarové prostředí.....	40
•4.2	Získání podkladů a postup prací.....	40
4.2.1	Využití půdy.....	40
4.2.2	Bonitované půdně ekologické jednotky.....	40
4.2.3	Hydrologické skupiny půd.....	41
4.2.4	Čísla odtokových křivek.....	42
4.2.5	Infiltrační kapacita.....	43
4.2.6	Tvorba a analýzy DMT.....	45
4.2.6.1	Tvorba DMT.....	45
4.2.6.2	Analýzy velikosti sklonu svahů a odtokových poměrů .....	46
4.2.7	Odvodněné plochy .....	47
4.2.8	Ortofotomapy.....	48
5	Výsledky.....	49
•5.1	Využití půdy.....	49
•5.2	Půdní vlastnosti.....	52
•5.3	Čísla odtokových křivek.....	55
•5.4	Morfologie terénu.....	58
•5.5	Ortofotomapy.....	63
7	Použitá literatura:.....	66

# 1 Úvod

V posledních 20 letech došlo k velkému rozvoji počítačového zpracování dat. Tento trend se nevyhnul ani oblasti geografických dat. Dnes je na trhu široká nabídka softwarových prostředků pro tvorbu, údržbu a analýzy geodat. Tyto programy umožňují provádět poměrně rozsáhlé analýzy geografických dat.

Jedním z problémů využití takových programů je získávání dat, což je většinou finančně i časově náročný proces. Existují dvě formy pořízení dat: první formou jsou přímá měření (např. geodetická, fotogrammetrická, dálkový průzkum Země). Přímá měření jsou finančně velmi náročná, jejich cena je závislá na jejich přesnosti. Druhou formou je získávání dat z již existujících geodatabází nebo klasických papírových map. Nejčastěji se pro převod map či ortofotomap z papírové (analogové) do digitální formy používá skenování. Přesnost skenování je především závislá na kvalitě skeneru a na nastavení hustoty rastru. Takto získaný podklad je třeba převést do souřadnicového systému a přiřadit mu kartografické zobrazení. Toho dosáhneme geokódováním, jež využívá vlícovacích bodů. Polohu vlícovacích bodů lze určit jak v obraze, který transformujeme, tak v mapě, která má požadovaný souřadný systém. Pokud máme obraz mapy digitalizovaný, můžeme vektorizovat sledované prvky, po dokončení vektorizace je proces digitalizace dokončen. Nově vytvořenou vrstvu můžeme analyzovat a spojit s dalšími údaji o území.

Velkou výhodou geografických informačních systémů (GIS) je propojování a kombinování vrstev s různým obsahem a jejich následné analýzy. Takové kombinace s klasickými mapami provádět nelze nebo jen velmi obtížně. Další výhodou je snadná aktualizace, což klasické mapy neumožňují. Nevýhodou GIS oproti klasickým mapám je vyšší pořizovací cena pro uživatele.

Pro správné a racionální využití nástrojů GIS je nutné nepodcenit zavádění tohoto složitého systému. Proces zavádění GIS od zpracování plánu až po uvedení do plného provozu trvá deset a více let. Stejně dlouhá je i doba návratnosti investic, to je způsobeno vysokými pořizovacími náklady softwaru, pořízení dat a proškolení pracovníků. Vývoj používání GIS má několik fází. V první fázi je základním cílem získání dat, v další fázi to jsou aplikace pracující se získanými daty. Tyto aplikace jsou

již v nabídce softwaru. Vrcholovou fází je tvorba nových postupů a aplikací, fáze je založena na dokonalém seznámení pracovníků s veškerými možnostmi GIS. Až v této fázi se projeví všechny výhody GIS.

Důležitým kritériem při rozhodování o zavedení GIS je jeho životnost, ta se skládá z životností dat, technického a programového vybavení. Životnost dat, při jejich pravidelné aktualizaci, je až několik desítek let. V podstatě je omezena životností popisovaných geoprvků. Životnost technického vybavení je při dnešním tempu rozvoje techniky pouze několik let (3-5), životnost softwarového vybavení je o něco málo vyšší než je tomu u technického vybavení.

Náklady na pořízení GIS jsou velké, ale při plném využití systému jsou určitě dobrou investicí se střednědobou návratností. GIS poskytuje uživatelům nový, komplexnější pohled na dnešní složitý svět.



## **2 Literární přehled**

### **2.1 Povodí**

Povodí je základní hydrologickou oblastí, na které zjišťujeme vzájemný vztah bilančních prvků a zkoumáme odtokový proces. Je to území, vztažené k určitému profilu na toku, omezené rozvodnicí, tj. čarou (určenou nejlépe z vrstevnicových map vhodného měřítko), probíhající po obvodových nejvyšších místech, úbočích, vrcholech, hřebenech a sedlech horstev tak, že odděluje sousedící povodí. Takto určená plocha povodí je plochou, z níž srážková voda vypadlá na kterémkoli místě, má možnost (za předpokladu, že se nevypaří, nevsákne do půdy apod.), stéci povrchově do říčního systému tohoto povodí a protéci jeho uzávěrovým profilem (KEMEL, 1996).

Rozvodnice orografická (povrchových vod), určená z vrstevnicových map na základě konfigurace terénu se nemusí vždy shodovat s rozvodnicí (podpovrchových vod) hydrogeologickou, která je dána geologickým složením a průběhem nepropustných vrstev pod povrchem terénu. U velkých povodí jsou rozdíly zpravidla malé, zanedbatelné. Naopak u malých povodí je rozdíl relativně velký. V odůvodněných případech, zejména u experimentálního povodí, kde se zkoumají jednotlivé složky odtoku, se zjišťuje i průběh podpovrchových vod hydrogeologickým průzkumem (KVÍTEK a kol., 2006).

#### **2.1.1 Popis a charakteristika povodí**

V hydrologickém popisu povodí uvádíme plochu povodí, jeho tvar, typ říční soustavy, fyzikálně geografické poměry apod.

Plocha povodí je jednou ze základních charakteristik – poskytuje názor o významu toku, odvodňujícího dané území. Určuje se z map nejčastěji planimetrováním (KEMEL, 1996).

Tvar povodí, patří mezi charakteristiky (spolu se sklonovými poměry povodí), které ovlivňují dobu, za kterou se soustředí voda z celé plochy povodí v uzavírajícím profilu povodí. Povodí bývá obvykle nejširší ve své střední části, směrem k prameništi se zužuje.

Tvar povodí lze vyjádřit součinitelem tvaru povodí  $\alpha$  :

$\alpha = \frac{B}{Lú}$ , kde  $B$  je střední šířka tvaru povodí a  $Lú$  je délka údolnice.

$B = \frac{F}{Lú}$ , kde  $F$  je plocha povodí.

Podle hodnoty součinitele  $\alpha$  se rozlišují povodí:

protáhlá	$\alpha < 0,24$
přechodného typu	$\alpha = 0,24 - 0,26$
vějířovitá	$\alpha > 0,26$

Z hlediska maximálních průtoků jsou nejméně příznivá povodí protáhlého tvaru (KVÍTEK a kol., 2006).

Fyzikálně geografické vlastnosti povodí mají rozhodující vliv na intenzitu, časové a plošné rozdělení srážek a odtoku.

Zeměpisná poloha – tou jsou dány klimatické poměry jež v zásadní míře ovlivňují i poměry hydrologické. Určujeme ji zeměpisnými souřadnicemi, mezi kterými se povodí nalézá. Polohu povodí často udáváme vzhledem k význačným geomorfologickým útvarům, jako jsou horské masivy apod.

Orografické poměry neboli výškové a sklonitostní poměry mají rovněž vliv na klimatologické a meteorologické charakteristiky – na teplotu vzduchu, srážkové úhrny, vlhkost vzduchu, výpar, sluneční záření apod. (KEMEL, 1996).

Antropogenní faktory v povodí (činnost člověka). Tato činnost je mnohotvárná, může ovlivnit téměř všechny charakteristiky přirozeného povodí. Patří sem především výstavba přehrad, úpravy toků, výstavba husté silniční sítě s nepropustným povrchem, zábor půdy pro výstavbu, devastace a kácení lesních porostů, devastace povrchu při těžbě, aj. To vše znamená radikální zásah a změny hydrologického režimu povrchových i podzemních vod (KVÍTEK a kol., 2006).

### **2.1.2 Srážkoodtokový proces v povodí**

Srážkoodtokovým procesem rozumíme postupnou transformaci srážky dopadající na povodí až na odtok vody uzávěrovým profilem povodí. Je zřejmé, že se jedná o velmi složitý proces, který je ovlivněn řadou činitelů. Především je to skupina klimatických činitelů. Druhou skupinu tvoří geografické činitele povodí.

Vlastní srážkoodtokový proces se skládá ze dvou dílčích transformací. V průběhu první – hydrologické transformace – jsou od srážky dopadající na povodí postupně odečítány hydrologické ztráty. Sem patří ztráta výparem – evapotranspirace, ztráta vlivem intercepce, ztráta navlhnáním, ztráta infiltrací vody do půdy a ztráta povrchovou retencí. Postupnou separací hydrologických ztrát od časového průběhu intenzity srážky získáme efektivní intenzitu srážky. Množství vody takto spadlé na povrch terénu pak odtéká z povodí ve formě plošného povrchového odtoku. Tím je započata druhá – hydraulická transformace (JANDORA, STARA, STARÝ, 2002).

Plošný povrchový odtok se postupně koncentruje v ronových a erozních rýhách a následně v říční síti až na odtok uzávěrovým profilem. Není to však celkový odtok, který uzávěrovým profilem protéká. Část celkového odtoku tvoří podzemní odtok – vody, která se dostala do podzemí převážně infiltrací srážky. Z podzemí pak odtéká buď z nenasycené zóny nad hladinou podzemní vody nebo z nasycené zóny pod souvislou hladinou podzemní vody ve formě podzemního odtoku do říční sítě. V nenasycené zóně zemědělsky obdělávaných povodích bývá půda do obdělávané hloubky značně nakypřená a má tudíž značně větší propustnost než půda pod tímto horizontem. Proto dochází k odtoku po rozhraní mezi těmito hloubkami a voda může vytékat na svazích na povrch půdy. V takovém případě mluvíme o hypodermickém odtoku (KEMEL, 1996).

### **2.1.3 Modelování srážkoodtokového procesu**

Matematické modelování srážkoodtokového procesu je značně složitým problémem. Existující modely převážně směřují k simulaci srážkoodtokového procesu v povodí. Ne vždy je však možné jít při řešení tohoto problému do detailů. Přílišná podrobnost řešení vede na velmi složité modely, které většinou zápasí s „křizí dat“, kdy jim není možno poskytnout všechny požadované informace a řadu vstupních dat je třeba odhadnout. Tím je snížena i jejich kvalita a použitelnost (JANDORA, STARA, STARÝ, 2002).

Z hlediska možnosti využívání modelů je nutné, aby tyto modely byly co nejjednodušší a nejpřesnější. Zpravidla jsou však kompromisem mezi praktickou jednoduchostí a teoretickou přesností. Dostatečně přesným modelem je tzv. „metoda

čísel odtokových křivek – CN“, pomocí níž lze prognózovat objem povrchového odtoku a velikost kulminačního průtoku z povodí o ploše do 5 -10 km<sup>2</sup> (JANEČEK a kol., 2005).

### 2.1.3.1 Metoda čísel odtokových křivek

Základním vstupem metody CN-křivek je srážkový úhrn v určitém časovém rozdělení za předpokladu jeho stejnoměrného rozdělení po ploše povodí. Objem srážek je přeměněn na objem odtoku pomocí čísel odtokových křivek - CN. Jejich hodnoty jsou závislé na hydrologických vlastnostech půd, vegetačním krytu, velikosti nepropustných ploch, intercepci a povrchové akumulaci. Čísla odtokových křivek – CN jsou tabelizována podle:

- hydrologických vlastností půd rozdělených do 4 skupin: A, B, C, D na základě minimálních rychlostí infiltrace vody do půdy bez pokryvu po dlouhodobém vysycení (viz tab. 1),
- využití půdy, vegetačního pokryvu, způsobu obdělávání a uplatnění protierozních opatření (DUMBROVSKÝ, MEZERA, 2000).

Tab. 1: Hydrologické skupiny půd

Charakteristika hydrologických vlastností	Skupina
Půdy s vysokou rychlostí infiltrace ( $> 0,12 \text{ mm.min}^{-1}$ ) i při úplném vysycení, zahrnující převážně hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky nebo šterky.	<b>A</b>
Půdy se střední rychlostí infiltrace ( $0,06 - 0,12 \text{ mm.min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité.	<b>B</b>
Půdy s nízkou rychlostí infiltrace ( $0,02 - 0,06 \text{ mm.min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovité	<b>C</b>
Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace ( $< 0,02 \text{ mm.min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně jíly s vysokou bobtnavostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím.	<b>D</b>

(JANEČEK, 2007)

### 2.1.3.2 Hydrologický model DesQ – MAX Q

Model je využitelný pro výpočet maximálního průtoku z nepozorovaných profilů povodí, které lze schematizovat buď jednou odtokovou plochou (svah) nebo modelovým povodím ve tvaru otevřené knihy, bez zohlednění rozvinuté hydrografické sítě v povodí. Při rozvinutější hydrografické síti v povodí lze schematizovat povodí více modelovými povodími, maximální průtok se odvozuje modelem DesQ – MAX Q v kombinaci s hydraulickými modely neustáleného proudění v říční síti – např. HEC-RAS.

Model DesQ-MAX Q umožňuje:

- výpočet maximálních N-letých (návrhových) průtoků a objemů povodňových vln, vyvolaných přívalovými dešti kritické doby trvání,
- výpočet maximálních průtoků a objemů povodňových vln, vyvolaných dešti zadané doby trvání, příslušné náhradní intenzity,
- výpočet maximálních průtoků a objemů povodňových vln, vyvolaných dešti zadané doby trvání a intenzity,
- odvození tvaru povodňových vln (časové řady),
- výpočet charakteristik hydrogramů, ovlivněných antropogenní činností v povodí (změna ve způsobu využívání pozemků v povodí, rozšíření zpevněných ploch v povodí urbanizací) (HRÁDEK, KUŘÍK, 2001).

### 2.1.3.3 Model SMODERP

Simulační Model Povrchového Odtoku a Erozního Procesu (SMODERP) – řeší srážko-odtokové vztahy a erozní procesy na svahu a jeho výstupy lze využít pro návrh prvků protierozní ochrany. Model simuluje plošný povrchový odtok a erozní procesy ze srážky proměnné intenzity v území o velikosti do 1,0 km<sup>2</sup>. Morfologické, půdní a vegetační poměry území mohou být proměnné.

Model lze využít:

- pro stanovení charakteristik plošného povrchového odtoku (objem odtoku, vrcholový průtok, rychlost, hloubka) ve zvolených profilech vyšetřovaného svahu a ve zvolených časových intervalech od počátku srážky,

- pro stanovení přípustné délky pozemku ve směru sklonu (odtoku) na základě krajního nevymílacího tečného napětí a krajní nevymílací rychlosti povrchového odtoku,
- pro stanovení ztráty půdy (VRÁNA a kol., 2001).

#### **2.1.3.4 HydroCAD**

HydroCAD je hydrologicko-hydraulický model, který lze využít pro simulaci významných srážko-odtokových epizod na malém povodí včetně generování výsledného hydrogramu. Uživatel může verifikovat, zda odtokový systém povodí (říční síť) je kapacitně dostatečný, předpovídat výskyt povodňových, příp. erozních událostí, vyhodnotit různé alternativy návrhu řešení hydraulických objektů (jezů, propustků, potrubí) a vybrat nejvhodnější z hlediska bezpečnosti, ochrany životního prostředí a finanční náročnosti (JANEČEK, 2007).

#### **2.1.4 Experimentální povodí**

Experimentální povodí jsou zřizována pro monitorování procesů probíhajících v krajině, pro důkladnější poznání těchto procesů či pro ověření různých teoretických modelů a metod.

##### **2.1.4.1 Experimentální povodí Katedry vodního hospodářství a enviromentálního modelování FLE ČZU**

Experimentální povodí Kout, Doupě a Stolec se nacházejí na území NP Šumava, kde reprezentují různé stádia vývoje lesa. Povodí Kout představuje území, kde les napadený kůrovcem v 90. letech byl ponechán přirozenému vývoji. Podobný vývoj potkal i les na nedalekém povodí Doupě, kde však bylo přistoupeno k odtěžení takto napadeného lesa a vysázení nové generace smrkového porostu. Povodí Stolec reprezentuje území, kde roste zdravý smrkový porost.

Každé povodí je vybaveno Thomsonovým měrným přelivem, automatickou záznamovou stanicí NOEL, která se skládá z překlopného srážkoměru o ploše 200 cm<sup>2</sup>,

tlakového hladinoměru a konduktometru GRYF. Přístrojové vybavení umožňuje kontinuální sběr dat v období bez souvislé sněhové pokrývky.

Tato tři povodí byla vybrána z důvodů zjištění vlivu druhu porostu na srážko-odtokový proces (HRUŠKA, 2005).

#### **2.1.4.2 Experimentální povodí VÚMOP v.v.i.**

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy provádí pozorování na třech malých povodích v povodí Želivky – povodí v Černíči, povodí Cerhovického a Kopaninského potoka. Další pozorovaná povodí jsou Žejbro na Českomoravské vrchovině a Němčický potok v Dražanské vrchovině.

Na sledovaných povodích Cerhovický potok, Žejbro, Černíči, Kopaninský potok a dalších jsou kontinuálně měřeny:

- srážky,
- průtoky v závěrovém profilu,
- drenážní odtoky jednotlivých skupin,
- vlhkost půdy,
- hladina podzemní vody a další hydrologické veličiny (DOLEŽAL a kol.,2002).

## **2.2 Geografický informační systém**

### **2.2.1 Definice pojmu GIS**

Jednoznačná a všeobecně přijatelná definice pojmu GIS v současné době stále ještě neexistuje. Většina definic, které byly doposud sestaveny (a jsou jich desítky), je silně poznamenána prostředím, z něhož jejich autoři pocházejí. Jednou z příčin této situace může být i skutečnost, že různí autoři definic vnímají tento pojem na odlišných úrovních (RAPANT, 2002).

V zásadě lze rozlišit tři úrovně chápání pojmu GIS:

- GIS jako software – GIS je soubor programů pro správu a analýzu prostorových dat,

- GIS jako aplikace – GIS je informační systém geografického typu, který je součástí řízené určité organizační jednotky,
- GIS jako technologie nebo jako nová vědní disciplína (řešení úloh základního i aplikovaného výzkumu přírodních, technických i společenských věd speciálními metodami odvozenými v rámci nové vědní disciplíny GIS) – GIS je systém hardwarových a softwarových prostředků pro řešení obecných vědeckých problémů (VOŽENÍLEK, 1998).

Některé definice GIS:

„GIS je databázový systém, ve kterém je většina dat prostorově indexována a jsou nad nimi vykonávány různé operace s cílem odpovědět na otázky o prostorových objektech v databázi.“ (Smith et al., 1987)

„GIS je výkonná sada nástrojů na sběr, uchovávání, výběr podle požadavků, transformaci a zobrazení prostorových dat reálného světa pro specifické cíle.“ (Burrough and McDonnell, 1998)

„GIS je organizovaný soubor počítačového hardware, software a geografických údajů (naplněné báze dat) navržený pro efektivní získávání, ukládání, upravování, obhospodařování, analyzování a zobrazování všech forem geografických informací.“ (ESRI)

### 2.2.2 Datové modely GIS

Geografická data obsahují dva až tři základní typy informací:

- prostorová informace – pozice, tvar a jejich vztah k ostatním objektům.
- popisná informace (atributová data) – další vlastnosti objektu např. teplota, tloušťka drátu, rok pořízení, typ potrubí, ...
- časová informace – je-li použita, přidává do systému dynamické vlastnosti, např. datum poslední opravy potrubí (BŘEHOVSKÝ, JEDLIČKA, 2002).

### 2.2.3 Způsoby reprezentace prostorových dat

Geografické údaje jsou pro analýzy již tradičně nejčastěji prezentovány pomocí dvojrozměrných analogových modelů – map. Mapa také poskytuje plnohodnotnou



metodu uložení prostorových dat pro pozdější vizuální zkoumání, prohledávání a postupné manuální doplňování obsahu nebo jiné zpracování.

Lidské oko rozpoznává na mapě prostorové vlastnosti objektu – polohu, půdorysný tvar, vztah k jiným objektům i jejich vlastnosti. Pro počítačovou reprezentaci však musejí být všechny tyto skutečnosti určitým způsobem zakódovány a uloženy do datových souborů.

V zásadě existují dva základní způsoby reprezentace prostorových dat, nazývané formáty:

- rastrová (explicitní),
- vektorová (implicitní) (VOŽENÍLEK, 1998).

### **2.2.3.1 Rastrová reprezentace dat**

Základem rastrových dat je překrytí studované entity (objekt, proces) pravidelnou sítí (mřížkou). Entita je pak popsána diskretními hodnotami, které jsou vztaheny k polím této sítě. Polohová lokalizace entity je pak určena souřadnicemi polí, které ji představují. Takto popsanou entitu lze potom reprezentovat strukturou polí.

Dělení prostoru se provádí dvěma základními způsoby:

1. Pravidelné rastry, při kterých je tvar polí přesně definovaný a vždy stejný (čtverec, obdélník, šestiúhelník, trojúhelník). Tyto rastry se dále dělí na:

a) rastry se stejnou rozlišovací schopností – pole jsou stejně velká,

b) rastry s nestejnou rozlišovací úrovní nebo hierarchickou strukturou – velikost polí se definovaným způsobem mění.

2. Nepravidelné rastry, při kterých se vytvářejí pole různého tvaru a velikosti (VOŽENÍLEK, 1998).

V naprosté většině případů se ale v GISech používá pravidelné dělení prostoru čtvercovou mřížkou. Čtvercová mřížka je nejpoužívanější zobrazení, jelikož je:

1. kompatibilní se strukturami datových posloupností používaných ve výpočetní technice – přirozené uložení dat v pamětech

2. kompatibilní s mnoha hardwarovými zařízeními pro záznam (skenery atd.)

3. kompatibilní s kartézskými souřadnicovými systémy (ŠTYCH, 2008).

### 2.2.3.2 Vektorová reprezentace dat

Na rozdíl od rastrového datového modelu zavádí tento datový model schématické členění dat podle geoprvků. Každý geoprvek má v tomto datovém modelu přiřazen jedinečný identifikátor. Uložení geometrické složky popisu geoprvku a tematické složky popisu je oddělené, přičemž vazba mezi těmito dvěma složkami je zprostředkována pomocí jedinečného identifikátoru geoprvku (KOMÁRKOVÁ, KOPÁČKOVÁ, 2005).

Pro popis geometrických vlastností geoprvků se používají lineární geometrické prvky, tzv. vektory. Vektor je v terminologii GISů orientované úsečka, definovaná souřadnicemi počátečního a koncového bodu. Tyto vlastnosti jsou znázorňovány pomocí tří základních geometrických prvků:

- bod – jako vektor nulové délky (vektor, u něhož splyne počáteční a koncový bod)
- linie – jako otevřená posloupnost vektorů. U linie rozlišujeme počáteční a koncový bod, které se běžně označují termínem uzel (angl. nod), a mezilehlé body, které se označují termínem vrchol (angl. vertex).
- plocha – je reprezentována svojí hraniční linií, která je uzavřená, popsána uzavřenou posloupností vektorů, resp. linií (RAPANT, 2002).

Vektorová data jsou v GIS organizována a ukládána podle různých vektorových modelů.

Špagetový model – ve špagetovém modelu jsou všechny typy objektů, bez ohledu na počet dimenzí, uloženy v jednom heterogenním seznamu. Tento seznam má pouze dvě položky:

- typ objektu
- parametry objektu – jedna či více souřadnic.

Ve špagetovém modelu není obsažena žádná informace o topologii a proto je tento model pro analýzu geodat obtížně využitelný. Navíc zde dochází k redundanci dat. Hierarchický model – ukládá data hierarchicky s ohledem na počet dimenzí. Vychází z faktu, že polygon se skládá z několika linií, linie z několika úseček, úsečky jsou pak spojením dvou bodů. Tyto elementy jsou pak v GIS uloženy samostatně (ŠTYCH, 2008).

Topologický model – jeho základem je záznam linií tvořících mapu ve formě rovinného grafu. Jednotlivé linie odpovídají hranám grafu a jejich počáteční a koncové uzly uzlům grafu. Mezilehlé vrcholy linií zde nemají žádný význam. Graf bývá uložen např. v databázových tabulkách. V GIS může být tento graf uložen například tak, že v jedné tabulce jsou uloženy jednotlivé linie (= hrany grafu) spolu s počátečním a koncovým uzlem a mezilehlými vrcholy (jejich pořadí určuje orientaci linie), a také spolu s referencí na polygon, nacházející se na levé a pravé straně linie (pohybujeme-li se po ní ve směru orientace) (KOMÁRKOVÁ, KOPÁČKOVÁ, 2005).

### 2.2.3.3 Srovnání reprezentací dat

Tab. 2: Výhody a nevýhody vektorového a rastrového modelu

<i><b>Vektorový model</b></i>	
Výhody	Nevýhody
vysoká polohová přesnost objektů	komplikovanost datové struktury
grafický výstup je blízky klasickým mapám	složitost výpočtů při analytických operacích
vhodné pro reprezentaci a modelování jednotlivých objektů	časově náročné vytváření topologie
relativně malý objem uložených údajů	špatně reprezentují spojité povrchy
vhodný pro kartografické výstupy	nehodnost pro prostorové modelování a simulace
<i><b>Rastrový model</b></i>	
Výhody	Nevýhody
jednoduchost datové struktury	velký objem uložených údajů
jednoduchá kombinace s údaji DPZ, fotogrammetrie	přesnost závislá na velikosti buňky
jednoduché vykonávání analytických operací	menší vizuální kvalita kartografických výstupů
vhodnost pro modelování a simulace	nehodnost pro analýzy sítí
	pro transformace je třeba speciálních algoritmů a výkonný hardware

Spojením výhod obou modelů je velice žádané a řešením jsou hybridní datové modely (BŘEHOVSKÝ, JEDLIČKA, 2002).

## 2.3 Digitální model terénu

Digitální modely terénu (DMT) jsou používány v geoinformatice zhruba od roku 1950. Od této doby se staly nedílnou součástí digitálního zpracování prostorových geografických informací. V aplikacích GIS poskytují příležitosti pro modelování, analyzování a zobrazování úkazů souvisejících s topografií a reliéfem (KLIMÁNEK, 2006).

Digitální modely terénu jsou datové struktury a pro ně speciálně sestavené programy pro reprezentaci zemského povrchu v jejich trojrozměrné podstatě. Reprezentují hypsometrické poměry georeliéfu. Jejich široké užití vychází z následujících předností:

- přesně vyjadřují georeliéf,
- jsou vhodné pro shromažďování dat o zemském povrchu,
- minimalizují požadavky na uložení dat,
- zvyšují výkonnost zpracování hypsometrických dat,
- jsou vhodné pro provádění povrchových analýz,
- umožňují dobrou vizualizaci zemského povrchu (VOŽENÍLEK, 1998).

### 2.3.1 Terminologie digitálních modelů

Ve výkladu významu digitálního modelu terénu panuje značná nejednotnost. Je tedy vhodné na začátek uvést výklad jednotlivých pojmů a zkratk.

- DTM – digital terrain model (DMT – digitální model terénu) popisuje zemský povrch ve smyslu holého povrchu bez vegetace a lidských výtvorů jako jsou budovy, mosty apod. Podle terminologického slovníku zeměměřičství a katastru nemovitostí je „digitální reprezentace reliéfu zemského povrchu v paměti počítače složená z dat a interpolačního algoritmu, který umožňuje mj. odvozovat výška mezilehlých bodů.“ DTM lze definovat i jako komplexní povrch zahrnující výšku (topografickou plochu bez vegetace) se zpřesňujícími a jednoznačnými liniovými a polygonovými geoprvky jako jsou říční toky a koryta, násypy komunikací, vodní plochy a hrany terénu. Jedním z velmi častých způsobů vyjádření

DTM je vektorová vrstva vrstevnic (izočar), která se používá v topografických mapách. Vrstevnice na úrovni z je linie, kde pro každý její bod platí, že jeho nadmořská výška je z (ŠTYCH, 2008).

- DSM – digital surface model (DMP – digitální model povrchu) je zvláštní případ digitálního modelu reliéfu konstruovaného zpravidla s využitím automatických prostředků (např. obrazové korelace ve fotogrametrii) tak, že zobrazuje povrch terénu a vrchní plochy všech objektů na něm (střechy, koruny stromů apod.). jedná se tedy o model aktivního povrchu, pokud je použit termín z klimatologie.
- DLM – digital landscape model (DMÚ – digitální model území) je komplex dat a programových prostředků pro sběr, zpracování, aktualizaci a distribuci digitálních informací o území. V České republice se jedná např. o ZABAGED či DMÚ 25. Z kartografického pohledu se jedná o soubor topografických dat o území (reliéf, zástavba, vegetace, vodstvo, ...), z pohledu 3D modelování pak o komplexní model obsahující 2,5D model reliéfu krajiny a integrované 3D objekty ( KADLČKOVÁ, 2007).
- DEM – digital elevation model (DVM – digitální výškový model) popisuje 2,5D rastrový model, který obsahuje výškové body ve vztahu k referenčnímu povrchu, často bez omezení toho, co objekty vztahu k referenčnímu povrchu reprezentují. Tento termín tak charakterizuje spíše modelovací techniku, než data, která DEM popisuje.
- DMK – digitální model krajiny představuje minimálně trojrozměrné počítačem generované schéma výřezu krajiny prezentující její základní strukturní vlastnosti v generalizované, avšak integrované podobě. Standardní databáze DMK je z prostorového pohledu tvořena třemi základními vrstvami dat:
  - nadpovrchová data – reprezentují vzájemně integrované údaje o složkách přírodního geosystému a jeho antropogenní nadstavbu: klima (energie), vodstvo (vlhkostní poměry), vegetace, aktuální či historické využití ploch,

- povrchová data – představují informace o reliéfu (v podstatě DMT) umožňující nejrůznější morfometrické operace,
- podpovrchová data – zastoupená informací o půdním pokryvu a o geologickém zvětralinovém a sedimentárním plášti (o zeminách) a o geologické struktuře (o horninách), případně o parametrech podpovrchové vody (ŠTYCH, 2008).

### 2.3.2 Základní metody vizualizace DMT

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:

- 2D objekty – jedná se o rovinnou grafiku,
- 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,
- 3D objekty – lze je považovat za plnohodnotná tělesa, což znamená, že každému bodu (x,y) existuje množina souřadnic (z),
- 4D objekty – k 3D objektům je přidán další rozměr, kterým je čas.
- 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 (KADLČKOVÁ, 2007).

Pro vizualizaci DMT metodou vrstevnic mohou být použity vrstevnice vygenerované z gridu i TINu či vrstevnice získané digitalizací topografických map. Vrstevnice doplněné výškovými kótami jsou doposud nejčastější metodou znázorňování reliéfu terénu. Rozhodující charakteristikou je interval vrstevnic, který vychází z teoretického požadavku, aby bylo možno znázornit svah o sklonu  $45^\circ$ , aniž by se vrstevnice slily. Metoda 2D vrstevnic je standardním vyjadřovacím prostředkem k zobrazení výškopisu v topografických mapách, stínovaný reliéf se pro svoji plasticitu i ve 2D často používá jako podklad pro tematické vrstvy. 2D vizualizace DMT pomocí

barevné hypsometrie je využívána především tehdy, pokud má DMT dále sloužit jako vrstva pro další výpočty.

Vizualizace ve 2,5D je již sama o sobě přívětivější pro vnímání perspektivy reliéfu než 2D. Metodu vrstevnic či sítě vertikálních řezů lze označit za „průhledné“ metody a v závislosti na jejich hustotě se mění i jejich čitelnost. Stínovaný či obarvený reliéf ve 2,5D představuje lepší základ (podklad) pro vizualizaci dalších tematických vrstev, rozdíl je pouze v tom, že u stínovaného reliéfu se využívá transparentnost nadložních vrstev (ŠTYCH, 2008).

### **2.3.3 Zdroje dat pro DMT**

Geodata pro tvorbu digitálních modelů reliéfu lze získávat různými způsoby. K nejčastěji používaným patří:

- geodetická měření,
- laserové skenování (lidar),
- měření GPS,
- fotogrammetrická měření,
- digitalizace vrstevnic,
- radarové záznamy,
- družicové záznamy,
- jiné zdroje.

Jednotlivé způsoby získávání geodat se liší cenou, přesností, dostupností a případně rychlostí jejich pořízení. Obecně lze říci, že způsoby uvedené v předešlém výčtu nejvýše jsou nejnákladnější, ale také nejpřesnější (RAPANT, 2005).

### **2.3.4 Datové modely používané pro DMT**

Pro tvorbu digitálních modelů terénu se používají tři datové modely:

- polyedrický model (TIN),
- plátový model,
- rastrový model (grid).

#### **2.3.4.1 Polyedrický model - TIN (Triangulated irregular networks)**

1. Trojúhelníková (triangulated) – TIN je reprezentován povrchem, jež je tvořen trojúhelníky, které byly vytvořeny triangulací.

2. Nepravidelná (irregular) – trojúhelníky jsou tvořeny třemi body, které leží v jejich vrcholech a jsou nepravidelně rozmístěné.

3. Síť (network) – každý trojúhelník má v sobě uloženy informace o sousedním trojúhelníku. Vytváří tak trojúhelníkovou síť.

TIN představuje významnou alternativu pravidelného rastru DMT. Byl vyvinut na počátku sedmdesátých let minulého století jako jednoduchý způsob tvorby povrchu z množiny nepravidelně rozmístěných bodů.

Nepravidelně rozmístěné body mohou být přizpůsobeny konfiguraci terénu (více bodů v oblastech s hodně členitým terénem, méně bodů v oblastech s plochým terénem). Z toho plyne nesporná výhoda tohoto modelu - dobře reprezentuje jednotlivé nerovnosti terénu. Jednotlivé body jsou pak navzájem spojovány do trojúhelníků, které lze matematicky vyjádřit rovnicí roviny, ve které leží. Využitím trojúhelníků dosáhneme toho, že každý kousek (trojúhelník) mozaiky pasuje na své sousední trojúhelníky, tj. výsledný povrch je spojitý. Tento přístup, označovaný jako triangulace je v současné době u vektorově orientovaných GIS nejrozšířenější (ŠTYCH, 2008).

#### **2.3.4.2 Plátový model**

Plátový model má mnoho rysů společných s modelem polyedrickým. Terén je opět rozdělen na menší plošky, které však nemusí být pouze rovinné, mohou být i jistým způsobem zakřivené. Nejčastěji se používají plochy popsateľné polynomickými funkcemi, které na sebe při hraničních liniích navazují natolik hladce, aby byla zaručena spojitost derivací do jistého, předem daného řádu.

Tvorba plátového modelu ze vstupních dat postupuje v několika krocích. Prvním krokem je triangulace, tedy pospojování vstupního seznamu bodů do trojúhelníkové sítě. Výsledkem triangulace je terénní model popsateľný vhodnou datovou strukturou. Součástí tvorby modelu může být i optimalizace jednotlivých plátů. Při ní jsou některé



zbytečné hrany trojúhelníkové sítě vypuštěny a model je pak tvořen i čtyřúhelníky, či ještě složitějšími mnohoúhelníky. Při provádění těchto operací vzniká z trojúhelníkové sítě obecný plátový model, který se skládá z obecných n-úhelníků (KLIMÁNEK, 2005).

#### **2.3.4.3 Rastrový model (grid)**

Digitální model reliéfu typu grid je tvořen maticí pravidelně rozmístěných výškových bodů. Elementární jednotkou tohoto modelu je bod. S bodem však není možné provádět významnější analýzy reliéfu. Proto se nejmenší prvek, s kterým se obvykle pracuje, skládá ze čtveřice bodů, tvořících buňku gridu rozměru 2×2. Ta reprezentuje složitý povrch, protože ten může být mezi body zakřivený (čtyři body již nemusí ležet v rovině). Z tohoto důvodu je i styk mezi povrchy dvou sousedních buněk velice složitý.

Hlavní nevýhodou gridu je příliš velká redundance dat. Rozměry základní buňky se obvykle volí tak, aby umožnil zachytit nejmenší požadovaný detail reliéfu. Z toho ovšem vyplývá, že na většině plochy je rozměr základní buňky zbytečně malý.

DMT typu grid je velice vhodný pro modelování relativně plochého reliéfu bez náhlých výškových změn (RAPANT, 2005).

### 2.3.4.4 Srovnání reprezentací DMT

Tab. 3: Srovnání modelů DMT dle KLIMÁNKÁ (2006)

<b>DMT</b>	<b>Rastrové modely</b>	<b>Triangulace</b>
Aproximace povrchu	Velmi variabilní (závisí na typu zvoleného algoritmu prostorové interpolace dat).	Obtížně modifikovatelná (vstupní data se stávají vrcholy trojúhelníků jejichž plochy jsou nejčastěji považovány za rovinné).
Geomorfologie	Nutné zavedení lomových linií je relativně obtížné – definováním oblastí bez aproximace povrchu nebo zavedením hybridního modelu.	Nutné zavedení zlomových linií je relativně jednoduché – definováním zlomových linií jako povinných hran trojúhelníkové sítě.
Vstupní data	Omezení vyplývající z maticové struktury modelu, obvyklé dilema mezi velikostí gridu (pixelu) odrážející se ve velikosti dat a přesnosti. Ideální pro extrémní objemy pravidelně uspořádaných dat (laserové skenování).	Relativně neomezené parametry, závislé pouze na kvalitě trojúhelníkové sítě vzhledem k rozmístění (hustotě) vstupních dat.
Použitelnost	Omezení vyplývající z 2,5D reprezentace. Velké množství relativně jednoduchých algoritmů pro mnoho aplikací.	Struktura modelu je svou podstatou jednodušší. Algoritmy pro aplikace jsou však složitější vzhledem k výpočtům v topologickém modelu.

### 2.3.5 Využití DMT

#### 2.3.5.1 Hydrologické analýzy

Hydrologické analýzy patří vedle vizualizací k nejčastějšímu využití DMT v praxi. V závislosti na možnostech softwaru jsou na základě DMT modelovány kvantitativní a kvalitativní parametry (množství a směr) odtoku, definována jednotlivá povodí (podle prahové velikosti nebo k uzavěrovému profilu). Komplexní modely

potom popisují složitější situace v krajině (protipovodňová opatření, hospodaření s vodními zdroji, atd.). kvantifikace odtoku je jedním z důležitých ukazatelů při dimenzování vodních děl i drobných vodních staveb (přehrážky, menší nádrže), a společně s dalšími parametry odtoku nabývá v současné době na významu při protipovodňové ochraně území. Algoritmy pro tyto výpočty již běžně obsahují možnosti kvantifikace srážky a definování propustnosti – vsaku a retence – povrchů. Všechny analýzy je vhodné provádět ve variantě s odstraněním bezodtokých depresí, což je nezbytné pro kvalitní hydrologické výstupy (KLIMÁNEK, 2006).

### **2.3.5.2 Analýzy viditelnosti**

Analýzy viditelnosti (z linie, z bodu) umí odpovědět například na následující otázky:

- které oblasti je možné a nemožné vidět z daného bodu (rozhledny na tomto kopci),
- jak často je vidět dané místo z linie (dálnice – vyhledávání nejvhodnější lokality pro reklamu),
- kolik musím minimálně postavit rozhleden a kde, aby bylo viditelné celé zájmové území.

Po modifikaci je možno analýzy viditelnosti převést na obecné analýzy šíření signálu:

- studie nalezení vhodné lokality pro komunikační buňku (u mobilních telefonů) (BŘEHOVSKÝ, JEDLIČKA, 2002).

### **2.3.5.3 Objemové výpočty**

Jednou z běžných analýz prováděných na digitálních modelech terénu jsou objemové výpočty. Například při návrhu nové dálnice je mnohdy nezbytné přemístit velké objemy hornin, a to ať už je to při vytváření zářezů v existujícím terénu nebo při vytváření násypů. Nebo je možné pomocí DMT spočítat objem přehradní nádrže, objem vydobyté horniny z lomu, objem odpadů navezených na skládku, objemové změny v důsledku eroze apod. Většinou se postupuje tak, že se počítá objem prostoru

omezeného dvěma povrchy – dvěma digitálními modely terénu nebo objem prostoru omezeného digitálním modelem terénu a referenční úrovní (RAPANT, 2006).

## **2.4 Bonitace půd**

### **2.4.1 Komplexní průzkum půd**

Tento průzkum se začal vypracovávat na podkladě vládního usnesení č. 11 z roku 1961. Na základě tohoto usnesení vydalo Ministerstvo zemědělství, lesního a vodního hospodářství vyhlášku č. 47/1961, která určuje účel a pojem komplexního průzkumu půd. Vypracování celého projektu bylo rozplánováno na 10 let. V průběhu akce bylo otevřeno přes 700 000 kopaných sond a bylo provedeno více než 2 miliony rozborů odebraných půdních vzorků.

Pro potřeby praxe byly vypracovány v rámci průzkumu následující materiály:

- průvodní zprávy,
- základní půdní mapy,
- kartogramy zrnitosti, skeletovitosti a zamokření,
- kartogramy návrhů opatření ke zvýšení půdní úrodnosti.

Veškeré mapové materiály byly zpracovány v měřítku 1: 10 000. Zmíněné materiály doplňuje okresní průvodní zpráva, do níž byly zařazeny i další doplňkové kartogramy v měřítku 1 : 200 000 (LEDVINA, HORÁČEK, 1998).

### **2.4.2 Soustava přírodních stanovišť**

Byla stanovená v letech 1961-1965 ekonomickými výzkumnými ústavami a vychází z pedologické klasifikace Komplexního průzkumu půd a využívá nejnovější podklady o klimatických, půdních, geologických, reliéfových a jiných podmínkách, které rozhodující měrou ovlivňovaly soudobý názor na klasifikaci přírodních podmínek pro potřeby řízení zemědělské výroby. Přírodní podmínky České republiky zahrnují 7 oblastí s podčleněním podle klimaticko-půdních, geologických a reliéfových podmínek. V ČR bylo vymezeno celkem 77 přírodních stanovišť jako podklad pro řešení daňové a dotační politiky (MAŠÁT, 2002).

### **2.4.3 Charakteristika bonitované půdně ekologické jednotky**

Dle vyhlášky 327/98 Sb., kterou se stanoví charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup pro jejich vedení a aktualizaci, je bonitovaná půdně ekologická jednotka charakterizována klimatickým regionem, hlavní půdní jednotkou, sklonitostí a expozicí, skeletovitostí a hloubkou půdy, jež specifikují hlavní půdní a klimatické podmínky hodnoceného pozemku, přičemž

a) klimatický region zahrnuje území s přibližně shodnými klimatickými podmínkami pro růst a vývoj zemědělských plodin, je vyjádřen první číslicí pětimístného číselného kódu,

b) hlavní půdní jednotka je účelovým seskupením půdních forem příbuzných vlastností, jež jsou určovány genetickým půdním typem, subtypem, půdotvorným substrátem, zrnitostí, hloubkou půdy, stupněm hydromorfismu, popřípadě výraznou sklonitostí nebo morfologií terénu a zúrodňovacím opatřením, je vyjádřena druhou a třetí číslicí číselného kódu,

c) sklonitost a expozice ke světovým stranám vystihuje utváření povrchu zemědělského pozemku, je vyjádřena čtvrtou číslicí číselného kódu, která je výsledkem jejich kombinace,

d) skeletovitost, jíž se rozumí podíl obsahu šterku a kamene v ornici k obsahu šterku a kamene v spodině do 60 cm, a hloubka půdy, je vyjádřena pátou číslicí číselného kódu, která je výsledkem jejich kombinace.

### **2.4.4 Vedení a aktualizace BPEJ**

Aktualizaci bonitovaných půdně-ekologických jednotek (tzv. rebonitaci) a dobonitaci dosud nebonitovaných pozemků zajišťuje vždy pozemkový úřad prostřednictvím odborné organizace. Odbornou organizací pro expertní posouzení je Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha (VÚMOP). VÚMOP zajišťuje metodické vedení specialistů pozemkových úřadů a vlastních činností tak, aby obsah celostátní databáze, v níž jsou BPEJ jednotně vedeny, nebyl znehodnocen. Rovněž udržuje soulad celostátní databáze s údaji katastru nemovitostí (NĚMEC, ŠTOLBOVÁ a kol., 2006).

## **2.4.5 Využití bonitovaných půdně ekologických jednotek**

### **2.4.5.1 Oceňování zemědělských pozemků**

Při oceňování zemědělských pozemků se pro stanovení nároků v řízení o pozemkových úpravách použije základní cena podle zvláštního právního předpisu, která se zjistí podle bonitovaných půdně ekologických jednotek evidovaných v celostátní databázi a vztažených k zaměření skutečného stavu v terénu. Údaje o bonitovaných půdně ekologických jednotkách vedených v katastru nemovitostí se použijí jen v případech pozemkových úprav, kde není účelné vycházet ze zaměření skutečného stavu (zákon č. 139/2002 Sb.).

### **2.4.5.2 Potenciální erozní ohroženost půd v území**

Pro orientační posouzení stupně ohrožení katastrálních území byly ve VÚMOP Praha vytvořeny mapy potenciální ohroženosti vodní a větrnou erozí podle BPEJ. Údaje jsou k dispozici také v databázi INFOKU. Vodní eroze je hodnocena na základě vážených součinů faktoru erodovatelnosti (K) a svažitosti (S) a ohroženost je vyjádřena v 6 stupních. Pro skutečné ohrožení je ale nutné tento údaj srovnat se skutečným způsobem využívání, respektive údajem o zatravnění zemědělské půdy a plošným zastoupením lesů v katastru. Větrná eroze je v mapách interpretována jako 4 stupňová podle klimatických regionů a hlavních půdních jednotek (UHLÍŘOVÁ, MAZÍN, 2005).

### **2.4.5.3 Hodnocení infiltrační zranitelnosti**

Podle relativní infiltrační kapacity byly BPEJ zařazeny do 5 kategorií. Byl vytvořen program, který na základě zadání BPEJ oznámí kategorii infiltrační kapacity půdy. V I. kategorii jsou BPEJ s velmi vysokou relativní infiltrační kapacitou (velmi vysoce propustné) a je potřebné ve smyslu vodního zákona plochy, kde se vyskytují, zalesnit nebo zatravnit. II. kategorie BPEJ zahrnuje půdní stanoviště s vysokou relativní infiltrační kapacitou (vysoce propustné půdy) a také zde je zalesnění nebo zatravnění žádoucím opatřením směřujícím k ochraně vod vůči znečištění živinami a kontaminanty. Většinou se na těchto okrscích půdy vyskytuje také vodní eroze. V převážné většině těchto půd se jedná o nepřiměřenou intenzitu a neracionální způsob

využívání půdy. V II. kategorii propustnosti by se zatravnění mělo realizovat především ve vrcholových partiích kopců (UHLÍŘOVÁ, MAZÍN, 2005).

#### **2.4.5.4 Další využití**

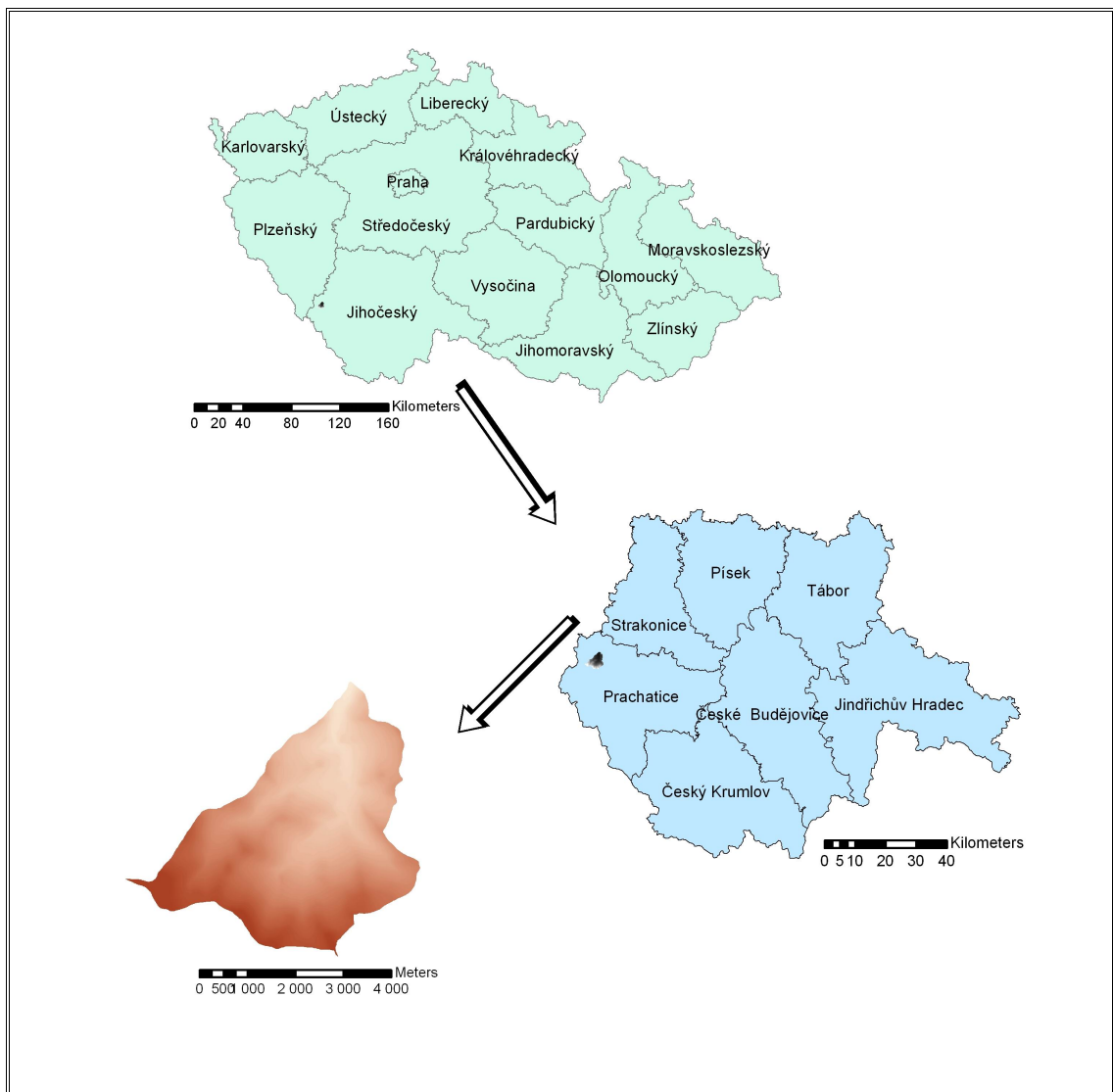
Dále soustava umožňuje (díky své plné digitalizaci a při využití datové báze o charakteristikách a vlastnostech půd) celou řadu praktických aplikací, např.:

- zpracování územně-plánovací dokumentace pro územní plánování,
- vymezení okrsků mělkých skeletovitých a výrazně sklonitých půd,
- vymezení okrsků půd zamokřovaných podzemními vodami nebo poškozovaných zamokřením povrchovými vodami,
- vymezení ploch obtížně zpracovatelných půd,
- vymezení ploch vysychavých půd a půd ohrožených nedostatkem vláhy,
- výběr stanovišť pro zřizování tzv. vetlendů v krajině,
- stanovení objemů odtoku metodou CN–křivek,
- vymezení ploch půd zranitelných kompakcí (ztužením), acidifikací (okyselením), úbytkem organické hmoty,
- upřesňování hranic biotypů zvláště chráněných rostlin, významných krajinných prvků a navrhování vhodných dřevin v rámci řešení krajinných opatření (NĚMEC, ŠTOLBOVÁ a kol., 2006).

## 3 Materiál

### 3.1 Charakteristika zájmového území

Povodí Zdíkovského potoka se nachází na Šumavě, převážná část spadá do druhé a třetí zóny Chráněné krajinné oblasti Šumava. Zdíkovský potok pramení v lesích pod vrchem Hrb, protéká obcí Zdíkov a vlévá se do Spůlky, která je levostranným přítokem Volyňky.



Obr. 1: Lokalizace zájmového území v rámci ČR a Jihočeského kraje



Tab. 4: Zařazení povodí

Kraj:	Jihočeský
Okres:	Prachatice
Obec:	Zdítov
Katastrální území:	Zdítov, Zdítovec, Branišov u Zdíkova, Masákova Lhota

## 3.2 Hydrologické poměry

Plocha povodí: 17,243 km<sup>2</sup>

Délka toku: 6 245 m

Číslo hydrologického pořadí: 1-08-02-013

Necelých 80 % plochy povodí se nachází ve Chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV) Šumava. CHOPAV jsou § 28 zákona č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) definovány jako oblasti, které pro své přírodní podmínky tvoří významnou přirozenou akumulaci vod.

## 3.3 Klimatické poměry

Pro charakteristiku klimatických poměrů byly využity údaje z měření na stanicích ve Vimperku (686 m. n. m.) a na Zadově (1003 m. n. m.). Údaje ze stanice Vimperk odpovídají poměrům v dolní a střední části povodí a údaje naměřené na Zadově korespondují spíše s podmínkami ve vrcholových partiích povodí.

### 3.3.1 Teplotní poměry

Tab. 5: Průměrná teplota vzduchu ve °C (klimatická stanice Vimperk)

<i>leden</i>	-3,0	<i>červenec</i>	16,1
<i>únor</i>	-1,6	<i>srpen</i>	15,5
<i>březen</i>	1,7	<i>září</i>	11,9
<i>duben</i>	5,8	<i>říjen</i>	6,8
<i>květen</i>	11,4	<i>listopad</i>	1,4
<i>červen</i>	14,2	<i>prosinec</i>	-1,8

Tab. 6: Průměrná teplota vzduchu ve °C (klimatická stanice Stachy, Zadov)

<i>leden</i>	-3,4	<i>červenec</i>	13,6
<i>únor</i>	-3,0	<i>srpen</i>	13,2
<i>březen</i>	0,2	<i>září</i>	10,4
<i>duben</i>	3,9	<i>říjen</i>	5,7
<i>květen</i>	8,7	<i>listopad</i>	0,1
<i>červen</i>	11,8	<i>prosinec</i>	-2,1

Tab. 7: Další teplotní ukazatele

	<i>Vimperk</i>	<i>Stachy, Zadov</i>
Průměrná roční teplota	6,5 °C	4,9 °C
Průměrná teplota vzduchu ve vegetačním období (IV – IX)	12,5 °C	10,3 °C
Průměrný počet dnů v roce 25 °C	X	9,6
Průměrný počet mrazových dnů v roce - 0,1 °C	X	148,1

### 3.3.2 Srážkové poměry

Uvedené údaje byly naměřeny na srážkoměrné stanici ve Vimperku.

Tab. 8: Průměrný úhrn srážek v mm

<i>leden</i>	40	<i>červenec</i>	100
<i>únor</i>	36	<i>srpen</i>	83
<i>březen</i>	38	<i>září</i>	60
<i>duben</i>	53	<i>říjen</i>	54
<i>květen</i>	86	<i>listopad</i>	41
<i>červen</i>	94	<i>prosinec</i>	41

Průměrný roční úhrn srážek	726 mm
Průměrný úhrn srážek ve vegetačním období (IV – IX)	476 mm
Průměrný úhrn srážek v zimním období (X – III)	250 mm
Nejvyšší denní úhrn srážek	88,5 mm
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	111,0 dní
Průměrný počet dnů se srážkami 10 mm a více	18,0 dní
Průměrný počet dnů se sněžením	54,7 dní

Průměrný roční úhrn srážek	726 mm
Průměrný počet dnů se sněhovou pokrývkou	91,4 dní

### 3.3.3 Ostatní charakteristiky

Stachy, Zadov

Průměrná relativní vlhkost vzduchu	80 %
Převládající směr větru	západní
Průměrný počet dnů s bouřkou	30,9 dní

## 3.4 Geomorfologické podmínky

Z hlediska geomorfologického členění ČR zájmové území spadá do:

systemu: **Hercynského,**

subsystemu: **Hercynská pohoří,**

provincie: **Česká vysočina,**

subprovincie: **Česko-moravské,**

oblasti: **Šumavské hornatiny,**

celků: **Šumava a Šumavské podhůří,**

podcelků: **Šumavské pláně a Vimperská vrchovina,**

okrsků: **Knížecí pláně a Vacovská vrchovina.**

## 3.5 Biogeografické členění

Podle biogeografického členění se povodí zařazuje do:

biogeografické provincie: **středoevropských listnatých lesů,**

biogeografické podprovincie: **hercynské,**

biogeografického regionu: **1.62 Šumavského (CULEK, 1996).**

## 3.6 Geologické poměry

Z geologického hlediska je povodí součástí šumavské větve moldanubika v typickém horninovém vývoji (metamorfika, granitoidní horniny). Povodí leží na

horninovém podloží tvořeném převážně sillimanit-biotitickými pararulami až migmatity.

### **3.7 Půdní poměry**

V povodí Zdíkovského toku se vyskytují následující hlavní půdní jednotky (HPJ):

HPJ 36 - Kryptopodzoly modální, podzoly modální, kambizemě dystrické, případně i kambizem modální mezobazická, bez rozlišení matečných hornin, převážně středně těžké lehčí, s různou skeletovitostí, půdy až mírně převlhčované, vždy však v chladném klimatickém regionu.

HPJ 37 - Kambizemě litické, kambizemě modální, kambizemě rankerové a rankery modální na pevných substrátech bez rozlišení, v podorniči od 30 cm silně skeletovité nebo s pevnou horninou, slabě až středně skeletovité, v ornici středně těžké lehčí až lehké, převážně výsušné, závislé na srážkách.

HPJ 39 - Litozemě modální na substrátech bez rozlišení, s mělkým drnovým horizontem s výchozy pevných hornin, zpravidla 10 až 15 cm mocným, s nepříznivými vláhovými poměry.

HPJ 40 - Půdy se sklonitostí vyšší než 12 stupňů, kambizemě, rendziny, pararendziny, rankery, regozemě, černozemě, hnědozemě a další, zrnitostně středně těžké lehčí až lehké, s různou skeletovitostí, vláhově závislé na klimatu a expozici.

HPJ 50 - Kambizemě oglejené a pseudogleje modální na žulách, rulách a jiných pevných horninách, středně těžké lehčí až středně těžké, slabě až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření.

HPJ 64 - Gleje modální, stagnogleje modální a gleje fluvické na svahových hlínách, nivních uloženinách, jílovitých a slinitých materiálech, zkulturněné, s upraveným vodním režimem, středně těžké až velmi těžké, bez skeletu nebo slabě skeletovité.

HPJ 72 - Gleje fluvické, fluvizemě glejové, gleje fluvické a fluvizemě glejové na nivních uloženinách, popřípadě s podložím teras, při terasových částech širokých niv, středně těžké a velmi těžké, při zvýšené hladině vody v toku trpí záplavami, avšak výrazně vlhčí při terasových částech úzkých niv.

HPJ 73 - Kambizemě oglejené, pseudogleje glejové i hydroeluviální, gleje hydroeluviální i povrchové, nacházející se ve svahových polohách, zpravidla zamokřené s výskytem svahových pramenišť, středně těžké až velmi těžké, až středně skeletovité.

HPJ 74 - Pseudogleje glejové i hydroeluviální, gleje povrchové zrašelinělé i gleje povrchové histické, gleje akvické, stagnoglej modální, půdy středně těžké až velmi těžké, až středně skeletovité nacházející se ve svahových polohách, zamokřené se svahovými prameny, často zrašelinělé.

## **4 Metodika**

### **4.1 Softwarové prostředí**

Veškeré práce s geografickými daty byly prováděny v balíku programů ArcGIS Desktop 9.1, který je vyvíjen firmou ESRI (Environmental Systems Research Institute). Firma ESRI byla založena již v 60. letech minulého století a je průkopníkem GIS. ArcGIS Desktop se skládá z několika produktů, jež se liší množstvím funkcí a možnostmi zpracování dat. Základní tři produkty jsou ArcMap, ArcCatalog a ArcToolbox. ArcMap je základním produktem pro tvorbu a editaci dat a také pro vytváření prostorových analýz. ArcCatalog slouží k editaci a správě dat, v této aplikaci můžeme také přiřazovat datům souřadnicové systémy. ArcToolbox se skládá z řady funkcí sloužících ke zpracování prostorových dat. Další aplikace jsou ArcGlobe, ArcScene (generování a práce s 3D objekty) a ArcReader (volně dostupný prohlížeč map vytvořených v ArcGIS).

### **4.2 Získání podkladů a postup prací**

#### **4.2.1 Využití půdy**

Při tvorbě mapové vrstvy využití půdy, byla základem mapa 1: 10 000, doplněná zákresem z terénního průzkumu. Půda byla rozčleněna do následujících sedmi kategorií: lesní pozemky, orná půda, trvalé travní porosty, zastavěné plochy, mokřady, vodní plochy a ostatní plochy (např. neplodná půda). Po provedení terénního průzkumu následovalo naskenování mapy, georeferencování a digitalizace polygonů jednotlivých kultur.

#### **4.2.2 Bonitované půdně ekologické jednotky**

Podkladem pro tvorbu mapové vrstvy obsahující bonitované půdně ekologické jednotky byly mapové listy SMO 1: 5 000. Prvním krokem bylo naskenování listů této mapy, následně byly naskenované mapové listy georeferencovány. Georeferencování

spočívalo v nalezení identických bodů v již existující zdigitalizované vrstvě a propojení s těmito body v naskenované mapě.

### 4.2.3 Hydrologické skupiny půd

Pro vypracování vrstvy hydrologických skupin půd byly využity, již vytvořené vrstvy s bonitovanými půdně-ekologickými jednotkami. V atributové tabulce uvedené vrstvy se pomocí tlačítka Add Field přidal další sloupec datového typu text. Dle následující tabulky byla jednotlivým BPEJ přiřazena hydrologická skupina půd.

Tab. 9: Hydrologické skupiny zemědělských půd podle BPEJ, resp. HPJ

<i>HPJ</i>	<i>Hydrologická půdní skupina</i>	<i>HPJ</i>	<i>Hydrologická půdní skupina</i>	<i>HPJ</i>	<i>Hydrologická půdní skupina</i>
1	B	27	B	53	D
2	B	28	B	54	D
3	C	29	B	55	A
4	A	30	B	56	B
5	A	31	A	57	C
6	C	32	A	58	C
7	D	33	B	59	D
8	B	34	B	60	B
9	B	35	B	61	D
10	B	36	B	62	C
11	B	37	B	63	D
12	B	38	B	64	C
13	B	39	C	65	C
14	B	40	B	66	D
15	B	41	B	67	D
16	B	42	B	68	D
17	A	43	B	69	D
18	B	44	C	70	D
19	B	45	C	71	D
20	D	46	C	72	D
21	A	47	C	73	D

<i>HPJ</i>	<i>Hydrologická půdní skupina</i>	<i>HPJ</i>	<i>Hydrologická půdní skupina</i>	<i>HPJ</i>	<i>Hydrologická půdní skupina</i>
22	B	48	C	74	D
23	C	49	D	75	C
24	B	50	C	76	D
25	B	51	C	77	C
26	B	52	C	78	C

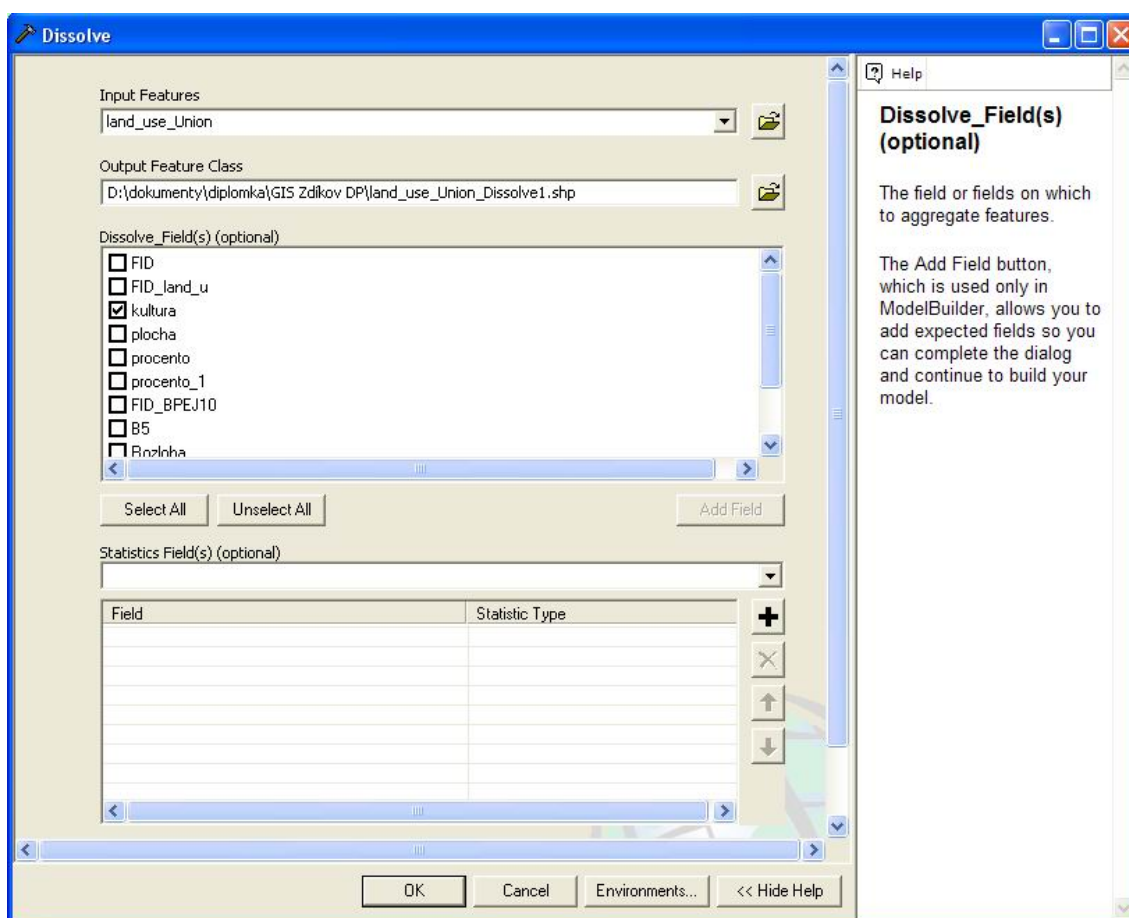
(JANEČEK, 2007)

Lesním pozemkům byla kvalifikovaným odhadem přiřazena hydrologická skupina půd B. Z tohoto důvodu bylo nutné zkopírovat z vrstvy využití půdy lesní pozemky do vrstvy s BPEJ.

#### **4.2.4 Čísla odtokových křivek**

Pro tvorbu vrstvy s CN-křivkami, byla využita již připravená mapa využití půdy a hydrologických skupin půd. Pomocí nástroje Union, který je součástí toolboxu Analysis Tools a složky Overlay, se spojily obě vrstvy do jedné včetně všech atributů. Následně byl pro tuto novou vrstvu použit nástroj Dissolve z toolboxu Data Management Tools a složky Generalization. Tento nástroj umožnil spojit veškeré rozdrobené polygony, které mají stejné atributy hydrologické skupiny půdy a využití půdy do jednoho polygonu. Dalším krokem bylo přidání dalšího atributu do této vrstvy, jednalo se o čísla odtokových křivek. Po přidání atributu (Add Field) a nastavení typu (Short Integer) byla jednotlivým kombinacím hydrologický skupin půd a využití půd přisouzena dle tabulky (metodika Janeček, 2007) čísla odtokových křivek.





Obr. 2: Nastavení nástroje Dissolve

#### 4.2.5 Infiltrační kapacita

Infiltrační oblast je území nad hydrogeologickou strukturou, kde nastává infiltrace srážkových vod. Pro tvorbu vrstvy byl použit metodický postup vymezení přirozených infiltračních ploch na základě přírodních podmínek, kterou zpracovali Janglová, Kvítek a Novák. Pro toto vymezení byla použita různá kritéria, která byla rozdělena do kategorií podle vlivu na infiltrační kapacitu půd. Metodika uvádí dvě varianty řešení, jedna je založena na vektorizovaných materiálech KPZP, zatímco druhá je založená na kódech BPEJ. V této práci byla aplikována druhá varianta řešení.

Každému kritériu je přiřazena váha tak, aby se hodnota váhy pohybovala v rozmezí od 1 (maximální infiltrační kapacita) do 5 (minimální infiltrační kapacita). Metodika nabízí tři možnosti využití vah:

- součin vah jednotlivých kritérií,
- součet vah jednotlivých kritérií,
- součet vah jednotlivých kritérií upravených koeficientem důležitosti daného kritéria.

Při zpracování této vrstvy byla použita poslední možnost, neboť ta zohledňuje důležitost kritérií. Koeficienty důležitosti kritérií byly určeny zpracováním dotazníku určeného pedologům. Pedologové řešili důležitost vlivu kritérií na infiltrační kapacitu půd za použití metody kvalifikovaného odhadu. Výsledkem zpracování dotazníku následující tabulka.

Tab. 10: Stanovení a kategorizace infiltrační kapacity půd na základě syntézy materiálů BPEJ

<i>Kritérium infiltrace</i>	<i>Průměr procentuelně vyjádřené důležitosti kritéria (bez minimální a maximální hodnoty), který byl vypočítán na základě výsledku dotazníku určeného pedologům</i>	<i>Koeficient důležitosti kritéria</i>
Varianta podle BPEJ		
Hlavní půdní jednotka	42,00	1,00
Sklonitost	26,00	0,62
Expozice	1,70	0,04
Skeletovitost	13,00	0,31
Hloubka půdy	13,60	0,32

(Kvítek, 2005)

Podle metodiky byly přiřazeny jednotlivým kritériím (hlavní půdní jednotce, sklonitosti, expozici, skeletovitosti a hloubce půdy) hodnoty vah podle kódu BPEJ. Následně byly hodnoty vah roznásobeny koeficientem důležitosti a všechny váhy sečteny. Interval od 2,29 do 11,45, do kterého spadají výsledné hodnoty, byl rozdělen na pět stejně velkých intervalů, do nichž rozřídily jednotlivé součty. Poté byl v atributové tabulce vrstvy BPEJ přidán sloupec infiltrace, který nabýval hodnot od 1 do 5 podle infiltrační kapacity půd.

## 4.2.6 Tvorba a analýzy DMT

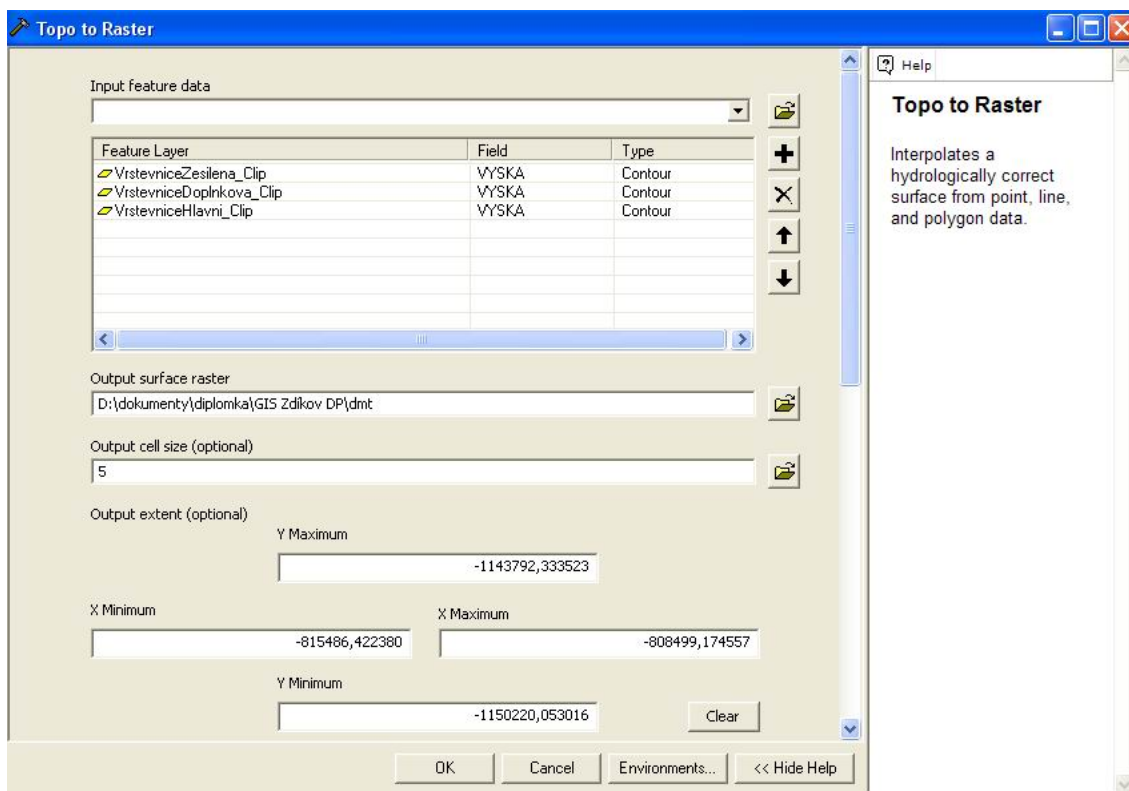
Podkladem pro tvorbu digitálního modelu terénu byly vrstvy obsahující výškopis. Tyto vrstvy byly poskytnuty Zeměměřickým úřadem, který spravuje Základní bázi geografických dat (ZABAGED). Základní jednotkou ZABAGEDu jsou mapové listy v měřítku 1: 10 000. Povodí Zdíkovského potoka zasahuje do čtyř těchto listů: 22-33-20, 22-34-11, 22-34-16, 22-34-21. Poskytnutá data se skládala z tří vrstev:

- vrstevnice zesílené (rozestup po 25 metrech),
- vrstevnice hlavní (rozestup po 5 metrech),
- vrstevnice doplňkové (rozestup po 2,5 metru).

Mapové vrstvy byly ve formátu SHP, v souřadnicovém systému S-JTSK a ve výškovém systému Balt po vyrovnání (Bpv).

### 4.2.6.1 Tvorba DMT

Prvním krokem bylo přidání vrstev obsahující vrstevnice do programu ArcMap. Dále bylo nutné z lišty Tools otevřít nabídku Extensions, zde byly vybrány k použití extenze 3D Analyst a Spatial Analyst. Tyto extenze jsou potřebné pro další práci. Vrstvy vrstevnic byly oříznuty, neboť povodí zasahuje do dvou mapových listů pouze okrajově, aby provádění výpočtů a analýz netrvalo zbytečně dlouho. Následně po zobrazení ArcToolboxu byl otevřen toolbox Spatial Analyst Tools, zde ve složce Interpolation byl zvolen nástroj Topo to Raster. Nástroj Topo to Raster je navržen pro vytvoření hydrologicky přesného DMT. Nástroj pracuje s různými vstupními daty (vrstevnice, body, polygony), avšak je především určen pro vrstevnicová data. Předpokladem této interpolační metody je to, že hlavním faktorem modelujícím povrch terénu jsou hydrologické procesy. Po přidání ořezaných vrstev vrstevnic bylo nutné ve sloupci Field nastavit atribut VYSKA, ve sloupci Type typ dat – vrstevnice (Contour). Důležitým krokem bylo nastavení velikosti buňky rastru. Po správném nastavení všech parametrů (viz obr. 3), byla provedena interpolace. Výsledkem je digitální model terénu o velikosti gridu 5×5 metrů. Následně mohly být prováděny analýzy s vytvořeným DMT.

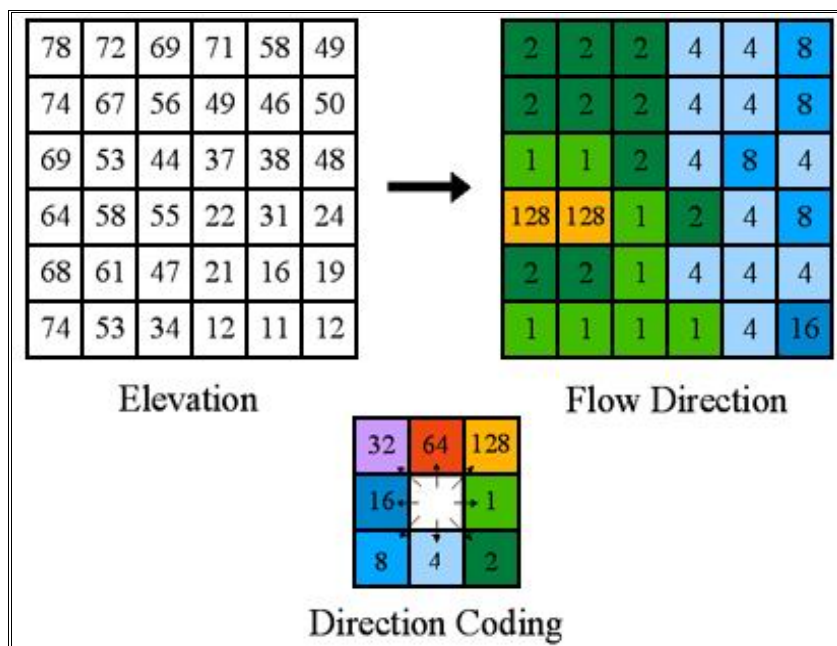


Obr. 3: Nastavení nástroje Topo to Raster

#### 4.2.6.2 Analýzy velikosti sklonu svahů a odtokových poměrů

Při odvození sklonitosti z rastru byly sklony počítány pomocí „Z“ hodnoty daného bodu a jeho devíti sousedních bodů. Sklon byl počítán jako podíl změny výšky na určitém úseku. Lze jej vyjádřit ve stupních nebo procentech. Nástroj Slope, který určuje sklonitost z rastru, se nachází ve složce nástrojů Surface Analysis patřící do toolboxu 3D Analyst.

Nástroj Flow Direction odvozuje z DMT typu grid směry stékání vody pro každou buňku. Hodnota analyzované buňky je porovnávána s okolními osmi (nebo čtyřmi) buňkami. Postupně se porovnávají hodnoty sousedících buněk s analyzovanou buňkou, až je nalezena hodnota nejmenší – největší záporný rozdíl mezi sousední a analyzovanou buňkou. Takto se určí směr odtoku vody z jedné buňky do druhé, směr lze vyjádřit pomocí světových stran. Uvedený nástroj nalezneme v toolboxu Spatial Analyst Tools a ve složce Hydrology.



Obr. 4: Odvození směru odtoku

Nástroj Flow Accumulation, který se nalézá ve stejné složce jako předchozí nástroj, spočítá množství vody stékající do jednotlivých buněk gridu. K hodnotě analyzované buňky se přičítají hodnoty buněk do ní vtékajících. Buňky, do kterých žádná voda nevtéká reprezentují terénní hřebeny, což indikuje hranice povodí – rozvodnici.

#### 4.2.7 Odvodněné plochy

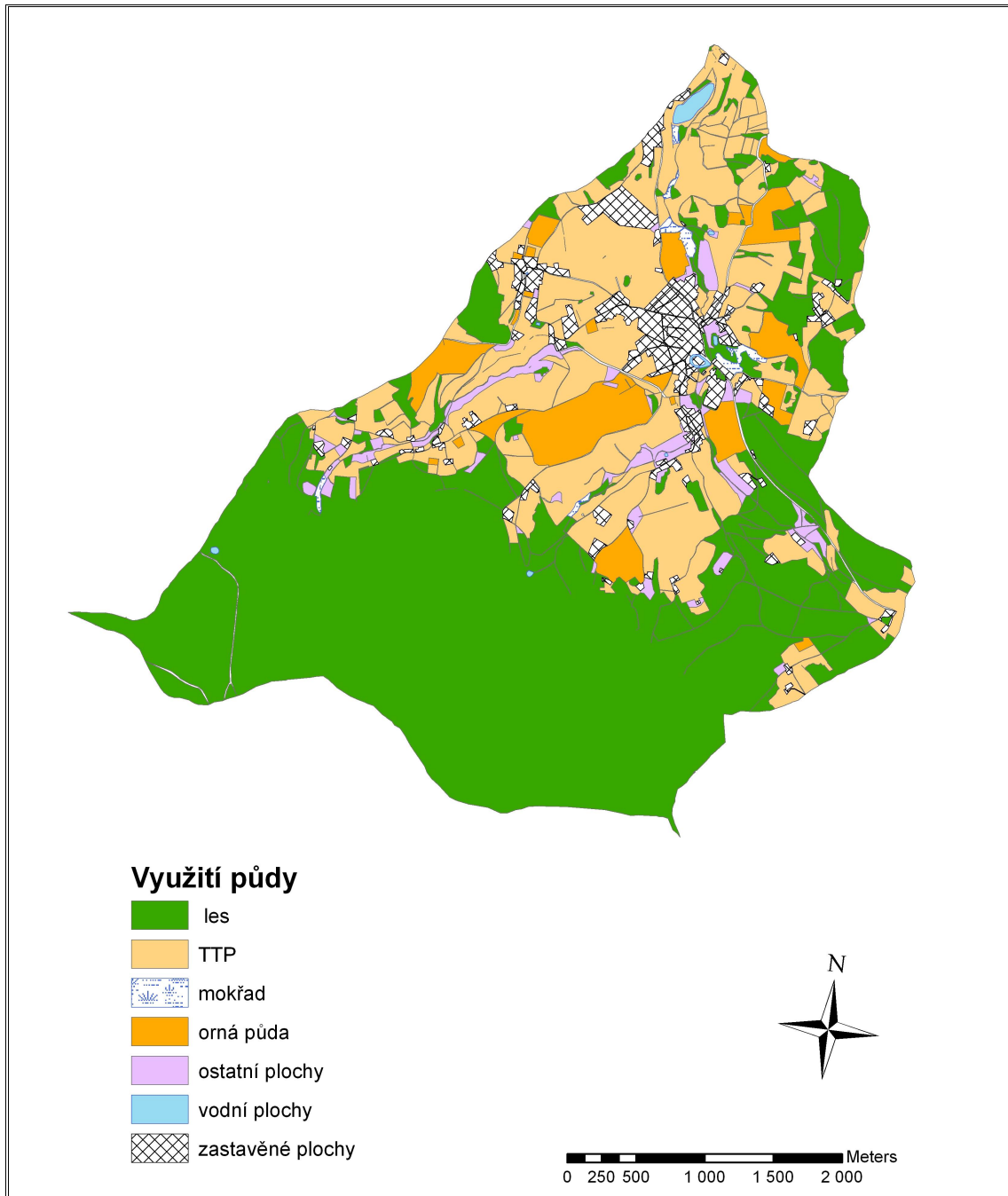
Podkladem pro vytvoření této vrstvy byla data poskytnutá Zemědělskou vodohospodářskou správou (ZVHS). Tato data byla ve formátu dgn, aby s nimi bylo možné pracovat v ArcMapu, bylo nutné provést nastavení v ArcCatalogu. V menu Tools a v záložce Options na kartě CAD bylo třeba zaškrtnout volbu Examine all file extensions. Poté již bylo možné pracovat s vrstvou odvodnění jako s klasickým souborem typu shapefile.

#### **4.2.8 Ortofotomapy**

Ortofota byla poskytnuta Katedrou pozemkových úprav, která je součástí Zemědělské fakulty JU. Povodí zasahuje celkem na 9 ortofotomap, nejprve se musely tyto jednotlivé fotografie spojit do jedné celistvé. To bylo provedeno pomocí nástroje Mosaic nacházejícího se ve složce Raster v toolboxu Data Management Tools. Poté byla tato jedna ortofotomapa překrývající celé území povodí oříznuta polygonovou vrstvou rozvodnice. Pro oříznutí byl využit nástroj Extract by Mask ze složky Extraction patřící do toolboxu Spatial Analyst Tools. Ortofotomapa pokrývající pouze zájmové území posloužila pro určení přesnosti digitalizace vrstvy využití půdy. Pro srovnání byly zvoleny vodní plochy, které jsou na ortofotu jednoznačně identifikovatelné.

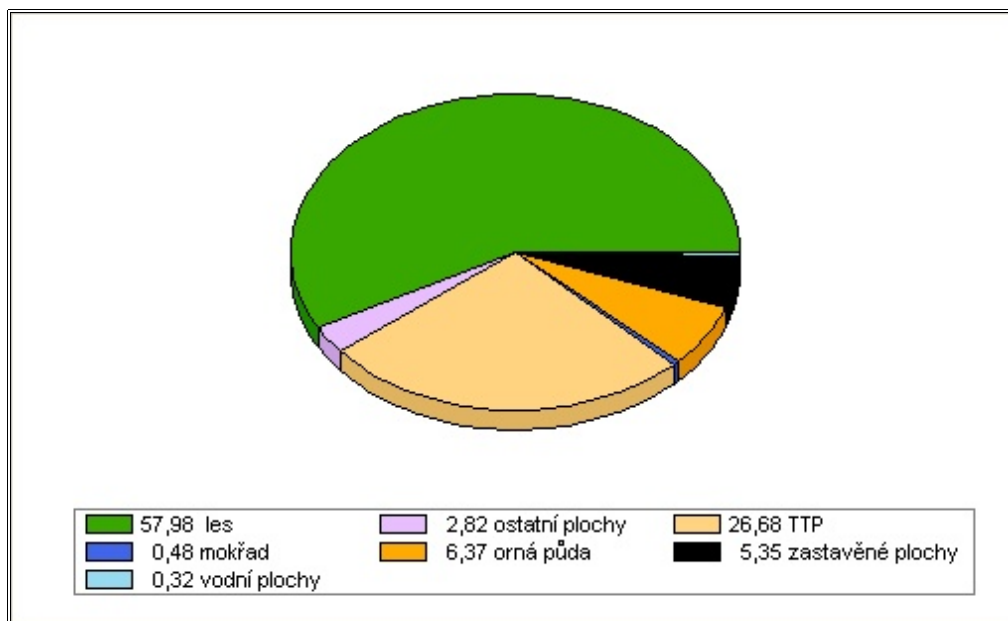
## 5 Výsledky

### 5.1 Využití půdy



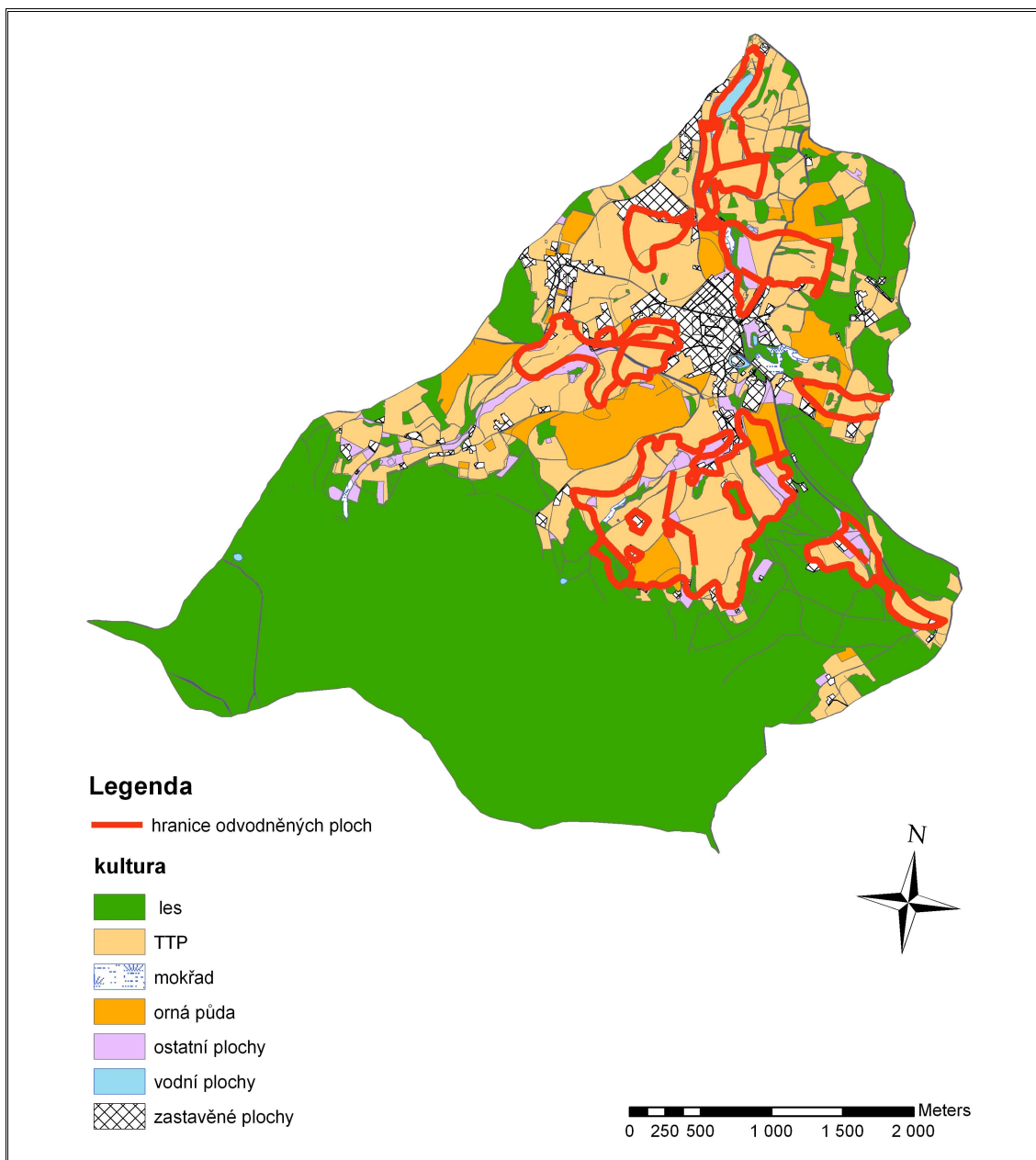
Obr. 5: Mapa využití půdy

Graf 1: Graf využití půdy v procentech



Dominantní kulturou na povodí Zdíkovského potoka jsou lesní pozemky, které se nacházejí na téměř 58 % plochy povodí. Druhou nejvíce zastoupenou kulturou jsou trvalé travní porosty, rozkládající se na více jak čtvrtině území. Orná půda zaujímá necelých 6,5 % rozlohy. Zastavěné plochy zabírají přes 5 % povodí. Na necelých 3 % se nacházejí ostatní plochy. Nejméně zastoupenými plochami jsou mokřady – 0,42 % a vodní plochy – 0,32 % celkové plochy. I přes malou rozlohu mokřadů a vodních ploch, mají tyto pozemky velký význam pro krajinu. Dokáží totiž zadržovat vodu při extrémních srážkách.

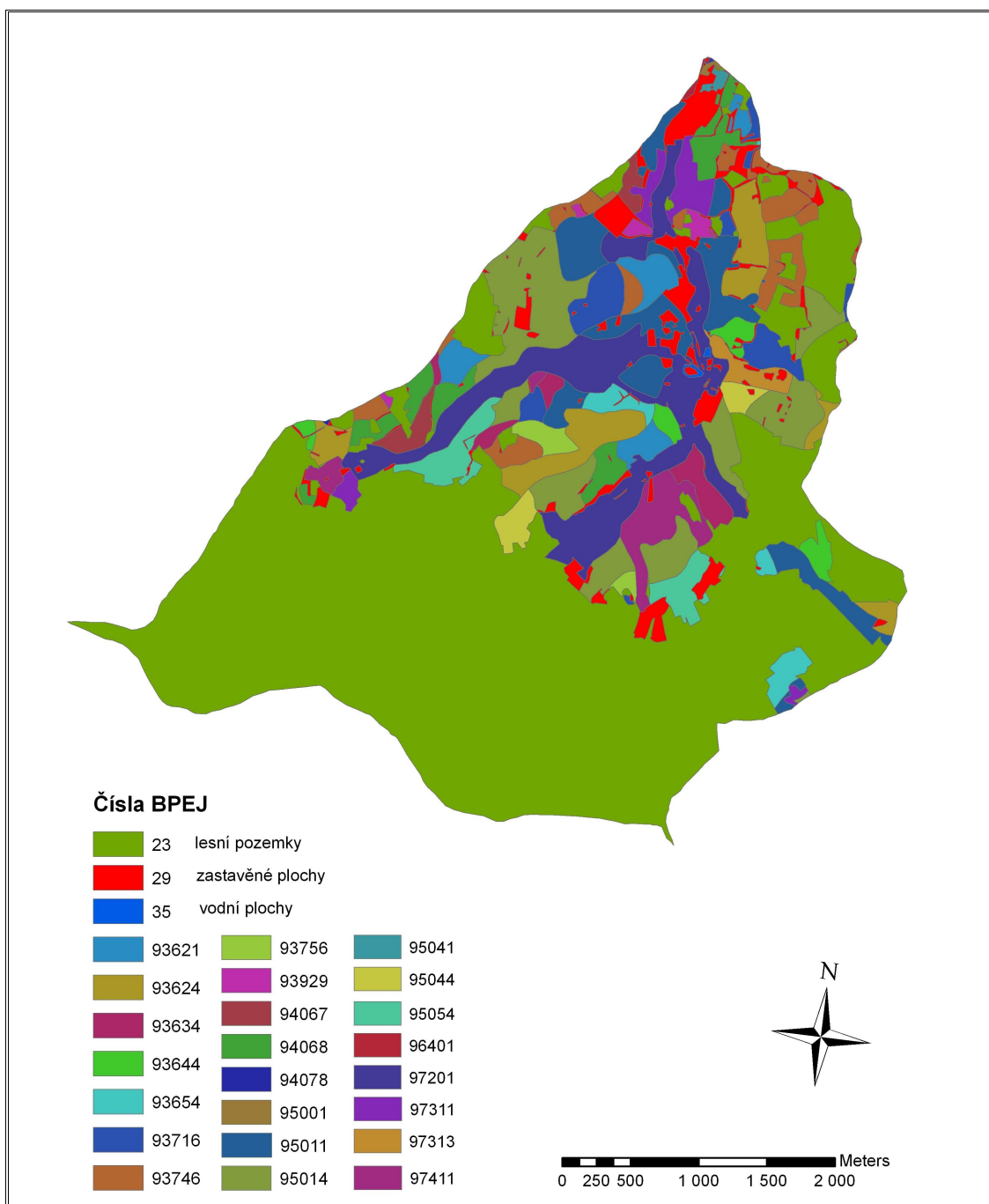




Obr. 6: Mapa odvodněných ploch

Na této mapě odvodněných ploch podložených využitím půdy můžeme vidět, že téměř 90 % odvodněných ploch jsou trvalé travní porosty. Necelých 10 % odvodněných ploch jsou orné půdy a malá část jsou ostatní plochy. Odvodnění provedené v rozumné míře zlepšuje provzdušněnost a působí kladně na jejich chemické, fyzikální a biologické vlastnosti.

## 5.2 Půdní vlastnosti



Obr. 7: Mapa BPEJ na povodí Zdíkovského potoka

Na povodí se nachází celkem 24 různých kódů BPEJ. Pro nezemědělské pozemky byly použity zástupné kódy podle Mašáta (2002). Pro lesní pozemky je to

zástupný kód 23, pro zastavěné plochy zástupný kód 29 a vodním plochám patří zástupný kód 35.

První číslice v kódu BPEJ nám říká, že oblast se nachází ve chladném, mírně vlhkém klimatickém regionu. Ten je charakterizován průměrnou roční teplotou nižší než 5 °C a průměrným ročním úhrnem srážek vyšším než 800 mm. Průměrná roční teplota naměřená na klimatické stanici Stachy je 4,9 °C, což odpovídá zařazení oblasti do klimatického regionu.

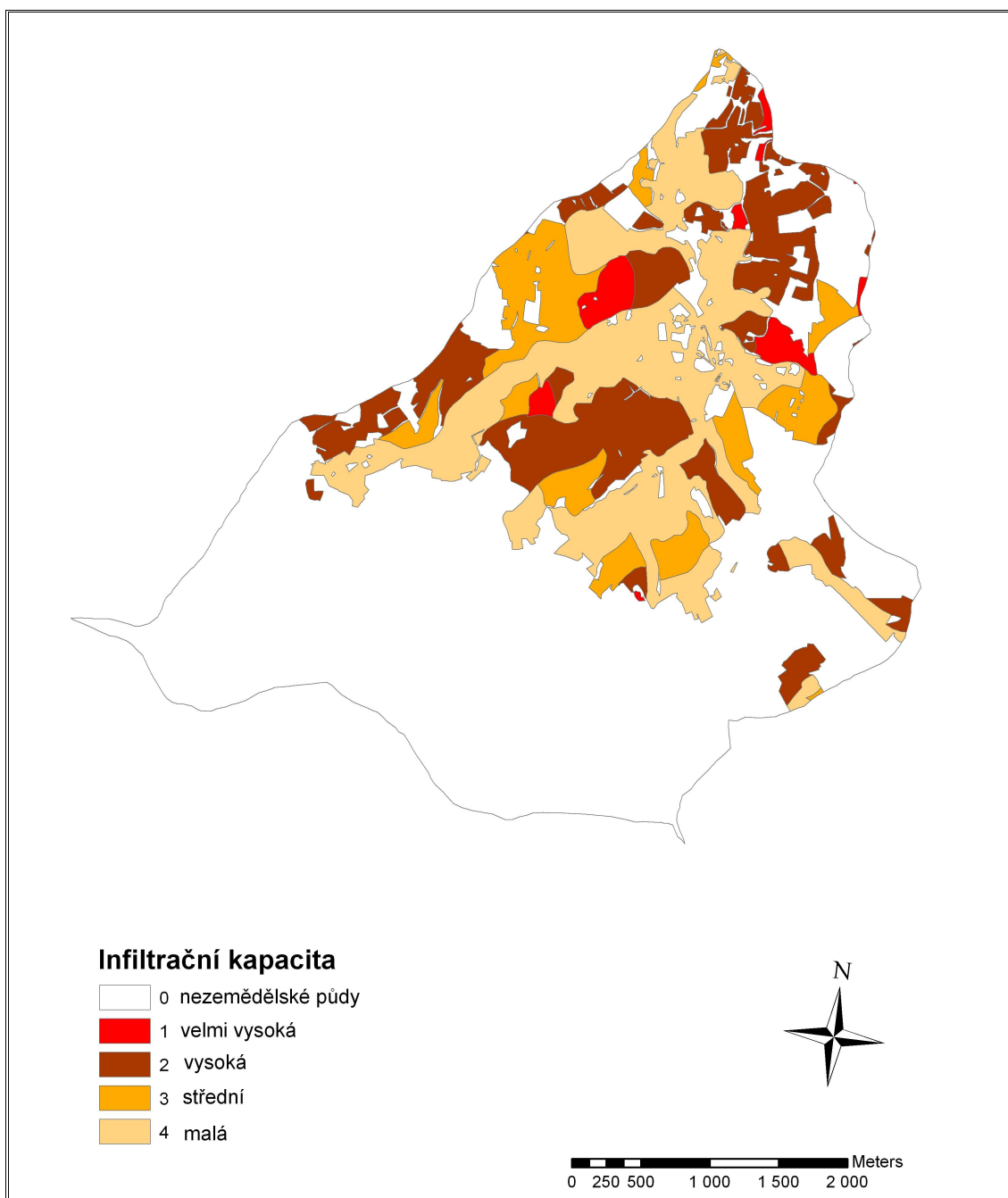
Podél vodních toků se téměř výhradně vyskytují půdy s HPJ 72, tedy glejové půdy a glejové fluvizemě. Další hodně rozšířenou půdou jsou oglejené kambizemě a pseudogleje (HPJ 40).

Zemědělské půdy byly zařazeny do pěti infiltračních kategorií dle Nováka, který zařadil půdy dle infiltrace do následující tabulky.

Tab. 11: Kategorie infiltrační kapacity půd

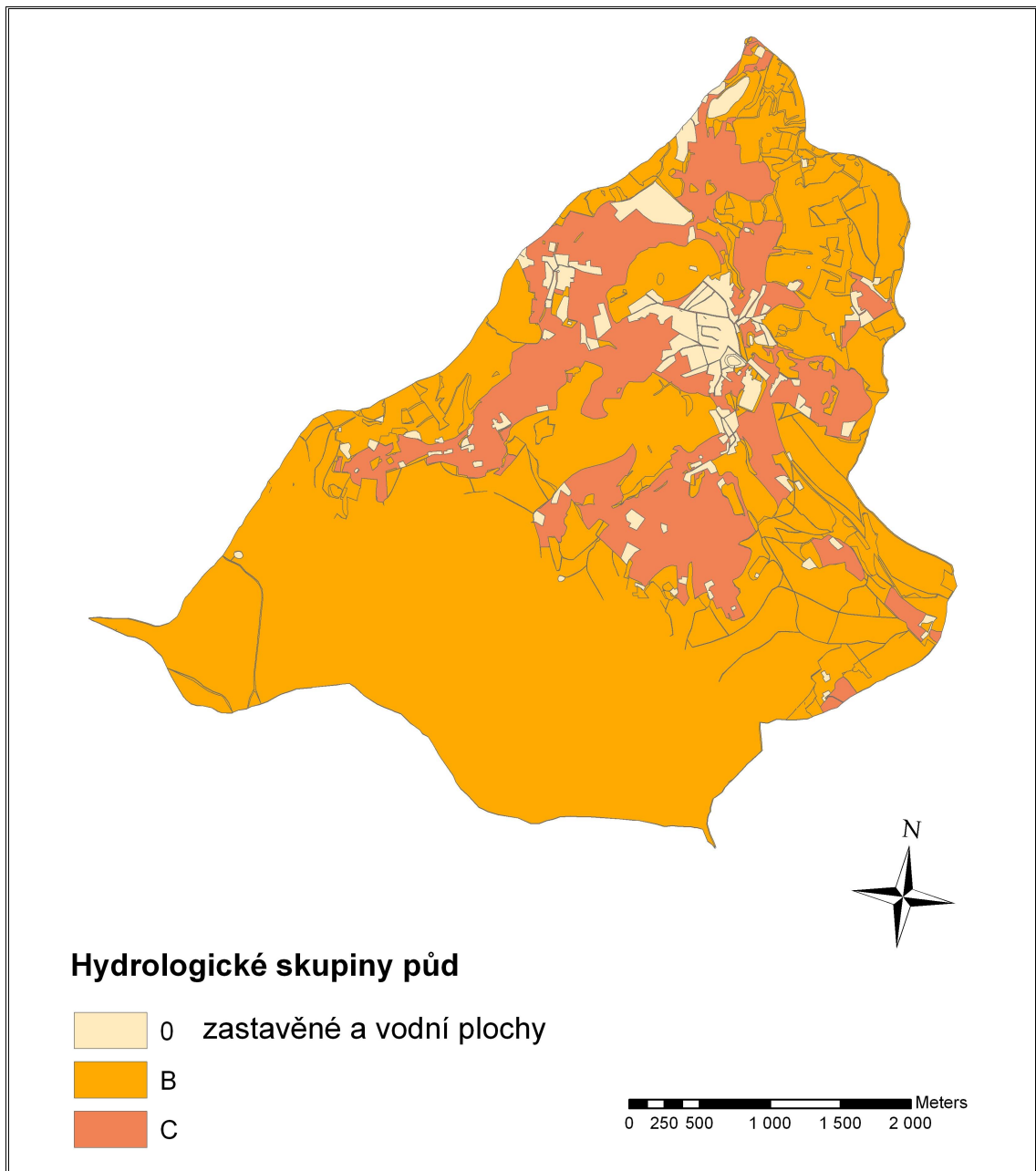
Třída propustnosti	Rychlost infiltrace a charakteristika půd
1 – velmi vysoká	> 2,5 mm/min hluboké, dobře odvodněné písky, některé černozemě se spraší
2 - vysoká	0,83 – 2,5 mm/min strukturní písčité hlína až hlinitý písek, černozemě a hnědozemě se spraší
3 - střední	0,08 – 0,83 mm/min středně propustná svrchní vrstva půdy je uložena na jílovité hlíně.
4 - nízká	0,025 – 0,08 mm/min pod svrchní propustnější vrstvou je kompaktní jíl či jílovitá hlína
5 – velmi nízká	< 0,025 mm/min tvrdé kompaktní jíly

Nejvíce zemědělských půd má malou infiltrační kapacitu (310 ha), následují půdy s vysokou infiltrační kapacitou (224 ha). Půdy se střední infiltrační kapacitou se rozkládají na 129 ha a půdy s velmi vysokou infiltrační kapacitou na 31 ha. Půdy s velmi nízkou infiltrační kapacitou se na povodí nenacházejí.



Obr. 8: Mapa infiltrační kapacity půd

### 5.3 Číslo odtokových křivek



Obr. 9: Mapa hydrologických skupin půd

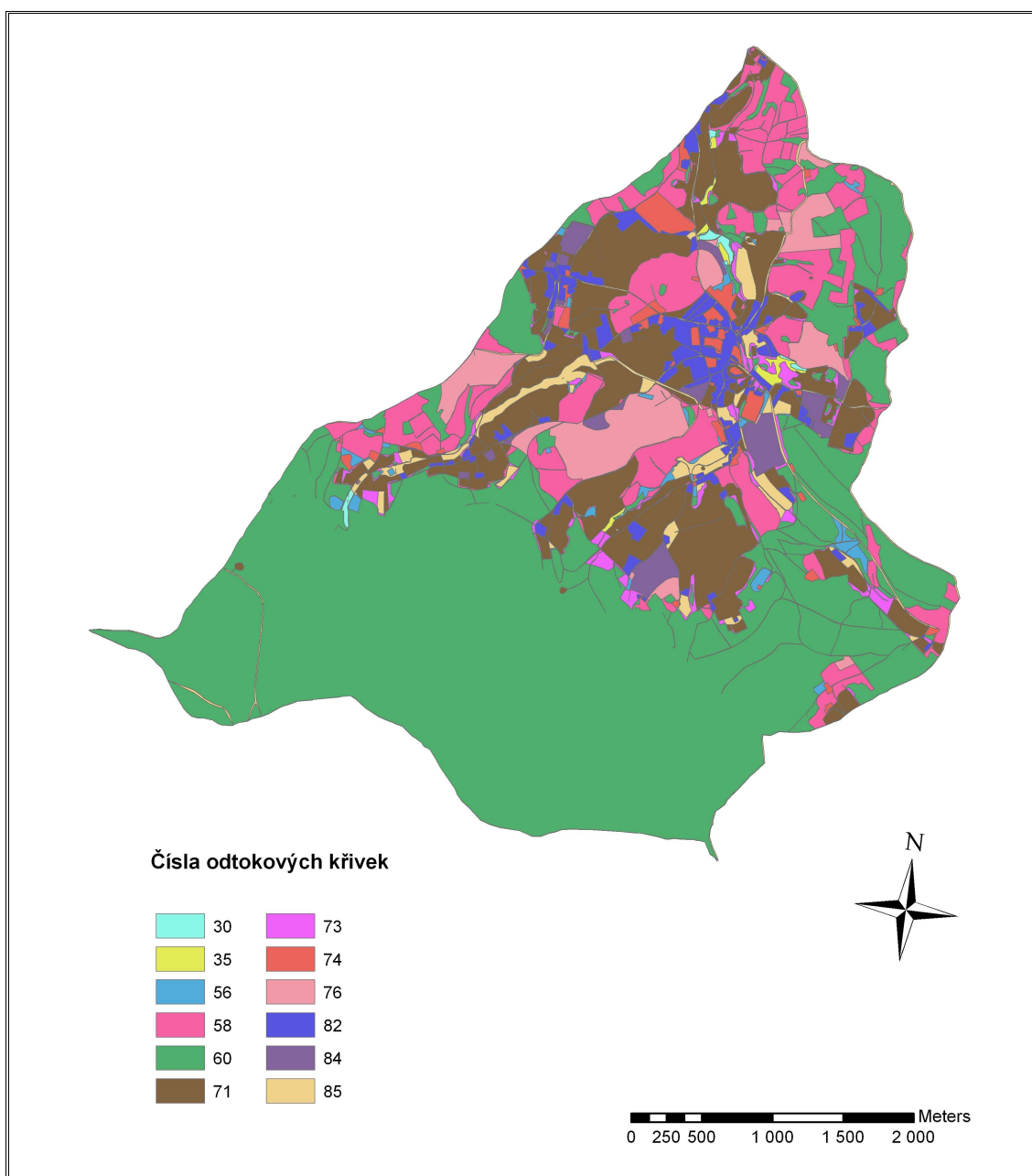
Zemědělským pozemkům byly přiřazeny hydrologické skupiny půd, dle HPJ. Lesním pozemkům byla přiřazena hydrologická skupina půd B, která na lesních pozemcích převládá. Protože lesy na povodí převládají, bylo by potřebné pro přesnější určení hydrologických skupin půd, provést pedologický průzkum na lesních pozemcích.

Hydrologické podmínky lesních porostů závisí na hustotě pokryvu, vegetace, hloubce hrabanky, typu a hloubce humusu.

Nejnižší čísla odtokových křivek 30 a 35 mají mokřady, tato hodnota byla přiřazena z důvodu jejich poměrně velké retenční schopnosti. Zastavěným plochám byla přisouzena hodnota 82, která se uvádí pro zemědělské dvory, neboť k zastavěným plochám se počítají i přilehlé zahrady. Nejvyšší hodnotu 85 mají komunikace.

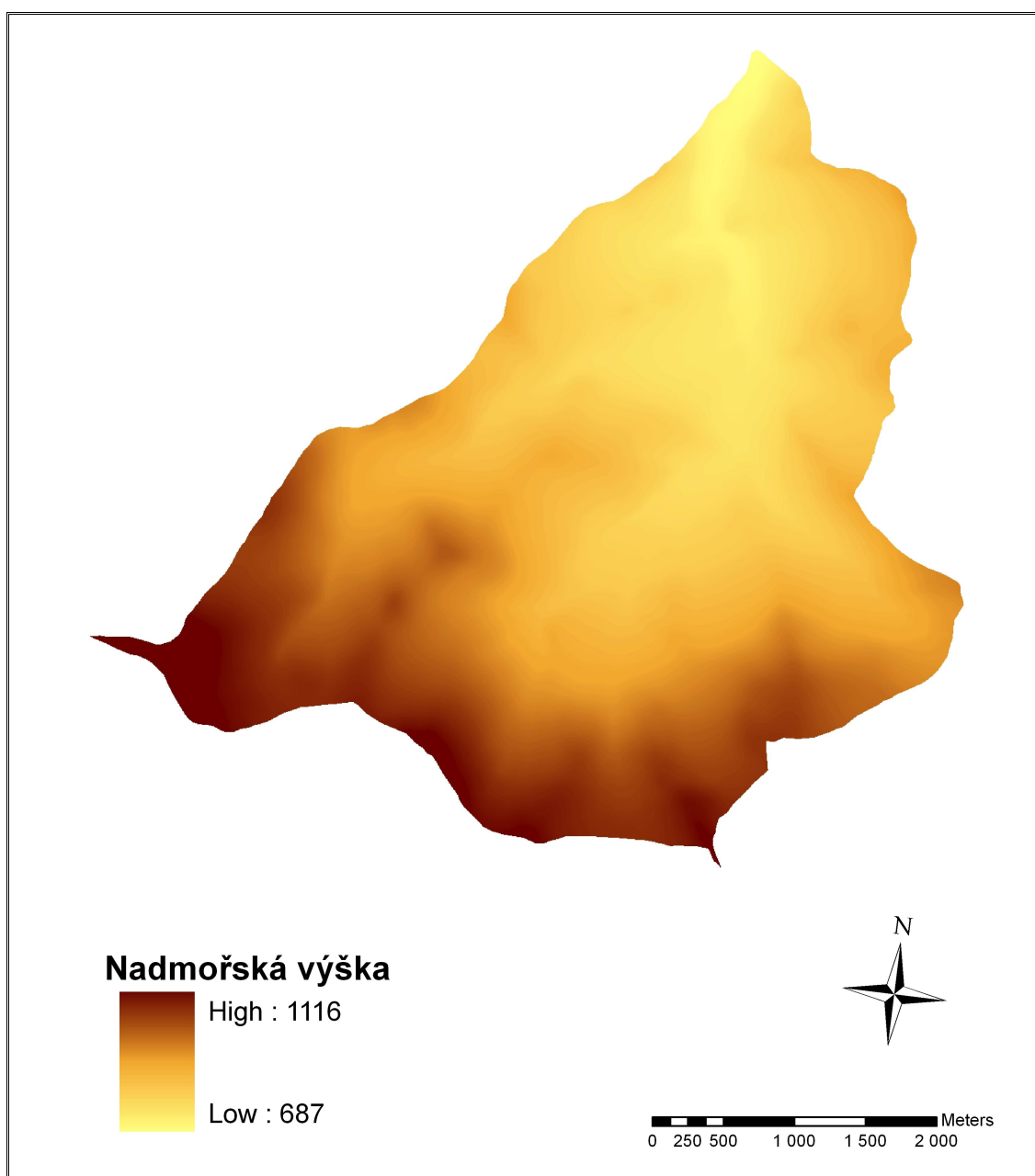
Lesní pozemky dostaly číslo odtokové křivky 60, protože oproti zemědělským pozemkům mají lesní půdy obecně několikanásobně vyšší infiltrační kapacitu a intenzitu průsaku srážkové vody půdou. Je to dáno vyšším obsahem gravitačních pórů v lesní půdě, které jsou hlavní vstupní branou pro průnik srážkové vody z malých, vodou naplněných proláklín na povrchu půdy do půdního profilu. V půdním profilu pak gravitační póry představují síť preferenčních cest pro pohyb vody v půdě vlivem gravitačních sil. Důsledkem je snazší retence srážkové vody v lesní půdě a tvorba mělkého odtoku vody v půdě aerační vrstvou. Tento podpovrchový (hypodermický) odtok tvoří u lesních půd významnou složku celkového odtoku z povodí. Lesní půda tak významně transformuje srážko-odtokový proces snížením odtoku povrchového přeměnou 10 - 40% úhrnu srážkové vody v odtok podpovrchový, který kulminuje ve vodních tocích se zpožděním za kulminací odtoku povrchového.

Pokud jsou určeny čísla odtokových křivek, tak se již snadno váženým průměrem vypočte průměrné CN pro celé povodí. Průměrné číslo CN pro celé povodí má hodnotu 65,4. Na celkovém čísle se projevila velká plocha lesním pozemků v povodí. Při znalosti hodnoty úhrnu návrhového deště (poskytuje ČHMÚ) by bylo možné vypočítat výšku přímého odtoku a z této výšky i objem přímého odtoku.



Obr. 10: Mapa čísel odtokových křivek

## 5.4 Morfologie terénu



Obr. 11: Digitální model terénu

Rozlišení zobrazeného digitálního modelu terénu je 5×5 metrů. Pro zobrazení byla vybrána hnědá barva, neboť se jedná o reliéf s nadmořskou výškou větší než 200 metrů nad mořem. Tento model byl spočítán na základě interpolačních metod, které byly odvozeny pro hydrologicky co nejdělnější zobrazení povrchu terénu. Nejvyšším

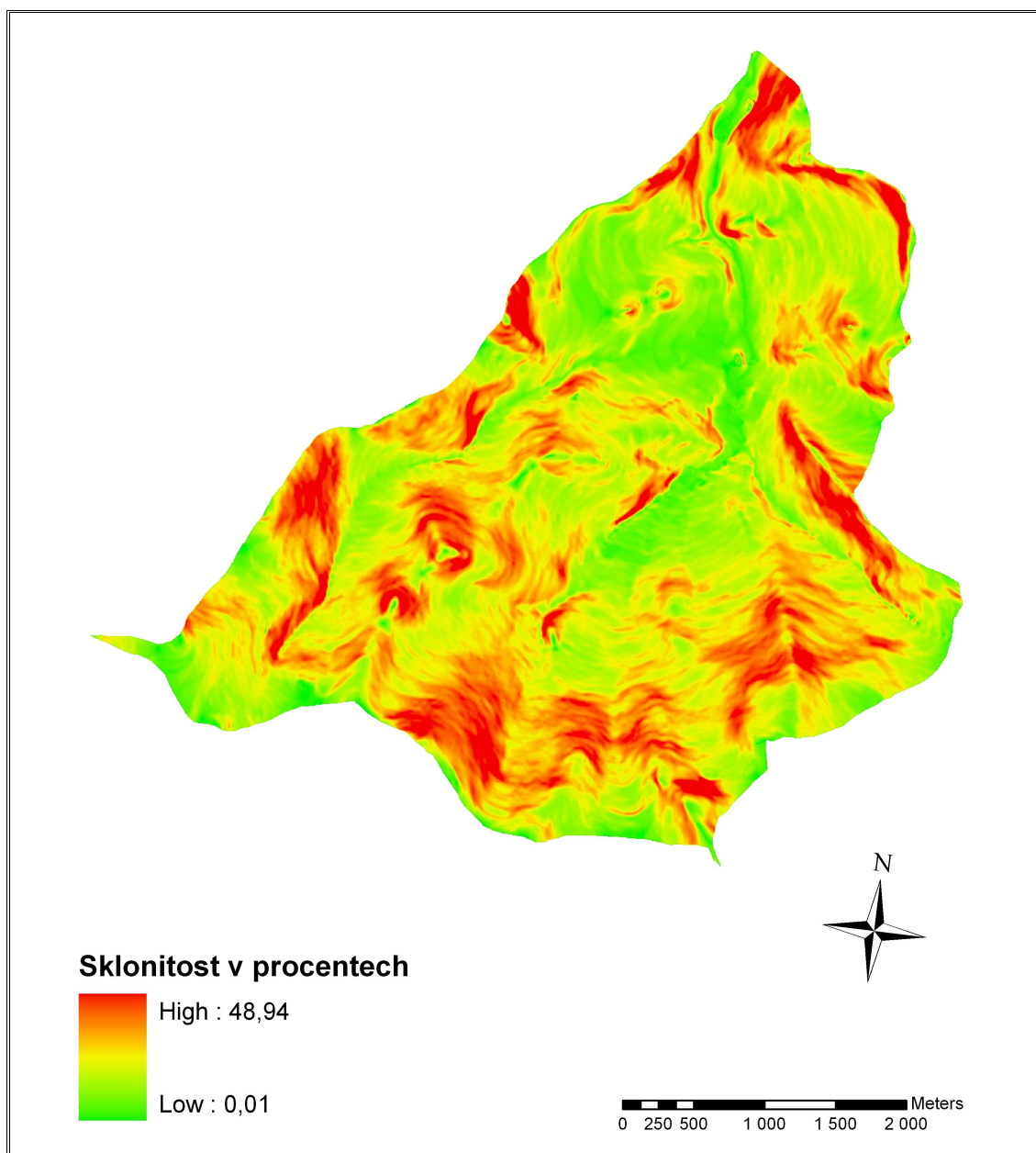


bodem povodí je 1 116 m. n. m. a bodem s nejmenší nadmořskou výškou je uzávěrový profil s 687 m . n. m. Absolutní spád povodí je tedy:

$$\Delta H = H_{\max} - H_{\min} = 1\,116 - 687 = 429 \text{ m}$$

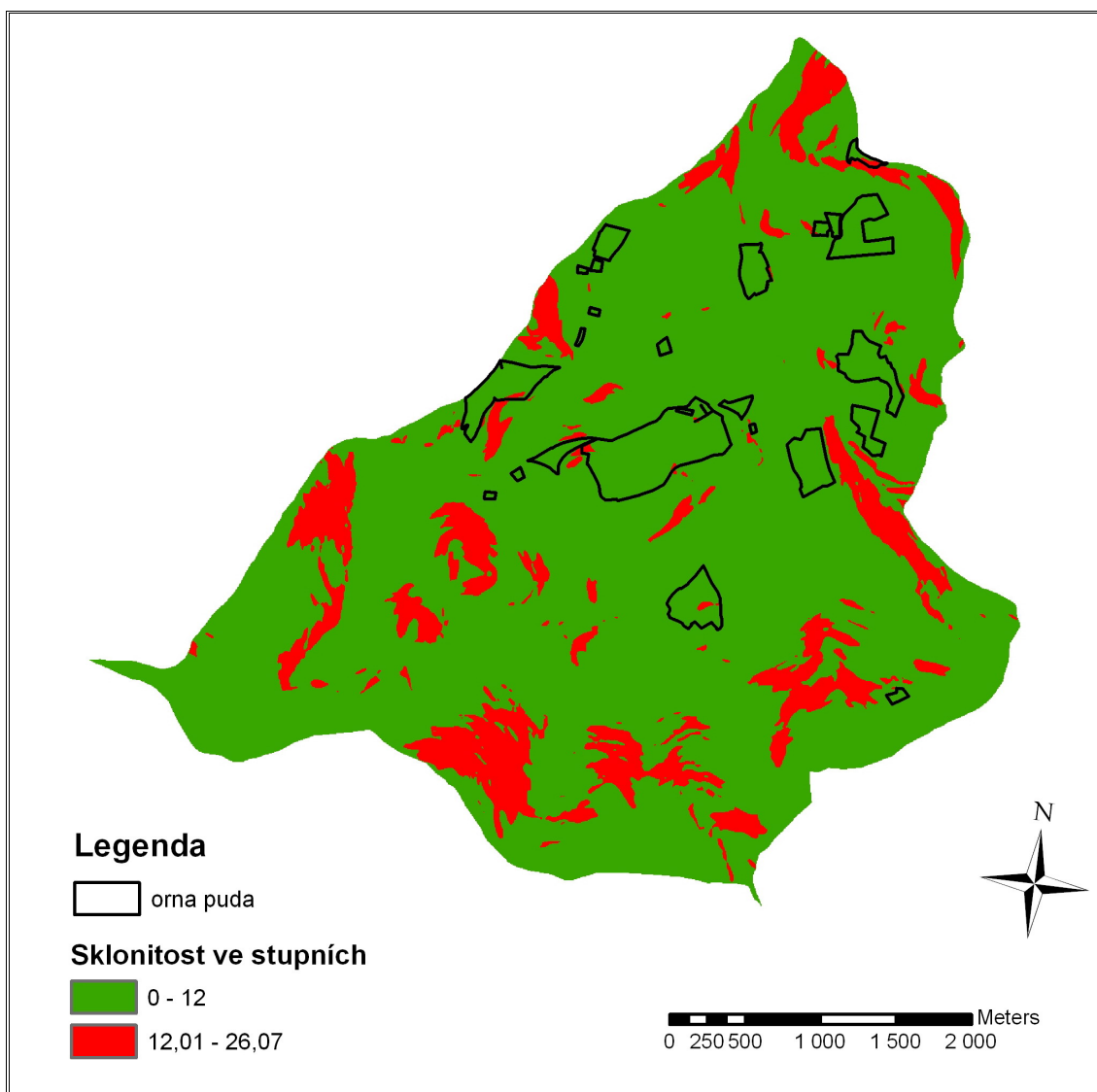
Pokud je znám absolutní spád povodí lze vypočítat průměrný sklon povodí  $I_p$ :

$$I_p = \frac{\Delta H}{(\sqrt{F})} * 100 = \frac{429}{4152} * 100 = 11 \%$$



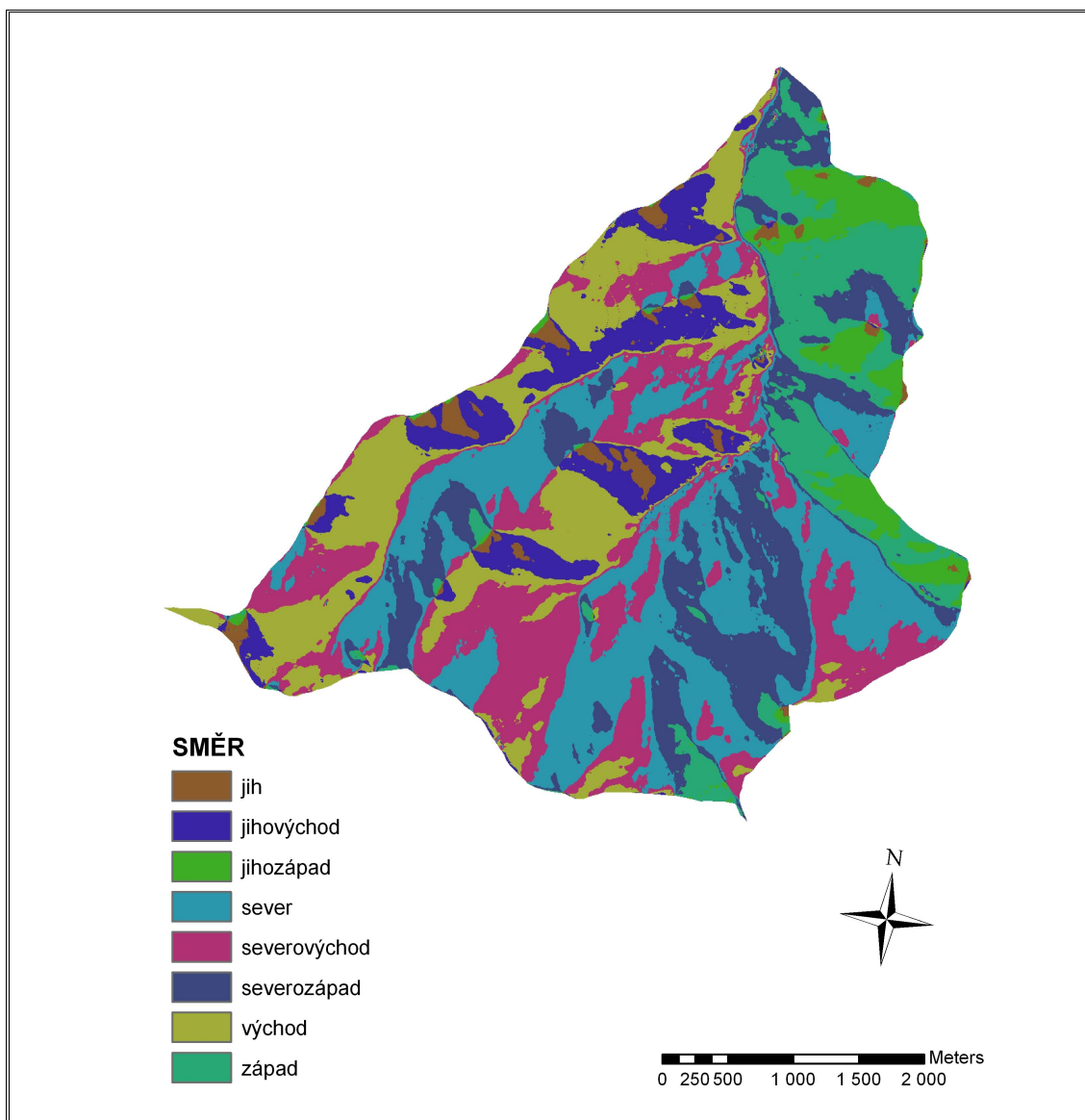
Obr. 12: Mapa sklonitosti povrchu v procentech

Sklon je v praxi velmi užívanou veličinou. Pro oblast zemědělství můžeme snadno určit, které pozemky mají příliš velký sklon a jsou tak náchylné k erozi. Pro takové pozemky je poté třeba navrhnout protierozní opatření. Rastr sklonů lze také využít například při návrhu tras silnic.



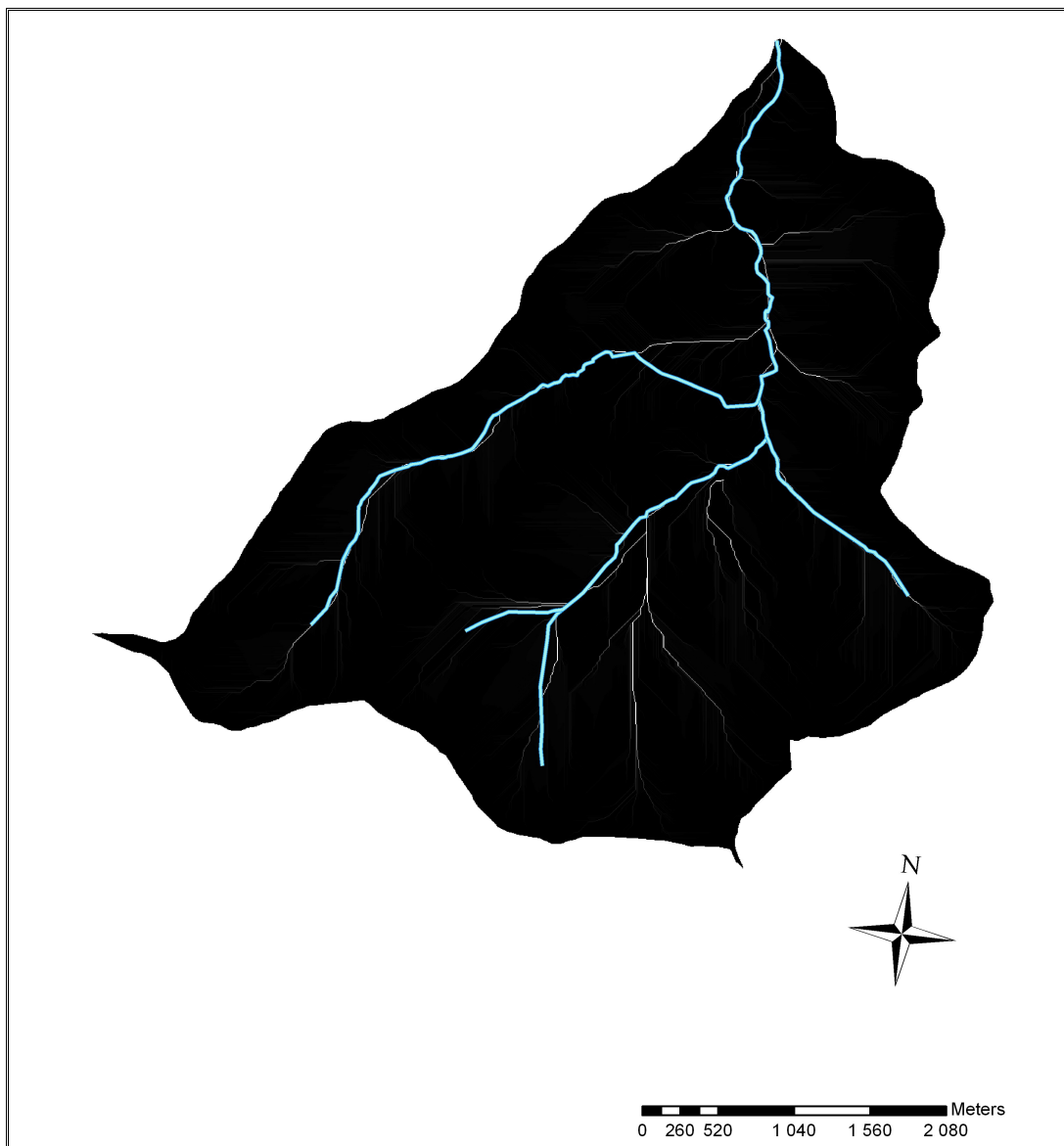
Obr. 13: Mapa erozně ohrožených pozemků a orné půdy

Pomocí této jsou snadno rozpoznatelné erozně ohrožené pozemky, které jsou obhospodařovány jako orná půda. Na mapě lze pozorovat, že takřka veškerá orná půda je na pozemcích se sklonem menším než  $12^\circ$ , pouze malá část pozemků tuto hranici překračuje.



Obr. 14: Mapa směrů odtoku

Po dopadu dešťové kapky na zemský povrch, začne kapka vlivem zemské gravitace téct směrem největšího sklonu. Mapa zobrazuje oblasti, ze kterých odtékají srážky na určitou světovou stranu. Při podrobnějším zkoumání tohoto mapového výstupu lze poměrně dobře vidět, jak jsou situována jednotlivá údolíčka v rámci povodí.



Obr. 15: Mapa akumulace odtoku

Tento mapový výstup spojuje akumulaci odtoku a stávající vodní toky. Je zřejmé, že odtoké linie určené z digitálního modelu terénu odpovídají skutečným vodním tokům. Jedinou výjimkou je dolní tok levostranného přítoku, který se cca jeden kilometr před soutokem odklání doprava, zatímco vymodelovaný odtok pokračuje rovně. Tato odchylka je s největší pravděpodobností způsobena úpravou vodního toku v intravilánu obce Zdíkov.

Z této mapy lze také odečíst délku údolnice. Již od pohledu je zřejmé, že delší údolnice se nachází v západním údolí. Délka této údolnice, která byla naměřena pomocí

nástroje Measure (měření), dosahuje 6 480 metrů. Pokud známe tuto hodnotu ( $L_u$ ) a známe i rozlohu povodí (F), můžeme spočítat střední šířku tvaru povodí (B).

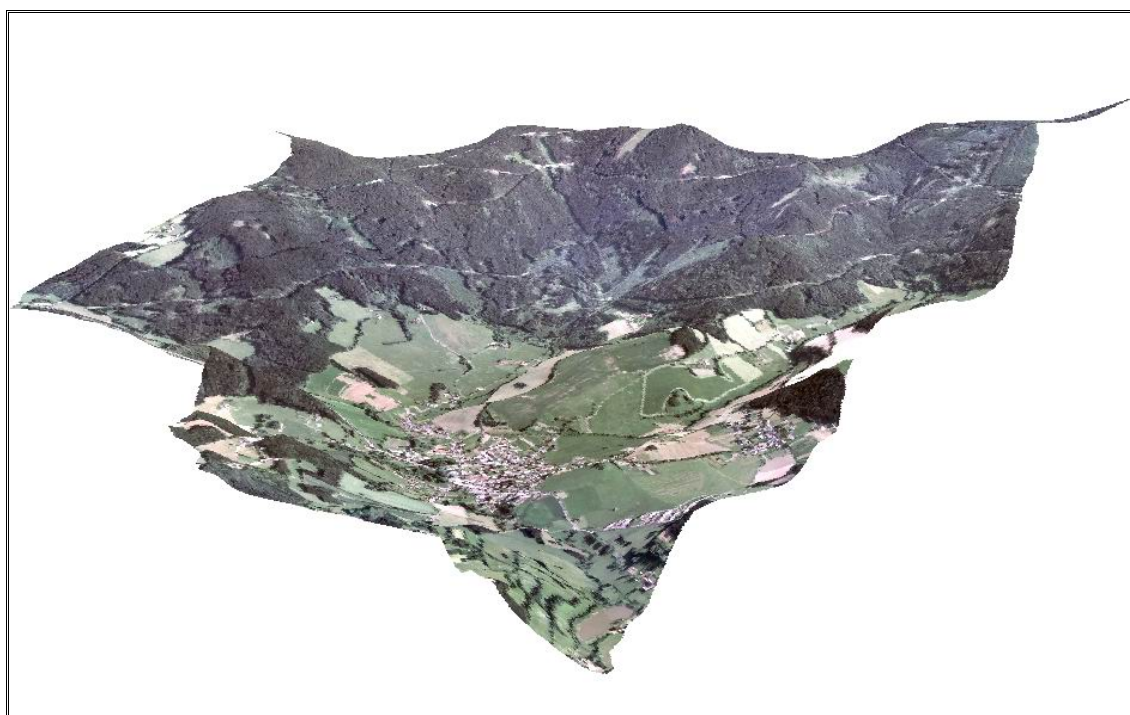
$$B = \frac{F}{L_u} = \frac{17242661}{6480} = 2661 \text{ m}$$

Dále lze vypočítat součinitel tvaru povodí:

$$\alpha = \frac{B}{L_u} = \frac{2661}{6480} = 0,41$$

Výsledná hodnota součinitele (0,41) spadá do kategorie pro vějířovitá povodí.

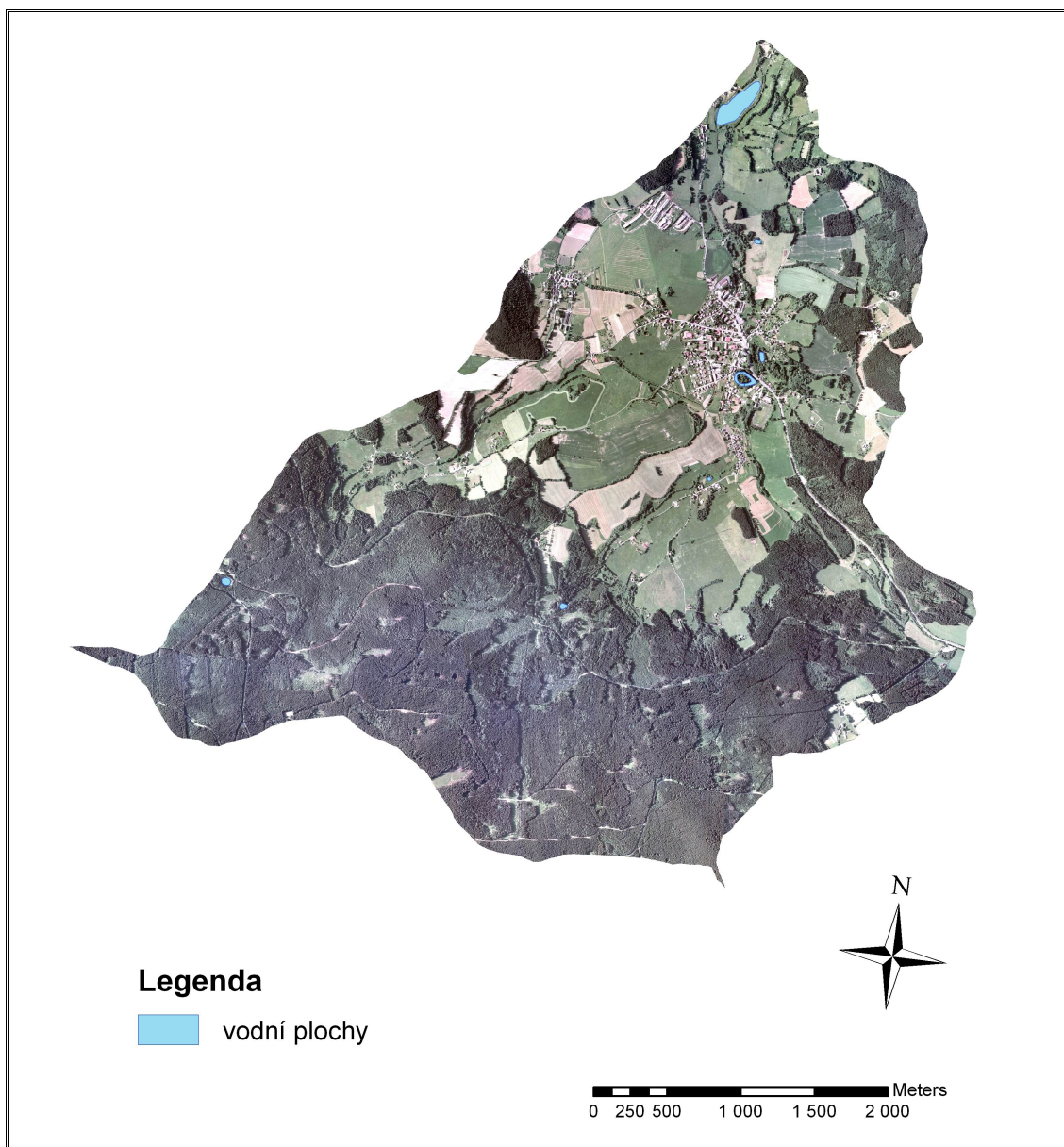
## 5.5 Ortofotomapy



Obr. 16: Pohled na povodí od uzávěrového profilu

Tento pohled byl vytvořen v programu ArcScene, jedná se o 3D pohled na celé povodí od uzávěrového profilu. Tento pohled vznikl za použití digitálního modelu terénu a ortofotomapy. Po nahrání obou souborů do ArcScene bylo nutné nastavit ortofotomapě, odkud má převzít výšky. Toto bylo nastaveno ve vlastnostech ortofotomapy (Properties), kde bylo určeno odkud má brát ortofotomapa výšky – z digitálního terénu o rozměru buňky 5×5 metrů.





Obr. 17: Ortofotomapa s vodními plochami

Na celém území povodí se nachází celkem 7 vodních ploch. Nejvýznamnější je rybník Zdíkovec (4 ha) v dolní části povodí. Ostatní vodní plochy jsou podstatně menší. Při porovnání vodních ploch z vrstvy využití půdy a ortofotomapy se dospělo k následujícím výsledkům. Čtyři vodní plochy polohově odpovídají (odchylka do 3 metrů), dvě vodní plochy jsou posunuty o 10 metrů. Poslední vodní plocha není na ortofotomapě průkazně vidět, zřejmě se jedná o vypuštěný rybníček zarostlý náletovými dřevinami. Vzniklé odchylky vznikly při georeferencování mapy 1:10 000.

## 6 Závěr

Výsledkem této práce je ucelený soubor mapových vrstev zpracovaný pro povodí Zdíkovského potoka. Soubor mapových vrstev se skládá z vektorových vrstev věnovaných využití půdy, půdním poměrům (bonitované půdně ekologické jednotky a infiltrační kapacita půd), CN-křivkám (hydrologické skupiny půd, čísla odtokových křivek). Další částí souboru jsou rastrové vrstvy – digitálního modelu terénu, sklonitosti, směru odtoku, akumulace odtoku, ortofotomapy. Součástí jsou i vrstvy, které v práci nemají samostatný mapový výstup – vodní toky, rozvodnice a vrstevnice.

Mapové vrstvy mohou být využity např. při posouzení erozní ohroženosti půd nebo při navrhování protierozních opatření. Rastrový digitální model terénu, lze využít pro identifikaci subpovodí v rámci zájmového území a to buď zadáním minimální výměry nebo uzávěrového profilu. Subpovodí se určují např. pro určení souvislé délky svahů pro přesnější určení erozního ohrožení. Další možnou analýzou je určení terénních poklesů.

Snahou při vypracování této práce bylo vytvoření základního souboru mapových vrstev pro zájmové území. Tento základní soubor by se při vhodném doplnění (např. geologické poměry nebo územní systémy ekologické stability) mohl stát komplexním pohledem na tuto malou část šumavské krajiny.

Tento celý soubor bude využit pro výzkumné a výukové účely Katedry pozemkových úprav.

## 7 Použitá literatura:

CULEK, M. (editor) a kol. *Biogeografické členění České republiky*. ENIGMA, Praha 1996. 347 s. ISBN 80-85368-80-3

DUMBROVSKÝ, M, MEZERA, J. a kol. *Metodický návod pro pozemkové úpravy a související informace*. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha 2000. 189 s. ISSN 1211-3972.

HRÁDEK, F., KUŘÍK, K. *Maximální odtok z povodí: teorie svahového odtoku a hydrologický model DesQ-MAX Q*. Česká zemědělská univerzita, Praha 2001. 37 s. ISBN 80-213-0782-X

JANDORA, J., STARA, V., STARÝ, M. *Hydraulika a hydrologie*. Akademické nakladatelství CERM, Brno, 2002. 186 s. ISBN 80-214-2204-1.

JANEČEK, M. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha 2007. 76 s. ISBN 978-80-254-0973-2.

JANGLOVÁ, R., KVÍTEK, T., NOVÁK, P. Kategorizace infiltrační kapacity půd na základě geoinformatického zpracování dat půdních průzkumů. *Soil and Water* 2/2003. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 2003. s. 61-81. ISSN 1213-8673.

KEMEL, M. *Klimatologie, meteorologie, hydrologie*. Vydavatelství ČVUT, Praha, 1996. 286 s. ISBN 80-01-01456-8.

KLIMÁNEK, M. *Digitální modely terénu*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno 2006. 85 s. ISBN 80-7157-982-3.



KOMÁRKOVÁ, J., KOPÁČKOVÁ, H. *Geografické informační systémy: pro kombinovanou formu studia*. Univerzita Pardubice, Pardubice 2005. 55 s. ISBN 80-7194-819-5.

KVÍTEK, T. *Uplatnění systému alternativního managementu ochrany půdy a vody v krajině*. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha 2005. 90 s. ISBN 80-239-5350-8.

KVÍTEK, T., GERGEL, J., ONDR, P., ZÁMIŠOVÁ, K. *Zemědělské meliorace*. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, České Budějovice 2006. 165 s. ISBN 80-7040-858-8.

LEDVINA, R., HORÁČEK, J. *Klasifikace a oceňování půd*. Jihočeská univerzita, České Budějovice 1998. 42 s.

MAŠÁT, K. *Metodika vymezení a mapování bonitovaných půdně ekologických jednotek*. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha 2002. 113 s. ISBN 80-238-9095-6.

NĚMEC, J., ŠTOLBOVÁ, M., et al. *Situační a výhledová zpráva Půda*. Ministerstvo zemědělství České republiky, Praha 2006. 82 s. ISBN 80-7084-566-X.

*Podnebí ČSSR – Tabulky*. Hydrometeorologický ústav, Praha 1961. 379 s.

RAPANT, P. *Úvod do geografických informačních systémů*. Vysoká škola báňská, Ostrava 2002.

RAPANT, P. *Geoinformační technologie*. Vysoká škola báňská, Ostrava 2006. 102 s. ISBN 80-248-1263-0.

ŠTYCH, P. *Výbrané funkce geoinformačních systémů*. CITT Praha Akademie kosmických technologií, Praha 2008. 177 s.

UHLÍŘOVÁ, J., MAZÍN, V. et al. *Metodika studie širších územních vazeb ochrany půdy a vody v komplexních pozemkových úpravách*. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha 2005. 32 s. ISBN 80-239-4845-8

VOŽENÍLEK, V. *Geografické informační systémy I., Pojetí, historie, základní komponenty*. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc 1998. 173 s. ISBN 80-7067-802-X.

### **Zákony a vyhlášky**

Vyhláška č. 327/1998 Sb., kterou se stanoví charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup pro jejich vedení a aktualizaci.

Zákon č. 139/2002 Sb. o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech.

### **Elektronické dokumenty**

BŘEHOVSKÝ, M., JEDLIČKA, K. *Úvod do geografických informačních systémů*. [online].[cit.12.2.2009]. Dostupné na <<http://www.gis.zcu.cz/studium/ugi/e-skripta/ugi.pdf>>

DOLEŽAL F., ČMELÍK M., KULHAVÝ Z., KVÍTEK T., PILNÁ E., SOUKUP M., TIPPL M. *Základní charakteristika pokusných povodí*. 2002 [online].[cit.12.1.2009]. Dostupné na <[http://www.hydrmeliorace.cz/VUMOP/2002\\_7.pdf](http://www.hydrmeliorace.cz/VUMOP/2002_7.pdf)>

HRUŠKA, J. *Biogeochemické cykly ekologicky významných prvků v měnících se přírodních podmínkách lesních ekosystémů NP*. [online].[cit.25.2.2009]. Dostupné na <[http://sumavanet.cz/user/portal/modrava/zpravy/Prubezna\\_2\\_05.pdf](http://sumavanet.cz/user/portal/modrava/zpravy/Prubezna_2_05.pdf)>

VRÁNA, K., VÁŠKA, J., DOSTÁL, T. *SMODERP. Uživatelský manuál*. [online].[cit.28.2.2009]. Dostupné na <<http://storm.fsv.cvut.cz/puvodni/smoderp/manual.pdf>>.