

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie



Adéla Týčová

**REKONSTRUKCE ZANIKLÉHO RELIÉFU
VE VYBRANÝCH ÚZEMÍCH TEPLICKA**

**RECONSTRUCTION OF THE VANISHED RELIEF
IN SELECTED AREAS IN TEPLICKO**

Bakalářská práce

červenec 2013

Vedoucí práce: RNDr. Přemysl Štych, Ph.D.

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
Přírodovědecká fakulta

Katedra apl. geoinformatiky a kartografie

Akademický rok vypsání práce: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: **Adéla Týčová**

studijní program: **Geografie**

studijní obor: **Geografie a kartografie**

Garant studijního programu/oboru vám schválil přidělení této bakalářské práce:

Název práce: **Rekonstrukce zaniklého reliéfu ve vybraných územích Teplicka**

Zásady pro vypracování:

Seznam odborné literatury:

Vedoucí bakalářské práce: **RNDr. Štych Přemysl, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: 21.12.2012

Termín odevzdání bakalářské práce: dle harmonogramu příslušného akademického roku

.....
Garant studijního programu/oboru

.....
Děkan

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně a že jsem všechny použité prameny a zdroje řádně citovala. Také jsem si vědoma toho, že případné využití této práce je možné pouze po písemném souhlasu Univerzity Karlovy v Praze. Svoluji k zapůjčení této práce pro studijní účely a souhlasím s tím, aby byla řádně vedena v evidenci vypůjčovatelů.

V Dlouhém Mostě dne 28. 7. 2013

.....

Adéla Týčová

Poděkování

Ráda bych zde poděkovala vedoucímu bakalářské práce, RNDr. Přemyslu Štychovi, Ph.D. za ochotu a trpělivost při zodpovídání mých dotazů a za cenné rady a připomínky, které mi byly poskytovány po celou dobu práce.

Dále bych ráda poděkovala Mgr. Michalu Soukupovi z Archeologického ústavu Akademie věd ČR, za cenné informace, rady a poskytované materiály.

V neposlední řadě děkuji své rodině za pomoc a podporu nejen při psaní mé bakalářské práce, ale v průběhu celého studia.

Rekonstrukce zaniklého reliéfu ve vybraných územích Česka

Abstrakt

Hlavním úkolem této práce bylo vytvoření digitálních modelů terénu ve zčásti zaniklém území z důvodu hnědouhelné těžby a porovnání změn reliéfu. Byly vytvořeny dva digitální modely terénu znázorňující stav reliéfu k roku 1950, tedy ještě před zahájením masivní těžby hnědého uhlí, a k roku 2010, tedy po ukončení těžby. DMT byly pokryty ortofoty z roku 1953 a 2011. Celá tvorba DMT probíhala v GIS. Z těchto modelů byly vytvořeny obrazové náhledy a animace a byla provedena analýza změn reliéfu.

Dalším úkolem bylo porovnat hydrologické poměry v území, které se změnily kvůli velkým reliéfním změnám. K tomuto účelu byly použity hydrologické nástroje jako nadstavba ke GIS. Výsledkem jsou analýzy porovnávající hydrologické poměry mezi roky 1950 a 2010.

Jako modelové území bylo vybráno povodí IV. řádu kolem zaniklé obce Kocourkov na Teplicku. Povodí IV. řádu bylo vybráno kvůli lepší názornosti u změn hydrologických poměrů. K práci bylo využito různých historických i aktuálních zdrojů, jako jsou mapy, ortofota či databáze geografických dat.

Klíčová slova: změny reliéfu, rekonstrukce reliéfu, DMT, změna hydrologických poměrů, hydrologické nástroje, GIS

Abstract

The main task of this work was the creation of digital terrain models in vanished areas because of the coal mining and comparing changes in relief. It was created two digital terrain models showing the relief situation in 1950, before the massive mining of brown coal, and in 2010, after the completion of mining. DTM were covered by orthophotos from 1953 and 2011. The entire work of DTM was conducted in GIS. It were created image thumbnails and animations of these models and it was analyzed the changes in relief.

Another task was to compare the hydrological conditions in the area that have changed due to the great relief changes. For this purpose it was used hydrological tools as an extension to GIS. The results are the analysis comparing hydrological conditions between 1950 and 2010.

As the model area was chosen 4th order catchment area around the vanished village Kocourkov in Teplice region. 4th order catchment area was chosen for better view on changes in hydrological conditions. In the work were used a variety of historical and contemporary sources, such as maps, orthophotos and database of geographic data.

Keywords: relief changes, relief reconstruction, DTM, hydrological changes, hydrological tools, GIS

OBSAH

Seznam použitých zkratk	9
Seznam map, obrázků a tabulek	10
1 Úvod	11
2 Rešerše a úvod do problematiky	12
2.1 Model prostorových dat a digitální modely terénu	12
2.1.1 <i>Typy modelů terénu podle charakteru plošek</i>	12
2.1.2 <i>Základní metody modelování vícerozměrných objektů (DMT)</i>	13
2.1.3 <i>Druhy a terminologie digitálních modelů terénu</i>	13
2.2 Zdroje dat pro DMT	14
2.3 Geometrické transformace	14
2.3.1 <i>Typy interpolačních metod</i>	15
2.3.2 <i>Typy geometrických transformací</i>	16
2.4 Souřadnicový systém	16
2.4.1 <i>S-JTSK</i>	17
2.5 Využití hydrologických nástrojů GIS	17
2.6 Změny reliéfu v důsledku povrchové těžby	18
2.7 Vliv úprav vodních toků na hydrologické poměry	19
2.8 Charakteristika území	19
2.8.1 <i>Historie území</i>	19
2.8.2 <i>Historie zaniklých obcí</i>	20
3 Podkladová data	22
3.1 SMO-5	22
3.2 ZABAGED	22
3.3 Ortofoto ČR a ČSR	23
3.4 DIBAVOD	23
3.5 Císařské povinné otisky stabilního katastru Čech	24
4 Metodika	25
4.1 Vymezení území	25

4.2	Tvorba DMT a analýza změn reliéfu	25
4.2.1	<i>Úprava vstupních dat</i>	25
4.2.2	<i>Georeferencování</i>	26
4.2.3	<i>Vektorizace vrstevnic</i>	26
4.2.4	<i>Tvorba DMT v rastrovém formátu</i>	27
4.2.5	<i>Tvorba TIN</i>	28
4.2.6	<i>Georeferencování a vizualizace Císařských otisků stabilního katastru</i>	29
4.2.7	<i>Analýza změn reliéfu</i>	30
4.3	Analýza hydrologických poměrů	30
4.3.1	<i>Vektorizace vodních toků a vodních ploch</i>	31
4.3.2	<i>Určení a vymezení povodí</i>	31
4.3.3	<i>Nástroje Terrain Preprocessing</i>	32
4.3.4	<i>Hodnocení změn vodních toků a vodních ploch</i>	33
4.3.5	<i>Hodnocení změn odtoku a akumulace vody</i>	34
5	Výsledky a diskuse	35
6	Závěr	41
	Seznam použitých zdrojů	43
	Seznam příloh	47

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

2D	model, který má dva rozměry - délku a šířku
2,5D	model, který má dva rozměry, ale každý prvek obsahuje ještě nějakou informaci
3D	model, který má tři rozměry - délku, šířku, výšku
BpV	výškový systém Baltský po vyrovnání
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DEM	digitální výškový model
DMK	digitální model krajiny
DMP	digitální model povrchu
DMT	digitální model terénu
DMÚ	digitální model území
ETRS	Evropský terestrický referenční systém
GIS	geografický informační systém
SMO-5	Státní mapa odvozená 1 : 5 000
RMS	střední kvadratická chyba
S-Gr95	Tíhový systém 1995
S-JTSK	Systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
S42	Souřadnicový systém 1942
SM5	Státní mapa 1 : 5 000
TIN	druh digitálního modelu terénu skládající se z trojúhelníkových plošek
VÚGTK	Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický
VÚV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský Tomáše G. Masaryka
WGS84	Světový geodetický referenční systém 1984
ZABAGED	Základní báze geografických dat
ZM 10	Základní mapa České republiky 1 : 10 000

SEZNAM MAP, OBRÁZKŮ A TABULEK

Obr. 1	Československá JTSK I. řádu	17
Obr. 2	Vymezení modelového území	20
Mapa 1	Přesnost DMT hodnocená na základě vrstevnic v roce 1950 a 2010	28
Obr. 3	TIN okolí vodních ploch Barbora a Otakar v roce 2010	29
Mapa 2	Povodí IV. řádu v modelovém území v letech 1950 a 2010	32
Obr. 4	Hodnoty směru odtoku vody z buňky	34
Tab. 1	Plocha jednotlivých intervalů změn výšky reliéfu	36
Tab. 2	Porovnání vodních toků a ploch v letech 1950 a 2010	37
Mapa 3	Změna akumulace okolo bývalých dolů Barbora a Otakar	39

KAPITOLA 1

ÚVOD

Tématem této bakalářské práce byla zvolena rekonstrukce zaniklého reliéfu z důvodu hnědouhelné těžby v okrese Teplice. Toto téma je pro mne zajímavé, protože mám osobní vztah k této oblasti a dále je toto téma spojené s pro mne oblíbenými geoinformačními systémy a vytvářením prostorových modelů. Bohužel dnes již nemáme možnost spatřit krajinu tak, jak vypadala před šedesáti lety, což se stalo námětem pro mou práci.

Dnes má krajina naprosto odlišnou funkci i ráz než mívala před započatím těžby. Z úrodné a zemědělsky a rybníkářsky využívané krajiny se stala krajina průmyslová se zdevastovanou přírodou a špatným ovzduším. Mnoho oblastí postižených těžbou nejen v Severočeské uhelné pánvi se rázem staly majetkem těžebních společností se zákazem vstupu na velká území. Mnoho měst a vesnic nebo jejich částí muselo ustoupit těžbě, přestože za sebou měly dlouhou historii. Pokud dnes něco zbylo ze zaniklých obcí, jsou to většinou jen zbytky základů domů či obvodových zdí zarůstající vegetací.

Práce byla zpracována ve spolupráci s Archeologickým ústavem Akademie věd České republiky, který se řešenou tematikou intenzivně zabývá.

Cílem práce bylo vytvoření digitálních modelů terénu zobrazující stav reliéfu v roce 1950 a v současnosti a určení změn za posledních 60 let. Dalším cílem, kromě určení změn reliéfu a vizualizace zaniklé a současné krajiny, bylo provést analýzu změn hydrologických poměrů v důsledku významných změn reliéfu pomocí hydrologických nástrojů geoinformačních systémů. Součástí práce jsou náhledy a animace krajiny zaniklých obcí i současné krajiny.

KAPITOLA 2

REŠERŠE A ÚVOD DO PROBLEMATIKY

2.1 Model prostorových dat a digitální modely terénu

Model krajiny je zjednodušený obraz reálného světa znázorněný pomocí vybraných prvků krajiny a vztahů mezi nimi. Tento prvek či vztah může být popsán jakýmkoli množstvím vlastností, atributů, které jsou popsány buď kvalitativně nebo kvantitativně. Údaje o prvcích a jevech se nazývají data, která se pokud obsahují i informaci o poloze nazývají prostorová data.

Model prostorových dat vyjadřuje jak polohovou tak popisnou složku dat. Nejpoužívanějším modelem prostorových dat je jejich grafické znázornění v podobě mapy. Digitální model prostorových dat je definován předpisem, podle něhož se parametry prvků zobrazí v digitální formě.

Digitální model terénu (DMT) je zjednodušená reprezentace skutečného terénu v prostředí GIS. Je to soubor bodů, linií a ploch, který obsahuje i algoritmus pro interpolaci nových mezilehlých bodů či odvození dalších informací, např. viditelnosti, sklonu a orientaci svahů, modelování vrstevnic. DMT jsou předmětem k modelování, analyzování či zobrazování jevů souvisejících s reliéfem terénu (Kolář 2003).

Terén je všeobecně velmi nepravidelný a jeho model musí zahrnovat i náhlé terénní stupně, které jsou vytvořeny uměle, ale jsou také součástí terénu, i zvláštní kategorii zahrnující údolnice, hřbetnice, sedla či vrcholy. Obtížné je modelování svislých až převislých ploch, jak umělých terénních zářezů, tak přírodních skalních stěn. Tato místa se však v terénu nevyskytují často (Mayer 1995). Důležitou vlastností DMT je možnost odečíst nadmořskou výšku v kterémkoli bodě nacházejícím se uvnitř modelovaného území (Rapant 2005).

2.1.1 Typy modelů terénu podle charakteru plošek

Obecně se používají tři základní typy modelů terénu:

1. Rastrový model (grid), který každé buňce přiřadí jednu výškovou hodnotu. Vypovídací

schopnost modelu závisí na rozlišovací schopnosti. Tento typ není vhodný pro velmi členitý reliéf (Mayer 1995). Zvláštním rastrovým typem je tzv. lattices, u kterých je výšková hodnota uložena jen v některých buňkách a pro ostatní buňky je hodnota dopočítána.

2. Vektorový (polyedrický) model TIN tvořený nepravidelnou trojúhelníkovou sítí, kde známe výškové hodnoty vrcholů trojúhelníků a jejich návaznost na sousední vrcholy. Vrcholy trojúhelníků se volí tak, aby kopírovaly celkový charakter území včetně terénních stupňů, údolnic, hřbetnic, atd. Čím více je členitý terén, tím má model menší trojúhelníky. A naopak, pokud je terén plochý, není trojúhelníků v území potřeba tolik a jsou větší (Chang 2012).

3. Plátový model nejlépe odpovídá skutečnosti. Jeho síť je tvořena trojúhelníky či čtyřúhelníky a dobře kopíruje hrany a náhlé změny v reliéfu (Mayer 1995).

2.1.2 Základní metody modelování vícerozměrných objektů (DMT)

2D objekty jsou pouze rovinná reprezentace nacházející se např. na mapách.

2.5D objekty jsou přechodem mezi 2D objekty a 3D objekty. Jsou to 2D objekty, které mají u každého bodu navíc atribut obsahující jejich nadmořskou výšku.

3D objekty obsahují pro každý bod tři plnohodnotné souřadnice, kdy nadmořská výška není na rozdíl od 2.5D pouze atribut, ale souřadnice z.

4D objekty jsou 3D objekty, které mají navíc čtvrtou souřadnici - čas (Chang 2012).

2.1.3 Druhy a terminologie digitálních modelů terénu

- **DMT** - digitální model terénu (digital terrain model) je podle Výzkumného ústavu geodetického, topografického a katastrálního „digitální reprezentace reliéfu zemského povrchu v paměti počítače složená z dat a interpolačního algoritmu, který umožňuje mj. odvozovat výšky mezilehlých bodů“. Zahrnuje pouze zemský povrch bez vegetace a antropogenních prvků jako např. budov. Velmi častým DMT je vektorová vrstva vrstevnic používaná v topografických mapách (Bravený 2008).

- **DMP** - digitální model povrchu (digital surface model) je zvláštní typ DMR, který zobrazuje povrch včetně zástavby či vegetace.

- **DEM** - digitální výškový model (digital elevation model) je podle Slovníku VÚGTK „digitální model reliéfu pracující výhradně s nadmořskými výškami bodů; datová sada výškových hodnot, které jsou algoritmicky přiřazeny k dvourozměrným souřadnicím“. DEM je založený na vektorových datech, ale může být konvertován na rastrová data umístěním každého výškového bodu doprostřed buňky (Chang 2012).

- **DMÚ** - digitální model území (digital landscape model) je komplexní model území obsahující 2.5D model reliéfu a 3D objekty (např. zástavba, vegetace). Podle Slovníku VÚGTK je to „komplex dat a programových prostředků pro sběr, zpracování, aktualizaci a distribuci digitálních informací o území“.

- **DMK** - digitální model krajiny je trojrozměrné schéma výřezu krajiny tvořený 3 typy dat (Bravený 2008): nadpovrchová data reprezentující údaje o složkách přírodního geosystému a antropogenních vlivech, povrchová data obsahují informace o reliéfu (DMT) a podpovrchová data obsahují informace o půdách a horninách (půdní kryt, geologická struktura, podpovrchová voda).

2.2 Zdroje dat pro DMT

Metody vzniku dat mohou být rozděleny na:

- *přímé metody* - vznikají přímým měřením na každém bodu v terénu a dělí se na kontaktní a bezkontaktní. Mezi kontaktní patří tachymetrie, nivelace a měření pomocí GPS. Mezi bezkontaktní patří metody využívající dálkový průzkum Země, jako je fotogrammetrie, laserové skenování a radarové snímání.

- *nepřímé metody* - pracují s již vytvořenými DMT. Součástí nepřímých metod je i digitalizace vrstevnic či kótovaných bodů z analogových map (Oršulák, Pacina 2012).

Všeobecně data dělíme podle vzniku na (Štych 2008):

- *primární data* - vzniklá přímým měřením v terénu za účelem vytvoření vlastní databáze.

- *sekundární data* - vzniklá převzetím z již existujících databází (nejčastěji primárních dat).

2.3 Geometrické transformace

Geometrická transformace se provádí, když potřebujeme, aby byla polohová data udána v zadaném souřadnicovém systému. Musí se provést při porovnání 2 vrstev, které nemají shodný souřadnicový systém. Při transformaci je jeden soubor považován za řídicí a druhý soubor za podřízený, přičemž transformace probíhá na podřízeném souboru. Transformace probíhá pomocí vlíčovacích bodů, což je podle Slovníku VÚGTK bod stanovené přesnosti, vhodně umístěný v terénu, případně fotogrammetricky signalizovaný a na měřickém snímku identifikovatelný.

Po odečtení souřadnic vlíčovacích bodů u obou souborů se vypočítá transformační klíč, podle kterého se následně u podřízeného souboru vypočítají souřadnice všech bodů v souboru.

Transformační rovnice může být buď polynom 1. řádu, kdy k transformaci potřebujeme alespoň 3 vlíčovací body, nebo polynom 2. řádu, kdy potřebujeme alespoň 6 vlíčovacích bodů, nebo polynom 3. řádu, kdy potřebujeme alespoň 10 vlíčovacích bodů. U polynomů 2. a 3. řádu lze získat shodu pro body v okolí vlíčovacích bodů, ale v místech, kde vlíčovací body nejsou může vzniknout polohová chyba. K určení odchylky polohových dat se používá střední kvadratická chyba (RMS), která se vypočítá jako odmocnina součtu druhých mocnin všech odchylek vydělená počtem měření. RMS je vzdálenost mezi polohou bodu ve zdrojových souřadnicích a jeho polohou vypočtenou transformační rovnicí ve zdrojových souřadnicích (Štych 2008).

Pokud jsou data z jednoho souboru polohově shodná s daty z druhého souboru anebo odpovídají zadanému souřadnicovému systému, říká se této situaci ztotožnění. Pro výpočet přesnosti ztotožnění se používají kontrolní body. Pokud je u řídicího souboru souřadný systém definovaný geodetickými pravidly, říká se transformaci geokódování. V prostředí GIS se může transformace obejít i bez použití vlíčovacích bodů v případě, že převádíme z jedné předdefinované mapové projekce do jiné, kdy software GIS obsahuje transformační klíč (Kolář 2003). Ortorektifikací nazýváme proces, při kterém dochází k odstranění nepřesností vznikajících v důsledku vertikálního členění terénu. Pro ortorektifikaci je nutný předem vytvořený digitální model terénu (Štych 2008).

U rastrových souborů se stejným souřadným systémem musejí mít oba soubory před porovnáním stejnou velikost a tvar pixelu. Pokud velikost a tvar pixelu nejsou stejné, musí dojít k tzv. převzorkování, čímž se u jednoho souboru změní velikost a tvar pixelu na parametry druhého souboru (Kolář 2003). Po výpočtu transformační rovnice dojde k výpočtu nové hodnoty pixelu pro podřízený soubor, který se provádí interpolačními metodami.

2.3.1 Typy interpolačních metod

Metoda nejbližšího souseda (nearest neighbour) je nejjednodušší. Hodnota buňky nového obrazu se převezme od nejbližší buňky originálního obrazu. Nevýhodou je, že mohou vznikat chyby až o 0,5 pixelu a u hran se projevuje silný aliasing.

U *bilineární interpolace* (bilinear interpolation) se hodnota nového pixelu vypočítá ze čtyř nejbližších sousedních buněk originálu.

Kubická konvoluce (cubic convolution), u které se hodnota buňky vypočítá ze 16 sousedních pixelů, přičemž bližší pixely mají větší váhu než vzdálenější (Pavelka 2011).

2.3.2 Typy geometrických transformací

Shodnostní transformace:

Jsou zde tři neznámé parametry - dva posuny a otočení. Zachovává měřítko, tudíž i velikost a tvar. Pro shodnostní transformaci jsou potřeba nejméně dva identické body. Je to lineární transformace, která zachovává linearitu objektů.

Podobnostní transformace:

Zachovává tvar, ale ne velikost. U této transformace jsou čtyři parametry - dva posuny, otočení a změna měřítka, tudíž jsou potřeba alespoň dva identické body. Podobnostní transformace zachovává linearitu a délkové, plošné i úhlové charakteristiky.

Afinní transformace (polynomická 1. řádu):

Tato transformace je šestiparametrová - dva posuny, otočení, dvě změny měřítka, skosení a je na ni potřeba znát nejméně tři identické body v obou souřadných soustavách. Nezachovává tvar ani velikost a je lineární.

Kolineární transformace (polynomická 2. řádu):

Osmiparametrová transformace, která zachovává linearitu a průsečky přímek, ale nezachovává úhly a délky. Na kolineární transformaci je potřeba alespoň čtyř identických bodů (Chang 2012).

2.4 Souřadnicový systém

Podle Slovníku VÚGTK umožňuje souřadnicový systém jednoznačné určení polohy bodu v rovině nebo v prostoru. Toto určení polohy libovolného bodu na referenční ploše a zároveň na zobrazovací ploše (nejčastěji mapě) je umožněno geometrickými prostředky, které se liší v závislosti na typu použitého systému (Voženílek 2001).

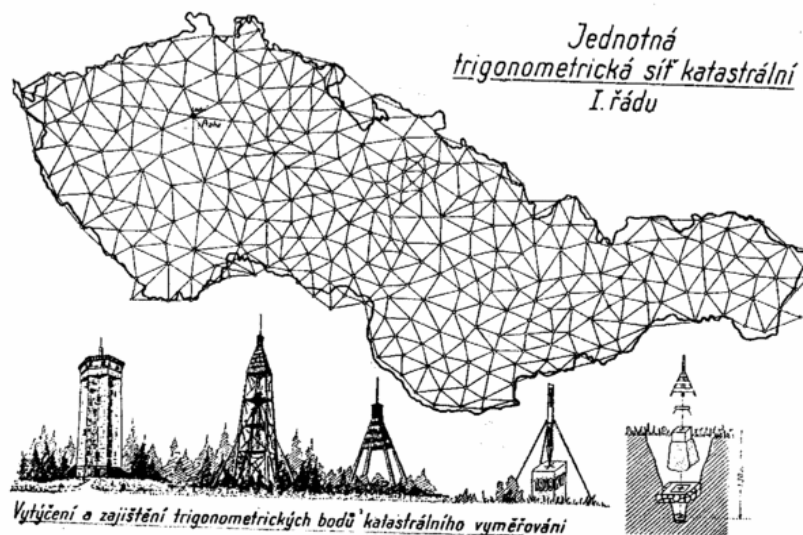
Rozlišujeme souřadnicové systémy globální a lokální. Globální souřadnicové systémy se používají pro určování polohy na velkých územích jako je svět, kontinent, stát či alespoň velká část státu, zatímco lokální souřadnicové systémy se používají pro určování polohy na územích menších než je území státu (Rapant 2002).

Souřadnicovými systémy závaznými na území ČR jsou Světový geodetický referenční systém 1984 (WGS84), Evropský terestrický referenční systém (ETRS), Systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK), Souřadnicový systém 1942 (S42), katastrální souřadnicové systémy Gusterberg (pro Čechy) a sv. Štěpán (pro Moravu), výškový systém Baltský po vyrovnání (BpV), Tíhový systém 1995 (S-Gr95) (Předpis č. 430/2006 Sb.).

2.4.1 S-JTSK

Souřadnicový systém S-JTSK je definován Besselovým elipsoidem s referenčním bodem Hermannskogel a dále vlastním kartografickým zobrazením. Křovákovo zobrazení je dvojitě konformní kuželové zobrazení v obecné poloze, které navrhl Ing. Josef Křovák v roce 1922. Dvojitě zobrazení proto, že transformace na pravoúhlé souřadnice probíhá ve dvou krocích. V prvním kroku se provede konformní zobrazení Besselova elipsoidu na Gaussovu kouli a poté konformní zobrazení na kuželovou plochu v obecné poloze. Základní rovnoběžkou je rovnoběžka $78^{\circ}30'$. Osa X směřuje k jihu a je tvořena obrazem poledníku $42^{\circ}30'$ v. d. Osa Y směřuje k západu a je kolmá na osu X. Celá Česká republika se tak nachází v prvním kvadrantu, tudíž jsou vždy obě souřadnice kladné (Čada 2007).

Československá Jednotná trigonometrická síť katastrální se skládala z bodů několika řádů. JTSK I. řádu se budovala v letech 1920 až 1928 a skládala se z 268 bodů, později rozšířených o dalších 113 (Obr. 1). Po roce 1928 byla budována síť II., III. a IV. řádu a body podrobné trigonometrické sítě (později označované jako síť V. řádu). Dnes se na území České republiky vyskytuje skoro 29 000 trigonometrických bodů (Čada 2007).



Obr. 1 Československá JTSK I. řádu (zdroj: Čada (2007))

2.5 Využití hydrologických nástrojů GIS

Pro modelování hydrologických procesů v prostředí GIS jsou důležité tvar a členitost reliéfu a jeho nadmořská výška, které jsou určujícími charakteristikami pro chování povrchového

odtoku vody. Hydrologické modelování vyžaduje informace o fyzickogeografických a hydromorfologických poměrech okolního terénu (např. délka vodního toku a jeho přítoků, sklon povodí a toků samotných, členitost a uspořádání říční sítě). Dnes se tyto informace získávají na základě digitálních modelů terénu. DMT a informace o sklonu a členitosti reliéfu jsou také základem pro určování odtokových poměrů v povodí, jednotlivých charakteristik vodních toků (sklon, délka, šířka toku) či vymezení povodí (Maidment 2002).

K hydrologickým analýzám je potřeba mít nejdříve připravený korektní DMT. Kvůli interpolaci vstupních dat totiž v území vznikají místa, kam by teoreticky měla odtékat voda, ale z těchto míst není zaručen žádný odtok. Tyto bezodtoké sníženiny by měly za následek zkreslení hydrologických analýz, hlavně pokud jde o rastr odtoku vody z území a akumulace vody v území. Nejen tyto analýzy by bez korektního DMT nebyly provedeny správně (Oršulák, Pacina 2012).

Při tvorbě rastru akumulace vody v území je nejdříve potřeba vytvořit rastr směru odtoku vody z buňky. To probíhá pomocí tzv. D8 algoritmu, kdy je pro každou buňku rozhodnuto, kam z osmi možných směrů voda z buňky odtéká. Z každé buňky voda odtéká do buňky s nejnižší nadmořskou výškou. Tato analýza je provedena pro každou buňku obrazu pomocí posuvného okna o velikosti 3 x 3 buňky. Z rastru směru odtoku vody z buňky je možné vytvořit rastr akumulace vody v území, čili se vypočte z kolika buněk odtéká voda do dané buňky. Rastr akumulace vody lze dále využít při modelování vodních toků na základě akumulace vody podle předem zadaných podmínek jako je minimální počet buněk (či minimální rozloha), ze kterých do vodních toků bude přitékat voda (Oršulák, Pacina 2012).

DMT lze také využít pro zjišťování odvozených morfometrických charakteristik. Nejpoužívanějšími a zároveň nejjednoduššími morfometrickými charakteristikami jsou sklon svahů a orientace svahů vůči světovým stranám. Při tvorbě modelu TIN mají jednotlivé trojúhelníky TIN již vypočítaný sklon a orientaci svahů, které vyplývají z nadmořských výšek vrcholů trojúhelníku, což lze využít právě při tvorbě rastru svažitosti a orientace vůči světovým stranám (Oršulák, Pacina 2012).

2.6 Změny reliéfu v důsledku povrchové těžby

Povrchová těžba je jednou z lidských činností, která má destruktivní účinek na krajinu. V severozápadních Čechách zabírají hnědouhelné doły území okolo 3800 ha. Během zhruba 60 let aktivní těžby zanikla řada měst, vesnic, vodních toků či jezer. Nejznámějším příkladem zániku celého území je město Most a jeho okolí. Těžbě hnědého uhlí muselo ustoupit město založené ve 13. století se vzácnými historickými památkami, ve kterém žilo 25 000 obyvatel.

Vydolované území je ve většině případů zatopeno vodou a v současné době slouží především k volnočasovým aktivitám. Množství nepotřebné hlušiny se převáží na místa, kde jsou z ní vytvořeny umělé akumulací tvary, např. výsypky (Pacina, Novák, Popelka 2012).

2.7 Vliv úprav vodních toků na hydrologické poměry

S úpravami vodních toků se setkáváme v posledních několika set letech v kulturní krajině. Co se týče vlivu na odtokové poměry, má největší vliv zkrácení vodních toků a celé říční sítě. K napřimování a tím pádem i zkracování vodních toků dochází hlavně kvůli dopravě, odvodňování zemědělských ploch i jako důsledek industrializace a urbanizace krajiny. Pomocí GIS a digitalizovaných historických map je možné zjistit změny říční sítě a potažmo i změny odtokových poměrů.

Narovnání a zkrácení vodního toku způsobuje velké snížení objemu vody v říční síti a tím i větší možnosti rozlití vody mimo koryto nejen při povodních. Narovnění toku vede ke zvětšení rychlosti proudu vody, která již nemá zpomalovací překážky, jakými jsou přirozené meandry. U narovnaných a zkrácených koryt hrozí rychlejší zvětšení průtoku a vodního stavu než by tomu bylo u přirozených toků. Vliv má také úsek, na kterém je narovnění a zkrácení koryta provedeno. Nejničivější vliv má z hlediska povodní zkrácení toku na horních a středních úsecích, kde dochází ke vzniku povodně (Langhammer, Vajskebr 2007).

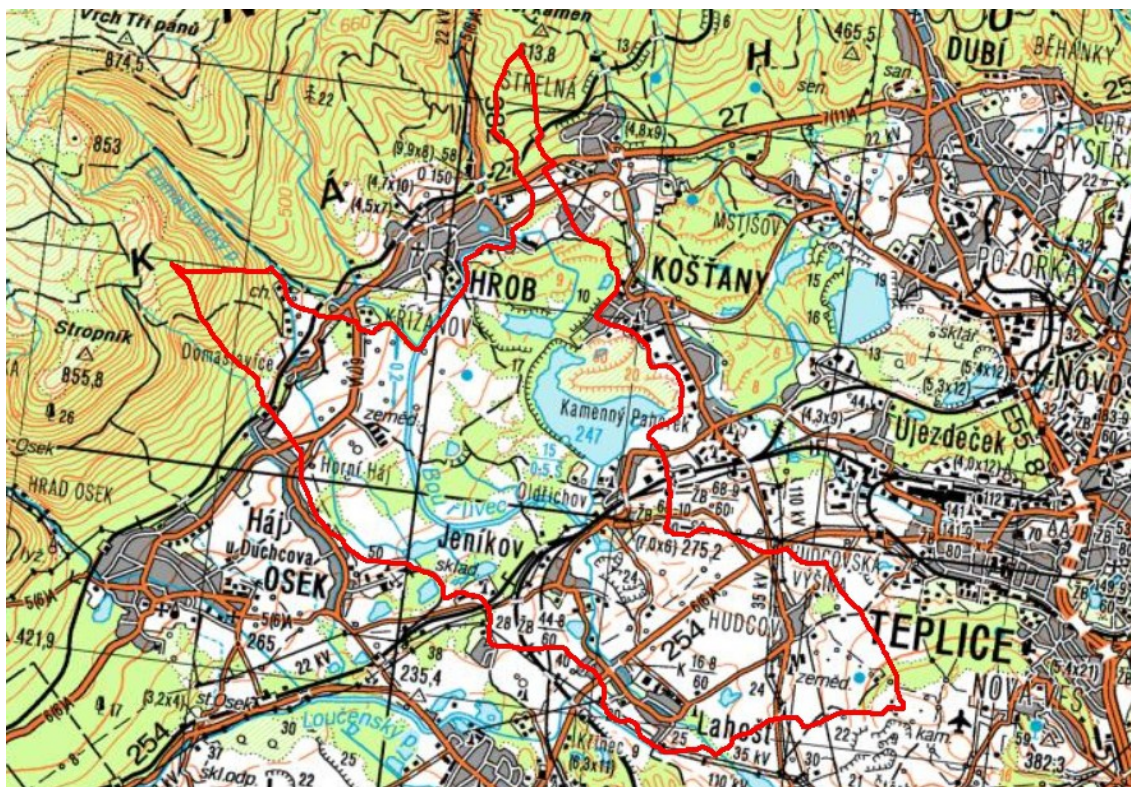
2.8 Charakteristika území

Pro tuto práci bylo vybráno modelové území, na kterém došlo k zániku původní krajiny a zástavby z důvodu povrchové i hlubinné těžby hnědého uhlí. Území bylo vymezeno jako povodí IV. řádu o ploše necelých 17,5 km². Nachází se v okrese Teplice v nadmořské výšce okolo 300 m n. m., mezi obcemi Košťany, Teplice, Duchcov, Háj u Duchcova a Hrob (Obr. 2).

2.8.1 Historie území

Malé, nejdříve ručně kopané šachty na hlubinnou těžbu hnědého uhlí se zde vyskytovaly přibližně od poloviny 19. století. Zhruba o sto let později, v 50. letech 20. století, se zde začaly otevírat velkoplošné povrchové doly, které na většině míst překryly původní hlubinné doly. Hlubinné dolování se na mnoha místech dodnes projevuje poklesy a propady terénu, místy i o několik metrů. Většina již nefungujících hlubinných i povrchových dolů je dnes zatopena vodou a skýtají možnost pro rekreaci a volný čas, jako například vodní nádrž Barbora vzniklá

zatopením po uzavření povrchového dolu Barbora. Kvůli vzniku velkoplošných povrchových dolů v této oblasti zcela zanikly obce Kocourkov, Hajniště a Staré Verneřice. U dalších obcí došlo k zánikům jejich částí.



Obr. 2 Vymezení modelového území (zdroj: CENIA, DIBAVOD)

Hlubinným i povrchovým dolováním dochází k narušení přirozených fyzickogeografických poměrů v území, což se také odráží v hydrologických poměrech. Původní středověká sídla na tomto území vznikala na vodních tocích a jeho obyvatelé se živili zemědělstvím. Ve 14. století se zde začalo rozvíjet rybníkářství, na což navazovalo stavění propojovacích kanálů a mlýnů. Po zavedení železnice v druhé polovině 19. století se území změnilo ze zemědělské oblasti na silně průmyslovou a velké množství vodních toků, rybníků a propojovacích kanálů zde bylo na obtíž. Rybníky a jejich propojovací kanály ustoupily těžbě hnědého uhlí a přirozené vodní toky byly svedeny do uměle vybudovaných koryt.

2.8.2 Historie zaniklých obcí

Obec **Kocourkov** (Katzendorf) poblíž dnešního Jeníkova vznikla v průběhu 16. století, již

do roku 1561 se datuje první záznam v gruntovní (pozemkové) knize¹. Ves patřila oseckému klášteru a její rozsah se až do 19. století nezměnil, stejně jako hlavní činnost jejích obyvatel - zemědělství. Situace zaznamenaná v císařském otisku stabilního katastru tak v podstatě odráží stav pozdního středověku. V roce 1603 bylo ve vsi osm usedlých rodin a na jejím území bylo 1,72 lánů polí² (Kutschera 1925, Soukup 2009). V roce 1879 se poblíž otevřel hlubinný důl Barbora. Ze zhruba sta obyvatel jich po odsunu německého obyvatelstva zbylo asi 30. Obec začala pustnout a do roku 1954 zanikla úplně (Adamec 2006). Podle dnešního stavu zbytků domů je zjevné, že demolice byla provedena těžkou technikou. Na území obce zasahovaly kromě dolu Barbora také malé doly Prokopí a Trojice.

Obec **Hajniště** (Hegeholz) patřila oseckému klášteru, není však zřejmé kdy a jak vznikla. První záznam je z roku 1404 nebo 1405. Od roku 1580 je vedena nejstarší gruntovní kniha. V roce 1603 bylo na území obce obděláváno 2,1 lánů polí, hlavní činností obyvatel bylo zemědělství. Okolo roku 1620 byla obec na nějakou dobu opuštěná. Až do 19. století měla obec jen německý název Hegeholz. Vesnice byla zlikvidována po 2. světové válce v souvislosti s těžbou hnědého uhlí, v roce 1953 byly všechny domy úplně zbořeny. Dodnes po většině domů nezbylo nic. Na území obce se nacházel důl Adolf-Marie (Kutschera 1925, Soukup 2009).

Obec Staré Verneřice (Wernsdorf) patřila oseckému klášteru, který ji koupil spolu s vedlejším Hrobem od teplického kláštera v roce 1282. Od roku 1581 byla vedena první gruntovní kniha. V roce 1603 byly v obci dva mlýny a žilo zde 22 usedlých rodin, což ji na oseckém panství řadí k těm středně velkým. Rozsah obdělávaných polí v roce 1603 byl 6,5 lánu. Až do 19. století bylo hlavní činností obyvatel také zemědělství (Kutschera 1925, Soukup 2009). Za 2. světové války byl ve Starých Verneřicích pracovní tábor, pobočka Chemických závodů v Záluží, celkem zde pracovalo 1200 zajatců různých národností. Obec byla zbořena mezi roky 1953 a 1960, dnes jsou na místě zbytky domů. Pod obec zasahoval hlubinný důl Barbora. Dnes je oblast po rekultivaci a hned vedle zbytků obce je zatopená jáma povrchového dolu Otakar nacházející se v místech, kde byla původně hlubinná jáma Elizabeth III. (Bouška 2008).

¹ uložena ve fondu Cisterciáci Osek ve Státním Oblastním archivu v Litoměřicích - za informaci děkuji M. Soukupovi

² velikost lánu se pohybovala mezi 17-28 ha, nejpravděpodobněji by mohla odpovídat velikosti 18,8 ha uváděné V. Hájkem z Libočan

KAPITOLA 3

PODKLADOVÁ DATA

Podkladová data potřebná k této práci mi laskavě poskytl Zeměměřický úřad se sídlem v Praze 8 a Ústřední archiv zeměměřictví a katastru také se sídlem v Praze 8. Většina dat mi byla poskytnuta přes Geoportál Českého úřadu zeměměřického a katastrálního.

3.1 SMO-5

Státní mapa odvozená v měřítku 1 : 5000 je mapa velkého měřítka, jejíž 1. vydání vznikalo v letech 1946 až 1954 pro mapování průmyslových závodů. Pokrývala celé území ČSSR na 16 301 mapových listech. SMO-5 zobrazuje polohopis, výškopis i popis. Polohopis je odvozen generalizací z katastrálních map měřítek 1 : 2 880, výškopis je odvozen z Topografické mapy 1 : 25 000. Základní interval vrstevnic je 20 m, ale v méně členitém terénu je interval menší, místy až 5 m. Je v souřadnicovém systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální a výškovém systému Baltském po vyrovnání. Jeden mapový list zobrazuje území 2,5 x 2 km. Do roku 1990 nebyly mapy přístupné veřejnosti, ale daly se využívat pouze pro potřeby státních orgánů a socialistických organizací (ČÚZK 2010). Vymezené modelové území zasahuje do dvanácti mapových listů.

3.2 ZABAGED

Základní báze geografických dat neboli ZABAGED je digitální databáze objektů na území Česka, která svou přesností a podrobností odpovídá Základní mapě České republiky v měřítku 1 : 10 000 (ZM 10). Obsahuje 106 typů geografických objektů zobrazených jako polohopisná vektorová vrstva s popisnými atributy. ZABAGED obsahuje informace o sídlech, komunikacích, vodstvu, územních jednotkách, chráněných územích, vegetaci a povrchu. Součástí je i výškopis reprezentovaný vrstevnicemi se základním intervalem 1, 2 nebo 5 m

podle charakteru reliéfu.

Poprvé se ZABAGED zrodil v roce 1995 díky Zeměměřickému úřadu a obsahoval vektorové vrstvy digitalizovaných ZM 10. Tato základní digitalizace byla až na výjimky v místech zástavby dokončena v roce 2001. Do dubna 2004 byla ZABAGED doplněna o geografické objekty zástavby v sídlech a další popisné a kvalitativní atributy. Od roku 2001 do 2005 probíhala celoplošná aktualizace kvůli zpřesnění a doplnění atributové části. Od roku 2005 probíhají ve tříletých cyklech další aktualizace a doplňování ZABAGED s využitím nejaktuálnějších leteckých měřických snímků a ortofot.

Doplňkem k ZABAGED je databáze Geonames, která obsahuje standardizované názvosloví ZM 10 (ČÚZK 2010).

3.3 Ortofoto ČR a ČSR

Ortofoto České republiky je periodicky aktualizovaný fotografický obraz zemského povrchu překreslený tak, aby byly odstraněny posuny obrazu vznikající při pořízení leteckého měřického snímku. Do roku 2011 bylo během jednoho roku vždy aktualizováno území 1/3 republiky rozdělené na pásma Západ, Střed a Východ, od roku 2012 se přechází na dvouletou periodu s nasnímkaným územím poloviny republiky. Ortofota mají stejné rozměry a klad mapových listů jako Státní mapy 1 : 5 000. Do roku 2008 byla ortofota vytvářena s velikostí pixelu 0,5 m, od roku 2009 jsou vytvářena s velikostí pixelu 0,25 m. Od roku 2010 je snímkování prováděno digitální kamerou, což způsobilo další zvýšení kvality (ČÚZK 2010). Modelové území bylo nasnímáno v roce 2011.

Historická ortofota tehdejšího Československa pro české území vznikala mezi roky 1949 a 1955 v černobílé barvě o velikosti pixelu 0,5 m. Konkrétní vymezené modelové území se snímkovalo v roce 1953 (CENIA 2009). Tato historická ortofota byla laskavě poskytnuta Českou informační agenturou životního prostředí CENIA.

3.4 DIBAVOD

DIBAVOD neboli Digitální báze vodohospodářských dat je databáze geografických prvků, která je nadstavbou pro vodohospodářské prvky ZABAGED. DIBAVOD je průběžně aktualizovaný a doplňovaný a spravuje ho Oddělení geografických informačních systémů a kartografie Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka. Některé prvky a objekty jsou poskytovány zdarma a jsou ke stažení na internetových stránkách instituce (VÚV TGM 2011).

3.5 Císařské povinné otisky stabilního katastru Čech

Tyto archivní mapy jsou z let 1826 až 1843 a původně byly určeny k archivaci v Centrálním archivu pozemkového katastru ve Vídni. Z Vídně byly po vzniku samostatného Československa převezeny do Prahy. Císařské otisky jsou mapy znázorňující původní stav krajiny bez zákresu pozdějších změn. Měřítko otisků je 1 : 2 880 a jejich souřadnicový systém gusterbergský (ČÚZK 2010).

Stabilní katastr je ucelené a na svoji dobu přesné dílo o stavu půdy jako majetku a ekonomiky v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. Byl založen za účelem vyměření pozemkové daně, základem byl patent císaře Františka I. z prosince 1817. Katastrální operát stabilního katastru se dělí na měřický operát (geometrické zaměření a zobrazení na mapách veškerých pozemků), písemný operát (soupis pozemků a jejich držitelů) a vceňovací operát (rozdělení pozemků podle druhů kultur a pěstovaných plodin, třídění na jakostní třídy, zjištění jejich výnosů a stanovení pozemkové daně) (ČÚZK 2006).

KAPITOLA 4

METODIKA

V části metodika bude popsán postup práce, díky kterému jsem dospěla k cílům a výsledkům této práce. Celý postup je rozdělen do jednotlivých kroků/kapitol.

Datový model ESRI File Geodatabase byl vybrán pro účely správy a distribuce dat. V programu ArcCatalog proto byly vytvořeny dvě nové geodatabáze (File Geodatabase), v každé z nich byly vytvořeny dva datasety (Feature Dataset) pro dvě sledovaná období. Dvě databáze byly vytvořeny pro lepší přehlednost a snadnější správu dat. První byla vytvořena pro data týkající se reliéfu, druhá pro data, která se týkaly hydrologických poměrů.

4.1 Vymezení území

Před započítím vlastní práce bylo důležité vymezení zájmového území. Protože je v práci řešena i změna hydrologických poměrů, bylo území navrženo jako současné povodí IV. řádu. Polygonová vrstva povodí IV. řádu, které zahrnuje i zaniklé obce Kocourkov, Hajniště a Staré Verneřice, byla převzata z volně stažitelné databáze DIBAVOD a poté z ní byla pomocí Select by Rectangle a Export Data vytvořena nová polygonová vrstva zobrazující pouze jedno povodí týkající se mého modelového území.

4.2 Tvorba DMT a analýza změn reliéfu

4.2.1 Úprava vstupních dat

Pro účely vytvoření DMT pro období před započítím těžby bylo vybráno 1. vydání Státní mapy odvozené v měřítku 1 : 5 000 (SMO-5), kterou mi laskavě poskytl Ústřední archiv zeměměřičství a katastru, kde mi mapové listy týkající se mého modelového území okopírovali. Celkově území zasahovalo do dvanácti mapových listů. Po naskenování bylo potřeba listy oříznout podle

mapového rámu, což bylo provedeno v obrázkovém prohlížeči a editoru IrfanView. Naskenované mapy měly přijatelnou ostrost i jas, proto je v tomto ohledu nebylo nutné nijak upravovat. Upravit kontrast bylo vhodné u ortofot z roku 1953.

4.2.2 Georeferencování

Po naskenování a oříznutí jednotlivých mapových listů SMO-5 bylo potřeba je umístit do souřadnicového systému S-JTSK. Protože SMO-5 mají stejný klad mapových listů, velikost a měřítko jako SM5, v programu ArcMap byla provedena afinní transformace pomocí rohů mapových listů. Nejprve byla zapnuta lišta Georeferencing a pomocí Fit to Display bylo upraveno umístění zpracovávaného rastru na obrazovce. Poté proběhl sběr čtyř vlíčovacích bodů, vždy nejprve jeho označením na rastru a poté označením stejného rohu na vrstvě kladu mapových listů SM5, která byla připojena jako WMS služba Geoportálu ČÚZK.

V Link Table byla zjišťována střední kvadratická chyba, která se pohybovala mezi 0,41 a 1,04 m. Samotná transformace se provedla pomocí tlačítka Rectify, kde bylo vybráno převzorkování jako metoda nejbližšího souseda (Nearest Neighbor), složka, do které se georeferencovaný rastr uloží, dále jeho název a formát, který byl zvolen jako .tif. Transformované rastry byly dále porovnány se současnými ortofoty a tím byla vizuálně zkontrolována jejich přesnost.

4.2.3 Vektorizace vrstevnic

Digitalizované a transformované mapy SMO-5 byly zobrazeny v softwaru ArcMap. V ArcCatalog byla do geodatabáze a datasetu vytvořena nová vektorová liniová vrstva (New Feature Class), zasazená do S-JTSK. V atributové tabulce nové vrstvy byl vytvořen nový sloupec (Add Field) s názvem „vrstevnice“. Po zapnutí lišty Editor bylo zahájeno editování této vrstvy (Start Editing). Pomocí editoru byly co nejpřesněji zvektorizovány všechny zesílené, hlavní i doplňkové vrstevnice. Interval vrstevnic byl po 20 m, zhruba na polovině území, která není výškově členitá byl interval menší, místy až 5 m. Ke všem vrstevnicím byla v atributové tabulce ve sloupci „vrstevnice“ dopsána nadmořská výška, která pak hrála důležitou roli při tvorbě digitálního modelu terénu v rastrové i TIN podobě. Vzhledem k velikosti území přes 17 km², byl tento proces časově náročný.

Stejně tak byly zvektorizovány i kótované body. Do datasetu byla vytvořena nová bodová vrstva (Feature Class) v S-JTSK. V atributové tabulce byl vytvořen nový sloupec, kam byly následně zapsány hodnoty nadmořských výšek jednotlivých kótovaných bodů. Po zapnutí

Editoru byly zvektorizovány kótované body nacházející se v modelovém území nebo jeho nejbližším okolí. Zvektorizované kótované body byly později využity při tvorbě DMT.

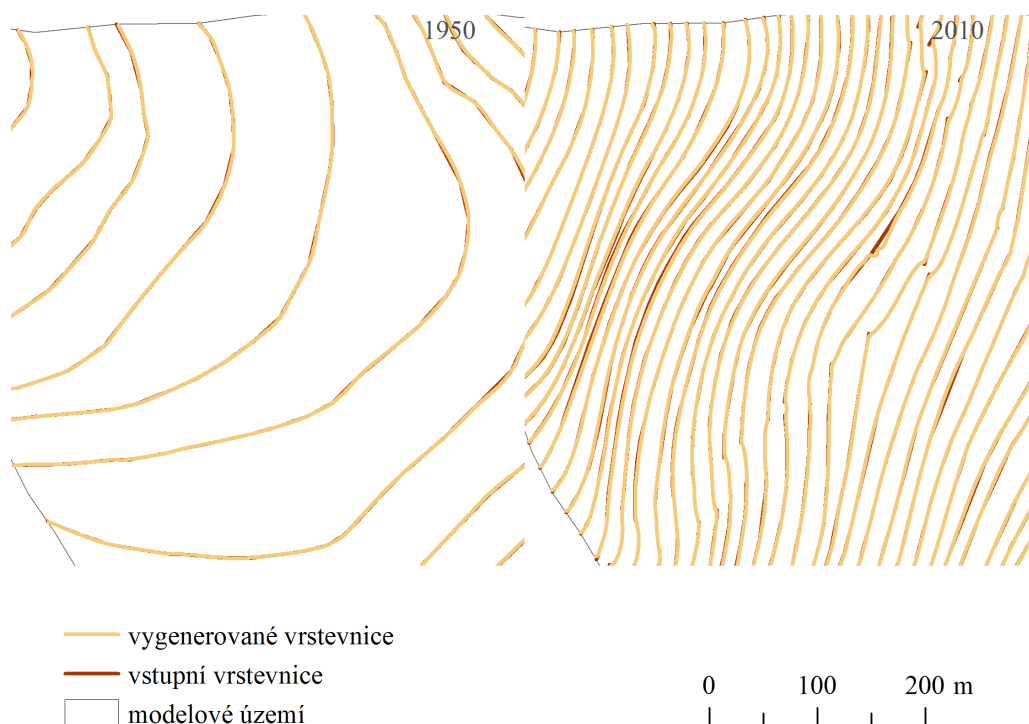
4.2.4 Tvorba DMT v rastrovém formátu

Jedním z cílů mé práce bylo vytvoření původního a současného modelu terénu a jejich vzájemné porovnání. Byly vytvořeny dva druhy DMT pro každé časové období. Pro oba roky byl tedy vytvořen DMT v rastrovém formátu, se kterým se dále pracovalo při řešení změn reliéfu a hydrologických poměrů v území. Model TIN byl vytvořen pro účely vizualizace a vytvoření náhledů a animací krajiny, která prošla největšími změnami. S modelem TIN efektivně pracuje program ArcScene, kde je možné model TIN překrýt rastrovou mapou či ortofotem.

DMT v rastrovém formátu zobrazující stav z roku 1950 byl vymodelován ze zvektorizovaného výškopisu a kótovaných bodů map SMO-5 a vrstvy vymežující modelové území pomocí nástroje Topo to Raster, kde byly nejdříve nastaveny upřesňující informace. U vrstvy vrstevnic byl nastaven sloupec s hodnotami nadmořských výšek vrstevnic, podle kterého se DMT vytvoří, dále typ vrstvy jako vrstevnice (Contour). U kótovaných bodů byl nastaven sloupec, podle kterého se DMT vytvoří, jako sloupec obsahující výšky kótovaných bodů a jako typ vrstvy výškový bod (Point Elevation). U modelového území byl nastaven typ vrstvy jako hranice (Boundary). Dále bylo nastaveno územní vymezení výstupního rastru podle vrstvy modelového území. Bylo zde také nastavena velikost buňky výstupního rastru na 1 m a výstupní souřadnicový systém S-JTSK.

Stejný postup byl použit i při tvorbě DMT pro rok 2010, kam vstupovaly zesílené, hlavní i doplňkové vrstevnice spolu s kótovanými body ze ZABAGED a vrstva modelového území.

Přesnost modelů byla hodnocena pomocí vygenerovaných vrstevnic ve funkci Contour, kam byl vložen rastr DMT a kde byl nastaven S-JTSK a interval vrstevnic, které vzniknou. Vygenerované vrstevnice byly následně překryty a porovnány s vrstevnicemi vstupujícími do tvorby DMT (Mapa 1). Vliv na přesnost DMT mají vstupní data. Základní interval vrstevnic na mapách SMO-5 je 20 m, i když na více než polovině modelového území jsou doplňkové vrstevnice, ale pro větší přesnost modelu by byl vhodný menší interval, např. 2 m. Na druhou stranu by se tím snížila přehlednost celé mapy. Další vliv na přesnost DMT by mohla mít i nedokonalá vektorizace vrstevnic či nevědomé chyby při transformaci do S-JTSK.



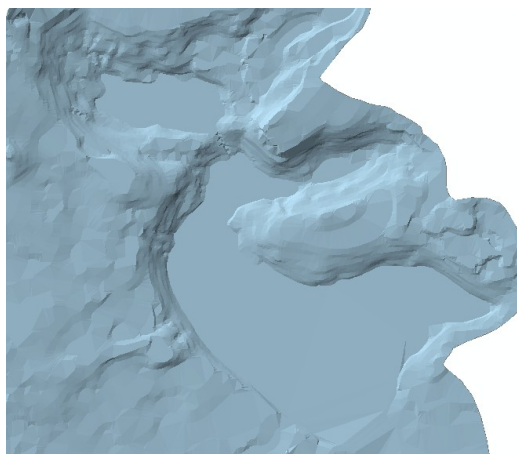
Mapa 1 Přesnost DMT hodnocená na základě vrstevnic v roce 1950 a 2010

(zdroj: vlastní tvorba, ZABAGED)

4.2.5 Tvorba TIN

Z vrstvy zvektorizovaných vrstevnic a kótovaných bodů z map SMO-5 byl pomocí nástroje Create TIN vytvořen DMT v podobě TIN. Při modelování byla použita i polygonová vrstva modelového území, u které bylo nastaveno, že se TIN vytvoří pouze na ploše modelového území (typ Soft Clip). U kótovaných bodů byl nastaven typ Mass Points a sloupec, podle kterého se TIN vytvoří, jako ten, který obsahuje kóty. U vrstevnic byl nastaven typ Hard Line a sloupec obsahující nadmořské výšky vrstevnic. Dále byl nastaven souřadnicový systém S-JTSK. Vizuální podoba TIN byla rozdělena do 10 barevně odstupňovaných kategorií podle nadmořské výšky. V našem případě TIN sloužil k vizualizačním účelům a jako podklad pro tvorbu náhledů a animací v programu ArcScene.

Stejný postup byl proveden i pro tvorbu TIN pro rok 2010, kde byly použity vrstvy obsahující zesílené, hlavní a doplňkové vrstevnice a kótované body ze ZABAGED a vrstva vymežující modelové území.



Obr. 3 TIN okolí vodních ploch Barbora a Otakar v roce 2010

(zdroj: vlastní tvorba, ZABAGED)

Povrch modelů TIN byl pokryt ortofoty. Model z roku 1950 byl pokryt ortofoty z roku 1953, model z roku 2010 ortofoty z roku 2011. Do programu ArcScene byly vloženy vrstvy TIN a ortofot a ve vlastnostech vrstvy TIN byl nastaven faktor zvýraznění výškových rozdílů na číslo jedna, tedy bez zvýraznění. U jednotlivých ortofot bylo ve vlastnostech nastaveno, že se přimknou k povrchu TIN, ale jednu jednotku nad povrchem TIN. Dále byl nastaven stejný faktor zvýraznění výškových rozdílů, tedy jedna.

4.2.6 Georeferencování a vizualizace Císařských otisků stabilního katastru

Model TIN z roku 1950 byl pro lepší ilustraci stavu a změn land use pokryt Císařskými povinnými otisky stabilního katastru Čech. Pro období kolem poloviny 19. století bohužel nejsou dostupné podklady s výškopisem, proto bylo vybráno časově nejbližší období, pro které mapy s výškopisem existují, mapy SMO-5 z roku 1950. Císařské povinné otisky stabilního katastru Čech byly poskytnuty přes Geoportál ČÚZK ve formátu .jpg.

Otisky byly nejdříve v obrázkovém editoru IrfanView oříznuty a byl upraven jas, kvůli celkové tmavosti obrazu. Dále byly postupně zobrazeny v programu ArcMap, kde byla provedena jejich transformace do S-JTSK pomocí ortofot z roku 1953 jako referenčního podkladu umístěného v systému S-JTSK. Byla zobrazena lišta Georeferencing a pomocí Fit to Display došlo k zobrazení obou rastrů do jednoho okna. Afinní transformace probíhala pomocí osmi vlíčovacích bodů, což byly významné a jednoznačné prvky v krajině, jako je křížení cest, rohy domů či mosty přes potoky.

Pomocí View Link Table byla zobrazena tabulka s dvojími souřadnicemi, odchylkami na jednotlivých bodech a celková střední kvadratická chyba (Total RMS Error), která byla celou

dobu sledována a ve finále nepřesáhla 1,96 m. Císařské otisky v systému JTSK byly spolu s modelem TIN z roku 1950 zobrazeny v programu ArcScene, kde byly Císařské otisky přimknuty na model TIN. Zde také byly vytvořeny náhledové snímky, které se dále porovnály s náhledy z poloviny minulého století a ze současnosti.

4.2.7 Analýza změn reliéfu

Hodnocení změn reliéfu probíhalo pomocí překrytí rastrových vrstev DMT z let 1950 a 2010. Oba rastry byly použity ve funkci Raster Calculator, kde byly použity ve vzorci „DMT2010 minus DMT1950“. Dále byl pro nově vzniklý rastr nastaven souřadnicový systém S-JTSK a velikost buňky 1 m. Vzniklý rastr znázorňuje, k jak velké změně reliéfu během posledních 60 let došlo. Záporné hodnoty znázorňují místa, u kterých za 60 let došlo ke snížení reliéfu, naopak kladné hodnoty znázorňují místa, kde došlo k navýšení terénu. Stupnice výškových změn reliéfu byla rozdělena do šesti intervalů. Pro názornost byla z vytvořeného rastru změn reliéfu vytvořena mapa.

Interval od -10 do 10 m byl zvolen jako interval, kde se předpokládá vliv odlišných vstupních podkladů a nemuselo tedy dojít ke změně, ačkoliv výsledky analýzy změnu vykazují. Takto malá změna výšky reliéfu není považována za významnou s ohledem na rozdílný interval vrstevnic, který je u roku 1950 5, 10 a 20 m a u roku 2010 2 a 5 m. Vzhledem k základnímu intervalu zvektorizovaných vrstevnic 20 m, byl zvolen také dvacetimetrový interval hodnocení změny výšky reliéfu.

4.3 Analýza hydrologických poměrů

Pro analýzu stavu a změn hydrologických poměrů bylo potřeba mít říční síť a vodní plochy za oba sledované roky a ty navzájem porovnat. Dále bylo cílem pomocí hydrologických nástrojů GIS vygenerovat odtokové poměry území, jako je rastr odtoku a akumulace vody na základě výpočtu nad DMT.

Ze všeho nejdříve bylo potřeba si k již nainstalovanému ArcGIS for Desktop 10.1 nainstalovat doplněk Arc Hydro Tools, který se dá zadarmo stáhnout na stránkách www.esri.com. Pro práci s jednotlivými nástroji je potřeba si v ArcMap zobrazit lištu Arc Hydro Tools. Před začátkem bylo potřeba nastavit dataset v databázi a složku, kam se budou ukládat vektorové i rastrové výstupy, což se nastaví pomocí Set Target Locations v záložce ApUtilities.

4.3.1 Vektorizace vodních toků a vodních ploch

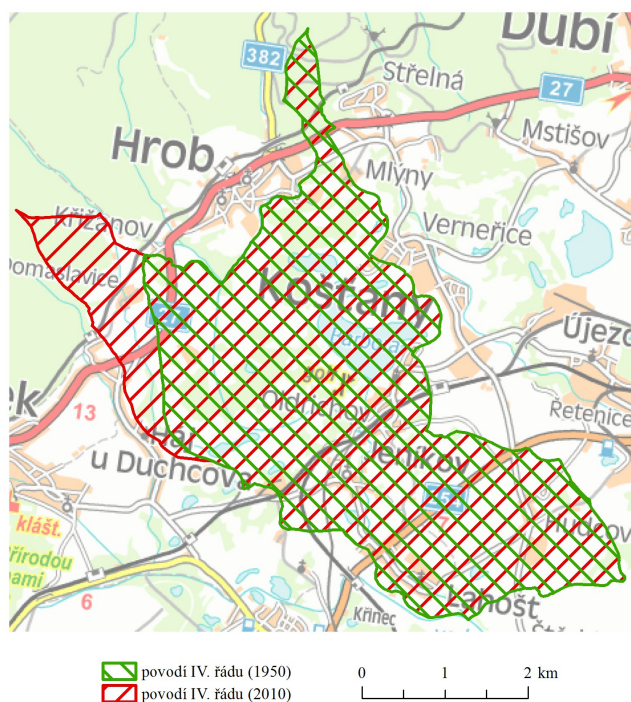
Pro hydrologické analýzy bylo potřeba zvektorizovat vodní toky. V ArcCatalog byla do datasetu v geodatabázi založena prázdná liniová vrstva (New Feature Class), umístěná do souřadnicového systému S-JTSK. Po zapnutí Editoru byla databáze plněna co nejpřesněji zvektorizovanými vodními toky zasahujícími na modelové území. Při vektorizování vodních toků bylo zjištěno, že není snadné na odvozených mapách odlišení vodních toků a silnic. Odlišení těchto dvou kategorií probíhalo pomocí tvaru jednotlivých sporných objektů, protože silnice vedou příměji, zatímco vodní toky meandrují a přirozeně nemají přímý tvar. Dále se vodní toky odlišovaly pomocí šipek, které se vyskytují vedle vodních toků a znázorňují směr toku. Ve SMO-5 bohužel nejsou pro lepší odlišení k dispozici popisy toků. Dále je potřeba říci, že na mapách SMO-5 jsou zakreslené pouze větší vodní toky.

Pro analýzu změn vodstva bylo potřeba kromě vodních toků zvektorizovat i vodní plochy. V ArcCatalog byla vytvořena nová prázdná polygonová vrstva (New Feature Class), která byla umístěna do S-JTSK. Po zapnutí Editoru v ArcMap byla vrstva naplněna zvektorizovanými vodními plochami nacházejícími se na modelovém území. Vektorizace probíhala podle historických ortofot z roku 1953. Zvektorizovány byly pouze vodní plochy o rozloze větší než 100 m². Podrobné údaje o rozlohách jednotlivých ploch byly zjištěny v atributové tabulce. Pomocí funkce Statistics byla zjištěna celková, průměrná, minimální a maximální rozloha.

4.3.2 Určení a vymezení povodí

Při vektorizaci vodních toků bylo zjištěno, že na území dnešního povodí IV. řádu se v roce 1950 nacházela dvě povodí. Zjištění vycházelo z poznatku, že na okraji vodní tok opouští modelové území a vlévá se do jiného potoka než dnes. Protože mapy SMO-5 nejsou příliš podrobné z hlediska vodních toků, byla situace následně ověřena na Topografických mapách v systému S-1952, které jsou k nahlédnutí na internetových stránkách Geoportálu ČÚZK. Zde byl také zjištěn název vodního toku a řád povodí.

Na základě zjištění, že na území dnešního povodí IV. řádu se v roce 1950 nacházela povodí dvě, bylo vymezeno povodí středního toku Bouřlivce v roce 1950. Byla založena nová polygonová vrstva, umístěná do systému S-JTSK. Poté bylo provedeno samotné vymezení povodí IV. řádu pomocí vytvoření rozvodnice, která vedla pokud možno kolmo na vrstevnice a zároveň přes vrcholy a hřebeny. Toto povodí IV. řádu bylo vymezeno pouze pro porovnání s vymezením dnešního povodí IV. řádu (Mapa 2).



Mapa 2 Povodí IV. řádu v modelovém území v letech 1950 a 2010

(zdroj: vlastní tvorba, CENIA, DIBAVOD)

4.3.3 Nástroje Terrain Preprocessing

Nástroje Terrain Preprocessing na liště Arc Hydro Tools byly využity k porovnání změn svažitosti a k analýze hydrologických poměrů, jako je srovnání změn odtoku vody a akumulace v území. Pro tyto nástroje byla nezbytná existence DMT v rastrové podobě, které do analýz vstupovaly.

Svažitost:

Funkce Slope v záložce Terrain Preprocessing vytvoří rastr, který znázorňuje svažitost území. Na vytvoření rastru svažitosti je potřeba DMT v podobě rastru. Jako výstupní jednotky byly nastaveny stupně a jako faktor převýšení 1 (Z factor), to znamená bez zvýraznění převýšení. Jako výstupní souřadnicový systém byl vybrán S-JTSK a velikost buňky byla nastavena na 1 m.

Hodnocení změn svažitosti probíhalo pomocí nástroje Raster Calculator, kde byl vložen vzorec „DMT2010 minus DMT1950“. Vzniklý rastr vyjadřuje změnu svažitosti, kdy záporné hodnoty vyjadřují snížení sklonu a kladné hodnoty zvětšení sklonu. Symbologie rastru byla rozdělena do 6 intervalů ve stupních.

Zvýraznění odtoku a zhlazení bezodtokých sníženin:

Pro zvýraznění odtokového systému v území na základě DMT byla použita funkce DEM Reconditioning. Pro tento proces byla použita vrstva zvektorizovaných vodních toků a rastr DMT. V nastavení parametrů vhloubení koryt vodních toků bylo nastaveno u všech tří parametrů 1 m. Parametr Stream Buffer ovlivňuje vzdálenost vhloubení koryta, Smooth drop/raise ovlivňuje výšku snížení vodního řečiště a Sharp drop/raise určuje výšku snížení koryta (Jedlička, Štych 2007).

Metodou Fill Sinks byly odstraněny sníženiny v rastru vzniklém pomocí DEM Reconditioning, které by v DMT znamenaly bezodtoké pánve. Tyto bezodtoké pánve se ale ve vymezeném území nevyskytují nebo alespoň ne v takové míře, proto je bylo třeba zhladit.

Odtok vody, akumulace vody a modelování toků:

Pomocí funkce Flow Direction byl vytvořen rastr směru odtoku vody z každé buňky území podle nadmořské výšky. To se děje na základě posuvného okna o velikosti 3 x 3 pixely. Tento rastr byl dále použit ve funkci Flow Accumulation, kdy byl vytvořen nový rastr, znázorňující, kde a v jaké intenzitě se v území akumuluje voda. Z tohoto rastru pomocí Stream Definition vznikla další vrstva, která podle rastru Flow Accumulation vykreslila vodní toky. Vymodelování vodních toků závisí na nastavení minimálního počtu buněk či na minimální ploše, ze které bude odtékat voda do dané buňky. Pro vodní toky z roku 1950 i 2010 byla nastavena plocha 75 000 m², která byla vizuálně vyhodnocena jako plocha s přirozenou hustotou vodních toků. Hustota vodních toků byla také porovnávána se skutečnou hustotou toků v území podle vrstvy z DIBAVOD. Rastry vymodelovaných vodních toků za oba roky byly následně převedeny nástrojem Raster to Polyline na vektorovou liniovou vrstvu.

Po zjištění, že vymodelované toky pro rok 2010 netvoří souvislou síť, ale jsou to pouze osamocené a téměř rovnoběžné toky, byl celý postup modelování říční sítě proveden znovu. Jako vstupní rastr byl použit DMT po zhlazení bezodtokých pánví funkcí Fill Sinks, které byly ve skutečnosti představovány umělými vodními plochami, které měly velký vliv na modelování říční sítě podle DMT.

4.3.4 Hodnocení změn vodních toků a vodních ploch

Vrstva zvektorizovaných vodních toků z roku 1950 a vrstva vodních toků ze ZABAGED z roku 2010 byly převedeny na rastrovou vrstvu pomocí nástroje Polyline to Raster, kde byl nastaven souřadný systém S-JTSK a velikost buňky 5 m. Oba rastry byly dále využity v nástroji Raster Calculator, kde došlo k překrytí vrstev pomocí vzorce Over. Opět zde byl nastaven S-JTSK

a velikost buňky 5 m. Výstupem této funkce jsou místa, kde se v obou letech vodní toky překrývají. Vzniklý rastr byl převeden zpět na vektorovou liniovou vrstvu pomocí Raster to Polyline, opět s nastavením S-JTSK. V atributové tabulce byla zjištěna celková délka překrývajících se úseků vodních toků a tato vrstva společně s vrstvou zvektorizovaných vodních toků a toků ze ZABAGED byly použity pro vytvoření mapy, která ukazuje vývoj říční sítě za dané roky.

Vymodelované vodní toky představují, jak by měla říční síť podle tvaru reliéfu (DMT) vypadat, ale kvůli antropogenním zásahům vymodelované toky nesouhlasí se skutečností. Proto byly vymodelované vodní toky ve vektorové podobě za oba sledované roky překryty a tím porovnány se zvektorizovanými vodními toky z map SMO-5 a vodními toky z databáze DIBAVOD.

Hodnocení změn vodních ploch probíhalo pomocí nástroje Intersect, kde byly použity polygonové vrstvy vodních ploch za oba sledované roky. Vzniklá vektorová vrstva zobrazuje vodní plochy, které se v obou letech překrývají. V atributové tabulce byla zjištěna rozloha a počet překrývajících se ploch. Pomocí atributových tabulek vodních ploch za oba dané roky byly vyhodnoceny jejich počty a rozlohy v modelovém území.

4.3.5 Hodnocení změn odtoku a akumulace vody

Rastry odtoku vody za oba sledované roky byly převedeny na vektorové polygonové vrstvy, které byly použity v nástroji Intersect. V atributové tabulce nově vzniklé vrstvy byl vytvořen nový sloupec (Add Field), kam byla pomocí Field Calculator vyplněna změna hodnoty směru odtoku, která měla 64 možností (8 směrů v roce 1950 * 8 směrů v roce 2010). Podle obr. 4 byly plochy v atributové tabulce seskupeny pomocí nástroje Merge do 3 kategorií zobrazující žádnou změnu (např. změna z 1 do 2 a 128), malou změnu (např. změna z 1 do 4 a 64) a velkou změnu (např. změna z 1 do 8, 16 a 32).

32	64	128
16		1
8	4	2

Obr. 4 Hodnoty směru odtoku vody z buňky (zdroj: ESRI)

Rastry akumulace vody za oba sledované roky byly použity při vizuálním porovnání jejich změn. Z obou rastrů byla vytvořena mapa obsahující výřezy oblasti okolo bývalých dolů Barbora a Otakar, kde došlo k velké změně akumulace během posledních 60 let (Mapa 3).

KAPITOLA 5

VÝSLEDKY A DISKUSE

Tato bakalářská práce byla rozdělena do dvou částí. V první části řešila tvorbu digitálních modelů terénu současné a historické krajiny v GIS a určení změn reliéfu. V druhé části se práce zabývala změnami hydrologických poměrů v důsledku změn reliéfu nejen pomocí speciálních hydrologických nástrojů.

Jako modelové území pro obě části byla vybrána oblast okolo zaniklé obce Kocourkov v okrese Teplice, která se nacházela mezi Oldřichovem a Domaslavicemi. Přesné vymezení oblasti proběhlo na základě dnešního povodí IV. řádu zahrnujícího střední tok Bouřlivce.

Výsledkem první části jsou dva digitální modely terénu. První model v rastrovém formátu vznikl na základě zvektorizování vrstevnic prvního vydání Státní mapy odvozené, vydané pro toto území v letech 1950 až 1951. Ze zvektorizovaných vrstevnic byl také vytvořen model TIN, jehož povrch byl pokryt ortofotem z roku 1953, které mi poskytla Česká informační agentura životního prostředí CENIA. Druhý rastrový model terénu pro rok 2010 vznikl na základě poskytnutých dat z Geoportálu ČÚZK. Současný model TIN byl na konci také pokryt ortofotem, vytvořeným v roce 2011. Vzhledem k malé podrobnosti výškopisu na Státních mapách odvozených 1 : 5 000 je i DMT pro rok 1950 nepřesný. Na přesnost má vliv zvolený typ modelu, přesnější je model TIN, který ale nemůže narozdíl od rastrového DMT vstupovat do analýz změny reliéfu ani hydrologických poměrů.

Při porovnání změn reliéfu pomocí nástroje Raster Calculator bylo zjištěno, že více než 75 % území zůstalo beze změny či zde proběhla zanedbatelná změna reliéfu (Tab. 1). Na 1/4 se tedy reliéf změnil. Ke snížení reliéfu došlo celkově na více než 18 % modelového území. Důvodem snížení reliéfu je především těžba, kdy po jejím skončení nedošlo k zasypání těžebních jam na úroveň původního reliéfu, ale došlo k přeměně na vodní plochy či pouze k obnově vegetace. K menším propadům mohlo dojít také vlivem hlubinných dolů. K navýšení reliéfu došlo na skoro 6 % plochy. Vzhledem k tomu, že je tato oblast velmi silně poznamenána těžbou, změna na 25 % reliéfu není nijak velká. Ovšem oproti oblastem nezasaženým těžbou představuje 25 % velmi velkou změnu. V oblastech, kde se vyskytují nebo se vyskytovaly

velkolomy je podíl změny mnohem vyšší. Vzhledem k tomu, že většina velkých sníženin byla vyplněna vodou, mají tyto změny i vliv na krajinu a vegetaci. Antropogenní poklesy reliéfu také mohou mít vliv na přirozený odtok vody, který je doly a lomy narušen. K největším nárůstům ale nedošlo vlivem těžby či propadů, ale kvůli nepřesnosti a rozdílnosti vstupních dat, k takovému „nárůstům“ došlo v obou severních výběžcích modelového území.

Tab. 1 Plocha jednotlivých intervalů změn výšky reliéfu

Změna výšky reliéfu (m)	Plocha (m ²)	Podíl z celkové plochy (%)
-45,9 až -30	370 575	2,1
-29,9 až -10	2 833 952	16,2
-9,9 až 10	13 218 652	75,8
10,1 až 30	412 776	2,4
30,1 až 50	291 733	1,7
50,1 až 70	203 910	1,2
70,1 až 115	96 201	0,6

Při porovnání rastrových DMT (Příloha 1) a největších a nejmenších výšek reliéfu bylo zjištěno, že během 60 let se nejnižší bod snížil o více než 5 m z 218,0 m na 212,7 m n.m. a nejvyšší bod území se snížil o celých 10 m ze 738,6 m na 728,5 m n. m. Průměrná výška modelového území se od roku 1950 do roku 2010 o skoro 4 m snížila, z původních 284,4 m na 280,6 m n. m. Celkově by se tedy dalo říci, že se zhladily rozdíly mezi nejzazšími hodnotami nadmořských výšek. Při hodnocení rozdílů nadmořských výšek ale mohla mít rozhodující vliv rozdílná vstupní data, takže ve skutečnosti nejspíše vůbec nedošlo ke změně nejnižší ani průměrné výšky, číselnou změnu kvůli interpolaci výšek vykázal pouze DMT.

V programu ArcScene byly vytvořeny obrazové náhledy území (Přílohy 3-7), vždy z přibližně stejného bodu na stejnou oblast pro rok 1842, 1953 a 2011. Takto byly přehledně znázorněny největší změny v jednotlivých částech území. Z celkem 9 obcí, které se v území nacházely do roku 1950 se do dnešních dní zachovalo pouze 6 obcí - Domaslavice, Nové Verneřice, Oldřichov, Hudcov, Lahošť a Jeníkov. Kompletně zanikly obce Hajniště, Kocourkov a Staré Verneřice, po kterých dnes na ortofotu ČR není ani památky (Příloha 6).

Stejně tak, jako zanikly některé obce, zanikly i některé doly. Těžba hnědého uhlí od roku 1950 skončila např. v dole Barbora či Otakar, což je možné vidět v Přílohách 3 a 7. Konec těžby vápence je vidět v Příloze 4, kdy po roce 1950 zanikl lom Vápenka mezi Hudcovem a Lahoští. Naopak u obcí Lahošť a Jeníkov od roku 1950 vznikl křemencový lom Lahošť-Jeníkov, jak je možné vidět v Příloze 5. V oblastech zaniklých dolů a lomů jsou dnes vybudovány umělé vodní

plochy pojmenované stejně jako se nazývaly doly a lomy. Kolem je krajina, která se rekultivuje a nabízí možnost trávit zde volný čas.

Výsledkem druhé části je hodnocení změn hydrologických poměrů, které je doplněno tabulkami a mapami zobrazujícími a porovnávajícími hydrologické poměry v roce 1950 a dnes nebo porovnávajícími stav vytvořený pomocí Hydro Tools s podklady jako jsou SMO-5 a DIBAVOD.

Na rozdíl od dnešních dob se v dnešním povodí IV. řádu v roce 1950 vyskytovala dvě povodí, IV. a VII. řádu. Bylo to povodí IV. řádu zahrnující střední tok Bouřlivce, jehož horní a dolní tok je dnes shodný jako v 50. letech. Jeho střední tok ale od roku 1950 prodělal velké změny. Došlo k přeložení toku a vybudování nového koryta (Příloha 8). Druhé povodí v modelovém území bylo povodí VII. řádu Domaslavického potoka, který se později vléval do Hajského a dále do Loučenského potoka, který se vléval do Bouřlivce. Bouřlivec se stejně jako v minulosti vlévá do řeky Bíliny. Domaslavický potok byl časem rozdělen do dvou potoků, z nichž jeden byl sveden do nově vytvořeného koryta Bouřlivce a druhý končí v rybníku Dub, který nemá odtok. Hajský potok zůstal kromě zmenšení průtoku z důvodu odvedení Domaslavického potoka relativně neporušený (Příloha 8).

Tab. 2 Porovnání vodních toků a ploch v letech 1950 a 2010

Vodstvo	Délka a plocha 1950 (m a m²)	Délka a plocha 2010 (m a m²)	Změna délky a plochy (%) (1950 = 100 %)	Totožné úseky toků a plochy (m a m²)	Totožné úseky toků a plochy k 1950 (%)
Vodní toky	16 744,49	30 338,98	181,19	9 360,16	55,90
Vodní plochy	182 151,51	965 247,18	529,91	91 545,13	50,26

Během posledních 60 let došlo v modelovém území k velkým změnám z hlediska tvaru vodních toků a celé říční sítě. Na mapě porovnávající vodní toky (Příloha 9) lze vidět, že se od roku 1950 zachovaly pouze čtyři úseky hlavních vodních toků v celkové délce 9 360 m (Tab. 2). Největší změnou prošel tvar koryta toku Bouřlivce v severní polovině modelového území, které se od původního vzdaluje až o 1,75 km.

Změna vodních ploch od roku 1950 do současnosti se v území projevila zvětšením počtu ploch z 29 na 44, přičemž v úvahu byly brány pouze vodní plochy s rozlohou větší než 100 m². Z původních 182 152 m² vodních ploch se jejich rozloha zvětšila více než 5x na dnešních 965 247 m² (Tab. 2). Také průměrná rozloha zkoumaných vodních ploch se zvýšila z 6 281 m² na 21 937 m². Nárůst počtu i rozlohy vodních ploch je způsoben především ukončením těžby hnědého uhlí v modelovém území. Zaniklé doly byly zatopeny vodou a dnes slouží hlavně

k rekreaci. To je i případ největší vodní plochy v území, bývalého dolu Barbora a dnešní umělé vodní nádrže Barbora, který má rozlohu přes 629 000 m². Zajímavostí je, že v roce 1952 na území dnešní nádrže Barbora byla vodní plocha o rozloze pouze 3 800 m². Při překrytu vodních ploch za dané roky bylo zjištěno, že je na území dvacet překrývajících se vodních ploch s celkovou rozlohou 91 545 m², což dělá zhruba 10 % dnešní rozlohy vodních ploch. V roce 1950 tvořily vodní plochy 1 % modelového území, dnes tvoří 5,5 %. Pokud se bere v úvahu fakt, že 1 % vodních ploch je přirozený stav, 5 % tvoří velký nárůst. Za tento nárůst vodních ploch může především vodní nádrž Barbora, která má jistě vliv i na krajinu a vegetaci. Tato relativně velká vodní plocha může ovlivňovat druhové složení vegetace i fauny a může mít vliv na místní klima i odtok vody.

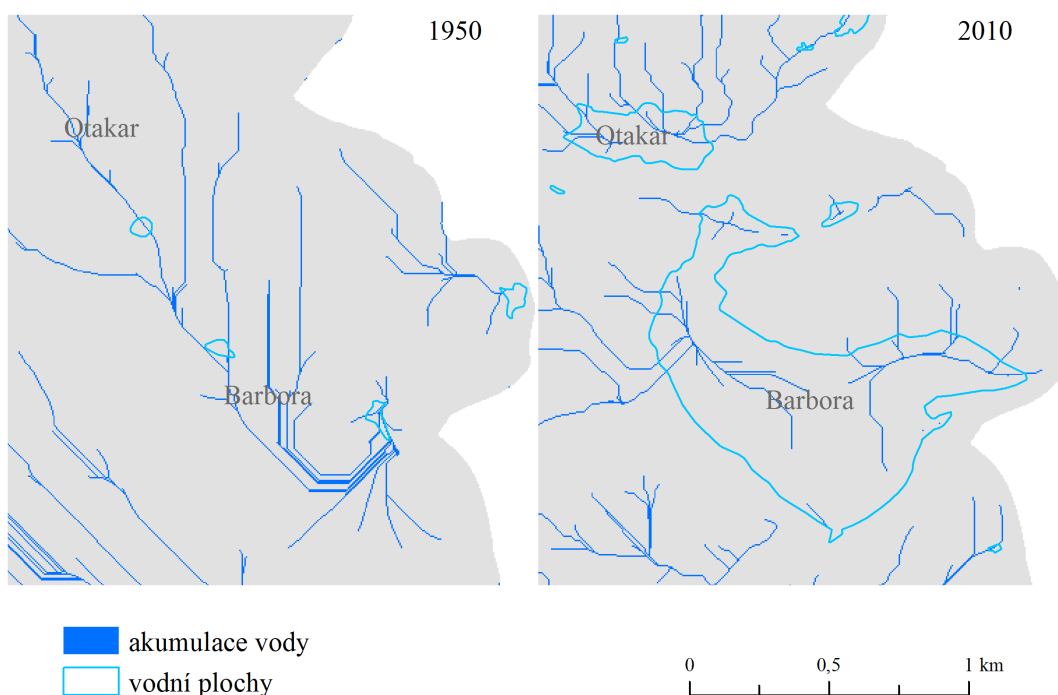
Vodní toky vymodelované v GIS pomocí Hydro Tools v roce 1950 měly délku 46,2 km a v roce 2010 46,8 km. Na délku vymodelovaných vodních toků má vliv nastavení plochy, ze které voda do daných buněk odtéká, v tomto případě 75 000 m². Vymodelované vodní toky naznačují, jaky by říční síť měla podle tvaru reliéfu vypadat. Kvůli antropogenní změně reliéfu ale vymodelované vodní toky zcela neodpovídají těm skutečným.

Při porovnání toků z map SMO-5 a vymodelovaných toků pomocí Hydro Tools v GIS v roce 1950 bylo zjištěno, že vymodelované toky relativně odpovídají tokům podle SMO-5 (Příloha 10). Krajina tehdy ještě byla skoro nezasažena těžební činností. Vymodelovaná vrstva obsahovala mnoho míst, kde by se vodní toky mohly vyskytovat, vzhledem k malé podrobnosti vodních toků zobrazených na mapách SMO-5 nelze říci, zda se tam toky opravdu nevyskytovaly. Situace by mohla být i opačná, u vymodelovaných vodních toků záleží na určení počtu buněk, ze kterých voda do daných buněk odtéká. Při zvýšení počtu buněk by měly vymizet přítoky, ovšem z vymodelovaných toků se stávají nesouvislé toky. Problémem je také příměstnost některých vymodelovaných toků, která je způsobena malou podrobností vstupních vrstevnic.

V roce 2010 ale vymodelované vodní toky vůbec neodpovídaly tokům podle DIBAVOD. Vymodelované toky tvořily celistvou říční síť, ale pouze osamocené toky. Situace byla stejná i po snížení rozlohy (počtu buněk), ze kterých do daných buněk voda odtéká. I při rozloze 250 m² se vodní toky nespojily do říční sítě, ale zůstaly osamocené a rovnoběžné. To mohlo být způsobeno velkými zásahy do reliéfu území. V území totiž byly vytvořeny umělé sníženiny i vyvýšeniny. Tyto sníženiny a vyvýšeniny mají velký vliv na odtok vody z území. Při porovnávání se zvektorizovanými toky podle SMO-5 a s toky z databáze DIBAVOD může mít vliv i výšková přesnost a obsahová úplnost těchto podkladů. Na základě těchto výsledků bylo zjištěno, že Hydro Tools nejsou vhodné pro modelování vodních toků ve velmi antropogenně přeměněném reliéfu, kde se nacházejí umělé vyvýšeniny a sníženiny, které mají

velký vliv na odtok a akumulaci vody v území. Kvůli tomuto zjištění byl proces modelování vodních toků proveden znovu, ale jako vstupní rastr byl použit rastr se zahlazenými bezodtokými sníženinami, kterými jsou ve skutečnosti umělé vodní plochy, kde se vodní toky vyskytovat nemohou. Tentokrát již vymodelované toky relativně odpovídaly vodním tokům podle DIBAVOD (Příloha 10).

Při analýze odtoku a akumulace vody bylo zjištěno, že k největší změně směru odtoku došlo na místech bývalých dolů Barbora a Otakar, kde se dnes nacházejí vodní nádrže. Odtok vody zde dnes má opačný směr než tomu bylo v 50. letech. Na většině území (74,1 %) nedošlo ke změně směru odtoku vody. K velké změně, kdy má odtok opačný směr než měl v 50. letech, došlo na 12,9 % území. Výsledky ovšem opět mohou být zkresleny výškopisnými daty, které vstupovaly do tvorby DMT, což se dále mohlo projevit i na analýze směru odtoku a akumulace vody.



Mapa 3 Změna akumulace okolo bývalých dolů Barbora a Otakar

(zdroj: vlastní tvorba, DIBAVOD)

Co se týče odtoku vody z území, dnes by celá oblast měla být náchylnější k povodním než byla v historii, protože relativně přirozený meandrující tok, jak tomu bylo ještě v 50. letech, se s povodňovou vlnou dokáže vypořádat mnohem lépe než uměle vytvořený a narovnaný tok, jak je tomu dnes např. u Bouřlivce.

Svažitost území se mezi roky 1950 a 2010 změnila, pokud jde o největší sklon svahu, který se snížil z 56,7° na 49,4°. Minimální sklonitost svahů se téměř nezměnila a průměrná sklonitost zůstala přibližně stejná kolem 3,8°. Při porovnání změn svažitosti bylo zjištěno, že svažitost se zvýšila hlavně na okrajích bývalých nebo současných těžebních jam (Příloha 9). Rozdíly ve svažitosti ale mohou být opět způsobené rozdílnými vstupními daty pro tvorbu DMT, které se projeví při tvorbě rastru svažitostí a jejich změn.

Problémem při tvorbě DMT z roku 1950, který vstupoval do téměř všech analýz, byla vstupní data výškopisu. Základní interval na mapách SMO-5 je 20 m, což se ukázalo jako nedostatečné, i když na ne příliš výškově členitých místech se vyskytovaly doplňkové vrstevnice s intervalem až 5 m. Naopak data ze ZABAGED využitá pro tvorbu DMT z roku 2010 byla dostatečná, základní interval vrstevnic byl 2 m, na velmi prudkých svazích 5 m. Pro 50. léta 20. století bohužel nejsou veřejnosti přístupné podklady obsahující podrobnější výškopis, alternativou jsou pouze Topografické mapy v systému S-1952, které jsou přístupné na Geoportálu ČÚZK, ale pouze k nahlédnutí.

Dalším problémem byla již zmíněná kvalitativní rozlišnost vstupních výškopisných dat za oba roky, která má vliv na modelování reliéfu při tvorbě digitálních modelů terénu a tím pádem i na další analýzy, protože základem téměř všech analýz byl právě DMT v rastrové podobě. Rozdílnost vstupních dat má vliv i na přesnost DMT.

KAPITOLA 6

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala problematikou rekonstrukce zaniklého reliéfu a analýzou změn reliéfu na Teplicku. Dále se zabývala změnou hydrologických poměrů v důsledku výrazné změny reliéfu.

Na začátku práce byla provedena rešerše dostupné české i zahraniční literatury, ve které byla řešena problematika digitálních modelů terénu, geometrických transformací, souřadnicového systému či využití hydrologických nástrojů GIS. Dále byly do rešeršní části vloženy části o změnách reliéfu v důsledku těžby a o historii a vývoji modelového území.

Prvním cílem této práce bylo vytvořit digitální modely terénu zčásti zaniklé oblasti na Teplicku. Zaniklými oblastmi v modelovém území jsou obce Kocourkov, Hajniště a Staré Verneřice a jejich okolí, které musely ustoupit těžbě hnědého uhlí. Byly vytvořeny dva modely terénu, které odpovídají stavu v roce 1950 a 2010. Pomocí překrytí obou DMT byly vyhodnoceny změny reliéfu, které byly způsobeny lidskými aktivitami. Byly vytvořeny náhledy a animace zobrazující největší změny reliéfu, ke kterým došlo hlavně kvůli těžbě hnědého uhlí, ať už povrchové, jako na východě modelového území, nebo hlubinné. Při porovnání reliéfu bylo zjištěno, že cca 75 % území zůstalo beze změny a na 25 % došlo ke změně převážně vlivem poklesu reliéfu. Změna 25 % představuje velmi významnou změnu reliéfu, ovšem existují i oblasti nejen na severozápadě Čech, kde kompletně zanikla větší území. Rekonstrukcí a analýzou zaniklého reliéfu nejen na Mostecku se zabývá např. J. Pacina a J. Popelka z Fakulty životního prostředí UJEP v Ústí n. L., kde založili specializovaný mapový server.

Druhým cílem práce byla analýza hydrologických poměrů v letech 1950 a dnes a jejich změny během 60 let. V 50. letech 20. století se na modelovém území vyskytovala dvě povodí, část dnešního povodí IV. řádu byla povodím VII. řádu. Během posledních 60 let došlo v území k velkým změnám z hlediska tvaru vodních toků a celé říční sítě, největší změnou je přeložení koryta Bouřlivce o skoro 2 km na západ a odklonění Domaslavického potoka do Bouřlivce a nádrže Dub. Z hlediska vodních ploch došlo na území k více než 5-násobnému nárůstu, což představuje významnou změnu, vzhledem k tomu, že přirozený stav v této oblasti je 5x nižší.

Kvůli antropogenním zásahům do reliéfu se místy kompletně změnil směr odtoku vody i její akumulace.

K práci byla využita podkladová data poskytnutá Zeměměřickým úřadem, jako jsou SMO-5, ortofota ČR, databáze ZABAGED a Císařské povinné otisky stabilního katastru Čech. Dále byla využita volně přístupná hydrologická databáze DIBAVOD a historická ortofota Československa z CENIA. Pro práci byl využit software ArcGIS. SMO-5 bohužel nebyly k využití pro naše účely ideální, protože neobsahovaly podrobný a dostatečný výškopis. Ani z hlediska podrobnosti vodních toků mapy nejsou dostatečné. Naopak daty vhodnými pro tyto účely byl výškopis ZABAGED.

Problémem při řešení práce byla různorodost vstupních vrstevnic, které měly vliv na tvorbu modelů terénu a následné analýzy změny reliéfu a změny hydrologických poměrů. Dalším problémem bylo modelování současné říční sítě, ze které nevznikla propojená síť, ale pouze osamocené toky. Důvodem mohla být zvolená metodika či velké zásahy do současného reliéfu, které velmi ovlivňují odtok vody z území.

Změny reliéfu a následně i hydrologických poměrů byly zaviněny člověkem a hlavně jeho touhou po nerostném bohatství. Na území kolem zaniklé obce Kocourkov o rozloze 17,5 km² se nachází nebo se v minulosti nacházely naleziště vápence, křemence, ale hlavně hnědého uhlí. Kvůli těžbě hnědého uhlí zanikly tři z devíti obcí, které se na území nacházely do 50. let 20. století. Dnes je na území již bývalých dolů a lomů rekultivovaná oblast, která poskytuje volnočasové využití, jako jsou vodní sporty, rekreace, golf i sport všeobecně.

Cíle práce byly z velké části splněny, přesto zde zůstávají oblasti, kam by se práce mohla dále vyvíjet. V práci například nebyla řešena problematika 3D modelování budov a vegetace, dále zde nebyla řešena otázka krajinného pokryvu a jeho změny. Tato témata byla zpracovávána např. Jelénkem (2010), který rekonstruoval zaniklou krajinu a sídla v pohraničí a vojenském újezdu, dále např. Andrštovou (2012), která řešila zaniklá sídla ve středním Povltaví z důvodu stavby vodní nádrže Slapy. Další oblastí, kam by se práce mohla rozvíjet, je průzkum dalších podobných oblastí. V celých severozápadních Čechách je mnoho oblastí, které musely ustoupit těžbě hnědého uhlí, v této práci bylo zpracováno pouze jedno modelové území. Dále je zde otázka využití práce, která by mohla být zajímavá nejen pro pamětníky, ale i pro širokou veřejnost. Z hlediska přesnosti modelů terénu by se práce mohla vyvíjet např. směrem k využití leteckých snímků stereoskopicky či využít přesná výškopisná data laserového skenování a data měřená pomocí GPS či nivelace.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

ADAMEC, V. (2006): Zaniklé obce a objekty po roce 1945: Kocourkov (Katzendorf) [online]. Publikováno 29.3.2006 [cit. 21.3.2013]. Dostupné z: <<http://www.zanikleobce.cz/index.php?obec=2163>>.

ANDRŠTOVÁ, M. (2012): 3D rekonstrukce zaniklých sídel ve středním Povltaví. Praha, 2012, 63 s. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie.

BOUŠKA, M. (2008): Zaniklé obce a objekty po roce 1945: Staré Verneřice (Alt Wernsdorf) [online]. Publikováno 14.3.2008 [cit. 21.3.2013]. Dostupné z: <<http://www.zanikleobce.cz/index.php?obec=2159>>.

BRAVENÝ, L. (2008): Digitální modely terénu a modelování prostorových dat. In: ŠTYCH, P. et al. Vybrané funkce geoinformačních systémů. Praha, Česká kosmická kancelář, 2008. s. 80–127.

CENIA (2009): Kontaminovaná místa [mapový server]. [cit. 26.4.2013]. Dostupné z: <<http://kontaminace.cenia.cz/>>.

CENIA (2013): Národní geoportál INSPIRE [WMS služby]. [cit. 14.3.2013]. Dostupné z: <<http://geoportal.gov.cz/web/guest/wms>>.

ČADA, V. (2007): Přednáškové texty z Geodézie, Západočeská univerzita v Plzni [online]. [cit. 24.4.2013]. Dostupné z: <<http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/index.html>>.

ČÚZK (2006): Archivní mapy - Císařské povinné otisky stabilního katastru Čech [online]. Publikováno 2006 [cit. 24.3.2013]. Dostupné z: <http://archivnimapy.cuzk.cz/cio/text_sk.html>.

ČÚZK (2010): Geoportál [databáze geografických dat]. 2010 [cit. 26.3.2013]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/%28%282jfcs245tz0zp155i52iddq3%29%29/Default.aspxhead_tab=sekce-02-gp&mode=TextMeta&text=dSady_uvod&menu=20&news=yes>.

ČÚZK (2012): Klady mapových listů [WMS služby]. [cit. 19.5.2013]. Dostupné z: <<http://geoportal.cuzk.cz/%28%280j5kqxj1muqrokud114e0j55%29%29/Default.aspxmenu=3132&mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMSKLADYP&metadataXSL=metadata.sluzba>>.

DIBAVOD (2013) [databáze geografických dat]. 2013 [cit. 4.4.2013]. Dostupné z: <<http://www.dibavod.cz/27/struktura-dibavod.html>>.

ESRI (2012): ArcGIS 10.1 Help. [cit. 21.7.2013].

CHANG, K. (2012): Introduction to Geographic information systems. 6th ed. New York, McGraw-Hill, 2012. 418 s. ISBN 978-0-07-108616-5.

JEDLIČKA, J., ŠTYCH, P. (2007): Hydrologické modelování v programu ArcGIS. Praha, CITT Praha Akademie kosmických technologií, oblast Galileo, GMES, 2007. 62 s.

JELÉNEK, J. (2010): 3D rekonstrukce krajiny na příkladu zaniklých obcí v českém pohraničí a vojenských újezdech. Zdiaby, 2010, 80 s. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie.

KOLÁŘ, J. (2003): Geografické informační systémy 10. Praha, ČVUT, 2003. 161 s. ISBN 80-01-02687-6.

KUTSCHERA, K. L. (1925): Aus dem „Neü Urbari Buch der Herrschaft Ossegk So den 11ten Augusty 1603 verferttigtet worden“. Heft 1. Duchcov, Heimat und Volk, s. 13–30.

LANGHAMMER, J., VAJSKEBR V. (2007): Využití GIS pro analýzu zkrácení říční sítě na základě historických mapových podkladů. In LANGHAMMER J. et al. Povodně a změny v krajině. Praha, PšF UK v Praze a MŽP, 2007. s. 153–168.

MAIDMENT, D. (2002): Arc Hydro: GIS for Water Resources. ESRI Press, 2002. 224 s. ISBN 1-58948-034-1.

MAPSERVER: Mapový server UJEP v Ústí nad Labem [online]. [cit. 22.7.2013]. Dostupné z: <http://mapserver.ujep.cz/mapy_fzp.aspx>.

MAYER, P. (1995): Počítačové modelování krajiny. Praha, ČVUT, 1995. 110 s. ISBN 80-01-01389-8.

ORŠULÁK, T., PACINA J. (2012): 3D modelování a virtuální realita. Ústí nad Labem, Centrum digitálních služeb MINO, 2012. 64 s. ISBN 978-80-904927-4-5.

PACINA, J., NOVÁK, K., POPELKA, J. (2012): Georelief transfiguration in areas affected by open-cast mining. Transactions in GIS. Blackwell Publishing, 2012. ISSN 1361-1682.

PAVELKA, K. (2011): Fotogrammetrie 2. Praha, ČVUT, 2011. 163 s.

PŘEDPIS Č. 430/2006. Nařízení vlády o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání. In Sběrka zákonů, Česká republika. 2006, částka 138, s. 5970. [cit. 24.3.2013]. Dostupné z: <<http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=2006&typeLaw=zakon&what=Rok&stranka=6>>.

RAPANT, P. (2002): Úvod do geografických informačních systémů. Skripta PGS. Ostrava, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2002. 110 s. Dostupné z: <<http://gis.vsb.cz/dokumenty/ugis>> [cit. 24.4.2013].

RAPANT, P. (2005): Geoinformační technologie. Ostrava, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2006. 102 s. ISBN 80-248-1263-0.

SOUKUP, M. B. (2009): Středověké Duchcovsko, Monografie Muzea Města Duchcova, řady kulturněvědné sešit, č. 4. Duchcov, 2009.

ŠTYCH, P. (2008): Pořizování dat. In: ŠTYCH, P. et al. Vybrané funkce geoinformačních systémů. Praha, Česká kosmická kancelář, 2008. s. 29–36.

VOŽENÍLEK, V. (2001): Aplikovaná kartografie I: tematické mapy. 2. vyd. Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci, 2001. 187 s. ISBN 80-244-0270-x.

VÚGTK: Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí [online]. [cit. 9.2.2013]. Dostupné z: <<http://www.vugtk.cz/slovník>>.

VÚV TGM (2011): O projektu DIBAVOD [online]. 2011 [cit. 4.4.2013]. Dostupné z: <<http://www.dibavod.cz>>.

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1. DMT z roku 1950 a 2010
- Příloha 2. Změna nadmořské výšky reliéfu od 1950 do 2010
- Příloha 3. Krajina okolí bývalého dolu Barbora v roce 1842, 1953 a 2011 (pohled od JZ)
- Příloha 4. Krajina okolí bývalého lomu Vápenka v roce 1953 a 2011 (pohled od SZ)
- Příloha 5. Krajina okolí lomu Lahošť-Jeníkov v roce 1953 a 2011 (pohled od V)
- Příloha 6. Krajina okolí zaniklé obce Staré Verneřice v roce 1842, 1953 a 2011 (pohled od J)
- Příloha 7. Krajina okolí bývalého dolu Otakar v roce 1953 a 2011 (pohled od SV)
- Příloha 8. Změna tvaru Bouřlivce a Domaslavického potoka od 1950 do 2010
- Příloha 9. Změna vodních toků a vodních ploch od 1950 do 2010
- Příloha 10. Srovnání vymodelovaných vodních toků a toků podle SMO-5 a DIBAVOD v roce 1950 a 2010
- Příloha 11. Změna sklonu svahů od 1950 do 2010
- Příloha 12. Obsah přiloženého DVD