

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Katedra Aplikované geoinformatiky a kartografie



3D REKONSTRUKCE

ZANIKLÉ KRAJINY STŘEDNÍHO POVLTAVÍ

3D RECONSTRUCTION OF THE EXTINCTED LANDSCAPE OF STŘEDNÍ POVLTAVÍ

Bakalářská práce

Marek OKTÁBEC

srpen 2009

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. P. Štych, Ph.D.

Prohlášení autora:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem všechny použité prameny řádně citoval.

Jsem si vědom toho, že případné použití výsledků, získaných v této práci, mimo Univerzitu Karlovu v Praze je možné pouze po písemném souhlasu této univerzity.

Svoluji k zapůjčení této práce pro studijní účely a souhlasím s tím, aby byla řádně vedena v evidenci vypůjčovatelů

V Praze dne 24. srpna 2009

.....

Marek Oktábec

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce, RNDr. P. Štychovi, PhD. za trpělivost a ochotu při konzultacích o práci, paní Mileně Stolinové z Vojenského geografického a hydrometeorologického ústavu v Dobrušce za ochotu a pomoc při hledání vhodných leteckých snímků, všem zaměstnancům Ústředního archivu katastrálního úřadu v Praze za trpělivost při vyhledání starých mapových děl a Ing. Petru Janskému, vedoucímu mapové sbírky Univerzity Karlovy za pomoc při následném skenování těchto starých map v prostorách Univerzity.

V neposlední řadě děkuji rodině za velikou podporu v průběhu celého studia

3D rekonstrukce zaniklé krajiny středního Povltaví

Abstrakt

Práce se zabývá možnostmi a kritickým zhodnocením využití geografických informačních systémů při vizualizaci v minulosti zaniklé krajiny vybraného území. Využije přitom velké množství dostupných dobových mapových podkladů a leteckých snímků a provede jejich ztotožnění s aktuálními daty.

Hlavní náplní práce je trojrozměrný model vybraného území, včetně zaniklých budov, infrastruktury a vegetačního pokryvu, přičemž modelování těchto krajinných prvků je provedena s využitím specializovaného software, kdy důraz je kladen především na zachování reálnosti vytvořené vizualizace a to za pomoci srovnání vytvořených pohledových scén s dobovými fotografiemi a videi a dále porovnáním původního vzhledu krajiny s aktuálním stavem pomocí prostorového modelu i dostupných fotografií.

Jako poslední je řešena problematika zpřístupnění výsledných pohledových scén pomocí webového rozhraní, přičemž kromě možností technického řešení tohoto záměru je na základě zdrojů použitých v práci nastíněna i otázka autorských práv a možnost využití výsledků práce pro studijní účely.

Klíčová slova: 3D rekonstrukce, DMR, ArcScene, ortofoto, Orlická nádrž

3D reconstruction of the extincted landscape of the střední Povltaví

Abstract

This work will be engaged in the possibility and the critical evaluation of GIS in the visualization of the extincted landscape in the defined area. The work awails a large quantity of available contemporary map datums and air photos during this action and identify them with the actual data spatially.

The principal aim of the work is the three-dimensional model of the chosen area including extincted building, infrastructure and land-cover, whereas the modelling of this spatial components will be performed with the help of the specialized GIS-compatible software. The emphasis will be put on the preservation of the reality of the created visualization (with) by the help of the comparison of created perspective scenes with contemporary photos and movies and with the comparsion of the ancestral physique with the actual state with the help of the spatial visualisation and accessible photos.

The last thing, which will be solved is the dilemma of the accessing of final perspective scenes with the help of the web server, whereas except of the technical analysis of this purpose the question of the copyright and the possibility of the utilization of outcomes of this work for an educational purpose will be outlined there too.

Keywords: 3D reconstruction, DTM, ArcScene, orthophoto, Orlík reservoir

OBSAH

Přehled použitých zkratk.....	7
1. ÚVOD.....	9
2. CÍLE PRÁCE.....	10
3. ÚVOD DO PROBLEMATIKY.....	10
3.1 ZABAGED.....	11
3.2 Digitální ortofoto České republiky.....	12
3.3 Státní mapa 1:5000 – odvozená.....	12
3.4 Topografická mapa 1:10 000.....	13
3.5 Topografická mapa 1:25 000.....	13
3.6 Staré letecké měřičské snímky.....	14
3.7 DMT.....	14
3.7.1 Používané digitální modely terénu.....	15
3.7.2 Topo to Raster.....	16
3.7.3 TIN.....	16
3.8 Souřadnicové systémy na území ČR.....	17
3.8.1 Souřadnicový systém S-JTSK.....	17
3.8.2 Souřadnicové systémy S-42 a S-52.....	17
3.9 Geometrické transformace.....	17
3.9.1 Afinní transformace.....	18
3.9.2 Transformace obrazu metodou „spline“.....	18
4. Data a metodika.....	19
4.1 Úprava vstupních dat.....	19
4.1.1 Úprava SMO5.....	19
4.1.2 Úprava starých LMS	20
4.1.3 Doplnění a oprava vstupních vektorových dat.....	20
4.2 Georeferencování rastrových dat / mapových podkladů.....	21
4.2.1 Georeferencování listů Státní mapy 1:5000 - odvozené do S-JTSK.....	21
4.2.2 Georeferencování listů Topografické mapy 1:25 000 do kladu listů TM25 v systému souřadnic S-42.....	21
4.2.3 Georeferencování listů Topografické mapy 1:10 000 do kladu listů TM10 v systému souřadnic S-42.....	21
4.3 Vektorizace krajinných prvků ze SMO5 potřebných pro následnou rektifikaci ORTOFOT.....	22

4.4 Odvození výškopisu ze starých map.....	23
4.4.1 Odvození průběhu starého říčního koryta z SMO5, stanovení nadmořské výšky toku.....	23
4.4.2 Odvození nadmořské výšky hladiny starého toku Vltavy z SMO5 a TM25.....	23
4.5 Rektifikace starých leteckých měřičských snímků.....	24
4.5.1 Rektifikace LMS v prostředí aplikace ArcGIS.....	25
4.6 Tvorba DMR v zaniklém údolí Vltavy a interpolace vrstevnic pro tvorbu TIN.....	26
4.6.1 Vytvoření vnitřních polygonů uvnitř současného rozlivu nádrže pro vymezení následné tvorby DMR.....	26
4.6.2 Tvorba zaniklého DMR nacházejícího se v dnešní době zatopených oblas- tech.....	27
4.6.3 Konverze výškopisu do souřadnicového systému S42.....	29
4.6.4 Územní vymezení oblastí pro trojrozměrnou vizualizaci.....	29
4.7 Vektorizace hlavních krajinných prvků a jejich úprava pro 3D vizualizaci.....	30
4.7.1 Úprava liniových shapefile.....	30
4.7.2 Úprava polygonových shapefile.....	31
4.7.3 Převod polygonové vrstvy lesů na bodový shapefile.....	31
4.7.4 Převod prvků obsažených v 3D vizualizaci na 3D shapefile.....	32
4.7.5 Tvorba TIN.....	33
4.8 3D vizualizace v rozhraní ArcScene.....	34
4.8.1 Hlavní možnosti nastavení v rozhraní ArcScene.....	34
4.8.2 Tvorba 3D modelů budov použitých v 3D vizualizaci.....	35
4.8.3 Sestavení a spuštění vlastní 3D vizualizace.....	37
4.9 Rozhraní ArcGlobe.....	40
4.9.1 Úvod do ArcGlobe	39
4.9.2 Úprava dat pro použití v ArcGlobe.....	40
4.9.3 Vizualizace dat v ArcGlobe.....	42
4.9.4 Vizualizace dat pomocí ArcGIS Serveru.....	42
5. VÝSLEDKY A DISKUSE.....	44
6. ZÁVĚR.....	45
7. POUŽITÉ ZDROJE.....	47
8. SEZNAM PŘÍLOH.....	49

PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK

Z oboru GIS:

DTM/DMR - Digital Terrain Model/ Digitální Model Reliéfu

TIN – Triangle Irregular-Network – nepravidelná trojúhelníková síť

ZABAGED - Základní Báze Geografických Dat

3D Shapefile - Prvek, obsahující prostorové informace (podmínkou pro korektní export výsledných 3D pohledových scén a některé operace s prvky s prostorovou informací v ArcScene)

ArcScene - Rozhraní programu ArcGIS umožňující vytvoření trojrozměrných scénérií včetně jejich editace

ArcGlobe - Rozhraní programu ArcGIS umožňující zanesení vytvořených pohledových scén na jednu zobrazovací plochu (alternativou k ArcGlobe je volně šiřitelný software Google Earth)

ArcGIS Server - softwarová technologie, které nabízí úplný webový GIS a poskytuje řadu přípravných aplikací a služeb pro koncové uživatele. Tyto aplikace mohou sloužit nejen k prohlížení a dotazování geografických dat, ale i pro jejich analýzu, shromažďování, editaci a správu, to vše založené na standardech. Veškeré zpracování i správa dat probíhá na serveru.

PCI Geomatica – profesionální software umožňující editaci rastrových i jiných dat (např. zostření hran)

3D Editor - Software pro vytváření trojrozměrných modelů, především budov, dále pak vegetace, infrastruktury apod. (např. Google SketchUp, Blender, 3D Studio MAX apod.)

Grafický software - program pro úpravu obrazových předloh, jež umožňuje např. jejich natočení, ořez, zvýraznění jasu, kontrastu pod (např. Photoshop, Gimp, apod.)

LMS – letecký měřičský snímek – letecká fotografie daného území pořízená fotografickým přístrojem umístěným na spodní části letadla. Snímek je pořízen v určitém měřítku (např. 1: 18000)

FTP – File Transfer Protocol – způsob přenosu dat v síti internet

Rendering – odborný termín označující v počítačové grafice „vykreslování“ (např. scény, objektu apod.)

Z oboru Kartografie:

a) Souřadnicové systémy:

S-JTSK - (Systém jednotná trigonometrická síť katastrální – Gauss Křovákovo zobrazení poledníkových pásů na plášť kužele

S-52 (1952) - Krasovského elipsoid, Gaussovo zobrazení, vznikl transformací z S-JTSK

S-42: Krasovského elipsoid, Gaussovo zobrazení; vznikl z mezinárodně vyrovnané AGS a z S-JTSK

WGS84: globální souřadnicový systém vojenského navigačního systému GPS armády USA, na území ČR byl definován v roce 1992

b) Mapová díla:

SM05: Státní mapa odvozená: Polohový systém S-JTSK, Výškový systém: Balt po Vyrovnání, konstruována pro celé území ČR od 2. poloviny 50. let minulého století

TM10: Vojenská topografická mapa 1:10 000, zmapováno celé území ČR, Polohový systém S-42, Výškový systém: Balt po vyrovnání (Bpv)

TM25: Vojenská topografická mapa 1:25 000, celé území ČR, Polohový systém S-52 (název pro souřadný systém v ČR napojený na Sovětský souřadný systém S-42), Výškový systém: Baltský (Bpv - 0,46 m)

1. ÚVOD

Jako téma bakalářské práce jsem si zvolil vizualizaci v minulosti zaniklých oblastí Středního Povltaví, především pak obcí zatopených po výstavbě a napuštění Orlické nádrže v 60. letech minulého století. Téma a oblast jsem si vybral především z důvodu, že jsem od již od svého mládí let tato místa pravidelně navštěvoval (především pak Radavu, kemp Lavičky a oblast Bukovanské zátoky) a postupem času se o ně začal hlouběji zajímat, přičemž můj zájem o ně vyvrcholil po dlouhodobém suchu v roce 2003, trvajícím od května tohoto roku. do konce ledna 2004, kdy došlo k velmi výraznému poklesu vodní hladiny, výraznému ústupu břehů nádrže a tím i k částečnému obnažení svahů bývalých říčních údolí, do té doby zatopených vzdutím Orlické nádrže (nutno však dodat, že k jejich obnažení však došlo i díky opravě Orlické přehrady)

Při výšce hladiny kolem 336 m.n.m (tj. 11 – 12 metrů pod normálem) pak již byly vidět základy prvních budov a to především v horní části Orlické přehrady, v oblasti Podolska, kde je vzduť hladiny Orlická nejnižší (dosahuje zde kolem 16-ti metrů).

Když mi proto bylo od mého školitele RNDr. Přemysla Štycha (Ph.D) nabídnuto, že bych jako téma své bakalářské práce mohl jako téma zpracovat právě zaniklé obce, neváhal jsem ani okamžik a vybral si právě Orlickou přehradou zatopené oblasti Vltavy, o které jsem se již na střeni škole velmi zajímal. Na závěr bych chtěl dodat, že by bylo určitě možné a přínosné zpracovat i jiné oblasti než právě Orlick, např. zaniklé obce Šumavě či v Krušných horách, ale protože mám k vodě od útlého mládí velmi kladný vztah a tato problematika mě hlouběji zajímá, rozhodl jsem se, přes mnohá úskalí, které zpracovávání tohoto tématu pravděpodobně přinese (nutnost vytvoření historického reliéfu, problematika se ztotožněním různých dobových podkladů a souřadných i výškových systémů a jejich propojení se současným stavem), právě pro tuto, svým způsobem, velmi specifickou, oblast.

2. CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem této práce je (za pomoci vhodného geoinformačního systému) vytvoření a prezentace rekonstrukce vybrané zaniklé oblasti pomocí trojrozměrného modelu.

Pro naplnění zadání práce bylo vybráno několik obcí nacházejících se ve středním Povltaví, které byly zatopeny po výstavbě a následném napuštění Orlické přehrady na začátku 60. let minulého století.

Dalším cílem je zpřístupnění výsledných pohledových scén pomocí webového mapového serveru

3. ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Mluvíme-li o zkratce 3D, máme tím na mysli skutečnost, že daný prvek (element či prostředí) obsahuje prostorovou informaci, tj. informaci o třetím rozměru, samotný pojem *rekonstrukce* pak Slovník cizích slov pro nové tisíciletí (2005) (dle svého latinského základu) vysvětluje jako „opětovné sestavení“ či „vedení do původního stavu“. V práci se proto její autor vynasnaží především o věrnost znázorněného modelu, samozřejmě s přihlédnutím k možnostem a funkcionalitě použitého *software*.

Hlavními disciplínami, která se pak specializují na výzkum v minulosti zaniklé krajiny a to z hlediska různých aspektů, využívající při této činnosti poznatků z mnoha dalších věd (*geomorfologie, archeologie, dendrologie*) jsou *historická geografie* z věd geografických a v širším měřítku pak *krajinná archeologie*, která zastřešuje kromě historické geografie ještě několik dalších věd: historii, toponomastiku a především pak *environmentální archeologii* a historickou ekologii (Gojda, 2005).

Z rozličných geografických metod, jež přispívají k poznání historické krajiny a o kterých se zmiňuje SEMOTANOVÁ (2000) ve svém článku pro Klaudyán pak bude v práci vycházeno především z poslední jmenované a to z kartografické metody, která „využívá kartografické, písemné a obrazové prameny a moderní mapy k zobrazení historického vývoje a jeho prostorových vazeb“ (Semotanová, 2000) a dále bude okrajově využito i poznatků z *toponomastiky* a to díky kombinaci znalosti místních jmen (odečtených ze starých mapových podkladů) a dostupné literatury spolu v vizuálními nahrávkami.

Vzhledem k zaměření a rozsahu práce bylo při jejím zpracování použito mnoho různých podkladů a to jak aktuálních, mezi které patří především Základní báze geografických dat (zkr. ZABAGED) použitá s laskavým svolením Českého statistického úřadu (ČÚZK), tak historických. Z historických byly použity především nově oskenované výtisky prvního vydání Státní mapy 1:5000 - odvozené (SMO5) v kladu listů Státní mapy 1:5000 a staré letecké snímky (ORTOFOTA), které pro tento účel poskytl VGHMÚř. v Dobrušce.

3.1 ZABAGED

Základní Báze geografických dat je digitální geografický model České republiky odpovídající svou přesností a podrobností Základní mapě České republiky 1:10 000.

Obsah ZABAGED tvoří 160 typů geografických objektů, které jsou začleněny do 60-ti vrstev vektorových souborů (www.cuzk.cz)

ZABAGED obsahuje informace o následujících kategoriích dat:

- 1) sídla – Sídlní, hospodářské a kulturní objekty
- 2) komunikace
- 3) rozvodné sítě a produktovody
- 4) vodstvo
- 5) územní jednotky a chráněná území
- 6) vegetace a povrch
- 7) prvky terénního reliéfu
- 8) údaje o geodetických, výškových a tíhových bodech na území České republiky

Výškopis je pak reprezentovaný prostorovým souborem vrstevnic. (www.cuzk.cz)

Horizontální přesnost dat činí od 1 – 10 m, interval zdigitalizovaných vrstevnic je pak podle členitosti reliéfu 1, 2 nebo 5 metrů (PÁSKOVÁ, 2008)

Z důvodu chybějících dat v oblastech s větším sklonem reliéfu (znázorněny jsou zde jen zvýrazněné vrstevnice) v původní rastrové mapě, taktéž v jejím zdigitalizované podobě na těchto místech data chybí (vrstevnice jsou přerušované).

Digitální model reliéfu Zeměměřický ústav neposkytuje, avšak je možné si koupit, případně pro zpracování bakalářské, diplomové či jiné závěrečné práce v rozsahu max. 10 mapových listů v kladu ZM10 bezplatně vypůjčit samostatný výškopis (či polohopis), tedy vrstevnice, a z nich si vytvořit model terénu podle vlastních kritérií. (PÁSKOVÁ, 2008).

Z hlediska prostorového určení jsou data poskytována v souřadnicových systémech S-JTSK, WGS84/UTM, případně v S-42/1983 a výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání.

V minulosti byl ZABAGED rozdělen na 2 kategorie – vektorový ZABAGED/1 a rastrový ZABAGED (který odpovídal rastrové základní mapě 1:10 000)

3.2 Digitální ortofoto České republiky

Digitální ortofota České republiky poskytuje Zeměměřický úřad v rozsahu celého státního území. Snímkování probíhá pravidelně v *tříletém cyklu*. Aktualizovaná ortofota jedné třetiny republiky – tzv. *pásmo západ* jsou pak k dispozici od 9. ledna 2009. (www.cuzk.cz)

Stručná charakteristika digitálních ortofot ČR:

Měrná jednotka: 1 mapový list v kladu Státní mapy 1:5000

Formát: TIFF, JPEG, MrSID

Rozlišení: velikost pixelu 0,5 m (Hustota 508 dpi*)

Celkový počet mapových listů : 16 299.

Plocha území zobrazeného na mapovém listu : 5 km²

Data jsou georeferencována po mapových listech v souřadnicovém systému S-JTSK pomocí textového souboru tfw(jgw, sdw).

Z webových stránek Českého statistického úřadu je pak možno stáhnout i georeferencovaný klad listů v S-JTSK pro celou ČR ke stažení ve formátech DGN (*Microstation*), DXF (*Corel Draw, AutoCAD, OCAD.*) a SHP (*ArcGIS, Quantum GIS, Grass GIS.*). (www.cuzk.cz)

Digitální ortofota, která byla použita pro účely zpracování práce byla podle podrobných informací (metadat) pořízena na jaře a na podzim roku 2005, aktualizovaná data pak byla vydána k prvnímu lednu 2009, stáří dat však vzhledem k zaměření práce a předpokládanému využití těchto leteckých snímků (přesná vektorizace břehovky Orlické nádrže) hraje jen zanedbatelnou roli.

3.3 Státní mapa 1:5000 – odvozená

je nejrozšířenější druh mapy státního mapového díla měřítko 1 : 5 000. SMO5 je složena z těchto mapových děl:

- Základní mapa 1 : 5 000 doplněná výškopisem,
- Technickohospodářská mapa 1 : 5 000
- Pozemková mapa vojenského újezdu 1 : 5 000,

Souřadný systém je S- JTSK (Souřadnicový systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální), výškový systém baltský - po vyrovnání (Bpv). Rám je pravoúhlý vymezený souřadnicovou sítí S- JTSK (zobrazená plocha listu je 2,5 x 2,0 km². SMO5 obsahuje polohopis, výškopis, popis a mimorámové údaje. (Miklošík, 1997)

3.4 Topografická mapa 1:10 000

Původcem mapy je Ústřední správa geodézie a kartografie. Mapováno bylo během let 1958 - 1971 celé československé území s výjimkou důležitých národohospodářských oblastí, kde byla zpracována topografická mapa 1:5000

Referenční plochou pro zpracování TM10 je Elipsoid Krasovského, jednotnou zobrazovací soustavou bude příčné konformní válcové zobrazení v mezinárodní úpravě se šestistupňovými poledníkovými pásy (měřítko 1:10 000 až 1:500 000) a se třístupňovými pásy pro mapy v měřítku větším. Systém souřadnic navázaný na sovětský "systém souřadnic 1942" nazývá se v ČSR "souřadnicový systém 1952". Počátkem výpočtu výšek na území ČSR bude základní výškový bod Lišov, vztažený na nulu kronšadtského vodočtu v SSSR (výškový systém se nazývá "baltský").

TM10 obsahuje velice podrobný polohopis (odvozený z nejpodrobnější Topografické mapy 1:5000 její mírnou generalizací): Zobrazují se sídla, nejrůznější druhy budov v různém stavu (zařízení průmyslových a těžebních podniků, vodovodní zařízení. Podrobně se vyznačují se železnice a silniční komunikace (vč. krytu) a cesty s charakteristikou sjízdnosti a umístění v terénu, mosty, průsmyky aj. Zobrazují se též vodní toky a kanály i zařízení na tocích. Břehová čára a břehové charakteristiky. Vodní toky užší než 3 m i s charakteristikami. Dále se zobrazuje klasifikovaná zemědělská půda. Správní hranice, hranice porostů, užívání a rezervací. Zdi, ohrady a ploty. Rozmanité druhy lesů a jiného porostu, dále křoviny a hlavní druhy půd. (Šídlo, 197-?)

3.5 Topografická mapa 1:25 000

Původcem mapy je Generální štáb československé lidové armády. Během let 1958 – 1971 bylo zmapováno celé československé státní území.

Referenční plochou pro zpracování TM10 je Elipsoid Krasovského, jednotnou zobrazovací soustavou bude příčné konformní válcové zobrazení v mezinárodní úpravě se šestistupňovými poledníkovými pásy (měřítko 1:10 000 až 1:500 000) a se třístupňovými pásy pro mapy v měřítku větším. Systém souřadnic navázaný na sovětský "systém souřadnic 1942" nazývá se v ČSR "souřadnicový systém 1952". Počátkem výpočtu výšek na území ČSR bude základní výškový bod Lišov, vztažený na nulu kronšadtského vodočtu v SSSR (výškový systém se nazývá "baltský").

TM25 poskytuje svým zaměřením všeobecnou orientaci v území, přičemž mapa zobrazuje:

- Městská a venkovská sídla, Situační předměty v sídlech i mimo ně: (např. tovární komíny, čerpací stanice, letiště, , polohopisné a výškopisné pevné body, kaple, produktovody aj.)
- Železnice (i elektrifikované) Mosty, tunely, lanovky přejezdy a další
- Silnice, cesty a stezky (hlavní spojovací cesty, polní cesty , mostky, ohrady aj.
- Správní hranice a hranice přírodních rezervací
- Potoky a řeky. Brody, přívozy a mosty, prameny, dále kotviště, isobathy s popisem.

- Základní vrstevnice 5 m. Zesílené, doplňující a pomocné vrstevnice. Výškové a hloubkové kóty
- Kultury a jiné porosty: Lesy, jejich stav a druhovost, Sady a vinice, chmelnice, louky, pastviny.
- Mechoviště a různé druhy porostu. aj. (Šídlo, 198-7?)

3.6 Staré letecké měřičské snímky

Staré letecké snímky použité v práci poskytl *Vojenský geografický a hydrometeorologický ústav v Dobrušce*. Ke snímkům se sice nedochovaly *kalibrační protokoly*, avšak informace které se o nich podařilo zjistit jsou následující

Stručné informace o starých leteckých měřičských snímcích:

Měřítko snímků:

- 1: 25 000 - LMS zobrazující Obce Velký Vír, Radava, Křesina a Korce a druhé znázorňující oblast od Těchnic přes Orlické a Zbenické Zlakovice k Solenicím.
- 1:18 000 – LMS zobrazující oblast od horního okraje obce Strouhy přes Podolsko až k spodnímu okraji obce Saník

Rozměr jednotlivých snímků (resp. negativů): 18x18 cm

Rozlišení snímacího zařízení/ podrobnost dat, v jaké byly snímky objednány: 1814 dpi

Ohnisko snímání (≈ konstanta komory) : 210 mm (u všech snímků)

Časové rozmezí a prostorový rozměr pořízení snímků:

- LMS Podolska: foceno 29.5.1949 při výšce letu 4200 metrů a ohnisku snímání 210 mm
- LMS oblasti kolem Velkého Víru: foceno 29.8.1952 při výšce letu 5250 metrů a ohnisku snímání 210 mm
- LMS zobrazující oblast od Těchnic po Orlické a Zbenické Zlakovice: foceno 29.8.1952 při výšce letu 5250 metrů a ohnisku snímání 210 mm

3.7 DMT

DMT je množinou reprezentativních bodů, linií a ploch, uloženou v paměti počítače a algoritmus pro interpolaci nových bodů dané planimetrické pozice, nebo pro odvození jiných informací (např. sklon

svahu apod.) (Rapant, 1996)

Měření výšky v pravidelné síti bodů

(čtvercové, hexagonální)

- Měření od referenčního počátku od 0 (tzv . DATUM)
- Presentace jako RASTR, LATICE (prostorová síť výškových bodů)

- DTM je určen pro měření a popisování výšky, ale taky pro funkční povrchy (tzv. 2.5 D) – teplota, tlak

- povrch je popsán komplexně s pomocí: bodových, liniových a plošných geoprvků

- vzniká při použití některých moderních metod sběru digitálních dat – interferometrie, LIDAR, letecké a družicové data (Bravený, 2008)

Digitální modely terénu jsou používány v geoinformatice zhruba od roku 1950 a od té doby jsou neoddělitelnou součástí digitálního zpracování v GIS. Poskytují příležitosti pro modelování, analyzování a zobrazování úkazů souvisejících s topografií a reliéfem terénu. V praxi jsou využívány hlavně analýzy povrchů, které jsou závislé na typu modelu terénu. Celkově se používají tři typy modelů terénu:

1. **Rastrový model** uvádí ke každé buňce hodnotu označující výšku. Předpokládá se jednotná výška na celé ploše buňky.

2. Dalším rastrovým typem terénu je tzv. **lattices**, kde jsou uloženy hodnoty výšky jen v určitých buňkách a výška terénu v ostatních buňkách se vypočítává z nejbližších známých hodnot a ze vzdálenosti od buněk se známou hodnotou výšky.

3. Prostorově nejúspornější jsou **modely TIN**, ve kterých máme povrch aproximován trojúhelníkovou sítí a vrcholy mají přidělenou výšku. Plochu trojúhelníku můžeme považovat za rovinnou, nebo jí přiřadit určitou křivost. Modely terénu využíváme ke zjišťování sklonu terénu (tangenta roviny modelovaného povrchu v libovolném bodě), modelování vrstevnic, identifikaci hřebenů a údolnic, orientaci ke světovým stranám, horizontální a vertikální křivosti a zjišťování viditelnosti. Geomorfologie nejvíce rozpracovává analýzy reliéfu terénu. Analýzy terénu mají uplatnění především v armádě, pro zjišťování eroze půdy, příkonu slunečního záření, atd. (Bravený, 2008)

3.7.1 Používané digitální modely terénu

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 výšky mezi-lehlých 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 na 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 .

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.).

- **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. (Bravený, 2008)

3.7.2 Topo to Raster

Topo to Raster" (topogrid) = vysoce kvalitní interpolační nástroj pro tvorbu a zpřesnění modelu reliéfu užívaný např. při tvorbě hydrologické sítě.

Tento model totiž kombinuje výpočetní přesnost lokálních interpolačních metod jako *IDW* a prostorovou kontinuitu globálních interpolačních metod, jakými jsou *Kriging* nebo *Spline*. Byl specificky navržen pro vytvoření hydrologicky korektního DMT. Algoritmus je primárně přizpůsoben pro práci s vrstevnicovými daty a základní úvaha vychází z předpokladu, že hlavním faktorem, který modeluje tvar terénu, jsou hydrologické procesy.

Prvním krokem je tvorba zjednodušené odtokové sítě identifikací lokálního maxima křivosti v každé vrstevnici a také výpočty maximálních sklonů. Tato informace je potom využita v následné interpolaci DMT a při dalším zpřesnění pomocí identifikace bezodtokých depresí, které nebyly dosud odstraněny.

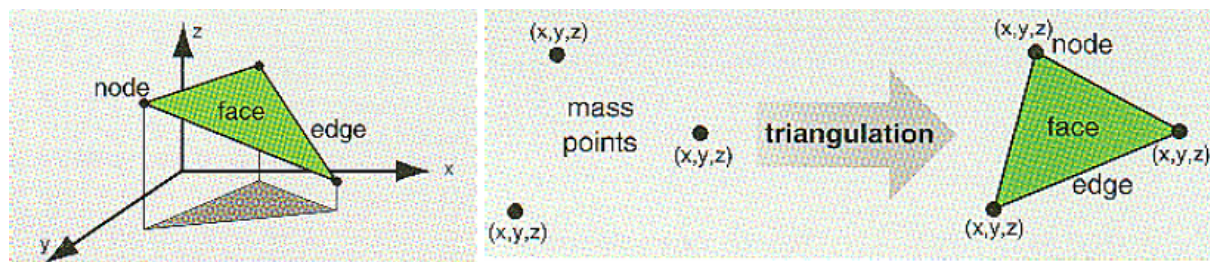
Pro zpřesnění interpolace je možné použít další data, která jsou pro daná území k dispozici. Jedná se zejména o linie toků (směr linií musí být ve směru toku, a to pouze jedna linie pro jeden tok), břehové linie jezer (pokud je známa i nadmořská výška hladiny, je možné ji použít do vstupu s vrstevnicemi), výškové kóty a hranice zájmového území (maska). Součástí výsledků jsou i další podpůrná data (dosud neodstraněné deprese, soubor s parametry apod.). Celkově se jedná o ojedinělý algoritmus, který dokáže velmi zkvalitnit výsledný DMT, ale pouze pokud jsou dobře chápány a definovány všechny parametry. (Bravený, 2008)

3.7.3 TIN

TIN reprezentuje povrch prostřednictvím spojitých, nepřekrývajících se trojúhelníkových plošek (faces).

Vrcholy trojúhelníků vytváří uzly (*nodes*), které jsou spojeny hranami (*edges*). Uzly mají známou hodnotu a jsou zařazeny v topologické struktuře TIN, stejně jako jednotlivé plošky. Body (resp. hrany) by měly probíhat po významných singularitách povrchu. Protože trojúhelníky jsou nepravidelné,

můžeme v oblastech kde je povrch více členitý užít většího počtu bodů. Tím dosahujeme lepší přesnosti modelu. (Bravený, 2008)



Obr. 1 konstrukce TIN (zdroj: Bravený, 2008)

3.8 Souřadnicové systémy na území ČR

Vzhledem nedostatku shodně prostorově ztotožněných dat nutných pro zpracování práce bylo pro zdárné naplnění jejích cílů nutné se seznámit se základními informacemi o použitých souřadných systémech a kladech listů, se kterými je v práci používáno:

3.8.1 Souřadnicový systém S-JTSK

Souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) je definován Besselovým elipsoidem s referenčním bodem Hermannskogel, Křovákovým zobrazením (dvojitě konformní kuželové zobrazení v obecné poloze), převzatými prvky sítě vojenské triangulace (orientací, rozměrem i polohou na elipsoidu) a jednotnou trigonometrickou sítí katastrální. O jednotné trigonometrické síti katastrální se zmiňují v následující kapitole. Křovákovo zobrazení je jednotné pro celý stát. Navrhl a propracoval jej Ing. Josef Křovák roku 1922 (Čada, 2007).

3.8.2 Souřadnicové systémy S-42 a S-52

Dalšími souřadnicovými systémy, které byly v práci využity, jsou Souřadnicový systém S-42 (používá Krasovského elipsoid s referenčním bodem v Pulkavu) a Souřadnicový systém S-52 (tehdejší název v ČSR pro systém souřadnic navázaný na sovětský systém souřadnic 1942). Další informace jsou uvedeny v charakteristice TM10 resp. TM25.

3.9 Geometrické transformace

Rektifikací jak uvádí ve svém díle Dobrovolný (1998) se rozumí obecný proces transformace polohy všech obrazových prvků jednoho souřadnicového systému do jiného systému. Proces rektifikace, během kterého jsou obrazová data transformována do určité kartografické projekce a poloha každého pixelu obrazového záznamu je vyjádřena v systému mapových souřadnic pak nazýváme geokódování (Dobrovolný, 1998) Při dodání informace o absolutní poloze alespoň jednoho obrazového prvku pak hovoříme o georeferencování. (Dobrovolný, 1998). V práci je pak v souvislosti s rektifikací mapových

podkladů do určitého souřadnicového systému případně při jejich rektifikaci z jednoho souřadnicového systému do jiného použít pojem georeferencování.

V této souvislosti je potřeba zmínit se ještě o pojmu ortorektifikace, kterou se rozumí proces, během něhož jsou odstraněny i nepřesnosti vznikající v důsledku relativní změny (velikosti) objektů, jež plyne z jejich různé nadmořské výšky.

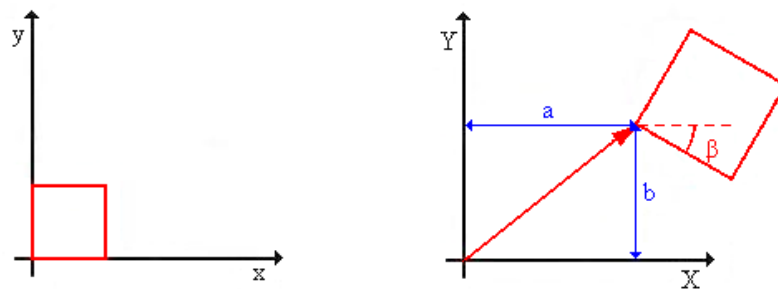
Z druhů transformací se omezíme na tzv. transformaci afinní. Pro upřesnění je zde třeba uvést, že oproti konformní transformaci zavádí afinní transformace změnu měřítka (měřítkový faktor) ve směru osy x a y . (Fajt, 2005). V principu si můžeme přechod z jedné (2D) souřadnicové soustavy do druhé představit ve třech krocích (jejichž pořadí může být libovolné):

- posun počátku soustavy (posun ve směru osy x a y),
- rotace soustavy,
- změna měřítka.

Pro doplnění uveďme, že pro transformace ve 3D jsou kroky stejné, jen proměnných je víc (posuny jsou nyní ve směrech os x , y a z a rovněž rotace soustavy se provádí podle všech tří os).

3.9.1 Afinní transformace

Afinní (polynomická prvního řádu) transformace, jak ve své práci uvádí ŠILHAVÝ (2007), v sobě zahrnuje tři základní operace - posunutí počátku, otočení souřadnicových os o určitý úhel a změnu měřítka. Vychází přitom z předpokladu, že koeficienty charakterizující tyto operace jsou konstantní v celé transformované oblasti.



Obr. 2 Afinní transformace (zdroj: Fajt, 2005)

3.9.2 Transformace obrazu metodou „spline“

Tento typ transformace obrazu popisuje web pro uživatele Aplikace ArcGIS 9.3 jako metodu deformace typu „*ruber sheeting*“, která je optimalizována pro lokální avšak nikoliv globální přesnost. Je založena na funkcích *spline*, což jsou částečně polynomická funkce, která zachovávají spojitost a hladkost mezi přilehlými polynomy. *Spline* transformují zdrojové body přesně do cílových kontrolních bodů. U pixelů, které jsou vzdálené od kontrolních bodů, pak přesnost není zaručena. Tato trans-

formace je užitečná, pokud jsou kontrolní body důležité a je vyžadováno, aby byly přesně zaregistrovány. Přidáním více bodů lze zvýšit celkovou přesnost transformace typu *spline*. (ESRI, 2009)

4. Data a metodika

4.1 Úprava vstupních dat

4.1.1 Úprava SMO5

S každým z mapových listů Stání mapy – odvozené 1:5000 (dále jen *SMO5*) po oskenování byly provedeny v aplikaci Adobe Photoshop následující úpravy:

- *Zvýraznění obrazu + prvotní ořez mapy*
- *Úprava polohy mapy na mapovém listu natočením pro následnou snazší rektifikaci*
- *Finální ořez mapového listu*

Nejprve byla u každého rastru provedena úprava vedoucí k věrnějšímu podání barev a to volbou (z panelu nástrojů): *Obraz – Přizpůsobení - Barvy automaticky*.

V druhé fázi byl na obraz aplikován filtr *Doostřit (Filtr-Zostřeni-Doostřit)* s následujícími parametry:

Míra: 70%,

Poloměr: 30 obr. bodů,

Práh: 0 úrovní

V poslední fázi pak byl, nyní ještě stále vodorovně nesrovnaný obraz nhrubo oříznut pro pozdější snazší manipulaci a nižší HW náročnost (*Panel nástrojů aplikace – ořez*)

Následně byl každý snímek pomocí nástroje *Obraz – Natočit plátno – O jiný úhel...* srovnán takovým způsobem, aby hlavní kontrastní hrana spodní podstavy byla rovnoběžná se spodním (vodorovným) okrajem pracovního okna, přičemž zároveň byly ponechány 2 pixely jako rezerva pro budoucí rektifikaci. S minimální ztrátou kontrastu danou algoritmem natočení, který aplikace používá bylo tímto způsobem (tj. „narovnáním celého snímku“) docíleno podstatně snazší práce při následném georeferencování a tvorbě mozaiky ze vstupních dat (historických map). Následně byl poté ještě snímek finálně oříznut.

¹Samotný pojem „rubber sheeting“ je zde vysvětlen jako procedura pro adjustaci souřadnic všech datových bodů v datasetu, jež dovolí přesnější shodu mezi body a objekty pomocí natažení, smrštění nebo změny orientace jejich nespojitých linií (ESRI, 2008)

4.1.2 Úprava starých LMS

S původně relativně nekонтastními a neostrými snímky byly v souladu s postupy užívanými v DPZ (viz výše) provedeny z důvodu potřeby zkvalitnění poskytované obrazové informace při následné rektifikaci následující 2 úpravy:

- zostření hran
- zvýraznění obrazu

Zostření hran bylo provedeno v software *PCI Geomatica* pomocí nástroje *Edge sharpening*, síla filtru (velikost filtrační matice) byla nastavena na 5x5 (jedná se kompromisní řešení mezi zlepšením čitelnosti a velikostí zrna, které se po filtraci objevilo). Filtrace pak byla provedena přímo do snímku.

Zvýraznění obrazu bylo provedeno v aplikaci *Adobe Photoshop* pomocí nástroje *Expozice (Exposure)* (*Obraz – přizpůsobení – Expozice*) přičemž ortofoto Podolska bylo upraveno podle parametrů mírně odlišných od zbylých dvou snímků z důvodu odlišné doby pořízení snímku (jiné světelné podmínky)

4.1.3 Doplnění a oprava vstupních vektorových dat

Shapefile s vrstevnicemi, který byl na základě objednávky obdržel od Českého úřadu zeměměřičství a katastru bohužel nepokryval celé zájmové území vymezené LMS a byl proto stažen ve formátu dgn (CAD) z školního serveru..

Vlastní proces konverze z tohoto formátu probíhal v aplikaci ArcGIS následujícím způsobem. Požadované shapefile v kladu listů ZM10 a formátu dgn byly pomocí konverzní funkce z katalogu nástrojů nejprve hromadně převedeny do nově založené personální geodatabáze (*ArcToolbox – Conversion Tools – To Geodatabase – Import from CAD*), přičemž jako *Input files* byly zvoleny požadované dgn soubory s výškopisem, a jako *Spatial reference* byl vybrán souřadný systém S-JTSK_Krovak_East_North. Následně byla z vytvořené personální geodatabáze vybrána vrstva s liniovým shapefile vrstevnic a textová vrstva *entity* (obsahující informace o nadmořských výškách vztažených k danému shapefile) a následně byly atributy, které se zde nacházely, pomocí volby *Join attribute from table* (zadaným na tomto liniovém shapefile) propojeny s daným shapefile. Tato nová vrstva s připojenými informacemi byla následně uložena jako nový shapefile (*Data - Export data*), takže s ní bylo možné dále pracovat. Na závěr pak byly z atributové tabulky odstraněny přebytečné sloupce (*Delete Field*)

V měřítku náhledu 1:1000 byla podle aktuálních digitálních ortofot dále provedena oprava stávající břehovky novou vektorizací a uložena v personální geodatabázi v systému souřadnic S-JTSK.

V pozdějších krocích pak byla v rámci jednotlivých územích břehovka zgeneralizována především za účelem převedení této linie na vrstevnici (přiřazena nadmořská výška hladiny) potřebnou při tvorbě historického DMR i pro zpřesnění stávajícího modelu ZABAGED pro vizualizaci současného stavu pomocí ORTOFOT.

4.2 Georeferencování rastrových dat / mapových podkladů

4.2.1 Georeferencování listů Státní mapy 1:5000 - odvozené do S-JTSK

Afinní transformace každého mapového listu Státní mapy odvozené 1:5000 (1. vydání) byla provedena podle 4 vlíčovacích bodů převzatých z vektorového kladu listů SMO5, který byl stažen z webu Českého úřadu zeměměřického a katastrálního. (jedná se o průsečíky linií tvořící samotný klad listů a které ohraničují každý mapový list) Těmto bodům na zdigitalizované rastrové předloze odpovídají souřadnice rohů příslušných mapových listů. (označení bylo převzato z názvu oskenovaného mapového listu – např. Písek 5-0 odpovídá stejnému označení ve vektorovém kladu listů SMO5)

4.2.2 Georeferencování listů Topografické mapy 1:25 000 do kladu listů TM25

v systému souřadnic S-42

Vzhledem ke skutečnosti, že souřadnicový systém S-52 není v aplikaci ArcGIS 9.3 přímo definován (s tímto systémem však počítá např. program MATKART prof. Veverky) bylo pro potřeby práce - tj. pro zjištění 4 vlíčovacích bodů potřebných pro následnou *afinní transformaci* mapového listu TM25 - využito souřadnicového systému S-42, který je systémem souřadnic S-52 nejpodobnější. Oba tyto souřadnicové systémy totiž převádějí bod ležící na *Krasovském elipsoidu* do roviny *Gaussova zobrazení* (S-42, vypočtený na základě astronomických měření je pak oproti S-52 výrazně přesnější). Vektorová vrstva kladu listů topografických map umístěná v systému souřadnic S-42 byla stažena ze školního serveru a samotná afinní transformace každého mapového listu byla provedena podle 4 vlíčovacích bodů přejatých z vektorového kladu listů TM25 (více viz georeferencování SMO5). Těmto bodům na zdigitalizované rastrové předloze odpovídají souřadnice rohů příslušných mapových listů (označení bylo převzato z názvu oskenovaného mapového listu – např. M-33-89-A-d (Orlík) – odpovídá ve vektorovém kladu listů TM25 označení M-33-89-A-d)

4.2.3 Georeferencování listů Topografické mapy 1:10 000 do kladu listů TM10

v systému souřadnic S-42

V případě Topografické mapy 1:10 000 bylo nutné z důvodu absence požadovaného kladu listů kladu listů TM10 využít *java appletu* (Bayer, 2006) dostupného z :

<http://www.natur.cuni.cz/~bayertom/Sw/Applets/Gauss/appletgauss.html>, pomocí kterého byly známé hodnoty úhlových souřadnic rohů mapových listů (zeměpisné šířky a délky) převedeny na souřadnice bodu ležícího v Gaussově zobrazení v rovině (X,Y), které byly následně uloženy do tabulky a z ní poté pomocí funkce *Add X-Y data* (při tomto kroku je nutné zaměnit souřadnici X za Y a opačně) zobrazeny v prostředí ArcGIS následně exportovány (jako bodová vrstva) do personální geodatabáze v systému *souřadnic S-42 Pulkovo Zone 3N* (správný název souřadnicové-

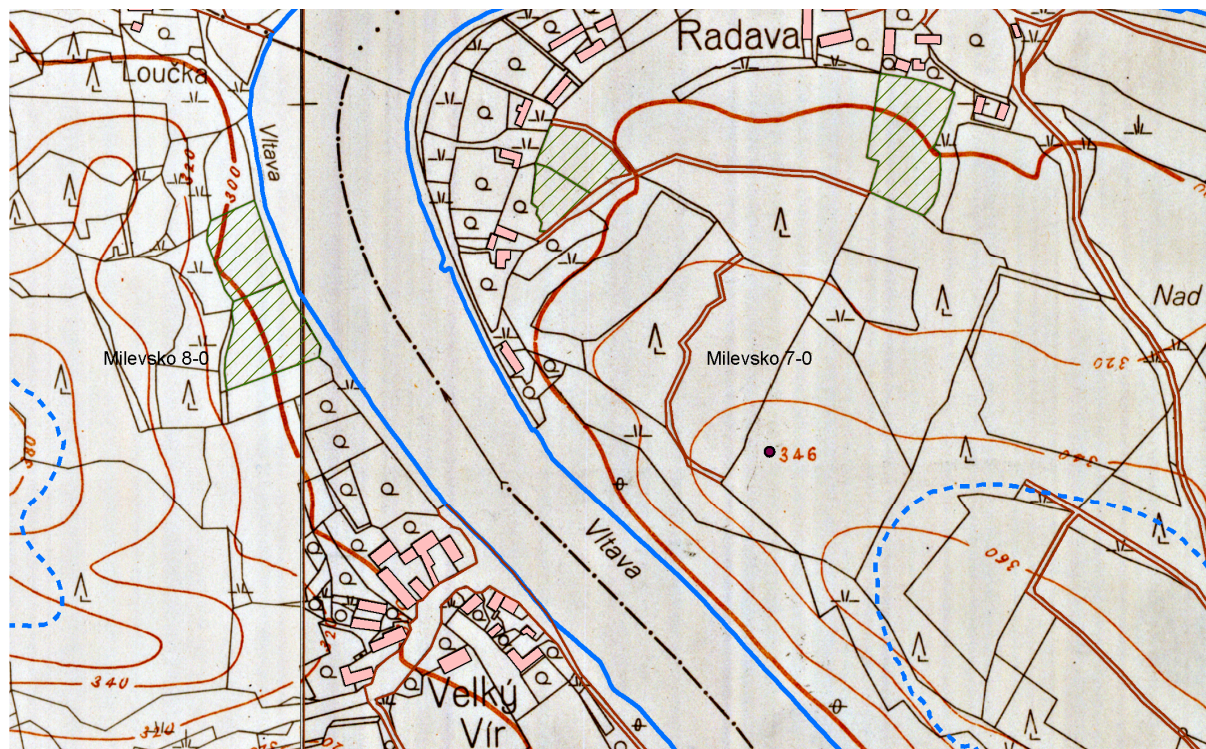
ho systému v aplikaci ArcGIS 9.3, který odpovídá svými rovinnými i úhlovými souřadnicemi výsledkům obdržným z tohoto modulu, důležitá je především správná definice zóny). Tyto body byly následně vektorizací propojeny linií (s využitím funkce *snapping*)

4.3 Vektorizace krajinných prvků ze SMO5 potřebných pro následnou rektifikaci ORTOFOT

Nejprve byly z georeferencovaných (v systému souřadnic S-JTSK) mapových listů SMO5 zvektorizovány do *personálních geodatabází* hlavní prvky krajiny s důrazem na ty prvky, které měly být použity při samotné následné rektifikaci starých LMS a dále prvky, které sloužily k jednoduché kontrole této rektifikace (pohledem). Dle legendy se jedná o prvky land use, vodstvo a dále komunikace a sídla.

Komunikace, které jsou dle legendy (Příloha č. 1) tvořeny dvojími liniemi, byly po vektorizaci pomocí generalizační funkce *Collapse Dual Line to Centre line* dále zjednodušeny a odpovídajícím způsobem vyhlazeny (*Simplify line, Smooth line* s obdobným nastavením, s jakým byla provedena generalizace břehovky). Toto nastavení se totiž ukázalo být kompromisním řešením pro toto měřítko a pro střední vzdálenost sousedních vertexů (5 – 10 metrů).

Za *shapefile*, který se při následném zpracování snímků nejvíce podílel na jejich rektifikaci, pak lze označit v legendě neoznačenou vrstvu *polí, mýtin a remízků* (pracovní název v legendě neoznačené kategorie).



Obr. 3 Ukázka vektorizace SMO5 - Velký Vír (zdroj: Ústřední archiv zeměměřictví a katastru)

Následně byla v atributové tabulce nově (vytvořenému) liniovému znaku historického koryta ještě doplněna hodnota s nadmořskou výškou. (resp. doplněna do nově vytvořeného sloupce „*Elevation*“) podle postupu, který je uveden v následující části práce.

Zvektorizovaný obsah SMO-5 byl následně funkcí *Project* z katalogu nástrojů aplikace ArcGIS (*Arc-Toolbox – Data Management Tools – Projections and Transformations – Feature - Project*) převeden ze systému souřadnic S-JTSK (*Krovak East North-Negative*) do souřadnicového systému S-42 (*S-42 Pulkovo Zone 3N*). Při převodu pracuje tato aplikace se 7-prvkovou *Bursa-Wolfovou metodou*, jak uvádí ve svém článku Cajthaml a Krejčí (2008) a její přesnost dosahuje na území ČR 1 – 3 metry (Fajt, 2005)

4.4 Odvození výškopisu ze starých map

4.4.1 Odvození průběhu starého říčního koryta z SMO5, stanovení nadmořské výšky toku

Vzhledem k tomu, že pro místa pod hladinou není k dispozici digitální model reliéfu, bylo nutné jej na základě dostupných znalostí o tvorbě DMR (digitálního modelu reliéfu) nově vytvořit. K tomuto účelu dobře posloužily oskenované georeferencované listy SMO5, ze kterých bylo koryto zvektorizováno a byla mu v atributové tabulce přiřazena odpovídající nadmořská výška, jejíž hodnota byla převzata jak z SMO5, tak v místech, kde to vzhledem k chybějícím datům nebylo možné, i z TM25. Při této metodě je třeba přihlídnout k faktu odlišných výškových systémů (Baltský pro TM25/ Balt po vyrovnání pro SMO5)

4.4.2 Odvození nadmořské výšky hladiny starého toku Vltavy z SMO5 a TM25

Samotná nadmořská výška hladiny starého toku Vltavy pak byla odvozena jako průměr nadmořských výšek z maximální a minimální hodnoty u 2 kótovaných bodů vyznačených na Topografické mapě 1:25 000 (S-52), které se nacházely v přibližně v rozsahu definovaného území (daného rozsahem následně zrektifikovaných ORTOFOT resp. zadáním práce)

Na území Podolska je tato hodnota nejednoznačná, přejata byla proto hodnota kótovaného bodu ze SMO5, který se na mapě nachází nejbližší hladiny a to 331 m n. m.

Na území vymezeném obcemi Velký Vír - Radava - Podskalí byla zvolena hodnota 288 jako průměr maxima (290.5 m n. m.) a minima (286.5 m n. m.) a mezi obcemi Těchnice a Orlické a Zbenické Zlakovice pak hodnota 282 jako průměr z hodnot 283.5 m n. m. a 280.5 m n. m.².

Dále byly pro zpřesnění interpolace převzaty body s nadmořskou výškou, která jim byla přiřazena podle vrstevnice (zanesené v Topografické mapě 1:25 000 resp. 1:10 000), na které se nacházely. Hustota bodů je odlišná a závisí na morfologických charakteristikách reliéfu – vyšší hlavně v hluboce zaříznutých údolích přítoků, které se vlévají do Vltavy a kde je vliv (liniových znaků) původního koryta v kombinaci s břehovkou na interpolaci minimální. Opatrnost při vektorizaci byla potřebná hlavně u bodů ležících v okolí břehovky, zde je nutné body volit s uvážením na výsledný sklon svahu a v dostatečné vzdálenosti s přihlédnutím k dané výšce vrstevnice (např. nepřekračovat minimální vodorovnou vzdálenost přibližně rovnou 1,5 násobku vertikálního převýšení na této vzdálenosti apod.) Přesněji byl výškopis interpolován tam, kde byly body tvořících výškopis převzaty z mapových listů TM-10, které stačily být zhotoveny ještě přes samotným napuštěním nádrže Orlické přehrady (jedná se o oblast mezi územím ležícím severně nad Těchnicemi po Orlické a Zbenické Zlakovice). Ostatní body pak byly převzaty z TM25.

Vzhledem k tomu, že tyto body byly získány z rastrových podkladů umístěných (zrektifikovaných) v souřadném systému S-42 (TM25) resp. Pulkovo S-42 pro 3. zónu (TM10) byla pro korektní provedení interpolace nutná jejich konverze do souřadnicového systému, ve kterém byly i ostatní shapefile (historické koryto Vltavy (SMO5), Vrstevnice z vrstvy ZABAGED a břehovka), tj. do S-JTSK. V posledním kroku této fáze byla pomocí funkce *Topo to Raster* provedena samotná interpolace nadmořských výšek historického koryta a břehovky s využitím vnitřních polygonů současného rozlivu nádrže. (viz dále)

4.5 Rektifikace starých leteckých měřičských snímků

Geometricky korektní metodou transformace leteckých snímků je jejich prostorová 3D transformace (tzv. ortorektifikace) ve specializovaném software pro DPZ, který kromě plošně ztotožněných bodů počítá a prostorově ztotožňuje i vertikální body (při automatickém přejímání jejich výšky z odpovídajícího *DMR*). Ke každému snímku je pak zapotřebí i tzv. Kalibrační protokol, kde jsou obsaženy kromě parametrů snímací sestavy (ohnisková vzdálenost, souřadnice hlavního snímkového bodu a rámových značek) i prvky zkreslení optiky (v programu *PCI Geomatica* označené jako *Fiducial marks/ Point*)

Pro potřeby zpracování práce a naplnění zadání, kde není požadavkem absolutní polohová a hlavně výšková přesnost (která ani nemůže být z důvodu chybějícího polohově přesně určeného výškopisu uvnitř Orlické nádrže) však bylo z důvodu chybějících kalibračních protokolů využito jednodušší

² je třeba se zmínit o skutečnosti, že vojenské topografické mapy použité v práci pracují s výškovým systémem Baltským (hlavní výšková hladina odvozena od Jadranu), zatímco SMO5 a ZABAGED s výškovým systémem Balt po vyrovnání a přibližný přepočítání mezi systémy je Bpv (Balt po vyrovnání) = Jadran - 40 cm

metody, kdy byly letecké snímky pouze georeferencovány, tj. transformovány pouze v souřadnicích X a Y (šířka a délka) a to za pomoci dostatečného počtu vlíčovacích bodů (potřebných pro metodu transformace typu *spline*). Samotný postup transformace snímku je uveden níže:

4.5.1 Rektifikace LMS v prostředí aplikace ArcGIS:

- 1) Načtení netransformovaného zdigitalizovaného leteckého snímku do aplikace ArcGIS.
- 2) Načtení vektorové vrstvy se zvektorizovaným polohopisem SM05 převedeným ze systému souřadnic S-JTSK (v němž byla provedena samostatná vektorizace) do systému souřadnic S-42 (tj. souřadnicového systému, do něhož budou letecké snímky následně transformovány)
- 3) Pomocí nástroje *Fit to Display* z panelu *Georeferencing* byly obě vrstvy položeny na sebe (registrovány) a následně byl aktivován nástroj *Add Control Points*, který poslouží pro následné propojení polohově identických bodů (tj. pro nalezení tzv. vlíčovacích bodů), s jejichž pomocí bude vlastní rektifikace provedena.
- 4) Nejprve byly nalezeny body na leteckém snímku a ty byly poté pomocí patřičného nástroje (*Add Control Points*) propojeny s body nacházejícími se na vektorové vrstvě. Vybráním možnosti *View Link Table* z panelu *Georeferencing* byla zobrazena tabulka obsahující jednak polohy vlíčovacích bodů na netransformovaném snímku (tj. v pixelových souřadnicích) tak v souřadnicích (X, Y) na vektorové předloze v systému souřadnic S-42. Dále se zde nachází informace o *reziduální chybě (Total RMS Error)* dané residuálním součtem čtverců odchylek u jednotlivých bodů (vážené průměry) a možnost nastavení automatické úpravy polohy snímku při rektifikaci (*Auto Adjust*). Tato možnost byla aktivována.
- 5) Maximální velikost *reziduální chyby* byla zvolena 5 m pro metodu polynomické transformace 3. stupně v případě Ortofota zobrazujícího Podolsko (měřítko snímaného území je 1:18 000) a 6 m v případě Ortofot zobrazujících Oblasti Velkého Víru – Křesiny a Těchnice – Orlických a Zbenických Zlakovic (měřítko snímaného území je 1:25 000). Velikost této chyby byla u všech snímků dodržena (její velikost se pak pohybovala od 4,8 m v případě ortofota zobrazujícího Podolsko do 5,5 m v případě ortofota zobrazujícího Těchnice a Zlakovice)
- 5) Pro samotnou metodu transformace snímků byl vybrán speciální typ rektifikace a to transformace typu *spline* (velikost reziduální chyby v tomto případě aplikace ArcGIS nezobrazí, resp. její hodnota je rovna nule)
- 6) Následně bylo pomocí volby *Rectify* otevřeno okno pro samotnou rektifikaci snímků. Zde byl zvolen typ převzorkování obrazu při změně jeho velikosti a polohy (*Resample Type: Cubic Convolution*) a dále formát výstupního rektifikovaného obrazu (*Format: TIFF*).

4.6 Tvorba DMR v zaniklém údolí Vltavy a interpolace vrstevnic pro tvorbu výsledného TIN

Před samotnou interpolací bylo ještě potřeba vytvořit hraniční polygony, ve kterých bude funkcí *Topo to Raster* reliéf Interpolován a následně spojen se současnou vrstvou a to především z důvodu následné snazší a názornější generalizace těchto (dnes zatopených míst) a zachování přesnosti původního ZABAGED.

4.6.1 Vytvoření vnitřních polygonů uvnitř současného rozlivu nádrže pro vymezení následné tvorby DMR

- 1) Načtení shapefile představujícího průběh toku staré Vltavy před zatopením Orlickou nádrží, který byl zvektorizován z SMO5.
- 2) Načtení břehové čáry zvektorizované z aktuálních leteckých ofot (z roku 2005)
- 3) Nástrojem *Copy Parallel* v zapnuté editační fázi byla zvlášť pro pravou a zvlášť pro levou břehovku vytvořena paralelní linie ve vzdálenosti 5 m od stávající (s nastavením *Side: Left/Right* podle orientace původního vektoru, nastavením „*Corners*“ na *Bevelled* pak bylo dosaženo zaoblenějších rohů, ostatní nastavení pak byla ponechána) a byla dále odstraněna původní břehová linie. Tento krok je potřeba pro tvorbu *bufferové zóny*, která se pozitivně způsobem uplatní při následné interpolaci DMR)
- 4) Pomocí funkce *Merge* z katalogu nástrojů (*ArcToolbox – Data Management Tools – Merge*) byla tato nová břehové linie propojena s historickým korytem Vltavy a následně byly v editační fázi v rámci jednoho shapefile na odpovídajících stranách (tj. levostranný průběh břehovky s levostranným průběhem starého koryta Vltavy a opačně) propojeny břehová linie Orlíka s průběhem starého koryta Vltavy do jedné uzavřené linie. Při této fázi byla hojně využita funkce *Split Tools* z panelu *Editor*. A Dále funkce *snapping* s nastavením na *vertexy* (pro propojení konců shapefile). Před ukončením editační fáze pak bylo pomocí funkce *Merge* docíleno korektního propojení jednotlivých částí shapefile, aby mohly být v následující fázi korektně převedeny na polygon vymežující území pro tvorbu historického DMR.
- 5) Funkcí *Feature to Polygon* z katalogu nástrojů (*ArcToolbox – Data management Tools – Features - Feature to Polygon*) byl tento nově vytvořený shapefile převeden na Polygon, čímž vznikl polygon, který byl následně použit k vymezení (ohraničení) oblastí pro tvorbu DMR.

4.6.2 Tvorba zaniklého DMR nacházejícího se v dnešní době zatopených oblastech

Do aplikace ArcGIS byla postupně u každé z oblastí načtena vrstva se spojenou břehovou linií současné Orlické přehrady s tokem staré Vltavy a dále vrstva nově vzniklého vnitřního polygonu.

Poté byla provedena samotná interpolace. Z katalogu nástrojů aplikace ArcGIS byla vybrána funkce **Topo to Raster** (*ArcToolbox – Raster Interpolation – Topo to Raster*) a pracovní shapefile byly pro provedení následné interpolace nastaveny následujícím způsobem:

Kombinovaný shapefile Břehovky s historickým korytem byl vybrán jako stěžejní pro tvorbu DMR, v poli *Field* byl vybrán sloupec s nadmořskými výškami a jako type nastaveno **Countour**

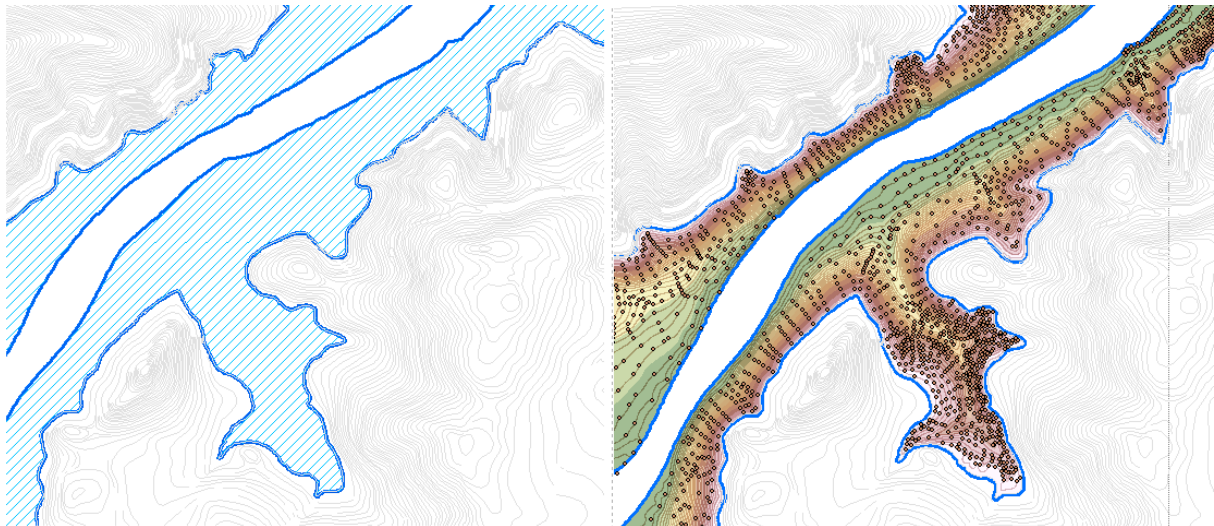
Kótované body odvozené ze zdigitalizované TM10 a TM25 byly dalším prvkem zahrnutým do interpolace reliéfu a kromě sloupce s nadmořskou výškou těchto bodů u nich bylo jako *type* nastaveno **Point elevation** (tedy „body výzdvihu“)

Jako poslední parametr funkce byla vybrána *polygonová vrstva vymežující samotné (vnitřní) území na kterém má být interpolace omezena*, a jako *type* bylo vybráno **Boundary**.

Pozn.: hodnota velikosti buňky výsledného rastru (*Cell size*) pak byla u každého území nastavena odlišně („2“ v případě Podolska, „5“ v případě oblasti (vymezené leteckým Ortofoto) Velkého Víru a „3“ v případě oblasti mezi Těchnicemi a Orlickými a Zbenickými Zlakoviciemi.

Tato záměrná generalizace funkcí *Topo To Raster* vytvořeného DMR byla provedena především z důvodu omezení výskytu výškopisných chyb, které vznikly při následném vygenerování vrstevnic z tohoto DMR. Příčina spočívá s největší pravděpodobností v nerovnoměrnosti zanesených kótovaných bodů z TM10 i TM25, se kterou si algoritmus, na jehož základě funkce *Countour* generuje z výsledného DMR vrstevnice, nedokázal poradit, tato problematika je dále k diskusi, je však již nad rámec této práce.

Po provedení samotné interpolace byly z vytvořeného *gridu* vygenerovány vrstevnice (*ArcToolbox 3D Analyst – Raster Surface – Contour*) s intervalem 2 m v případě Podolska (interval, shodný s intervalem okolního ZABAGED, zde byl zvolen pro dosažení pokud možno co největší přesnosti a plynulé návaznosti výsledného DMR) a 4 m v případě oblastí Velký Vír/Křesina a Těchnice/Orlické, Zbenické Zlakovice. Toto dodatečné zjednodušení bylo s ohledem velikost buněk nastavenou v předchozím kroku provedeno především z důvodu snížení celkové hardwarové náročnosti vytvořeného TIN, tvořícího základ výsledných pohledových scén.



Obr. 4 Polygon uvnitř Orlické nádrže pro vymezení tvorby historického DMR s vodním tokem a interpolovanými vrstevnicemi z historického DMR

Následně byla provedena při aktivované editaci generalizace a vyhlazení vrstevnic: (*Tools-Editor Toolbar* s aktivovaným panelem *Advanced Editing* (pokročilé editace) *Generalize: maximum allowable Offset: 0,25* (nejvhodnější se ukázalo nastavení hodnoty v rozmezí 0,2 – 0,3, přičemž tato úprava se pozitivním způsobem projevila na HW náročnosti následné modelace zaniklého reliéfu vystihujícího průběh starého údolí Vltavy a to při nepatrné ztrátě informace) a *Smooth: Maximum allowable offset: 0,000005*)

Toto zjednodušení a následné vyhlazení vrstevnic bylo provedeno hlavně z důvodu velké podrobnosti a HW náročnosti výsledného liniového *shapefile* (jednotlivé následující *vertexy* tvořící vygenerovaný *shapefile* jsou od sebe přibližně vzdáleny o vzdálenost odpovídající velikosti buňky rastru, což je při velikosti 2 (3) m nadbytečná přesnost (oproti okolnímu ZABAGEDU). Dále byly odstraněny ostatní topologické chyby výškopisu (nezřetelné úseky vrstevnic) a vrstevnice, které v oblastech velkého zakřivení břehu přecházely přes břehovku.

Až poté byly vrstevnice ořezány (*ArcToolbox – Analysis Tools – Extract - Clip*) na menší části dle rozsahu zpracovávaných území. Před spojením jednotlivých vrstevnic je užitečné převést všechny *shapefile* znázorňující výškopis (tj. *vrstevnice vygenerované z historického DMR a břehovku před spojením s vrstevnicemi ZABAGED*) na *3D shapefile*, kdy samotná funkce je dostupná ze samotného hlavního ovládacího panelu této extenze (*3D Analyst - Convert Features to 3D*), kde se jako *Input feature attribute* vybere sloupec s nadmořskou výškou. Toto je vhodné kvůli srovnatelnosti vizualizace jednotlivých dat v rozhraní *ArcScene* (aktuální ZABAGED toto má tuto tzv. „hodnotu Z“ již definováno)

V dalším kroku byly pomocí funkce *Merge* (*ArcToolbox – Data Management Tools – General - Merge*) spojeny vrstevnice z vrstvy ZABAGED s nově interpolovanými z vytvořeného DMR

Před provedením tohoto kroku však je ještě potřeba ztotožnit atributové tabulky obou vrstev tak, aby výsledné reliéfy měly přiřazenu nadmořskou výšku ze stejného sloupce (*Elevation*). Při automatické tvorbě izohyps z historického *DMR* je však tento sloupec pojmenován *CNOUTOUR*, je proto potřeba vytvořit nový sloupec s korektním názvem (*Elevation*) a hodnoty do něj (v editační fázi) zkopírovat a původní sloupec poté smazat.

4.6.3 Konverze výškopisu do souřadnicového systému S-42

Vzhledem k tomu, že rastrová data využitá jako obrazové podklady pro finální vizualizaci (staré letecké snímky) jsou georeferencována v souřadnicovém systému *S42 Pulkovo Zone 3N* (vlastní vlíčovací body jsou však přebírány z *SMO5 (S-JTSK)* a následně transformací souřadnic převedeny do tohoto zobrazení), je nezbytné převést do tohoto souřadnicového systému i výškopis reprezentovaný prostorovým souborem vrstevnic. (*Data Management Tools – Projections and Transformations – Feature – Project*)

4.6.4 Územní vymezení oblastí pro trojrozměrnou vizualizaci

Následně byla v aplikaci ArcGIS na podkladu zrektifikovaných leteckých snímků (*S42 Pulkovo Zone 3N*) do polygonových vrstev zvektorizována území, představující hraniční oblasti výsledné vizualizace.

Při definování těchto oblastí je potřeba splnit tyto podmínky

- a) v rámci jednotlivých ortofot se musí jednat o spojitá zobrazená území, která zahrnují všechny obce definované v cílech práce (tj. na LMS č. 1 jde o Podolsko a okolí, na LMS č. 2 o Velký Vír, Podskalí, Radavu, Křesinu a na LMS č.3 o Těchnici a Orlické a Zbenické Zlakovice)
- b) Z důvodu reálnosti HW řešení vizualizace (možnosti daný výsek krajiny správně a vcelku počítačově vykreslit (*vyrenderovat*) je nutné brát zřetel na celkovou členitost definované oblasti a to jak z hlediska výškopisu (podstatný je především počet *features* u vrstevnic, v definovaném území, který by neměl přesáhnout hodnotu 2000 i polohopisu (z důvodu pozdější modelace lesních ploch a jejich převodu na bodové znaky při zachování určité hustoty porostu (na 10 m²).

4.7 Vektorizace hlavních krajinných prvků a jejich úprava pro 3D vizualizaci.

Následně byla podle leteckých snímků do personálních geodatabází (souřadný systém *S42 Pulkovo Zone 3N*) provedena finální vektorizace vybraných na ortofotu snadno rozlišitelných krajinných prvků: jedná se o vrstvu komunikací (*polyline*) lesních ploch (*polyline* převedený následně na *polygon*), půdorysů budov (*polyline i polygon*) a ostatních významných urbanistických prvků (mosty, případně jiné význačné stavby tvořící významné prvky či dominanty v krajině - *point*)

Pozn.: Podstavy budov byly nejprve zvektorizovány jako linie a následně byly vhodným způsobem (podle obcí, ve kterých se nacházely) pojmenovány (pro snazší modelaci jednotlivých budov v aplikaci *Google SketchUp*). Až poté byly převedeny na polygony, kterým byla přiřazena nadmořská výška. Liniový shapefile byl při vektorizaci vybrán proto, že bylo tímto způsobem velmi usnadněno vytvoření 2 paralelních a stejně dlouhých stran budov. Celá problematika byla vyřešena použitím funkce *Copy Parallel* na vytvořený liniový shapefile (délka mezi protilehlými stranami byla přibližně změřena nástrojem *Measure* z panelu *Tools*) a následným propojením těchto dvou linií dalšími dvěma shapefile s využitím funkce *snapping* (aplikované na vertexy). Na závěr byly všechny fragmenty pomocí funkce *Merge* sloučeny do jednoho prvku.

4.7.1 Úprava liniových shapefile

Generalizace jednotlivých shapefile před jejich využitím a vizualizací v rozhraní *ArcScene*:

- a) Dvojitě linie silnic zvektorizovaných z ortofot byly generalizační funkcí *Collapse Dual Lines To Centerline* (*ArcToolbox – Data Management Tools – Generalization*) převedeny do jedné centrální linie, poté byly opraveny topologické chyby v oblasti komunikací a nepravidelné silniční sítě a dále patřičně vyhlazeny (*Tools – Editor Toolbar*, aktivován panel *Advanced Editing – Smooth: 0,000005*).
- b) Polyline představující půdorysy budov byly dále převedeny na bodové znaky (*Data Management Tools – Features – Feature To Point*), přičemž názvy jednotlivých budov i ostatní atributy jednotlivých prvků byly při tomto procesu zachovány. Tento fakt je důležitý především pro následné nahrazení bodových znaků za odpovídající 3D modely (*3D Marker Symbol*) v rozhraní *ArcScene*.
- c) Zvektorizovaná vrstva lesů byla vzhledem k faktu, že se v ní nacházelo mnoho uzavřených bezlesých oblastí (mýtin, remízků apod.), zvektorizována nejprve jako *linie* a poté až byla převedena na *polygon*. Vzhledem k výše řečenému, byly zvektorizovány jak lesy samotné, tak v nich uzavřené bezlesé oblasti (které byly v atributové tabulce patřičným způsobem označeny) a vzápětí byly na *polygon* převedeny nejprve všechny liniové prvky (*Data Management Tools – Features – Feature To Polygon*) a poté byla na *polygon* převedena právě (v atributové tabulce označená) zvektorizovaná vrstva mýtin a ostatních bezlesých oblastí. Poté byly z celé vrstvy lesů (tj. včetně bezlesých

oblastí) pomocí funkce funkcí *Erase* (*ArcToolbox - Analysis Tools – Overlay – Erase*) „vyříznuty“ právě bezlesé oblasti (tedy jako *Input Features* byla vybrána zvektorizovaná vrstva lesů a jako *Erase Features* pak vrstva zvektorizovaných mýtin a ostatních bezlesých oblastí) čímž vznikl shapefile vyznačující skutečně pouze zalesněná místa a který se podílel i na tvorbě optimalizovaného DMR pro použití v rozhraní *ArcGlobe* (a následně umístěného na *ArcGIS Server*).

4.7.2 Úprava polygonových shapefile

Liniové prvky představující půdorysy budov byly pomocí funkce *Feature To Polygon* převedeny na polygon za účelem modifikace povrchu v dalším kroku vytvořeného TIN.

Při tvorbě výsledného reliéfu krajiny je totiž nutné počítat s faktem, že základy budov jsou v krajině umístěny zpravidla na vodorovné ploše, která mění původní profil (sklon) krajiny. Proto je třeba i oblasti pod těmito polygony podobným způsobem upravit.

V Aplikaci ArcGIS bylo při tvorbě Tinu tohoto cíle dosaženo tím způsobem, že byla každému prvku v polygonové vrstvě (tj. každému obvodu podstavu budovy) přiřazena nadmořská výška podle jejich umístění v krajině. Ta byla odvozena podle umístění daného prvku mezi vrstevnicemi (s intervalem 2 m) kdy byla její hodnota (dle umístění v reliéfu) odhadnuta s přesností na 0,5 metru, což je pro požadavky následné vizualizace a pro představení možností aplikace dostatečná hodnota, přestože je možné tuto nadmořskou výšku odvodit i přesněji (z nadmořské výšky centroidu místa – s využitím funkce aplikované na původní polygon - *Feature To point*) z DMR.

4.7.3 Převod polygonové vrstvy lesů na bodový shapefile

Lesní plochy byly pro co nejreálnější znázornění nejprve zvektorizovány do polygonových vrstev a následně byla provedena jejich konverze na bodový znak.

Při tomto procesu je však nutné dodržet několik pravidel: V první řadě především je potřeba reálně odhadnout hustotu lesa v dané oblasti. Při nastavování parametrů této funkce je totiž kromě absolutního počtu znaků, které jsou z každého polygonového znaku vytvořeny (a to bez ohledu na jeho plochu..), možné zadat i počet prvků, který se má v daném polygonu vytvořit (zde počet stromů) odpovídající údajům z libovolného sloupce v atributové tabulce. Tato volba se díky odlišné rozloze jednotlivých polygonů představujících lesní plochy ukázala být podstatně vhodnější.

Pro její použití je proto potřeba tento *očekávaný počet stromů v jednotlivých polygonech představujícími lesní plochy* vypočítat. K Výpočtu je potřeba znát *plochu polygonů lesů* a dále *hustotu lesa na tomto polygonu* (tj. počet stromů na jednotku plochy, přičemž plocha polygonu byla aplikací ArcGIS změřena v m²) která byla pro potřeby práce definována na hodnotu 0,1 stromu na 1 m² (odpovídá 1 stromu umístěnému ve čtverci o ploše přibližně 3 × 3 metry, tj. přibližně 1 stromu na 10 m²)

Výpočet plochy polygonu lesů je snadný, protože po vektorizaci je tato plocha automaticky změřena a její hodnota je (u každého polygonu tvořícího jednotlivé lesní plochy) vložena do odpovídajícího sloupce v atributové tabulce (plocha změřená aplikací ArcGIS je udávána v jednotkách m²).

Vlastní zápis v aktivovaném modulu *Field Calculator*, kde byl proveden výpočet pak byl:

Pocet_stro = [SHAPE_Area] × 0.1, kde „*Pocet_Stro*“ je označení sloupce v atributové tabulce a „*SHAPE_Area*“ označení sloupce s rozlohou polygonu zvektorizované lesní plochy v jednotkách m².

Výslednou hodnotu, která byla vložena do atributové tabulky, je pak ještě vhodné upravit na celé číslo (odpovídajícím zaokrouhlením).

Nyní je již možné přistoupit k samotnému převodu polygonů na bodovou vrstvu:

Z katalogu nástrojů je vybrána funkce *Create Random Points (ArcToolbox – Data Management Tools – Create Random Points)*. Zde byla nejprve nadefinována cesta k adresáři a samotný výsledný shapefile s bodovým znakem, jako *Constraining Feature Class* pak shapefile vymežující oblast, ve které budou body vygenerovány (zde se jedná o polygonovou vrstvu lesů).

Důležité je nastavení *Number of Points [value or field]*, kde je potřeba zaškrtnout volbu *Field* a vybrat sloupec, ke kterému jsou hodnoty výpočtu teoreticky vypočteného počtu stromů, který byl proveden v předchozím kroku („*Pocet_stro*“)

Dále je ještě užitečné nadefinovat Minimální povolenou vzdálenost mezi stromy (*Minimum Allowed Distance [value or field]*), která by měla být nižší než samotná hustota lesa (zde nastaveno 8 m), přičemž tento parametr se velmi významně podílí na hustotě zalesnění i počtu vygenerovaných jednotlivých stromů (při vyšších hodnotách se tento počet významně snižuje při zachování poměru jejich množství ve vztahu k rozloze plochy)

4.7.4 Převod prvků obsažených v 3D vizualizaci na 3D shapefile

Všechny z ortofot zvektorizované a následně upravené prvky byly poté převedeny (podobně jako vrstevnice vygenerované z historického *DMR*) na prostorový shapefile pomocí vhodného nástroje *Convert Features to 3D* z panelu *3D Analyst*, přičemž v okně k nastavení jejich nadmořské výšky (*Source of heights*) byl vybrána cesta k vytvořenému *TIN*

4.7.5 Tvorba TIN

Do tvorby výsledného TIN představujícího reliéf území budou zahrnuty následující prvky:

1. Liniová vrstva prostorového souboru vrstevnic (kombinovaný shapefile vzniklý spojením vrstevnic ze zaniklého (zatopeného) a aktuálního reliéfu) oříznutá dle vymezeného území
2. Liniová vrstva komunikací (vytvořená vektorizací a jejich následnou generalizací)
3. Polygonová vrstva obvodů/ půdorysů budov s definovanou nadmořskou výškou těchto základů staveb.
4. Polygonová vrstva vymežující zájmové území

Pro tvorbu TIN, který byl následně přetažen ortofoty pro zobrazení současného vzhledu krajiny, pak byl využit prostorový soubor vrstevnic přejetý ze ZABAGED a dále polygon představující hladinu nádrže v definovaných územích (*Soft replace* s nastavením nadmořské výšky hladiny viz dále) a polygon vymežující dané území (*clip*).

Následně bylo v aplikaci ArcGIS možné přes ovládací panel rozšíření *3D Analyst* aktivované na ovládacím panelu přistoupit k samotné tvorbě TIN: *3D Analyst – Create/Modify TIN/ Create TIN from features*, přičemž vstupní data tvořící následně vygenerovaný reliéf byla pro následnou tvorbu TIN nastavena následujícím způsobem:

1. Pro *liniovou vrstvu prostorového souboru vrstevnic* bylo použito následující nastavení (*Settings for selected layer*):

Height source: *Elevation* (případně vlastní „Z-hodnota“ daného shapefile *<Feature has Z Values>*)

Triangulate as: *Soft line*

Tag Value field: *<none>* (zde automaticky deaktivováno)

2. Pro *liniovou vrstvu komunikací* bylo použito nastavení:

Height source: *<Feature Z Values>*

Triangulate as: *Hardline*

Tag Value field: *<none>* (zde automaticky deaktivováno)

3. Pro *polygonovou vrstvu půdorysů budov* bylo použito nastavení:

Height source: *Nadm_vyska*

Triangulate as: *Soft replace*

Tag Value field: *<none>*

4. Pro *polygonovou vrstvu vymežující (ořezávající) zájmové území* bylo použito nastavení:

Height source: *<none>*

Triangulate as: *Soft clip*

Tag Value field: *<none>*

4.8 3D vizualizace v rozhraní ArcScene

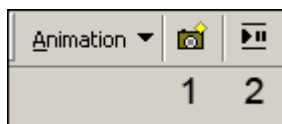
4.8.1 Hlavní možnosti nastavení v rozhraní ArcScene

Mezi velkým množstvím nastavení pro práci v tomto rozhraní bude pozornost kladena především na záložku *Rendering* ukrývá velmi důležité možnosti týkající se vykreslování vytvořené scény, zahrnující dohlednost (*Visibility*), kde je možné definovat, ve kterém případě je daná vrstva vyrenderována, a dále okno *Optimize*, kde lze nastavit náročnost a kvalitu vizualizace dané vrstvy a tím podstatně ovlivnit vzhled. Původní nastavení „*Cache layer for fastest possible rendering speed*“ optimalizuje vzhled (vykreslování probíhá z rychlé operační paměti PC) a snižuje náročnost scény. Je zde dále možnost komprese textur pro další snížení nároků na grafiku i CPU a asi nejpodstatnější volba: a to „*Quality enhancement for raster image*“ (vylepšení kvality pro rastrový obraz) kdy je možné dosáhnout podstatně kvalitnější vizualizace rastrových dat (až do úrovně původního vzhledu resp. rozlišení a kvality překreslení snímku), avšak na druhou stranu poté dochází ke značnému nárůstu doby potřebné pro prvotní vykreslování scény i náročnosti scény především na operační paměť počítače.

Pouze u vektorového typu dat je pod záložkou *Extrusion* možné nastavit „vytažení“ daného shapefile do výšky (podle definované číselné hodnoty – *Extrusion value or expression*), čímž nabude tento prvek prostorového dojmu.

Na hlavní liště je po aktivaci ještě přítomný panel **3D Analyst** umožňující tvorbu a úpravy různých typů DMR, provádění analýz na jeho povrchu i úpravy shapefile v trojrozměrném prostředí.

Panely **Animation** a **Animation Controls** slouží k záznamu průletu u vytvořených vizualizací.



1. *Capture View* - slouží k zachycení statického obrázku ze scény
2. *Open Animation Controls* - Slouží k otevření samotného nástroje pro nahrání scény (viz níže)



Modul *Animation*, kterým aplikace ArcGIS zachycuje video pořízené v rozhraní *ArcScene* a *ArcGlobe*, při této činnosti pracuje s tzv. *Keyframes* (klíčovými snímky), které poskytují široké spektrum informací o vzhledu a nastavení scény, ve kterém je tento klíčový snímek zachycen (orientaci a typ projekce scény, polohu kamery, nastavení polohy středu snímku, rychlost průletu a podobně) Klíčové snímky je možné vytvořit pomocí volby *Create Keyframes*, z panelu Animací.

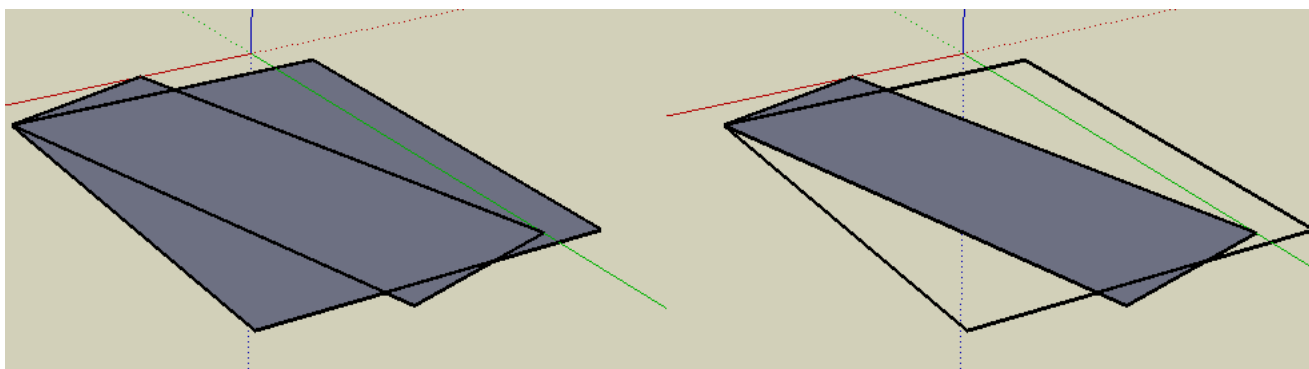
Vybráním volby *Animation Manager* se otevře okno pro podobnější informace a správu jednotlivých klíčových snímků. Dále je zde v nastavení *Time-View* možné nastavit časování souběžně běžících průletů (jeden může být nastaven např. pro celkový pohled na vrstvu a druhý očima pozorovatele). Velmi užitečnou funkcí, která byla při práci využívána, byla možnost rozpohybovat celou scénu pomocí nástroje *Enable animated rotation* v nastavení scény (*Scene Properties*), který se v kombinaci s nástrojem *Navigate* ukázal být velmi vhodným pro postupné zobrazení celé scény pomocí její rotace. Tato metoda byla ve výsledku zkombinována s ručním průletem scénou (*Fly*). Dále bylo hojně využíváno možností klíčových snímků, protože je zde možné mnohem efektivněji vytvářet videa z více animací a přidávat do nich další snímky či dokonce interaktivní pohledy na scénu než v software *VirtualDubMod*, který je vhodný spíše pro následné spojení či střih již hotových videí, případně přidání dalších efektů než pro jejich složitější správu.

Pro samotné spuštění a ukončení nahrávání videa slouží základní ovládací prvky panelu *Animation controls*. Následně je potřeba výsledné video uložit do souboru - Pomocí volby *Animation – Export to Video*. Zde je pro pozdější snazší editaci a menší datový tok (tj. velikost a přehrávání výsledného videa i jeho případnou další kompresi) vhodné video před exportem zmenšit (*Video Resolution - Use custom extents*). Pro šířku okna exportovaného videa se vzhledem k další kompresi ukázala být ideální hodnota 850 pixelů, výška pak byla zvolena odpovídajícím způsobem ve stejném poměru stran v jakém bylo původní video. Bezprostředně před samotným exportem je pak ještě nabídnuta volba komprese, je ale vhodné video vyexportovat s nízkou kompresí (případně zcela bez komprese) a následnou kompresi provést spolu se střihem v externím software (k tomuto účelu posloužila velmi dobře volně stažitelná aplikace *VirtualDubMod*, k níž je navíc k dispozici i česká lokalizace.)

4.8.2 Tvorba 3D modelů budov použitých v 3D vizualizaci

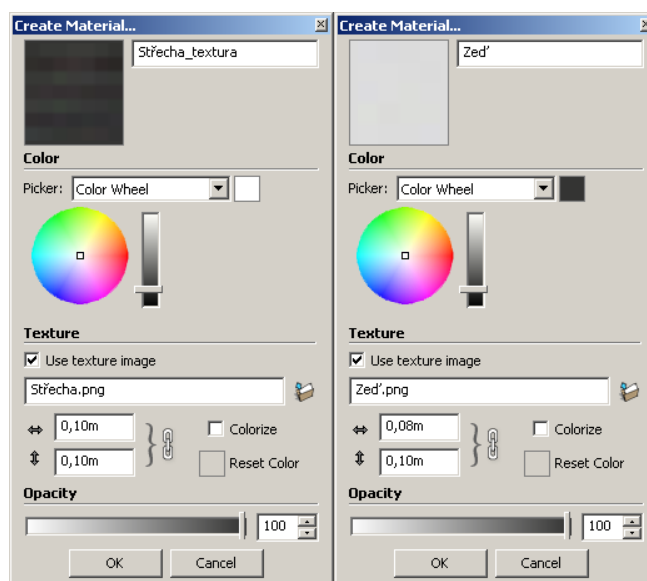
Jako samostatná kapitola byla vyčleněna tvorba 3D modelů budov, protože postup při rekonstrukci v minulosti zaniklé zástavby byl svým způsobem dosti specifický a proto je třeba tento postup rozepsat podrobněji

Liniové shapefile představující zvektorizované podstavy jednotlivých budov byly nejprve převedeny do CAD formátu *DXF* (*ArcToolbox – Conversion Tools – To CAD – Export to CAD*) který je importovatelný do aplikace *Google SketchUp*. Jako výstup (*Output - Type*) byl nastaven formát „*DWG_R2000*“ V dalším kroku byl každý patřičným způsobem pojmenovaný model budovy načten do výše zmiňované aplikace a přetažen nově vytvořeným polygonem tak, aby byl přeměněn také v polygon (zpravidla postačí vytvoření polygonu s větší plochou než je má importovaná podstava budovy a následné přetažení tohoto polygonu přes dva protilehlé rohy původního půdorysu)



Obr.5 Tvorba polygonů z liniového obvodu podstavy budovy v aplikaci Google SketchUp

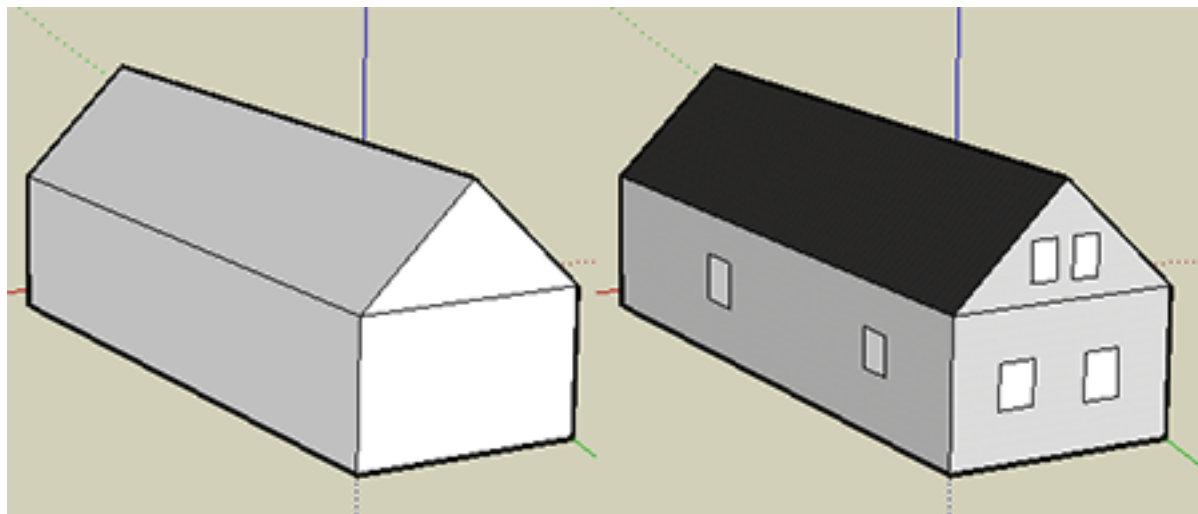
Poté byl tento polygon nástrojem *Push/Pull* vytažen do výšky a rozdělen uprostřed linií pro tvorbu střechy. V dalším kroku byla střecha příkazem *Move-Copy* povytažena do patřičné výšky s pomocí orientace na vertikální osu („*On Blue Axis*“). Dále byla vykreslena linie oddělující štít budovy od obvodové zdi a poté byly (v případě potřeby vyhlazeny příčné linie vzniklé při vytažení střechy do výšky nástrojem *Soften*.



Obr.6 Texturování budov v aplikaci Google SketchUp

V závěrečné fázi byla střecha a obvodové zdi každé budovy potaženy texturou, která byla zvlášť pro tento účel vytvořena (*Material – Create Material – Texture*), více viz obr. Takto modelováno pak bylo vybraných 80 budov v obci Podolsko a jejím okolí (buď přímo zatopených nebo se nacházejících v jejich bezprostředním okolí), zahrnujících také 2 mosty které se v této oblasti před zatopením Orlickou nádrží klenuly přes starý tok Vltavy. Podolský most, který byl v době svého postavení největším svého druhu v Evropě se nad zatopeným říčním údolím tyčí do výše dodnes, zatímco Lanův, starý

řetězový most postavený v této oblasti polovině 18. století, byl před zatopením rozebrán (snesen) a během 60. let 20. stol. znovu postaven na řece Lužnici



Obr.7 Tvorba budovy v aplikaci Google SketchUp

Pozn.: V aplikaci *Google SketchUp* je po prvním spuštění po instalaci nutné nastavit jako výchozí metrickou soustavu jednotek (*Window – Preferences – Template – Drawing Template: Metric Meters-3D*), a tuto metrickou soustavu jednotek je dále potřeba nastavit i při prvním importu podstav budov ve formátu souboru aplikace ACAD (*Import –ACAD Files (*.dwg, .dxf) – Options – Scale – Units: Meters*) což je důležité pro správnou interpretaci jednotek formátu dat, ve kterém jsou do něj načtena.

4.8.3 Sestavení a spuštění vlastní 3D vizualizace

Následně byly do vizualizace dále načteny 3D bodové vrstvy jednotlivých stromů, silnic a ostatních významných objektů krajiny (mostů apod.)

Silnice vyobrazené jako prostorová liniová vrstva byly potaženy 3D texturou tímto způsobem:

Poklepáním na danou liniovou vrstvu je aktivován nástroj *Symbol Selector - Properties - Type: 3D Texture Line* a zde byl vybrán rastrový obrázek představující část komunikace vytvořený v aplikaci Google SketchUp

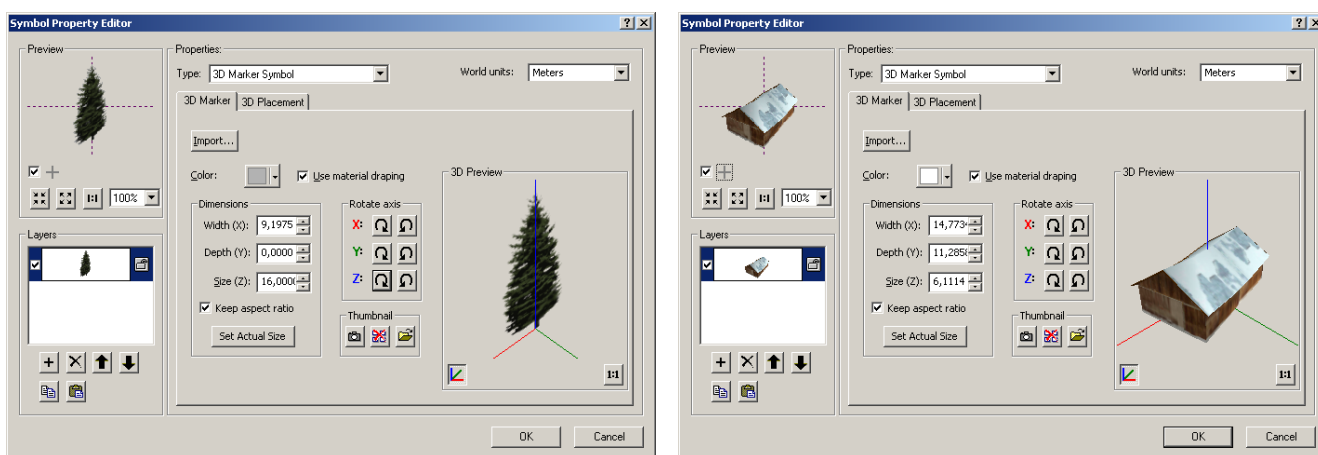
Pozn.: v tomto kroku je také možné použít předdefinovaných 3D textur aplikace ArcScene zadáním: *Symbol Selector – More Symbols – 3D Basic* (aktivuje databázi prvků vhodných pro 3D vizualizace) a následným vybráním kategorie linií s texturou (*Symbol Selector – Category – Texture line*)

Pro zamezení splynutí komunikací s okolním terénem je u nich dále vhodné nastavit *vertikální odsazení* oproti okolnímu terénu (*Layer Properties – Base Heights – Offset (Add an offset using a constant or expression): 0.5*)

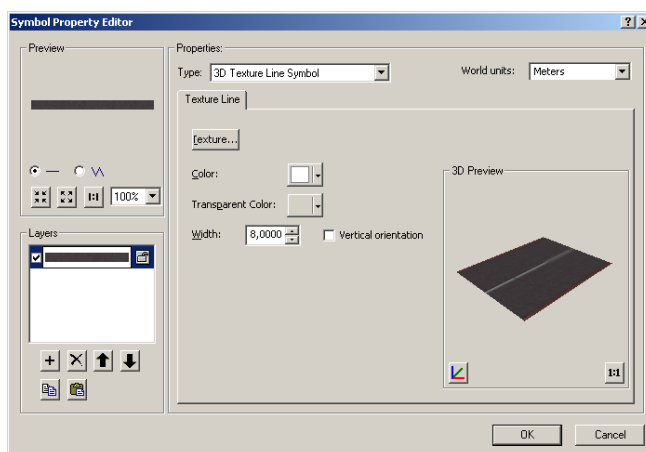
Stromy vyobrazené jako bodová vrstva byly převedeny na 3D objekty obdobným způsobem:

Symbol Selector (na znaku bodové vrstvy lesů) - *Properties* - *Type: 3D Marker Symbol* a zde byl vybrán prostorový model vyexportovaný z aplikace *Google SketchUp* (soubor s příponou *.skp*) znázorňující strom stažený z katalogu prostorových modelů aplikace (*Google 3D Warehouse*)

V posledním kroku pak byl načten rastrový podklad s rektifikovanou starou leteckou fotografií, které byla v každém pixelu přiřazena nadmořská výška z podkladového *TINU* (*Height: Obtain heights for layer from surface: Tin*) a v nastavení *Rendering* ve volbách rastrové vrstvy nastavena odpovídající kvalita zobrazení (*Quality enhancement for raster image*)



Obr. 8 3D Marker Symbol



Obr. 9 3D Texture Line Symbol

Jako poslední pak byly pomocí panelu *3D Graphic* do vizualizace přidány prostorové popisky jednotlivých obcí (*3D text*) Pro možnost případné snadné deaktivace vrstvy s popisky pro ně byla nejprve vytvořena speciální vrstva, ve které pak byly všechny uloženy (*New Graphic Layer*)

Pro účel vytvoření interaktivní animace vystihující proměnu krajiny Středního Povltaví v průběhu šedesátých let, během kterých bylo bývalé koryto Vltavy zatopeno Orlickou nádrží, bylo v rozhraní ArcScene využito možností nahrání tzv. skupinové animace (*Create Group Animation*), který v kombinaci s povolením Animované rotace ve scéně (*Scene Properties – Enable Animated Rotation*) a nástroje *Navigate* způsobil plynulé otáčení vizualizace kolem zvolené osy a plynulý přechod z jedné scenérie do druhé (z přítomnosti do minulosti) bez přerušování pohybu. Samotný postup pak byl následující:

Nejprve byly v prostředí ArcScene vytvořeny dvě nezávislé vrstvy (*New Group Layer*) přičemž do jedné byly vloženy prostorové shapefile znázorňující současný vzhled krajiny a do druhé shapefile zobrazující vzhled krajiny v minulosti. Pro nahrání animace změny krajiny pak byla zvolena možnost skupinové animace (*Create Group Animation*) a dále byly vybrány požadované vrstvy. Ve viditelnosti vrstev (*Layer visibility*) byla ponechána jediná (*One layer at a time*) a na závěr byl nastaven samotný přechod – v nastavení přechodu (*Transition*) bylo na posuvníku nastaveno požadované slábnutí vrstev přechodu z jedné vrstvy do druhé. (*Fading Transition – 25%*). Poté byla animace vyexportována. Přechodový efekt byl docílen stříhovým efektem v externí aplikaci *Virtual Dub Mod*, do které byl nahrán odpovídající filtr (*Exotic Fade*).

Na závěr je třeba dodat, že korektní export obou scén je potřeba aby byly ve vizualizaci aktivované zároveň obě scény a že aktuální letecké ortofoto použité ve vizualizaci aktuálního vzhledu krajiny byly před jejich použitím afinní transformací transformovány ze systému souřadnic S-JTSK do systému souřadnic, ve kterém byla ostatní data, tj. *S-42 Pulkovo Zone 3N*. Jako vlíčovací body byly při tomto procesu využity vždy 4 odpovídající rohy získané z vektorového shapefile kladu listů Státní mapy 1:5000, který byl pro tento účel funkcí *Project* převeden ze souřadnicového systému S-JTSK do systému souřadnic S-42.

4.9 Rozhraní ArcGlobe

4.9.1. Úvod do ArcGlobe

Rozhraní *ArcGlobe* a práce v něm se od rozhraní *ArcScene* poměrně výrazně liší. V první řadě tato aplikace na rozdíl od *ArcScene* pracuje pouze s vybranými souřadnými systémy (např. *UTM = Universal Transverse Mercator*) a je proto nutné všechna data, načtená následně jako vrstvy v tomto rozhraní před jejich vizualizací převést právě do systému souřadnic, který toto rozhraní podporuje. Mezi další rozdíly pak patří specifické značení typu načtených vrstev, dvojitý způsob převyšování krajiny a odlišný princip postupného vykreslování scény. Vykreslování dat zde probíhá až od určité, předem definované, vzdálenosti, měřítko dat se mění se vzdáleností, nutné řešit problematiku kešování (v anglickém jazyce se pro tento termín používá výrazu *cache*) vrstev apod.

4.9.2 Úprava dat pro použití v ArcGlobe

V první řadě je tedy před jejich načtením do aplikace ArcGlobe (z níž je poté proveden export do formátu, který je možné nahrát a spustit na ArcGIS serveru) nutné data vhodným způsobem transformovat, tj. převést do vhodného systému souřadnic, se kterým tato aplikace pracuje.

Byla proto provedena konverze všech dat ze souřadnicového systému (v označení poskytovaném cílovou aplikací) *Pulkovo_1942_GK_Zone_3N* do systému souřadnic *WGS_1984_UTM_Zone_33N* (*UTM = Universal Transverse Mercator*)

Transformace souřadnic vektorových dat (liniových představujících vrstvy komunikací, polygonových představujících následně do výšky vytažené půdorysy budov a bodových představujících stavby a ostatních významné urbanistické prvky v krajině, např. mosty) byla provedena funkcí *Project* z katalogu nástrojů aplikace (*ArcToolbox – Data Management Tools – Projections and Transformations - Project*)

Před opětovnou rektifikací rastrových dat byla upřednostněna jejich přímá transformace do cílového souřadnicového systému pomocí funkce *Project Raster* (*ArcToolbox – Data Management Tools – Projections and Transformations – Raster – Project Raster*)

Před načtením do ArcGlobe a následným nahráním na *ArcGIS server* byla rastrová data ještě funkcí *Extraction by Mask* (*ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Extract by Mask*) oříznuta podle definovaných území (pro kvalitnější vizuální interpretaci především okrajů snímků a zamezení chyb vzniklých přetažením plošně rozsáhlejších snímků přes rozsahem menší DMR)

Nakonec byla funkcí *Resample* definováním nové velikosti buňky zmenšena (*resamplována*) pro nižší objem dat a méně náročné vykreslení scény (*ArcToolbox – Data Management Tools – Raster – Raster Processing – Resample*)

Velikost buňky byla s ohledem na původní rozlišení snímaných území (1:18000 u ortofota zobrazujícího obec Podolsko s okolím a 1:25000 u obou ortofot zobrazujících obce Velký Vír, Radava, Podskalí, Těchnice a Orlické a Zbenické Zlakovice) nastavena na 1 m u obce Podolsko a 1,5 m u ortofot zobrazujících ostatní oblasti. Toto nastavení se postupně ukázalo být kompromisem mezi přiměřenou HW náročností a dostatečným množstvím poskytované obrazové informace). Nakonec byl ještě zvolen typ převzorkování dat při převodu (*Resampling Technique*), který byl nastaven na *Cubic*.

Poté byl výsledek uložený jako *grid* a následně znovu uložen ve formátu *Imagine Image* (*Data – Export*). Při tomto kroku bylo v okně pro export rastru (*Export Raster Data – Calculation*) využito renderovací funkce (*Output Raster – Use Renderer*) pro snížení bitové hloubky rastru z 32 na 8 bit.

Specifickou překážkou při tvorbě vizualizace se ukázala být bodová vrstva lesů, přičemž hlavní problém spočíval v tom, že náročnost scény při jejich plném vykreslování jako 3D bodových znaků (*3D Marker Symbol*) vzhledem k jejich vysokému počtu neúměrně vzrůstala, což se projevilo hlavně při jejich současném vykreslení společně s vodní hladinou i nadměrně dlouhou dobou potřebnou

pro jejich kešování. Bylo proto vybráno kompromisní řešení, kdy byl původní *DMR* upraven tak, že byl v místě lesů vyvýšen o výšku stromů.

Polygonová vrstva lesů proto byla po ořezu dle definovaného území převedena na rastr (*ArcToolbox - Conversion Tools – To Raster*) který byl pomocí nástroje *Raster Calculator* spojen s původním *DMR*.

Podmínkou pro korektní spojení rastrů však je, aby v obou rastrech (zdrojovému i tomu, který je ke zdrojovému přičítán) byla v každé buňce definována hodnota, vyjadřující (v následně vytvořeném rastru) velikost daného jevu (zde výšku stromů)

V původní polygonové vrstvě lesů byla tato podmínka splněna přidáním nového sloupce do atributové tabulky (typ dat „*double*“) s názvem „*LES*“ do atributové tabulky s hodnotou **5 – 20** (po 5-ti metrových intervalech) přičemž tato hodnota použitá pro následnou tvorbu modelu byla odhadnuta na základě vizuální interpretace snímku (v tmavších oblastech na černobílém snímku byla zvolena hodnota vyšší a naopak). Z důvodu chybějících hodnot v nezalesněných oblastech bylo nutné bez vegetace k tomuto shapefile však bylo dále nutné přidat (v editační fázi s ním sloučit) doplňkový polygon k polygonu vzniklému při vektorizaci lesů (jde o polygon vykreslující vnitřních, bezlesých oblastí – pasek a mýtin). Tato vrstva byla vytvořena tak, že z polygonového shapefile (kterým je vymezeno území pro vizualizaci) byla funkcí *Erase* aplikovanou tento polygon vyříznuta (podobně jako v předchozím kroku) doplňková vrstva k vrstvě lesů (tedy jako *Input Features* byla vybrána zvektori-zovaná vrstva lesů a jako *Erase Features* pak vrstva polygonu vymežující oblasti ve vizualizaci). Této nové vrstvě byla po spojení s původní vrstvou lesů přiřazena v atributové tabulce po přidání nového sloupce („*LES*“) hodnota **0**.

Poté byly tyto sloupce v editační fázi spojeny a následně byla provedena samotná konverze na raster (*ArcToolbox – Conversion Tools – To Raster – Feature to Raster*). Do pole *field* (jež je důležité pro správné přiřazení atributu daného prvku buňkám nově vzniklého rastru) byl vybrán sloupec „*LES*“. Velikost buňky byla nastavena na shodnou hodnotu, jakou má původní *DMR* (které bylo vytvořeno se čtyřmetrovým rozlišením v oblasti Podolska a šestimetrovým rozlišením v ostatních oblastech), tedy 4 resp. 6. Následně byla aktivována extenze *Spatial Analyst* a rastry byly vhodným způsobem sečteny.

Poté byl výsledek vyexportován jako *grid* a ten byl následně znovu uložen jako 1 soubor ve formátu *Imagine Image (.img)*.

4.9.3 Vizualizace dat v ArcGlobe

V aplikaci *ArcGlobe*, podobně jako v rozhraní *ArcScene*, byl poté výsledek vizualizován postupným načtením jednotlivých vrstev, tj. nejprve byl do tohoto prostředí nahrán rektifikovaný letecký snímek (ortofoto), historický *DMR* s přičtenou výškou lesů, polygonová vrstvy představující obvody budov

(které byly následně nástrojem *Extrusion* vytaženy do výšky), polygonová vrstva představující obvod současné hladiny Orlické nádrže (vytvořená korektním propojením levé a pravé břehovky a následným převedením tohoto znaku na polygon) a nakonec bodové znaky symbolizující jednotlivé listnaté stromy (zvektorizované pro tento účel speciálně z ortofot). V případě Podolska pak ještě bodové znaky představující vymodelované budovy včetně obou mostů.

Dále bylo v nastavení každého vizualizovaného bodového znaku pod záložkou *Globe Display* zaškrtnuto *Scale 3D symbol with distance* pro plynulou změnu velikosti budov a dalších 3D objektů (*3D Marker Symbol*) s měnící se vzdáleností. U znaku představujícího vodní hladinu byla v panelu *3D Effect* ještě nastavena průhlednost hladiny (50%) a následně byla vrstva při deaktivována (avšak ponechána ve vizualizaci)

Dále byly označeny všechny vrstvy kromě vrstvy s *DMR* a vodní hladiny a vybráním příkazu *Generate Data Cache* byla pro tyto vrstvy vytvořena celková *cache*, což je základní podmínkou pro následné úspěšné spuštění příslušné služby (*Globe Service*) na ArcGIS Serveru. Pro vrstvu s *DMR* byla vytvořena tzv. částečná keš (*partial cache*) a to v nastavení *Generate Data Cache - From / To LOD* (*LOD = Level of Detail*) od měřítka 1:305 do měřítka 1:152 (odpovídá vzdálenosti od 384 m do 192 m od modelu). Pro vrstvu s vodní hladinou pak byla vytvořena částečná keš od měřítka 1:305 do měřítka 1:76 (odpovídá vzdálenosti od 384 m do 96 m od modelu).

Na závěr byly ještě nastaveny relativní cesty ke všem souborům, ze kterých je vizualizace složena (*File – Document Properties – Data Source Options: For file system path names to data sources - Store relative path names*)

4.9.4 Vizualizace dat pomocí ArcGIS Serveru

ArcGIS Server je softwarová technologie, které nabízí úplný webový GIS a poskytuje řadu připravených aplikací a služeb pro koncové uživatele. Tyto aplikace mohou sloužit nejen k prohlížení a dotazování geografických dat, ale i pro jejich analýzu, shromažďování, editaci a správu, to vše založené na standardech. Veškeré zpracování i správa dat probíhá na serveru. (www.arcdata.cz). Pro účely této práce byl využit server katedry aplikované geoinformatiky a kartografie dostupný z webové adresy: <http://geo.natur.cuni.cz>, ke kterému je potřeba se pro další práci přihlásit pod uživatelským jménem a heslem (tzn. je potřeba mít zde založený účet a být členem skupiny s přidělenými určitými oprávněními). *ArcGIS Server Manager* je specializované rozhraní pro ovládání technologie dostupné z adresy: <http://geo:8099/arcgismanager/main/login.jsf> (při přístupu ze školy) resp. <http://geo.natur.cuni.cz:8099/arcgismanager/main/login.jsf> (při externím přístupu, tj. odkudkoliv). Zde je podstatné především nastavení služeb (*Services*) a dále tvorba webových aplikací (*Applications*).

Před samotným spuštěním příslušné služby je ještě potřeba všechna data tvořící vizualizaci, která bude následně na serveru spuštěna nahrát na příslušný *FTP server*, přes které se uskutečňuje přístup k systému souborů *ArcGIS Serveru*. Přístupové jméno i heslo pro ovládání *ArcGIS Serveru* (prostřednictvím *ArcGIS Server manageru*) i pro přístup na jeho *FTP server* pak jsou shodné.

Po nahrání všech dat na server, bylo vybráním voleb *Services – Add New Service* otevřeno úvodní okno pro samotnou tvorbu služby. Zde bylo zadáno jméno, dále typ služby (tj. *Globe Service*) a ponechána zaškrtnutá volba pro okamžitý restart služby při případném restartu *ArcGIS Serveru*.

Po potvrzení byla v dalším okně vybrána cesta k dokumentu aplikace *ArcGlobe (Map Dokument)* a jako typ umístění byl vybrán Systém souborů *ArcGIS Serveru (ArcGIS Server File System)*. Po nalezení cesty k adresáři, ve kterém jsou nahrána data, a vybrání příslušného dokumentu aplikace *ArcGlobe* byla ještě vybrána cesta k adresáři, ve kterém se při spuštěné službě na serveru probíhá kešování jednotlivých vrstev (*Cache Directory*). V následujícím okně byla všechna ostatní nastavení ponechána beze změny (*Capabilities: Globe; Web Access: Enable, Operation Allowed: Globe*). Bezprostředně před spuštěním aplikace pak ještě byla v příslušných oknech nastavena možnost po opakovaném běhu služby prostřednictvím mnoha klientů (*This service should be: Pooled – Used repeatedly by many clients*) a dále izolovanost běhu aplikace (*Run instance of this configuration – In a separate process for each instance (high isolation)*). Ostatní údaje popisující dobu spuštění aplikace a interval jejího případného opětovného spuštění byly ponechány.

Po spuštění aplikace bylo pro korektní zobrazení vrstvy s DMR ještě nutné při administrátorském přístupu k serveru (zpravidla prostřednictvím administrátorského přístupu k vytvořené službě přes *ArcCatalog – Manage Service*) ve vlastnostech služby (*Globe Service – Service Properties*) provést opětovné vytvoření „dlaždic“ (*Service Properties – Caching – Create Tiles - Globe Server Cache Tiles tool*), zde byla vybrána data, u kterých bylo potřeba *cache* vytvořit (vrstva s DMR), dále velikost detailu (uzavřený interval vzdáleností od modelu, ve které se *cache* má vytvořit). Následně byly vybráním volby *Update mode – Recreate All Tiles* znovu vytvořeny všechny dlaždice (v nastavení vlastní aplikace je vhodné po tomto kroku ještě ve vlastnostech vrstvy v nastavení *Advanced* zvolit příkaz „*Invalidate Cache*“ pro správnou inicializaci znovu kešovaných dat).

Výše uvedené, je, jak je uvedeno v technické dokumentaci k extenzi *3D Analyst (ESRI, 2004)* potřeba provést z toho důvodu, že kdykoliv jsou data zobrazena v *ArcGlobe*, tak jsou datové dlaždice uchovány v paměti pro rychlejší přístup. Základní velikost *cache*, kterou využívají dlaždice v paměti PC bude nastavena aplikací poprvé, co je spuštěna, přičemž tato velikost závisí na velikosti operační paměti PC (ESRI, 2004)

Na zobrazení se pak, jak tentýž zdroj uvádí, podílí také disková *cache*, kde je možné nastavit velikost detailu, od které je daný prvek kešován. Je také možné nastavit plné kešování, toto se však nedoporučuje u rastrových dat z důvodu jejich velkého objemu (ESRI, 2004).

Samotný dálkový přístup ke spuštěné vizualizaci pak byl proveden přidáním ArcGIS serveru (*GIS Server – Add ArcGIS Server – Use GIS Services*) v následujícím okně bylo vybráno umístění serveru (*Choose the type of ArcGIS Server Connection: Internet*), přičemž cesta k připojení k adresáři s běžícími službami je: `<http://GEO:8399/arcgis/services>` při přístupu ze školy a `<http://geo.natur.cuni.cz:8399/arcgis/services>` při externím přístupu k aplikaci (odkudkoliv)

Mezi další aplikace, které umožňují prohlížení mapových a ArcGlobe služeb, pak, jak uvádí web společnosti ARCDATA (2009), patří *ArcGIS Explorer*, ve které je možné si vytvořenou aplikaci po připojení na školní server též prohlížet, podmínkou však je, že daná vizualizace nesmí obsahovat vrstvu 3D popisků, které tato aplikace neumí správně rozpoznat.

5. VÝSLEDKY A DISKUSE

Hlavním cílem práce, jak již bylo zmíněno v úvodu, byla tvorba 3D modelu, který rekonstruuje původní krajinu Středního Povltaví před zatopením Orlickou nádrží v 60. letech minulého století. Pro splnění tohoto úkolu byly vybrány 3 oblasti, které mají svá určitá specifika, a kde žila v této době velká část tamějších obyvatel.

V rámci práce byly vizualizovány tyto 3 oblasti:

- a) Oblast Podolska zahrnující dále přilehlou obec Temešvár nacházející se v horní části Orlické nádrže, ještě před soutokem Vltavy s Otavou. Tato oblast je specifická především díky svým mostům, které tvořily a v případě Podolského mostu stále tvoří specifický výhled krajiny
- b) Oblast mezi obcemi Velkým Vírem a Křesina zahrnující dále obce Políčko, Radava a Podskalí. V této oblasti žila v době před zatopením značná část obyvatel středního Povltaví, kteří zde pracovali jako voraři. V oblasti nad obcí Radava se dnes nachází stejnojmenné a hojně navštěvované rekreační zařízení.
- c) Oblast mezi obcemi Těchnice a Orlické a Zbenické Zlakovice. V místech těchto dosahuje Orlická nádrž své největší hloubky, v minulosti se v této oblasti nacházelo několik hluboce zaříznutých říčních údolí, kterými protékaly přítoky Vltavy. Na konci jednoho z těchto údolí se nacházela obec Orlické Zlakovice, mezi jednu z dominant města Těchnice patří místní kostel, který je dodnes vyhledávaný potápěči.

Největším problémem se při zpracování práce se ukázala být odlišná kvalita vstupních dat – především starých leteckých snímků a dále oskenovaných výtisků SMO5

Dalším problémem byla hardwarová náročnost některých metod použitých při zpracování práce. Velice náročná, především na operační paměť, byla úprava a natočení oskenovaných výtisků SMO5, TM10 a TM25 a dále pak úprava kontrastu leteckých ortofot. Pro tento účel byl použit byl vysoce

kontrastní LCD monitor s PVA panelem, který zabezpečuje věrnou interpretaci barev i velkou hodnotu tzv. dynamického kontrastu.

Složitým úkolem se ukázalo být také georeferencování starých podkladů.(především leteckých snímků, SMO5, a TM10. Velice časově náročnou se ukázala být především tvorba DMR v současnosti zatopeného údolí řeky Vltavy. Po skončení práce však bylo objeveno několik funkcí aplikace, které by tuto dobu měly (při opětovné tvorbě tohoto cíle v jiné oblasti) zkrátit. Dále bylo zapotřebí opravit tvar břehovky a vytvořit na mnoha místech vrstevnice. Při vektorizaci břehovky bylo často velmi obtížné odlišit pobřežní vegetaci (především jehličnaté stromy) od vodní hladiny. Zde je opět základním předpokladem úspěchu kvalitní LCD panel, jakožto zobrazovací zařízení, na kterém je vektorizace prováděna. Také vektorizace významných prvků SMO5 by měla být při navázání na tuto práci ulehčena díky seznámení se některými pokročilejšími editačními funkcemi (např. *Trace Tools*). Pro účely vektorizace budov podstav, především těch s kolmým půdorysem (tvaru písmene „L“), by bylo možno při další práci využít i alternativního software (umožňujícího tvorbu obdélníků libovolné orientace a složitosti), kterým je např. program OCAD..

Vlastní tvorba 3D modelů pak proběhla bez větších problémů. Práce v aplikaci *Google SketchUp* se nakonec ukázala být velice intuitivní a všechny zjednodušené modely se v ní podařilo korektně vytvořit. Velice užitečnou se ukázala být možnost měření vzdáleností a vytváření kontrolních („zaměřených“) bodů (*Guide*) v této aplikaci, především při modelaci Lanova mostu v Podolsku i dalších budov složitějšího půdorysu.

Vzhledem k chybějícímu souhlasu autorů nakonec v práci nebudou použity dobové historické fotografie (umístěné jak na webových stránkách věnující se této tematice (www.zanikleobce.cz) tak v internetové galerii Vltava. Tyto fotografie však byly využity při tvorbě vzhledu jednotlivých budov (ať již jde o inspiraci při tvorbě textury obvodových zdí a střechy budov v Podolsku, tak při zanášení jednotlivých listnatých stromů, které jsou ve vizualizaci také přítomny).

Na příloženém DVD, které je součástí práce, se nachází videa s animacemi, která zobrazují proměnu krajiny před a po zatopení a dále další obrázky ze zpracovávaných oblastí, které byly během nahrávání těchto vizualizací pořízeny.

6. ZÁVĚR

Při zpracování práce bylo využito značného množství možností geoinformačních technologií (především široká škála nástrojů ArcGIS). Výsledný 3D model se zdá být kvalitní, nicméně je zde rozhodně mnoho aspektů, které lze v budoucnu řešit. Jedná se především o geometricky korektní rektifikaci (tzv. ortorektifikaci) LMS či otázku tvorby 3D modelů budov, který byl nakonec vytvořen pouze v jedné ze tří oblastí, což je však pro demonstraci aplikace dostatečné.

Ve zpracování tématu bych velmi rád pokračoval v rámci diplomové práce, jejímž předmětem by bylo jak rozšíření oblasti pro vizualizaci (rozšířené na celou oblast Orlické nádrže, případně i dalších nádrží, pro které se podaří sehnat data), tak zkvalitnění postupů zpracování vstupních dat (především ortorektifikace leteckých snímků). Stejně tak zůstala k následné práci otevřená problematika ArcGIS serveru, protože byl při jejím zpracování objeven obrovský potenciál a zjištěno mnoho poznatků vztažených především k optimalizaci výsledných trojrozměrných scén. Taktéž využití a prohlížení scén ve volně stažitelné aplikaci ArcGIS Explorer v sobě ukrývá mnoho možností a tato aplikace by mohla posloužit i jako výuková aplikace pro studium základů problematiky distribuce prostorových dat o velkém objemu. Mohla by tak tvořit určitou alternativu dnes nejrozšířenějšímu způsobu prohlížení krajiny ve 3D a to aplikaci *Google-Earth*.

V neposlední řadě stojí za zmínku velký potenciál, který v sobě skrývá především *Virtual Earth API*, specializované rozhraní pro vývojáře. Pomocí speciálního kódu je např. možné vložit modul s interaktivním průletem vizualizace přímo do okna umístěného na webové stránce

7. POUŽITÉ ZDROJE

- ARCDATA, 2009. *ArcGIS Server – ARCDATA PRAHA* [online] [cit. 2009-08-20] Dostupné z URL
<<http://www.arcdata.cz/produkty-a-sluzby/software/esri/arcgis-server/arcgis-server>>
- BAYER, T. 2006. *Převod (lat, lon) <=> (X,Y) , Gaussovo zobrazení v S-42* [Java applet online]. 2006
[cit. 2009-02-23]. Dostupné z URL:
<<http://www.natur.cuni.cz/~bayertom/Sw/Applets/Gauss/appletgauss.html>>
- BRATT, S., BOOTH, B. c2004. *ArcGIS 9 : using 3D Analyst* [online]. c2004 [cit. 2008-08-11]. Dostupné z URL:
<http://www.laep.ced.berkeley.edu/classes/readings/read_online/ESRI/Using_3D_Analyst.pdf>
- CAJTHAML, J., KREJČÍ, J. 2008. *Využití starých map pro výzkum krajiny* [online] [cit. 2009-05-15].
Dostupné z URL:
<http://maps.fsv.cvut.cz/gacr/publikace/2008/2008_Cajthaml_Krejci_Ostrava.pdf>
- ČADA, V. 2007. Souřadnicové systémy. *Přednáškové texty z Geodézie* [online]. Poslední revize:
17.3.2007. [cit. 2009-05-15]. Dostupné z URL:
<<http://www.gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch02s03.html>>
- ČÚZK. 2008. *Popis dat Základní báze geografických dat (informace o metadatech)* [online] 2008
[cit. 2008-11-03]. Dostupné z URL: <http://www.cuzk.cz/GenerujSoubor.ashx?NAZEV=30-ZU_K_ORTO_STAV>
- CENIA. 2009. Portál veřejné správy České republiky. *Ortofoto Im* [online] [cit. 16-06-09] Dostupné
z URL: <http://geoportal.cenia.cz/mapsphere/MapWin.aspx?M_Site=cenia&M_Lang=cs>
- DOBROVOLNÝ, P. 1998. *Dálkový průzkum Země: digitální zpracování obrazu*. 1. vydání. 1998.
208 s. ISBN 80-210-1812-7.
- ESRI, c2004. *ArcGIS 3D Analyst - Designing Interactive ArcGlobe Documents* [online]. c2004.
[cit. 2009-07-25]. Dostupné z URL:
<http://www.esricanada.com/documents/P_60_ArcGIS_3D_Analyst_Interactive_ArcGlobe_Documents.pdf>
- ESRI, c2009. *ArcGIS Desktop 9.3 help – Georeferencing a raster dataset*. [online]. c2009,
poslední revize: 24.4.2009. [cit. 2009-07-07]. Dostupné z URL:
<http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?id=3152&pid=3143&topicname=Georeferencing_a_raster_dataset>

- ESRI, c2009. GIS Dictionary - ESRI Support. *ArcGIS. Desktop 9.3 help – Georeferencing a raster dataset* [online]. c2009, poslední revize: 24.4.2009. [cit. 2009-07-07]. Dostupné z URL: <http://support.esri.com/index.cfm?fa=knowledgebase.gisDictionary.popup&AppStyle=arcGIS91&popupTerm=rubber_sheeting>
- ESRI, c2009. Globe services. *ArcGIS Server for the Java Platform 9.3 Help* [online]. c2009. [cit. 2009-08-12]. Dostupné z URL: <<http://geo.natur.cuni.cz:8099/arcgismanager/help>>
- FAJT, J. 2005. *Geometrické transformace v GIS* [online]. Poslední revize: 27.8.2005. [cit. 2009-05-11]. Dostupné z URL: <<http://gis.zcu.cz/studium/ugi/referaty/05/GeometrickeTransformace>>
- Google 3D Warehouse [databáze 3D modelů online]. 2009. [cit. 09-05-31]. Dostupné z: URL: <<http://sketchup.google.com/3dwarehouse/?ctyp=sm&cv=p6.4.112&&hl=en%2DUS>>
- GOJDA, M. 2005. *Krajinná archeologie* [online]. Poslední revize: 19.09.2005. [cit. 2009-05-08] Dostupné z URL: <http://www.kar.zcu.cz/studium/prezentace/KRAJI/KrajArch_6-7.pdf>
- MIKLOŠÍK, F. 1997. *Státní mapová díla České republiky*. 1.vydání. 1997. 110 s. ISBN S - 858
- PÁSKOVÁ, M. 2008. *3D Kartografická vizualizace okresu Svitavy*. Bakalářská práce. Brno (Masarykova Univerzita)
- SEMOTANOVÁ, E. 2000. Historiografie, geografie a historická geografie - metodologické průsečky na prahu třetího tisíciletí. *Klaudyán - Internetový magazín pro historickou geografii a environmentální dějiny*. 2000, č. 1. [online]. [cit 2009-05-10]. Dostupné z URL: <<http://klaudyan.psomart.cz/clanek.php?id=11>> ISSN 1212-9690
- ŠÍDLO, B. 197-?. Fondy topografických a základních map: Československo. Topografické mapy v systému S-1952. *Topografická mapa 1:10 000* [online]. Poslední revize: 8.7.2009 [cit. 2009-05-03]. Dostupné z URL: <<http://archivnimapy.cuzk.cz/ISAR/Data/Popisy/D7/D7-2.htm>>
- ŠÍDLO, B. 197-?. Fondy topografických a základních map: Československo. Topografické mapy v systému S-1952. *Topografická mapa 1:25 000* [online]. Poslední revize: 8.7.2009 [cit. 2009-05-03]. Dostupné z URL: <<http://archivnimapy.cuzk.cz/ISAR/Data/Popisy/D7/D7-3.htm>>
- ŠILHAVÝ, J. 2007. *Využití moderních metod pro tvorbu map pro orientační běh*. Bakalářská práce. Plzeň (Západočeská Univerzita)

ŠTYCH, P. a kol. 2008. *Vybrané funkce geoinformačních systémů*. Praha 2008, PřF UK, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie

ZABAGED, Ortofoto, SM5 [DVD]. 2008. Český úřad zeměměřický a katastrální (ČÚZK).

Výtisky 1. a 2. vydání SMO5 a TM10 [Poskytnuty ke skenu v prostorech UK/ a následnému vypálení na DVD]. 2008. Ústřední archiv zeměměřictví a katastru (organizačně začleněn do ZÚ) (ÚAZK)

Staré LMS a výtisky TM25 [DVD]. 2008. Vojenský geografický a hydrometeorologický Ústav v Dobrušce (VGHMÚř Dobruška)

HÝŽA, M., KAČOR, M., KLEGA, L. 2008. *Zatopené osudy - Orlík* [DVD]

9. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Tvorba zaniklého DMR v oblasti obcí Podolsko, Velký Vír - Křesina a Těchnice – Orlické, Zbenické Zlakovice

Příloha 2 Sběr vlíčovacích bodů pro rektifikaci LMS v oblasti obcí Podolsko, Velký Vír - Křesina a Těchnice – Orlické, Zbenické Zlakovice

Příloha 3 Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Podolska

Příloha 4 Porovnání vzhledu zaniklé a současné krajiny v oblasti Podolska

Příloha 5 Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti mezi obcemi Velký Vír a Křesina

Příloha 6 Porovnání vzhledu zaniklé a současné krajiny v oblasti mezi obcemi Velký Vír a Křesina

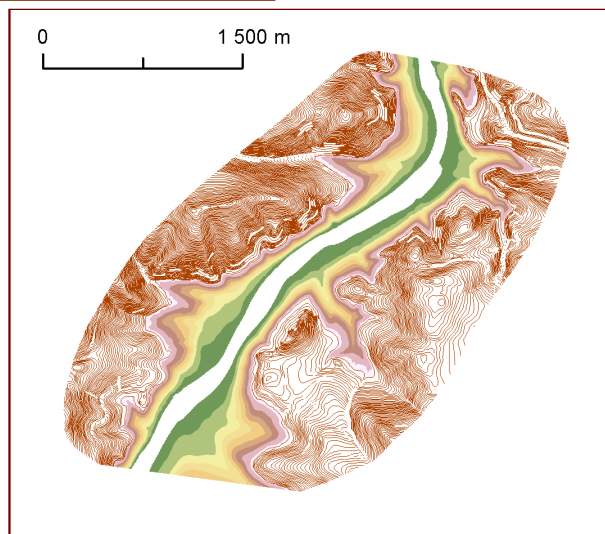
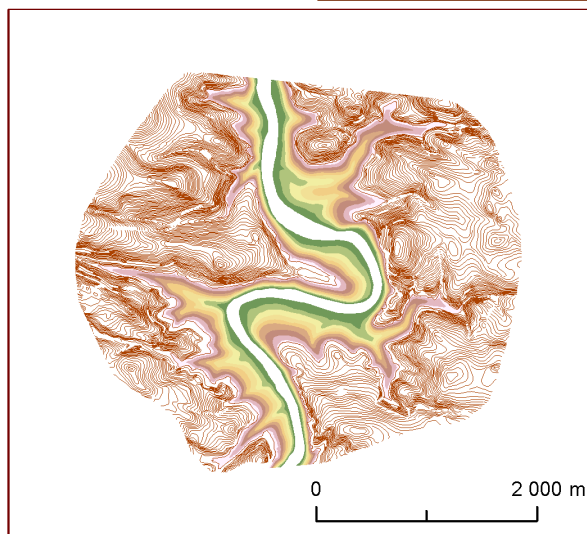
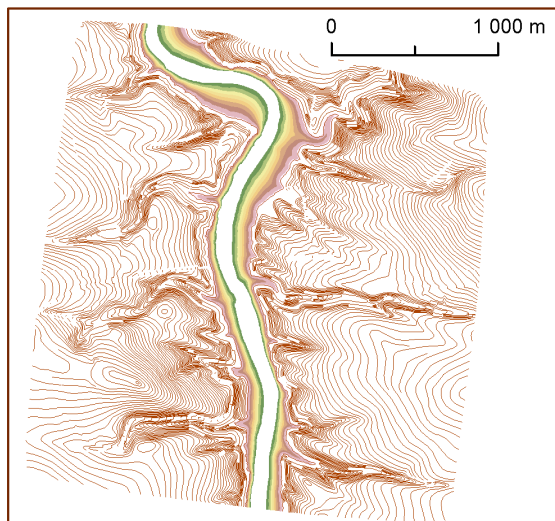
Příloha 7 Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti mezi obcemi Těchnice a Orlické a Zbenické Zlakovice

Příloha 8 Porovnání vzhledu zaniklé a současné krajiny v oblasti mezi obcemi Těchnice a Orlické a Zbenické Zlakovice

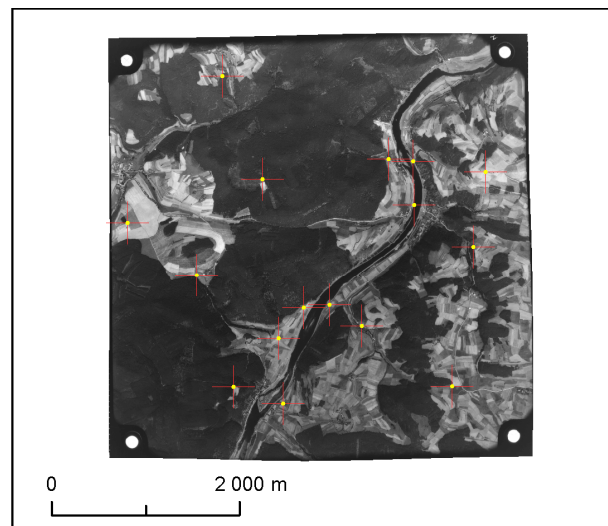
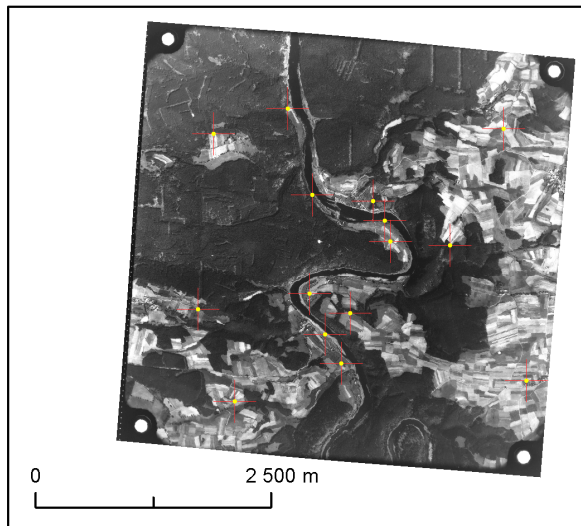
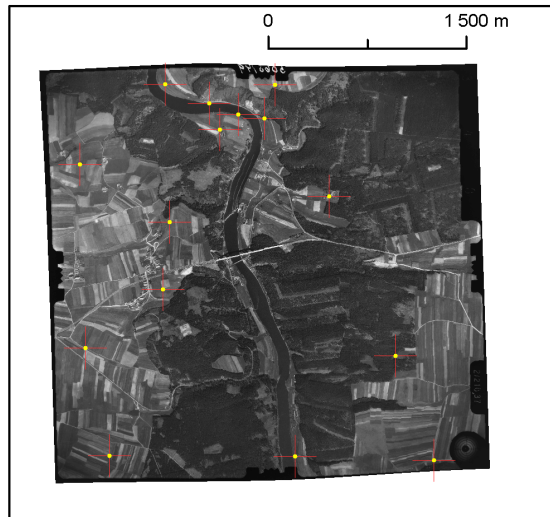
Příloha 9 Porovnání vzhledu zaniklé a současné krajiny v oblasti mezi obcemi Orlické a Zbenické Zlakovice a Těchnice

Příloha 10 Obsah příložených DVD

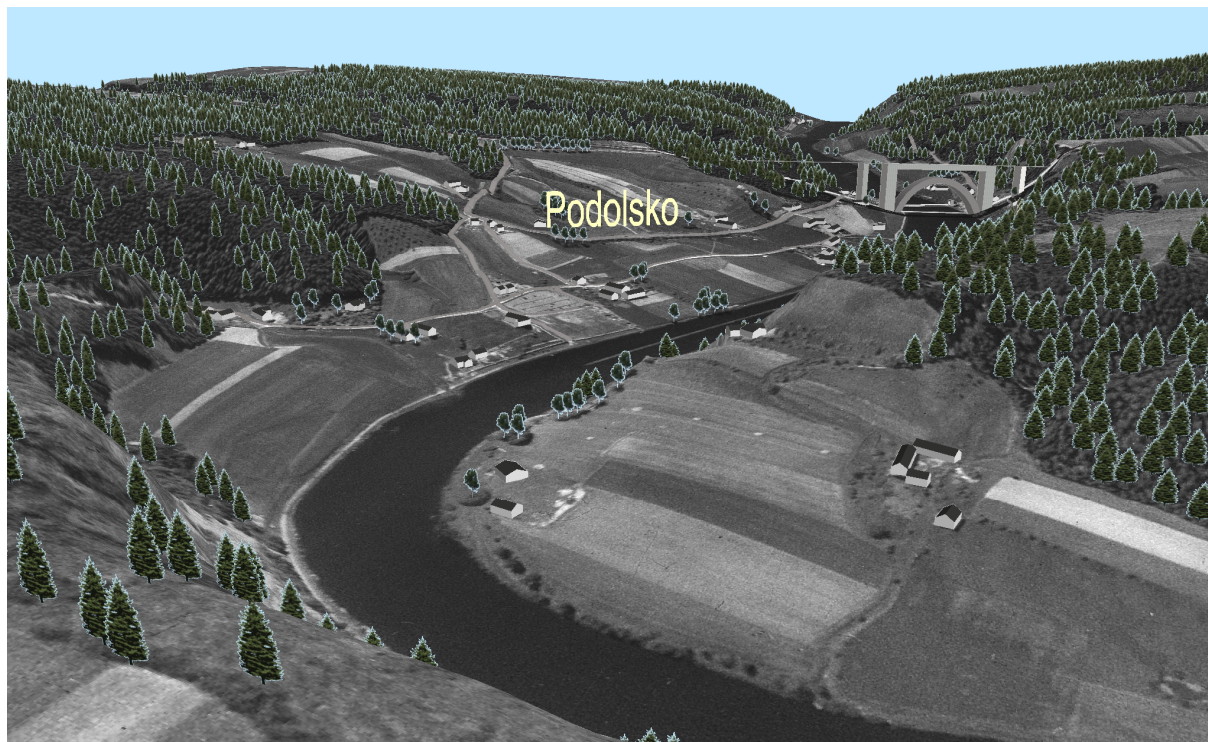
**Příloha 1 Tvorba historického DMR v oblasti obcí Podolsko, Velký Vír - Křesina a
Těchnice – Orlické, Zbenické Zlakovice (v označení zleva shora)**



Příloha 2 Sběr vlíčovacích bodů pro rektifikaci LMS v oblasti obcí Podolsko, Velký Vír - Křesina a Těchnice – Orlické, Zbenické Zlakovice (v označení zleva shora)



Příloha 3 Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Podolska

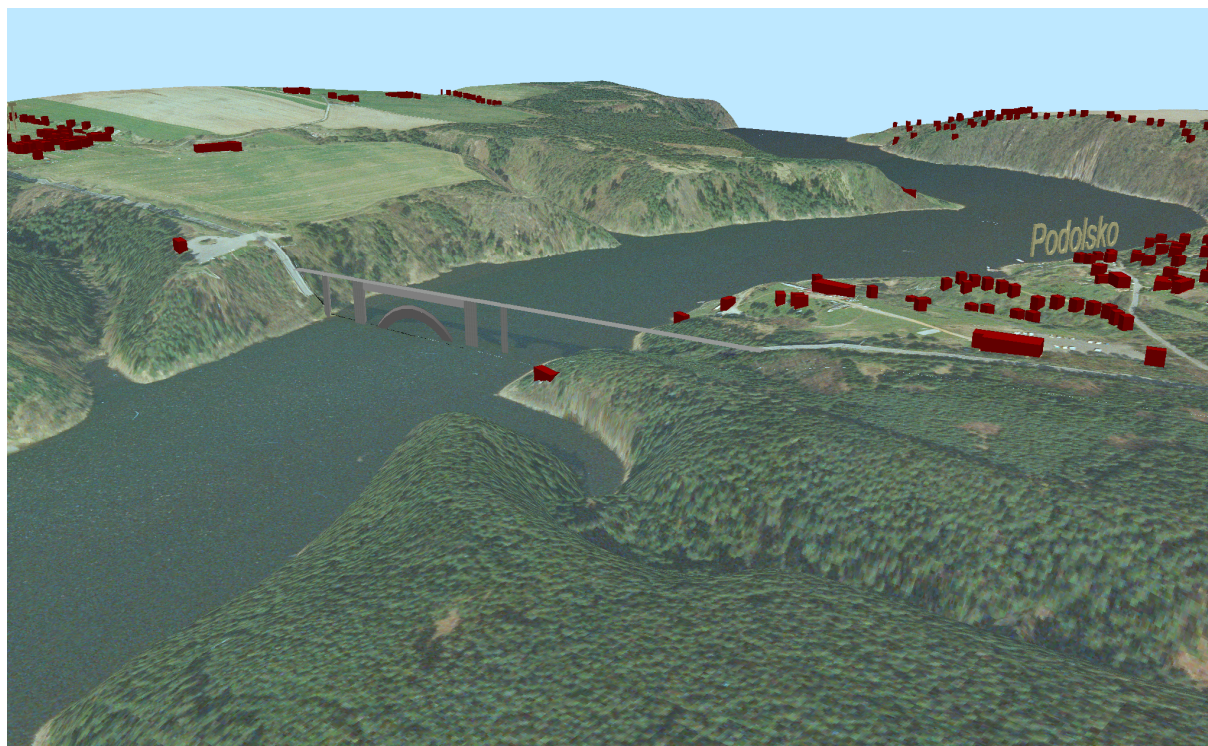
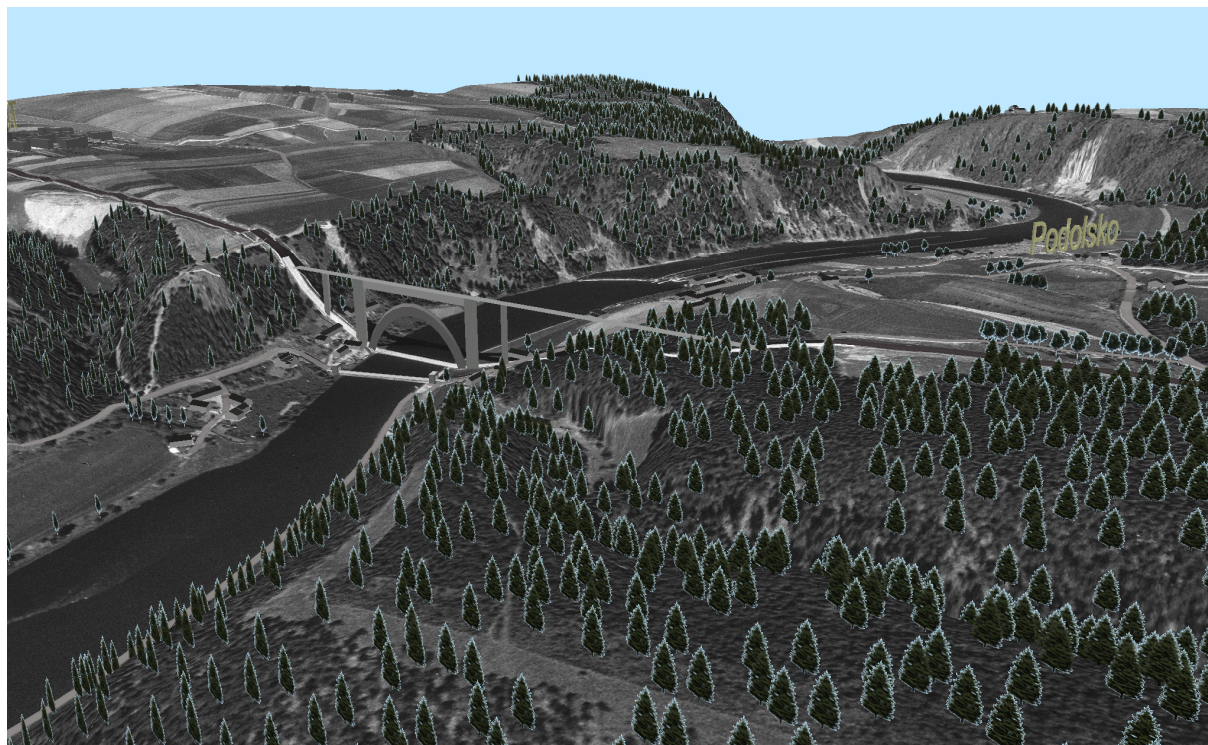


Pohled od severu k jihu



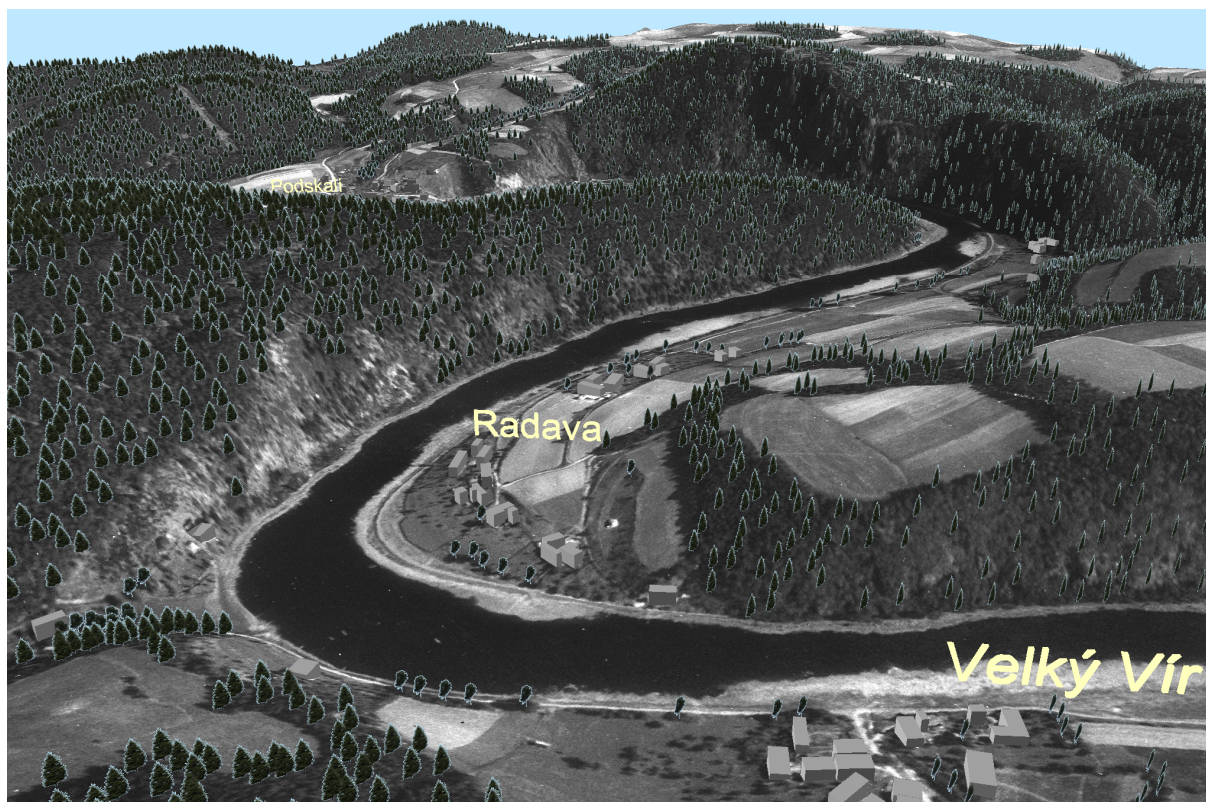
Pohled od jihozápadu k severovýchodu

Příloha 4 Porovnání vzhledu zaniklé a současné krajiny v oblasti Podolska

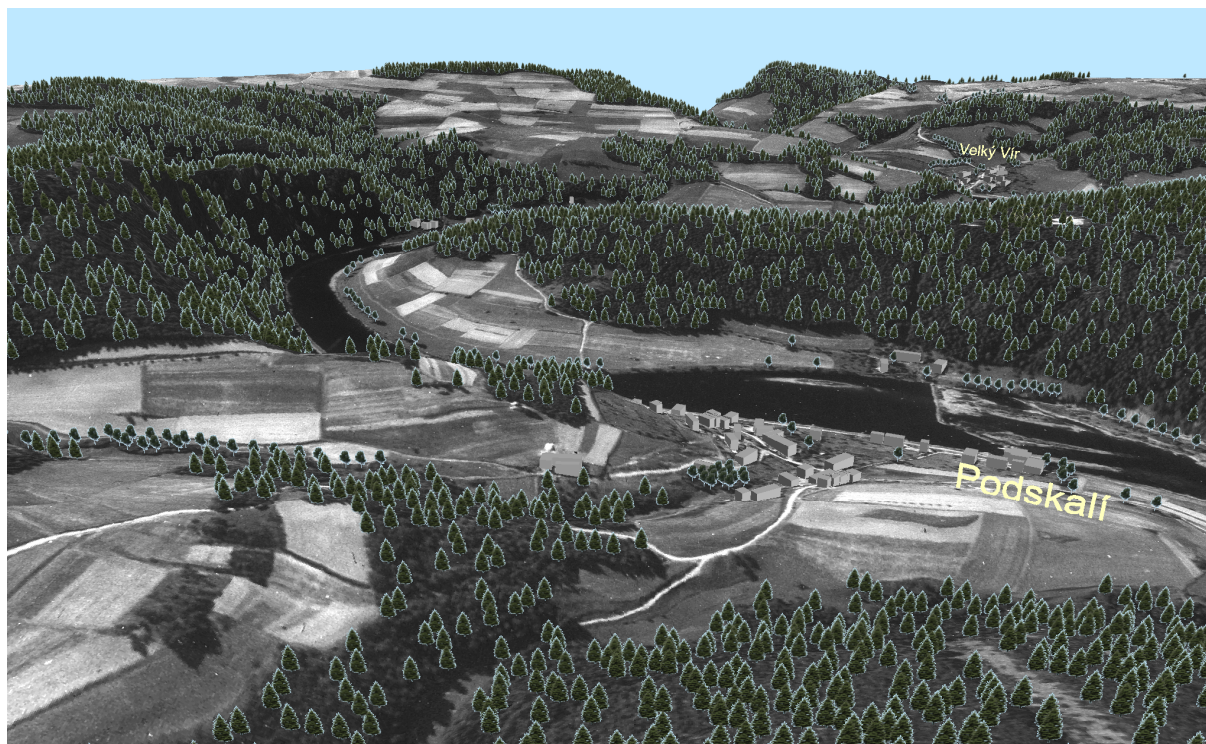


Pohled na obec Podolsko od jihu k severu

Příloha 5 Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti mezi obcemi Velký Vír a Křesina

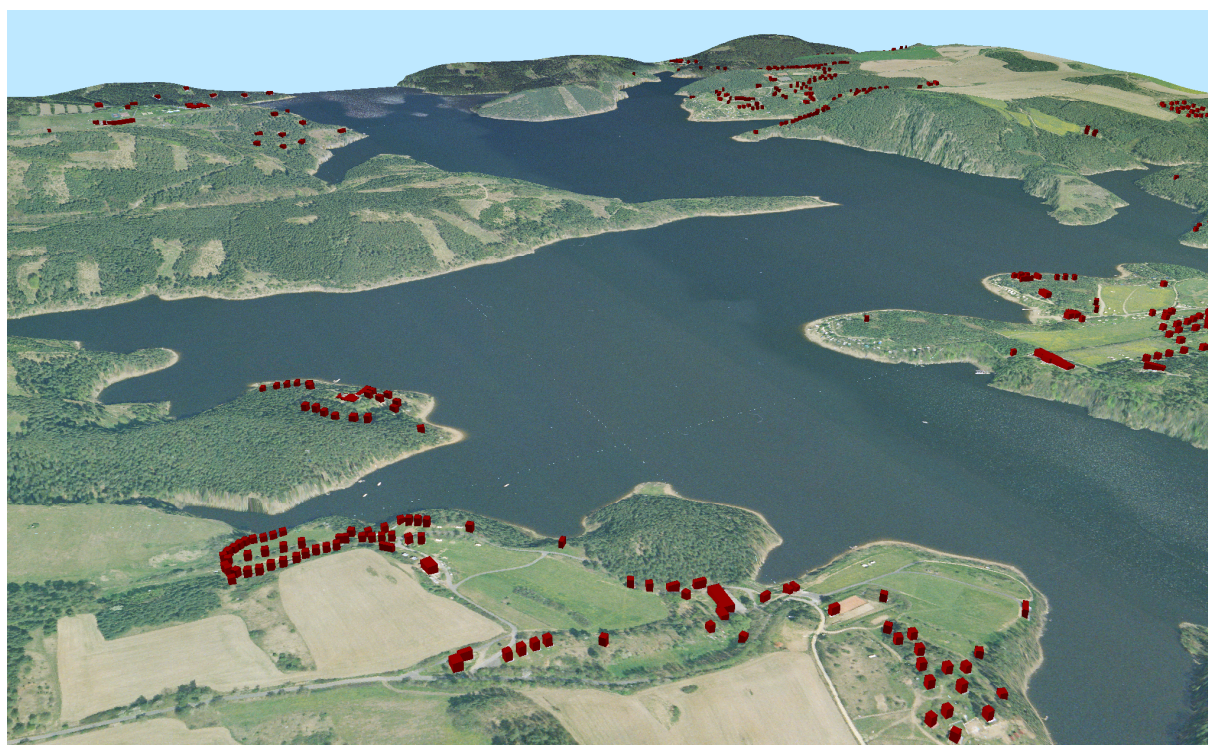


Pohled od západu k východu



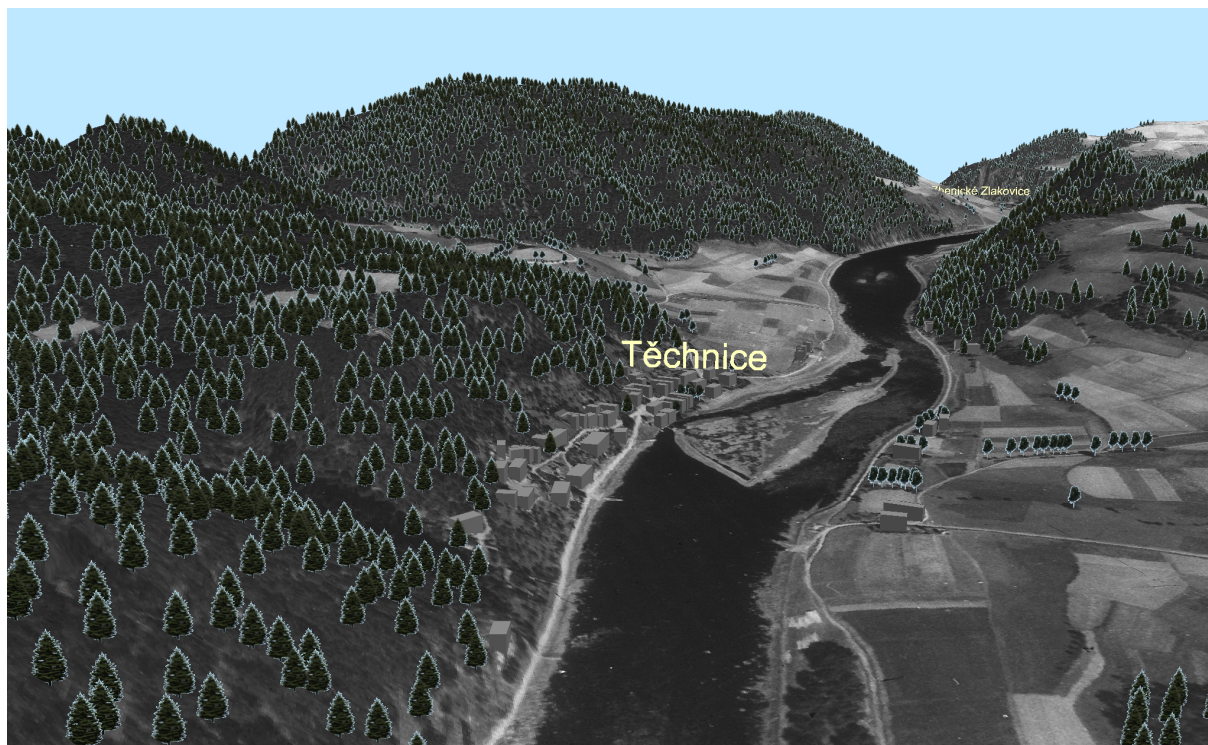
Pohled od severu k jihu

Příloha 6 Porovnání vzhledu zaniklé a současné krajiny v oblasti mezi obcemi Velký Vír a Křesina

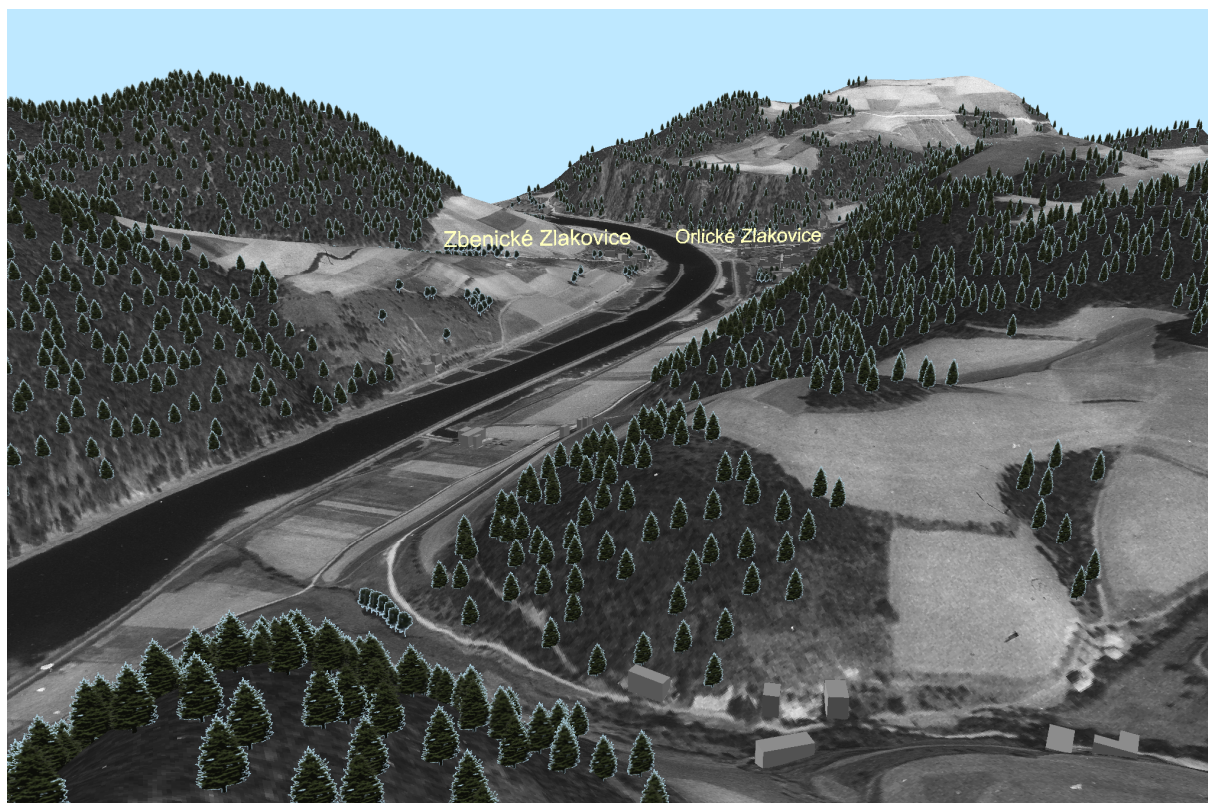


Pohled od jihu od obce Velký Vír k severu

Příloha 7 Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti mezi obcemi Těchnice a Orlické a Zbenické Zlakovice

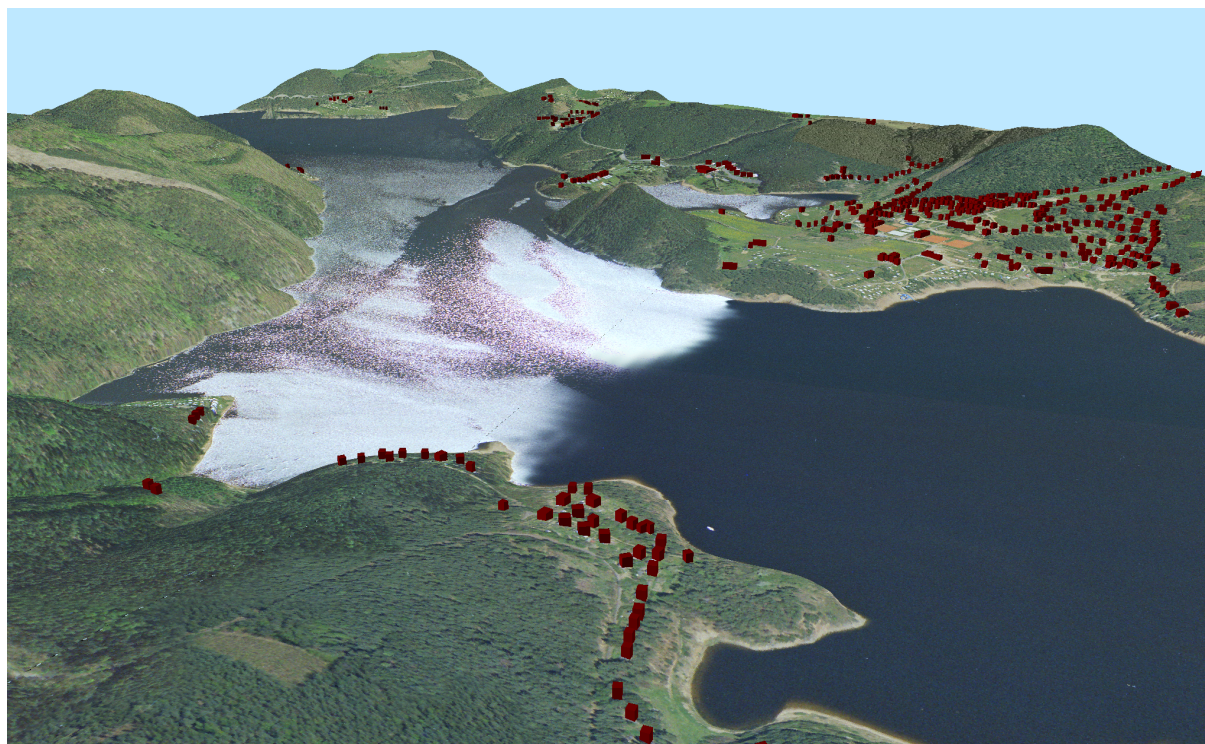
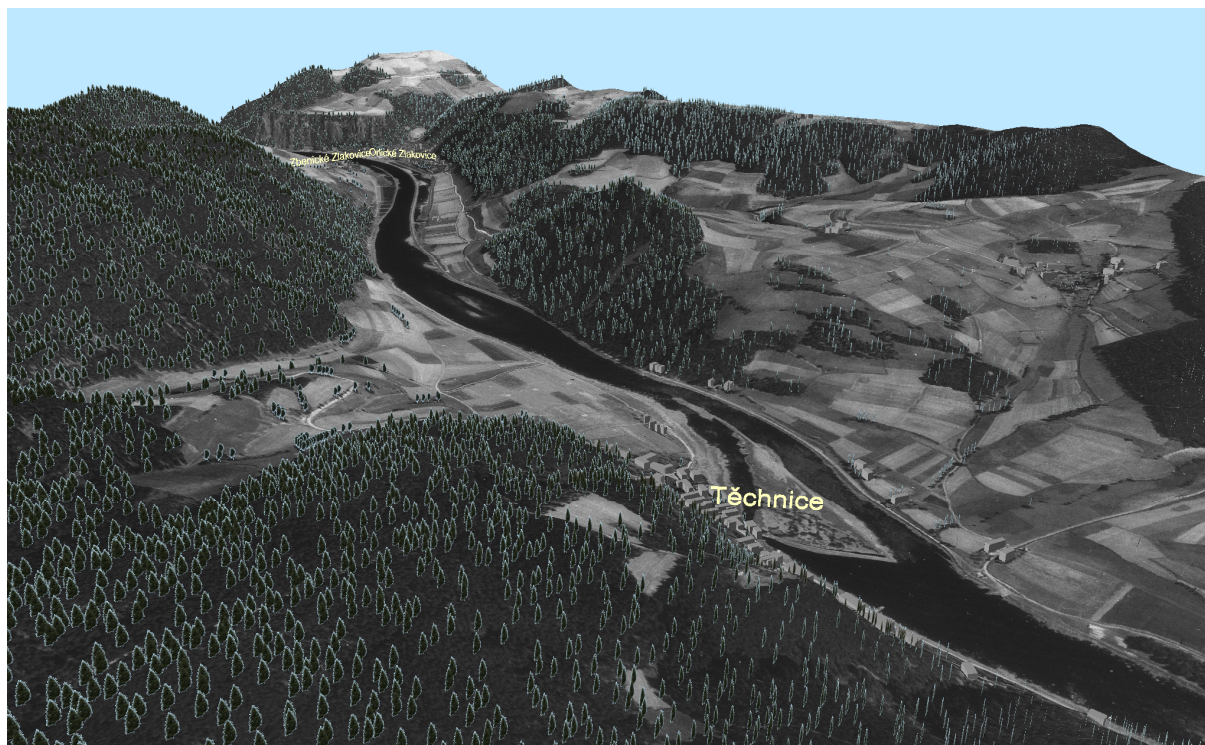


Pohled od jihu k severu



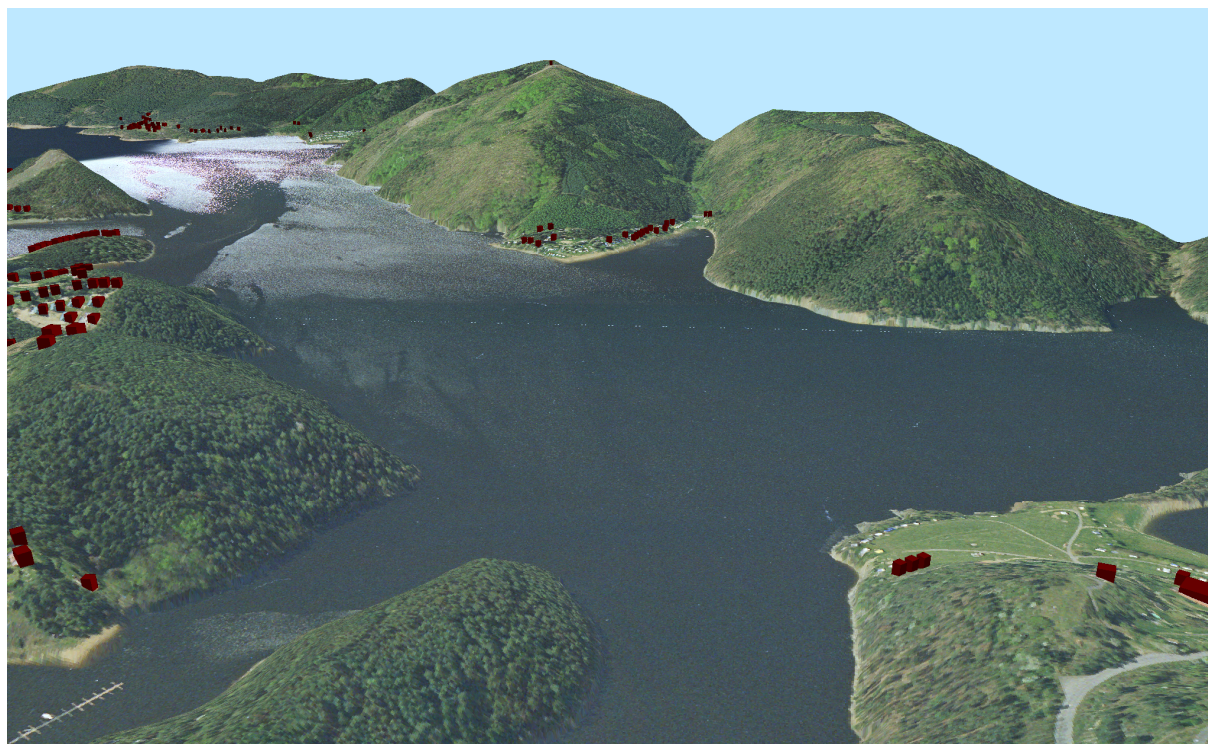
Pohled od jihu k severu

**Příloha 8 Porovnání vzhledu zaniklé a současné krajiny v oblasti mezi obcemi
Těchnice a Orlické a Zbenické Zlakovice**



Pohled od jihu od obce Těchnice k severu

Příloha 9 Porovnání vzhledu zaniklé a současné krajiny v oblasti mezi obcemi Orlické a Zbenické Zlakovice a Těchnice



Pohled od severu od obcí Orlické a Zbenické Zlakovice k jihu

Příloha 10 Obsah příložených DVD

Struktura obsahu DVD 1: **Videa_vizualizace_bp** - obsahuje nahraná sestřihaná videa z vizualizací ve vysokém rozlišení

Struktura obsahu DVD 2: **Obrázky_vizualizace_bp** - obsahuje obrázky z vizualizací ve vysokém rozlišení

Videa_vizualizace_komprese - obsahuje zkomprimovaná videa z vizualizací v nízkém rozlišení

Bakal_prace.pdf - soubor obsahující vlastní text práce