

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
Přírodovědecká fakulta
Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie



**3D REKONSTRUKCE KRAJINY NA PŘÍKLADU
ZANIKLÝCH OBCÍ V ČESKÉM POHRANIČÍ
A VOJENSKÝCH ÚJEZDECH**

Bakalářská práce

Jan Jelének

srpen 2010

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

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením školitele RNDr. Přemysla Štycha, Ph.D., a že jsem všechny použité materiály řádně ocitoval.

Jsem si vědom toho, že případné využití 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.

Ve Zdíbech dne 18.8.2010

.....
Jan Jelének

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu své bakalářské práce RNDr. Přemyslu Štychovi, Ph.D. za ochotu a trpělivost při zodpovídání mých otázek a za pomoc s níž mi vždy ulehčil práci. Dále bych rád poděkoval panu Šeflovi, pamětníkovi z obce Strašice, za laskavé propůjčení historických fotografií brdských zaniklých obcí a stejně tak děkuji RNDr. Pavlu Chromému, Ph.D. za propůjčení historických fotografií a publikací k zaniklým obcím Novobystřicka, včetně obce Košťálov. Také bych rád poděkoval kolektivu zaměstnanců ve Vojenském geografickém a hydrometeorologickém úřadě v Dobrušce za ochotu při vyhledání a zpracování historických leteckých snímků. V neposlední řadě děkuji mé rodině za podporu a pomoc v průběhu celého studia.

3D rekonstrukce krajiny na příkladu zaniklých obcí v českém pohraničí a vojenských újezdech

Abstrakt

Tato práce se zabývá teoretickými i praktickými možnostmi využití geoinformačních systémů k vytvoření trojrozměrného modelu změn v krajině.

Hlavní náplní práce byla tvorba a vizualizace trojrozměrného modelu zaniklé obce Padrt' v oblasti vojenského újezdu Brdy a Košťálkov v pohraničí. K práci bylo využito mnoha dostupných datových zdrojů, jako např. historické letecké snímky, dobové fotografie, současná ortofota či historické mapy. Za pomoci těchto dat a specializovaného software byly vytvořeny digitální modely zvolených území včetně trojrozměrných modelů budov a vegetace, s důrazem na historickou věrnost. Takto bylo postupováno pro dvě historická období: 40. léta 18. stol. a 30. až 50. léta 20. stol a pro současnost.

Výsledkem práce jsou průletové animace a pohledové scény, které jsou srovnány s dobovými fotografiemi. Jednotlivé historické modely jsou zároveň navzájem konfrontovány v dynamicky se prolínajících průletových animacích.

Klíčová slova: 3D rekonstrukce, 3D model, DMP, DMT, ArcScene, ortofoto, zaniklé obce

3D reconstruction of landscape: A case study of extinct municipalities in Czech borderlands and military areas

Abstract

This work deals with theoretical and practical possibilities to use GIS to create three-dimensional model of landscape changes.

The object of the work was the creation and visualization of three-dimensional model of extinct municipalities Padrt' in a military area Brdy and Košťálkov in the borderlands. The work used many available data sources, such as historical aerial photographs, historical photos, current orthophotos or historical maps. These data and specialized software were used to create digital models of the selected area, including three-dimensional models of buildings and vegetation, with emphasis on historical closeness. Work was focused on three selected periods of history: 40th of the 18th century, 30th to 50th of the 20th century and present.

The work resulted in fly-by animations and perspective scenes, which are compared with historical photographs. Historical models are also confronted with each other by a dynamic fading in fly-by animations.

Keywords: 3D reconstruction, 3D model, DSM, DTM, ArcScene, orthophoto, extinct village

OBSAH

Přehled použitých zkratků.....	7
Seznam map a obrázků.....	9
1 Úvod.....	10
2 Úvod do problematiky a literární rešerše	11
2.1 Vizualizace pomocí 3D modelu.....	11
2.2 Ortofoto.....	13
2.3 Geometrické transformace	14
2.3.1 Afinní transformace.....	14
2.3.2 Spline.....	15
2.3.3 Polynomické transformace II. a vyšších řádů.....	15
2.3.4 Adjust	15
2.4 Digitální model terénu	15
2.4.1 Druhy digitálních modelů.....	16
2.4.2 Interpolační metody.....	17
2.5 Paměť krajiny.....	19
3 Modelová území a podkladová data	20
3.1 Modelová území	20
3.2 Podkladová data.....	21
3.2.1 Ortofota.....	22
3.2.2 Historické letecké snímky	22
3.2.3 ZABAGED	23
3.2.4 Stabilní katastr.....	23
3.2.5 Software.....	24
4 Metodika	25
4.1 Příprava vstupních dat	25
4.2 Georeferencování.....	26
4.2.1 Georeferencování LMS	26
4.2.2 Georeferencování map Stabilního katastru.....	27

4.3	Vektorizace	27
4.4	Tvorba DMT	28
4.4.1	Úprava výškopisu ZABAGED	28
4.4.2	Tvorba TIN v prostředí ArcGIS	29
4.5	Příprava dat na prostorovou vizualizaci	30
4.5.1	Příprava stromového shapefile	30
4.5.2	Tvorba staveb v Google Sketchup	31
4.5.3	Příprava shapefile pro import 3D staveb	32
4.5.4	Příprava rastrů	33
4.6	Vizualizace v ArcScene	33
4.6.1	Vytvoření modelu	33
4.6.2	Práce s modelem, animace	36
5	Výsledky a diskuse	38
6	Závěr	41
	Seznam zdrojů informací	43
	Seznam příloh	46

PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK

2D	Geometrický model o dvou rozměrech: délce a šířce
2,5D	Geoinformační model o dvou dimenzích, kdy každý prvek nese navíc určitou informaci
3D	Trojrozměrný model: délka, šířka a hloubka
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DBM	Digital building model
DCM	Digital city model
DEM	Digital elevation model (v českém překladu DMR)
DGM	Digital ground model
DHM	Digital height model
DLM	Digital landscape model (v českém překladu DMÚ)
DMK	Digitální model krajiny
DMP	Digitální model povrchu
DMR	Digitální model reliéfu
DMÚ	Digitální model území
DMT	Digitální model terénu
DSM	Digital surface model (v českém překladu DMP)
DVM	Digitální výškový model
DTEM	Digital terrain surface model
GPS	Global Positioning System, vojenský družicový polohový systém USA
DTM	Digital terrain model (v českém překladu DMT)
HW	Hardware
IDW	Inverse Distance Weighted interpolation, metoda interpolace
LIDAR	Light Detection and Ranging, metoda laserové radiolokace
LMS	Letecký měřický snímek
RZM 10	Rastrová základní mapa ČR v měřítku 1 : 10 000
S-JTSK	Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
SM 5	Státní mapa v měřítku 1 : 5 000
SW	Software

TIN	Triangulated Irregular Network, metoda interpolace a zároveň druh digitální reprezentace terénu
USGS	United States Geological Survey
UTM	Universal Transverse Mercator, souřadný systém souřadnic.
VGHMÚř	Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad
VRML	Virtual Reality Modelling Language, standardní formát reprezentující 3D vektorová data
VTOPÚ	Vojenský topografický ústav
VÚGTK	Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický
ZABAGED	Základní báze geografických dat

SEZNAM MAP A OBRÁZKŮ

Mapa 1	Modelová území bakalářské práce	21
Obr. 1	Billboard model	12
Obr. 2	TIN	16
Obr. 3	Paměť krajiny: rok 1946 a 2008.....	19
Obr. 4	Porovnání chybného a korektního TIN v oblasti hráze rybníka	29
Obr. 5	Tvorba hrubé stavby v Google Sketchup na příkladu školy v Košťálově	31
Obr. 6	Tvorba fasády v Google Sketchup na příkladu školy v Košťálově	32
Obr. 7	3D Marker Symbol: úprava stromového znaku	35
Obr. 8	3D Marker Symbol: úprava pozice znaku domu	35
Obr. 9	Animation Manager: Time View	36

KAPITOLA 1

Úvod

Tématem bakalářské práce byla zvolena 3D vizualizace zaniklých území v českém pohraničí a ve vojenských újezdech. Téma bylo vybráno díky mému zájmu o možnost vytvoření trojrozměrné proměny krajiny, která byla tolik poznamenána umělými zásahy člověka. Zároveň se jedná o oblasti, které po dlouhou dobu nebyly přístupné nebo stále ještě nejsou přístupné běžnému občanovi. Tato krajina byla navíc dříve osídlena a byla využívána zcela jiným způsobem, než je tomu nyní. Také z těchto důvodů by bylo jistě zajímavé vytvořit prostorový model krajiny, kterou již nemáme možnost spatřit.

Motivací pro psaní této práce byla především blízkost problematiky zaniklých obcí s mým zájmem o historii, ať už se jednalo o pohraniční oblasti, tak o vojenské prostory, jelikož zde šlo o zásadní okamžiky českých dějin, které byly spojeny s mnoha pohnutými osudy. Klíčovou rolí zde také představovaly četné návštěvy zaniklých obcí v pohraničí, které ve mně vždy vyvolaly úvahy o vzhledu bývalých obcí a okolní krajiny. Dodnes se na těchto místech dochovaly většinou pouze základy nebo násypy. Velmi často jsou prostory bývalých obcí zarostlé bujnou vegetací.

Proto jsem rád, že jsem dostal možnost věnovat se ve své práci tomuto tématu a těmto oblastem. Avšak již před samotným začátkem práce je zřejmé, že výsledky budou představovat pouze malý díl z celkového množství zaniklých obcí, které by bylo možné zpracovávat. Věřím, že tato práce poslouží jako příklad více podobným pracím a že bude počet vizualizovaných zaniklých obcí vzrůstat.

Cílem práce bylo vytvořit za pomoci dostupného GIS softwaru trojrozměrnou vizualizaci zaniklých území v českém pohraničí a ve vojenských újezdech. Výsledkem prací by měly být modely zobrazující vybraná území ve dvou historických obdobích a v současnosti. Následně budou provedeny průletové animace a pohledové snímky zaniklých obcí, včetně zástavby. Průletové animace by měly dynamicky zobrazovat vývoj krajiny jednotlivých oblastí.

KAPITOLA 2

Úvod do problematiky a literární rešerše

V této kapitole bude teoreticky ozřejmána zpracovávaná tematika a bude provedena diskuse s literaturou.

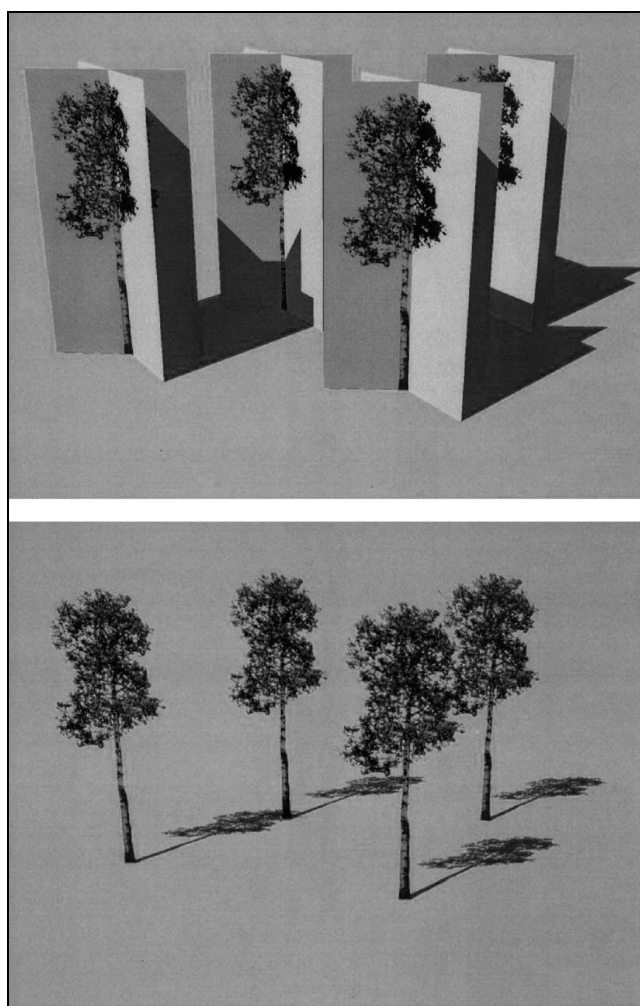
2.1 Vizualizace pomocí 3D modelu

Klíčovým pojmem této práce bylo **3D** zobrazení. 3D je zkratka anglického termínu „three-dimensional“, neboli „troj-rozměrné“, představující trojrozměrné vymodelování požadovaného tvaru v grafickém programu, jeho vyrenderování (vykreslení) a následné zpracování buď ve statickém obrazu, nebo animaci. Hlavním smyslem použití trojrozměrné vizualizace obrazu je reálný vjem daného předmětu či krajiny. V souvislosti s vytvářením prostorových modelů v GIS by však bylo přesnější hovořit spíše o rozměru **2,5D**. Tento rozměr je zaváděn pro takový druh dat, která mají výšku uloženu jako atribut každého bodu a ne jako prostorovou veličinu. Model zobrazovaný na obrazovce se tak zdá být 3D (Delaney, 1999). Delaney (1999) dále uvádí, že rozměr 2,5D se hojně užívá ve spojitosti s trojdimenzionálními modely, které nereprezentují výšku. Jedná se například o modelování hustoty populace, dopravní vytíženosti, průměrné teploty či vlhkosti vzduchu, kdy hodnoty těchto veličin zastupují skutečnou výšku a přidávají tím 0,5D rozměr k dosavadním 2D datům (Delaney, 1999).

Specifickým tématem je samotné modelování budov a vegetace. Jednou z možností vytváření budov je tzv. *extrudace*, vytvoření budov na základě polygonové vrstvy. Takto vytvořené budovy mají podobu obyčejných kvádrů bez jakékoliv možnosti další reálnější vizualizace (Appleton ... [et al.], 2002). Avšak existují i jiné postupy, například využití laserových družicových dat. Haala a Brenner (1997) pomocí laserového snímání terénu měří výšku terénu a všech předmětů na povrchu země v měřicím kroku 0,5 metru. Takto je vytvořen digitální model, který obsahuje všechny budovy, vegetaci a jiné objekty, pokud jsou změřeny laserem. Tímto postupem však vzniká celá řada chyb, proto je třeba zavést korekci algoritmem, který vytvoří vektorové hrany budov z laserových dat za pomoci katastrálních map a leteckých snímků. Cílem tohoto postupu je vytvořit přesný model budov, jelikož vytváření budov z leteckých snímků není dostatečně přesné.

Schickler a Thorpe (1998) postupují při tvorbě digitálního modelu města tak, že zahrnou veškeré budovy do digitálního modelu povrchu (DMP). Povrch budov je zkonstruován pomocí modelu TIN. Přes takto vytvořený DMP je přetaženo ortofoto, které musí být upraveno mozaikováním tak, aby bylo správně umístěno na všech objektech. Přístupy k rekonstrukci budov pomocí leteckých snímků i laserových dat shrnují také Baltsavias, Gruen a Van Gool (2001).

3D modely vegetace jsou velmi podrobně diskutovány v odborné literatuře. Jakákoliv vegetace je velmi složitým komplexem tisíců polygonů, které lze obtížně modelovat (Ervin, 2001). Cílem současného 3D modelování je vytváření dynamických modelů krajiny, kdy se studuje vliv podnebných činitelů na chování vegetace v různých oblastech světa. Vytvářejí se například modely, které by zohlednily polohu rostliny v závětrří a zároveň v tom samém modelu by zohlednily polohu rostliny ve vysoce exponovaném místě (Ervin, 2001). Těžištěm je však samotná modelace vegetace, kdy existují dva postupy při její vizualizaci. Základní možností jak vytvořit trojrozměrné rostliny je umístit upravenou fotografii či kresbu (např. stromu) na dvě průhledné, navzájem kolmé desky (tzv. *billboard*) a ty pak umístit do prostorového modelu, jak je patrné na obrázku 1 (Lim; Honjo, 2002 a také Muhar, 2001 a Ervin, 2001).



Obr. 1 Billboard model (Zdroj: Muhar, 2001)

Autoři se shodují, že tento model je sice uživatelsky nejpřístupnější a pro základní modely nejvhodnější, avšak pro modely zaměřené na detail nevhodné. Základní vadou takto vytvořených 3D modelů rostlin je fakt, že při pohledu z ptačí perspektivy má taková rostlina podobu navzájem kolmých čar. Druhou možností je vytvoření modelu rostliny pomocí grafického software.

Obecně lze konstatovat, že zájem o vytváření 3D modelů rapidně narůstá. V současné odborné literatuře se setkáváme hojně s využíváním 3D modelů k vizualizaci zástavby urbánních lokalit. Interaktivní modely pomáhají zlepšovat představu působení určitého přírodního jevu v krajině, jako lavin, povodní nebo lesních požárů (Aydin , 2010). Významnou součástí 3D modelování terénu je také sledování vývoje krajiny a krajinné plánování (vývoj land use a vývoj osídlení). Současnými přístupy k vytváření 3D modelů v prostředí GIS se zabývají například Abdul-Rahman a Pilouk (2007), Oosterom (2008) či Lee a Zlatanova (2009). Vizualizací digitálních modelů se zabýval už například Raper (1989). Problematicke 3D modelů v prostředí GIS se aktuálně věnují také odborná periodika, například *The Journal of Visualization and Computer Animation*, *Landscape and Urban Planning*, *Computers, Environment and Urban Systems* či *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*.

2.2 Ortofoto

Důležitým podkladem pro práci se současnou i historickou krajinou jsou digitální *ortofota*. Ortofoto je digitální forma leteckého snímku, která vzniká jako produkt digitální fotogrammetrie. Hlavním principem vzniku digitálního ortofota je odstranění *radiálních posunů*, které vznikají při středovém promítání. K radiálním posunům dochází při snímání terénu vlivem variability terénu a jeho výškových poměrů. Dle Pavelky (1997) způsobují již poměrně malá převýšení nezanedbatelnou deformaci obrazu. Z tohoto důvodu je velmi důležité se tímto problémem zabývat. Bez odstranění radiálních posunů nelze s ortofotem pracovat v prostředí GIS jako s mapovým podkladem. Samotné odstranění radiálních posunů jednotlivých pixelů se provádí dvěma způsoby. Prvním možným postupem je užití nepřímé geometrické transformace. Pro tento postup je zapotřebí dostatečně přesného digitálního modelu terénu (DMT). Ten však podle Pavelky (1997) není velice často k dispozici, a proto je využíván druhý způsob tvorby digitálního ortofota. Tím je použití stereodvojice, neboli dvojice snímků (Pavelka, 1997). Při práci s ortofoty se často vyskytuje problém se zakrytím určité části území terénními a urbanistickými překážkami (budovami). To se řeší tzv. *mozaikováním* jak uvádí například Amhar, Jansa a Ries (1998). Cílem je vytvoření tzv. *pravého ortofota* (true orthophoto), kde je docíleno kolmých průmětů i u budov a všech objektů (Pavelka, 1997). Pravá ortofota jsou zákaznicky mnohem více žádaná, jak dále uvádí Pavelka (1997), jelikož se jedná o kvalitnější zobrazení povrchu země a lze s nimi kvalitněji pracovat v prostředí GIS.

Digitální ortofoto lze využít při studiích změn krajiny, při porovnávání současné a historické podoby krajiny, při zkoumání složení krajinných prvků či při modelování 3D modelů území. Ortofoto je v tomto případě přetaženo přes DMT a vytváří tak věrnou vizualizaci krajiny (Appleton ... [et al.], 2002). Ortofoto nemusí být využito jenom pro hodnocení procesů v krajině, ale také na rekonstrukci objektů.

L. Fregonese ... [et al.] (2006) například využil snímky podlahy chrámu Sv. Marka v Miláně na vytvoření 1 : 1 modelu této podlahy s přetaženým ortofotem nasnímaným s ohniskem 40 mm a velikostí pixelu 0,5 mm. Celá scéna byla v tomto případě zasazena do lokálního souřadnicového systému. Významným přínosem bylo užití ortofot ve výzkumu výskytu toků sutin v Glacier National park v Montaně (Wilkerson; Schmid, 2008). Jak uvádí Müllerová (2004), podobně klíčovou roli sehrála ortofota při hodnocení změn sub-alpínské vegetace oblasti Krkonoš.

V současné době jsou k dispozici barevná ortofota pro celé území České republiky. Snímkování probíhá v pravidelných tříletých cyklech. Území státu je rozděleno do tří pásem (západ, střed a východ), kdy jednotlivá snímkování postupují v pořadí střed – západ – východ. Nejaktuálnější data pro pásmo střed pocházejí z roku 2007, pro pásmo západ z roku 2008 a pro pásmo východ z roku 2009 (ČÚZK, 2009).

2.3 Geometrické transformace

Při práci s digitálními snímky země se lze setkat s různými druhy geometrických transformací, nejčastěji však s afinní a spline transformacemi, polynomickými transformacemi vyšších řádů a transformací adjust. Dalšími transformačními rovnicemi se zabývá například Pavelka (1998).

V této souvislosti je třeba se zmínit také o pojmu **převzorkování**, kterým se rozumí proces geometrické transformace pomocí stanovení nové sítě pixelů. Hodnoty nových pixelů jsou vypočítány pomocí interpolace hodnot okolních bodů. Nejjednodušší interpolací je aproximace získaná podle pravidla nejbližšího souseda. Pixely transformovaného obrazu mají hodnoty převzaté z původního obrazu, ale jejich umístění může být nepřesné o polovinu velikosti pixelu (Kolář, 2008).

Pro doplnění je třeba zmínit některé pojmy, které souvisí s procesem zpracování leteckých snímků. **Georeferencování** je proces určení vztahu mezi polohou dat v přístrojovém souřadnicovém systému a geografickou, resp. mapovou polohou (www.vugtk.cz/slovník). **Rektifikace** je pak transformace polohy všech obrazových prvků jednoho souřadného systému souřadnic do jiného souřadného systému souřadnic. Proces **ortorektifikace** je odstranění geometrického zkreslení měřického snímku, které je způsobeno různou výškou snímaných objektů v terénu.

2.3.1 Afinní transformace

Rovinná *afinní* transformace neboli polynomická transformace I. řádu, je transformace pracující se šesti parametry: dvěma posuny, jedním otočením, dvěma měřítkovými faktory a jednou deformací úhlu mezi souřadnicovými osami (Pavelka, 1998). K této transformaci je zapotřebí minimálně tři vstupních bodů.

2.3.2 Spline

Metoda *spline* se kromě interpolačních metod používá také k rektifikaci snímků. Spline transformace je tzv. metoda *rubber sheeting*¹. Funkce spline je optimalizována pro místní přesnost, ale ne pro globální přesnost. Tato transformace je založena částečně na polynomické transformaci. Spline transformuje zdrojové body přesně do cílových bodů, ale zároveň udržuje kontinuitu mezi sousedními pixely. U pixelů, které jsou daleko od kontrolních bodů, není zaručena přesnost. Tato transformace je užitečná, když jsou kontrolní body velmi důležité a je nutné, aby byly registrovány přesně. Navíc zde funguje pravidlo, že přidání více kontrolních bodů může zvýšit celkovou přesnost spline transformace. Metoda spline vyžaduje minimálně deset kontrolních bodů (ESRI, 2010).

2.3.3 Polynomické transformace II. a vyšších řádů

Pokud má deformace souřadnicové soustavy transformované mapy snímku nebo jiného zdroje komplikovanější průběh anebo lokální charakter, je výhodnější použít polynomickou transformaci vyššího řádu (Fajt, 2005). V případě polynomu druhého řádu je zapotřebí znát souřadnice minimálně šesti identických bodů, při použití polynomu třetího řádu pak deseti identických bodů. Nedoporučuje se však používat minimální počet bodů, ale spíše přidat další, které zmenší polohovou chybu. V praxi se používají pouze řády II a III, jelikož vyšší řády nepřinášejí podstatnější zvýšení přesnosti, spíše naopak (Fajt, 2005).

2.3.4 Adjust

Metoda transformace *adjust* je optimalizována pro globální i místní přesnost. Je postavena na algoritmu, který kombinuje polynomickou transformaci a interpolaci na bázi TIN. *Adjust* transformace provádí polynomickou transformaci pomocí dvou sad kontrolních bodů. Poté upraví kontrolní body tak, aby lépe odpovídaly cílovým polohám bodů pomocí interpolace TIN. *Adjust* transformace vyžaduje nejméně tři kontrolní body (ESRI, 2010).

2.4 Digitální model terénu

Digitální model terénu (DMT) je zjednodušenou reprezentací skutečnosti v prostředí geoinformačních systémů. DMT lze chápat jako komplex rastrových a vektorových objektů, které popisují skutečné řešené území, krajinu, povrch. Důležitou vlastností digitálních modelů terénu je dle Rapanta (2005) možnost v kterémkoliv bodě uvnitř modelované oblasti odečíst nadmořskou výšku.

Za počátek digitálních modelů se považuje vytvoření prvního Digitálního modelu terénu americkými vědci C. L. Millerem a R. A. Laflammem v rámci fotogrammetrické laboratoře Technologického institutu v Massachusetts. Tento pokrok byl popsán v jejich publikaci *The Digital Terrain Model - Theory & Application* z roku 1958 (Li; Zhu, Gold, 2005).

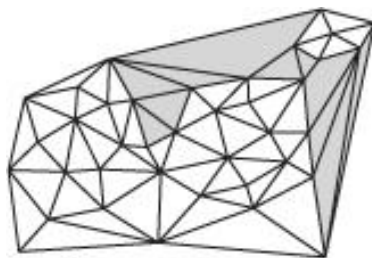
¹ Metoda **rubber sheeting** je definována jako postup pro úpravu souřadnic všech bodů v datovém souboru, který umožní přesnější ztotožnění vřícovacích bodů. Metoda zachovává propojení mezi body a objekty pomocí roztahování, smršťování, nebo pomocí změny orientace jejich propojovacích linií.

Podkladem pro tvorbu DMT je celá řada zdrojů dat, například měření GPS, geodetická měření, laserové skenování (LIDAR), fotogrammetrická měření, radarová a družicová data a jiné. Obecně lze říci, že DMT jsou vytvářeny pomocí tří typů datových modelů (Bravený, 2008):

a) **Rastrový model** (*Grid*) – je tvořen sítí pixelů, která kopíruje zemský povrch. Rohy pixelů nesou údaje o nadmořské výšce. Nevýhodou tohoto modelu je, že velikost buňky musí být stejná pro celé území. V případě, že je území dosti členité, je třeba zvolit menší velikost buňky. Tato buňka bude ale na rovinatém území zbytečně malá. Další variantou rastrového modelu jsou tzv. *lattices*.

b) **Plátový model** – je tvořen čtyřúhelníky a obecnými trojúhelníky, jejichž hrany kopírují zlomy a terénní hrany v krajině.

c) **Polyedrický, vektorový model** (TIN – *Triangulated Irregular Network*) – je sítí nepravidelných trojúhelníkových prvků (Moore; Grayson; Ladson, 1991), která kopíruje terén pomocí nepřekrývajících se plošek (*faces*) (Bravený, 2008), kdy jednotlivé uzly (*nodes*) představují konkrétní body povrchu, jako jsou vrcholy, hřebeny a terénní zlomy ve svahu (viz obr. 2). TIN tak tvoří nepravidelné sítě bodů uložené jako soubor x, y, a z hodnot, spolu s odkazy na své sousedy v síti (Moore; Grayson; Ladson, 1991). V místech, kde se nachází větší terénní nerovnosti, je díky nepravidelnosti trojúhelníků umístěno více uzlů. Tyto plošky mohou být různě nakloněny podle sklonu terénu. TIN dále slouží také jako základ interpolační metody.



Obr. 2 TIN (Zdroj: ESRI, 2010)

2.4.1 Druhy digitálních modelů

Digitální model terénu lze dále dělit podle konkrétního účelového zaměření daného DMT:

DMT - *digitální model terénu*, v zahraniční literatuře *digital terrain model* (DTM). DMT je digitální reprezentací reliéfu zemského povrchu. Ta je složena z dat interpolačního algoritmu, který umožňuje odvozovat výšky mezilehlých bodů (www.vugtk.cz/slovník/). Bravený (2008) definuje DMT jako reprezentaci zemského povrchu bez jakýchkoliv povrchových objektů (vegetace, zástavba, komunikace), avšak zachycující veškeré terénní projevy reliéfu, jako jsou říční koryta, náspy či hrany. DMT představuje většinou 2,5D data a především u velkých měřítek by měl obsahovat údaje o hraničních bodech a nespojnostech terénu (Amhar; Jansa; Ries, 1998).

DMR – *digitální model reliéfu*, v zahraniční literatuře *digital elevation model* (DEM). DMR lze definovat jako DMT, který pracuje výhradně s nadmořskými výškami. Terminologický slovník VÚGTK spojuje DMR s pojmem DMT a poskytuje jednotné vysvětlení těchto pojmů

(viz bod DMT). Bravený (2008) zavádí pro tento pojem název DVM – *digitální výškový model*, což více odpovídá anglickému významu pojmu.

DMP – *digitální model povrchu*, v zahraniční literatuře *digital surface model* (DSM). Dle Terminologického slovníku VÚGTK se jedná o speciální případ DMR. DMP je konstruován pomocí využití automatických prostředků (např. obrazové korelace ve fotogrametrii) tak, že zobrazuje povrch terénu a vrchní plochy všech objektů na něm (střechy či koruny stromů). Amhar, Jansa a Ries (1998) uvádějí, že DMP obsahuje celkový povrch sledované oblasti. V otevřených oblastech bez zástavby je DMP totožný s DMT a v oblastech, kde je zástavba, je DMP identický s DBM – *digital building model* (Amhar; Jansa; Ries, 1998).

DMÚ – *digitální model území*, v zahraniční literatuře *digital landscape model* (DLM). DMÚ je uskupení topologicko-vektorových dat a atributů. DMÚ tak obsahuje nejen složky reliéfu krajiny, ale také složky reálné krajiny (reliéf, zástavba, vegetace, vodstvo, ...).

DBM, DCM – *digital building model, digital city model*. DBM a DCM jsou digitální modely, které zahrnují pouze povrch pozměněný zástavbou. Jsou to modely totožné s DMT, zasazené do městského prostředí (Amhar; Jansa; Ries, 1998), (Schickler; Thorpe, 1998).

DMK – *digitální model krajiny*. Tento pojem definuje Bravený (2008) jako komplexní databázi obsahující nadpovrchová data (klíma, vodstvo, vegetace, land use), povrchová data (tvořená DMT) a podpovrchová data (geologická struktura, půdy, podpovrchová voda).

V zahraniční literatuře se můžeme setkat s řadou dalších druhů modelů, které byly v průběhu historie používány a pocházejí z různých zemí. Tyto modely mohou představovat stejný druh digitálního modelu, jelikož byly vyvíjeny v různých zemích (Li; Zhu; Gold, 2004):

DHM – *digital height model*, byl užíván především v Německu a představuje variantu DEM, který byl zaveden v USA.

DGM – *digital ground model*, odpovídá americkému DEM a byl zaveden ve Velké Británii.

DTEM – *digital terrain elevation model*, byl vyvinut Geologickou službou Spojených států (USGS). Jedná se o variantu Digitálního modelu reliéfu (DMR).

2.4.2 Interpolační metody

Podstata digitálního modelu je atribut plochy. Z tohoto důvodu je nutné charakterizovat hodnoty každého mezilehlého místa mezi body o již známých hodnotách. Problémem výpočtu mezilehlých hodnot se zabývají interpolační metody. „Interpolace je procedura odhadu neznámých hodnot ze známých hodnot v okolí“ (Bravený, 2008, s. 89). „Jedná se o určení hodnot jevu v místech, kde zkoumaný jev nemá hodnotu explicitně vyjádřenou“ (Bravený, 2008, s. 89). V praxi se užívá řada interpolačních metod. V případě, že máme k dispozici data, jejichž rozložení je pravidelné a časté, podává většina interpolačních metod podobné výsledky (Burrough; McDonnell, 2000). Naopak při použití nekonzistentních či řídkých dat je velmi důležité správně vybrat interpolační metodu (Burrough; McDonnell, 2000). Při výběru interpolační metody lze použít globálních metod či

lokálních metod. Globální metody využívají všech bodů v modelu, zatímco lokální metody pracují po částech, kdy využívají pouze nejbližší bod, který ovlivňuje své okolí do určité vzdálenosti (Weibel; Heller, 1991) a (Mitáš; Mitášová, 1999). Vzhledem k tomu, že topografické povrchy jsou většinou heterogenní a jejich průběh není periodický, mohou globální metody díky vzdáleným bodům deformovat interpolovaný povrch (Weibel; Heller, 1991). Proto se především pro DMT využívají lokální interpolační metody. Avšak neexistuje zde žádná univerzální interpolační metoda, která by byla použitelná na všechny druhy práce s DMT (Weibel; Heller, 1991).

Mitáš a Mitášová (1999) představují tři základní skupiny interpolačních metod:

a) Lokální metody

IDW – *Inverse distance weighted interpolation* je jednou z nejjednodušších interpolačních metod. Je postavena na principu, že každá nová hodnota je určena jako vážený průměr hodnot nejbližších bodů, položených do určité dané vzdálenosti (Mitáš; Mitášová, 1999). Tato metoda je však náchylná na negativní vliv nerovnoměrného rozmístění dat (Bravený, 2008).

Natural neighbour – základem pro stanovení váženého průměru lokálních dat jsou tzv. Thiessenovy polygony, které jsou také nazývány Dirichletovy či Voronoiovy (Burrough; McDonnell, 2000). Nová hodnota se vypočte jako vážený průměr nejbližších buněk obsažených v těchto polygonech. Váha se tak přikládá spíše příslušnosti k určité ploše (polygonu), než k samotné vzdálenosti mezi body. Tato metoda vede k velmi hladkým přechodům mezi kategoriemi a je výhodná pro topografické, batymetrické či geofyzikální úlohy (Mitáš; Mitášová, 1999).

TIN – *Triangulated irregular network* je interpolační metodou založenou na vytvoření trojúhelníkové sítě (TIN). Weibel a Heller (1991) uvádějí, že interpolace na základě TIN je ještě častějším použitím TIN než při samotném vytváření DMT. K výpočtu neznámých hodnot je použito lineární interpolace, která je aplikována na prostor uvnitř každého trojúhelníku. TIN je podle Weibela a Hellera (1991) komplexní metodou, která dokáže být efektivní a využitelná i pro větší soubor dat. Naproti tomu Mitáš a Mitášová (1999) uvádějí, že ačkoliv je to jedna z nejběžněji používaných metod, je to zároveň jedna z méně přesných metod. TIN je dle těchto autorů efektivní při dynamických vizualizacích terénu a jiných 3D úlohách (dohlednost, sklonitost, ...).

b) Geostatické metody

Kriging – „Kriging je založen na výpočtu průměrné hodnoty změn v závislosti na změně vzdálenosti mezi body s naměřenou hodnotou nadmořské výšky“ (Bravený, 2008, s. 93). „Mezi hlavní přednosti metody kriging patří statistické kvality předpovědí (např. nezkreslenost výsledků) a schopnost předvídat rozmístění neurčitých hodnot“ (Mitáš; Mitášová, 1999, s. 484). Kriging byl vyvinut především pro důlní inženýrství, geochemické úlohy, pedologii a geologii.

c) Variační metody

Spline – je metodou, která kombinuje požadavek co nejvyšší plynulosti a co nejmenších odchylek. Nejčastěji je používána v klimatologických úlohách a v úlohách vytváření reliéfu, v poslední době však také při rektifikaci snímků (Mitáš; Mitášová, 1999).

Speciálním případem je metoda **Topo to raster**. Tato metoda byla vyvinuta za účelem spojení výhod lokálních a globálních interpolačních metod. Tato metoda pracuje na základě metody Spline, avšak zavádí mnohem vyšší výpočetní přesnost, která je typická spíše pro lokální metody (ESRI, 2010). Hlavním smyslem vývoje této metody bylo vytvoření „hydrologicky korektního DMT“ (Bravený, 2008, s. 93). Topo to raster je zároveň jedinou metodou, která dokáže pracovat s liniemi jako vstupními hodnotami. Tato metoda byla navržena primárně pro úlohy spojené s tvorbou DMT, je tím pádem hodnocena jako nejvhodnější pro tyto účely.

2.5 Paměť krajiny

Paměť krajiny je pojem, který v souvislosti s touto prací vyjadřuje schopnost krajiny uchovávat stopy po změnách, kterými prošla v minulosti. Paměť krajiny je využitelná při studiu leteckých snímků, kdy pomáhá ztotožnit historický letecký snímek se současným leteckým snímkem. Například prostor zaniklých obcí, který byl v minulosti zasažen lidskou činností (stavby, cesty, obdělávané pole, ...), zůstává i po opuštění lidmi dobře rozeznatelný z leteckých snímků (viz obr. 3). Nejvýraznějším krajinným procesem, který se projevuje v těchto oblastech, je zarůstání křovinami a rychle rostoucími dřevinami. Tyto se pak jeví na leteckém snímku specificky oproti trvalému lesnímu porostu. Velmi dobře lze také rozeznat hranice různě starých lesních porostů, které mohou značit např. bývalou mýtinu nebo překlad koryta vodních toků.



Obr. 3 Paměť krajiny: rok 1946 a 2008 (Zdroj: VGHMÚř; ČÚZK)

KAPITOLA 3

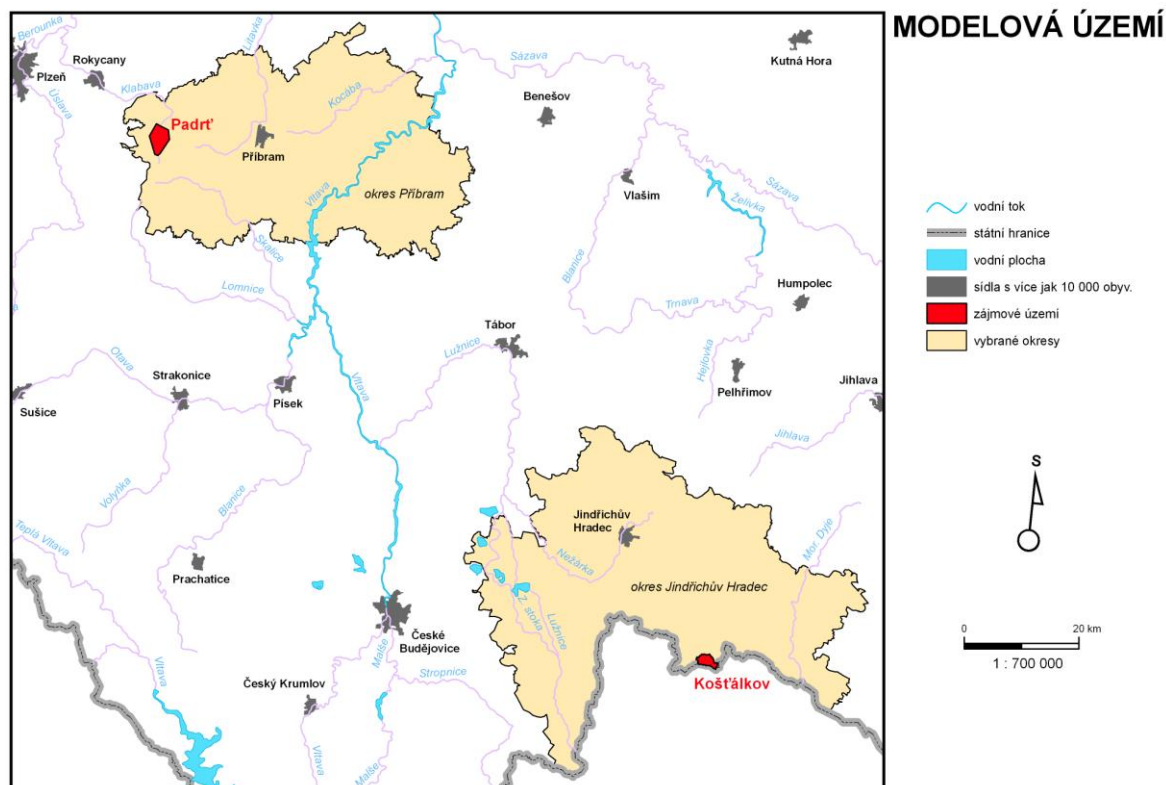
Modelová území a podkladová data

V této kapitole budou představena modelová území, na kterých probíhala práce, a dále podkladová data, která sloužila k vypracování této práce.

3.1 Modelová území

Pro účely této práce byla vybrána dvě modelová území. Prvním územím je oblast bývalých obcí Padrt' a Zadní Zaběhlá, které se nacházejí v současném vojenském prostoru Brdy. Obě tyto obce byly od sebe vzdáleny přibližně jeden kilometr a nacházely se uprostřed rozsáhlých zalesněných území. Rozloha katastrálního území obce Padrt' je 328 hektarů. Zmínky o obci Padrt' se datují až do 16. století. V této době zde byl založen také Horní a Dolní Padrt'ský rybník. Největšího počtu obyvatel dosáhla obec v roce 1874, kdy měla přesně 600 obyvatel a 65 čísel popisných. Od té doby počet obyvatel neustále klesal. V roce 1921 měla Padrt' 313 obyvatel a bylo zde 60 čísel popisných. Během první republiky byla v oblasti Brd, nedaleko obce Padrt' zřízena dělostřelecká střelnice. Za II. světové války byly obce v oblasti částečně vysídleny z důvodu zřízení vojenského prostoru. Po válce se sem začínají opět stěhovat bývalí obyvatelé, ovšem již roku 1949 je opět vyhlášen Vojenský újezd Brdy. V roce 1953 proběhlo nucené vystěhování obyvatel z obce a všechny domy (celkem 65 čísel popisných) bylo zbouráno. Rozloha obce Zadní Zaběhlá je 1288 hektarů. Obec byla založena v roce 1733. V roce 1895 zde bylo 76 domů a bydlelo zde 565 obyvatel. Počet obyvatel od té doby klesal. V roce 1921 zde žilo 447 obyvatel v 77 domech.

Druhým modelovým územím je obec Košťálkov, která se nacházela při česko-rakouské hranici v okrese Nová Bystřice, asi 5 km od Starého Města pod Landštejnem. První zmínka o obci Košťálkov (německy Gottschallings) pochází z roku 1487, kdy spadala pod bývalé panství Landštýn. Obec měla katastrální výměru 559 hektarů a nacházela se v těsné blízkosti rakouské osady Klein Taxen, která bezprostředně přiléhá ke státní hranici. Nejvíce obyvatel měla obec v roce 1895, kdy zde žilo 356 obyvatel v 58 domech. V roce 1921 zde žilo již jen 284 obyvatel v 61 domech. V roce 1951 byla obec určena k vysídlení vydáním dekretu o zřízení pohraničního pásma. Následně byly všechny budovy zbourány.



Mapa 1 Modelová území bakalřřské práce (Zdroj dat: řkolní databřže dat; tvorba mapy vlastnř)

3.2 Podkladovř data

Z dřvodu srovnřnř současnřho a břvalřho stavu krajiny bylo třeba vyuřit celř řady podkladř, kterř pokrřvaly historickř vřvoj sledovanřho řzemř. Zřkladnřm podkladem pro historickř i současnř model krajiny byla Zřkladnř břže geografickřch dat (ZABAGED), včtřnř současnřch leteckřch mřřickřch snřmkř (tzv. Ortofot), pomocř nichř byl vytvořen reliřf krajiny. Data ZABAGED byla pouřita s laskavřm svolenřm Českřho řřadu zemřmřřickřho a katastrřlnřho (ČřZK). ČřZK zřroveň poskytl digitřlnř kopie map Stablnřho katastru. Mezi nejvřznamnřjř historickř podklady patřř kromř cřsařskřch otiskř Stablnřho katastru takř historickř leteckř mřřickř snřmky. Tyto snřmky byly poskytnuty Vojenskřm geografickřm a hydrometeorologickřm řřadem (VGHMřř) v Dobruřce. Velmř vřznamnřm podkladem pro přesnř modelovřnř domř obce Padrt' byly dobovř snřmky, kterř laskavř poskytl pamětnřk a sbřratel archivnřch materiřlř o oblasti Brd, pan řeřl. Čřst snřmkř byla převzata z kroniky obce Padrt', kterř byla sepsřna a vydřna vlastnřm nřkladem panem Miloslavem Janem řřanem (2001). V přřpadě obce Kořtřřlkov byly k dispozici archivnř fotografie a dokumenty dřky laskavřmu zapřjčenř RNDr. Pavlem Chromřm, Ph.D. z Katedry sociřlnř geografie a regionřlnřho rozvoje PřřUK v Praze. Čřst fotografiř pochřzř v tomto přřpadě takř z publikace, kterř byla vydřna česko-rakouskřmi přřhraničnřmi spolky (Perzi; Stehlřk, 2001).

3.2.1 Ortofota

V této práci bylo využito především ortofot z produkce ČÚZK, který poskytuje digitální barevná ortofota v kladu listů Státní mapy 1 : 5 000. Jeden list má rozměry 5 x 5 km a rozlišení jednoho pixelu je 0,5 m s hloubkou 8 bitů. Letecké snímky oblasti bývalé obce Padrt' v Brdech byly pořízeny v období duben-září roku 2008. Pro oblast bývalé obce Košťálov byla pořízena ortofota v období duben-září v roce 2007 (ČÚZK, 2009). ČÚZK poskytuje tato data v systému S-JTSK.

Parametry leteckého měřického snímování použitých ortofot (ČÚZK, 2009):

Typ kamery: analogová

Ohnisko: 152 mm

Rozměr snímků: 23 x 23 cm

Měřítko snímku 1 : 16 700

Ekvivalent plochy na zemském povrchu: 3809 x 3809 m

Příčný překryt: 25 % (952 m)

Podélný překryt: 61,4 % (2338 m)

Rozlišení skenování: 15µm

Velikost pixelu: 0,25 m

3.2.2 Historické letecké snímky

Historické letecké snímky jsou archivovány ve Vojenském geografickém a hydrometeorologickém úřadu (VGHMÚř) v Dobrušce. Tento úřad je součástí ministerstva obrany, které bylo v minulosti jediným pořizovatelem leteckých měřických snímků na území Československa. Pro oblasti, kterými se zabývá tato práce, byly nejstarší dostupné snímky z roku 1938. Nutno podotknout, že neexistuje kompletní pokrytí celého řešeného území historickými leteckými snímky. Dále byly k dispozici snímky z let 1946 a 1951. Snímky, které byly pořizovány před rokem 1960, měly rozměry 18 x 18 cm, 23 x 23 cm a 30 x 30 cm. Snímky jsou černobílé a VGHMÚř je poskytuje jako digitální rastrové kopie pořízené v různých kvalitách. Snímky použité v této práci, mají následující charakteristiku:

Oblast obce Padrt':

a) Snímky v měřítku 1 : 20 000 – jedná se o LMS zobrazující oblast obcí Padrt' a Zadní Zaběhlá. Snímky byly pořízeny v roce 1938, rozlišení snímků je 1814 dpi, rozměr je 18 x 18 cm. Ohnisko snímání bylo 211 mm.

b) Snímek v měřítku 1 : 10 000 – jedná se o snímek zobrazující pouze část obce Padrt'. Snímek byl pořízen roku 1946 a má rozměr 30 x 30 cm, rozlišení snímku je 907 dpi. Ohnisko bylo 200 mm.

c) Snímek v měřítku 1 : 18 000 – snímek zobrazuje oblast obce Padrt' a část obce Zadní Zaběhlá. Snímek byl pořízen v roce 1951 a má rozměr 18 x 18 cm, rozlišení je 1814 dpi. Ohnisko bylo 210 mm.

Oblast obce Košťálkov:

a) Snímky v měřítku 1 : 25 000 – jedná se o tři snímky, které pokrývají celou obec Košťálkov a její okolí. Snímky pocházejí z roku 1952, mají rozměr 18 x 18 cm a rozlišení 1814 dpi. Ohnisko snímání bylo 210 mm.

b) Snímek v měřítku 1 : 17 000 – tento snímek byl pořízen v roce 1947 a má rozměr 18 x 18 cm. Snímek pokrývá pouze část obce Košťálkov. Snímek je v rozlišení 1814 dpi a ohnisko snímání bylo 210 mm.

Pro snímky se bohužel nedochovaly kalibrační protokoly, jediné informace, které se podařilo zjistit, bylo měřítko, rozměr a ohnisko, které je uvedeno v rámu LMS. Podrobným popisem dostupnosti archivních leteckých snímků v České republice se zabývá například referát Kateřiny Markové a Lenky Řečtáčkové (2004).

3.2.3 ZABAGED

Za účelem zpracování modelových území bylo využito celkem 10 listů digitální geografické báze ZABAGED, které poskytl ČÚZK. Rozměry jednotlivých listů kopírují poskytnutá ortofota. Jejich rozměr je 5 x 5 km. Z prvků databáze byla použita především výšková data.

3.2.4 Stabilní katastr

Stabilní katastr je mapové dílo, které pokrývá celé území Rakouska-Uherska. První podnět pro tvorbu map stabilního katastru dal císař František I. v roce 1817 vydáním patentu. Hlavním účelem vzniku stabilního katastru bylo jednoduché a spravedlivé vyměření pozemkové daně pro celý rakouský stát (Kostková; Římalová, 2006). Mapování trvalo v Českých zemích 12 let (1826–1830 a 1837–1843) a probíhalo v měřítku 1 : 2 880. Katastrální operát stabilního katastru se dělí na měřický operát, písemný operát a vceňovací operát.

Měřický operát představoval výsledky geometrického zaměření veškeré půdy a pozemků (Kostková; Římalová, 2006). Samotné práce na zaměření stabilního katastru probíhaly na předem vytvořené trigonometrické síti. V Českých zemích existovaly tři řády triangulačních bodů. I. třída (tzv. Gross Netz) byla tvořena body, jejichž vzájemná vzdálenost byla průměrně 40 km (maximální délka byla 65 km mezi Králickým Sněžníkem a Ruprechtským Sněžníkem), jak uvádí Čada (2005). Z každého bodu musel být dohled na dva jiné triangulační body v rámci jedné rakouské čtvereční míle. Síť bodů II. řádu byla tvořena trojúhelníky, které byly vloženy do trigonometrické sítě I. řádu. Průměrná vzdálenost trigonometrických bodů II. řádu byla 9-15 km. Síť bodů III. řádu byla vložena do sítě bodů II. řádu a tvořila samostatné trojúhelníky. Průměrná vzdálenost bodů III. řádu byla 4-9 km. Písemný operát představoval fyzický soupis pozemků a jejich vlastníků (Kostková; Římalová, 2006). Vceňovací operát představoval přehled rozdělení země podle využití. Cílem bylo určení výše pozemkové daně z každého pozemku, proto byla každému pozemku přidělena jakostní třída, podle které byla pozemková daň vyměřována.

Výsledné mapy se dodnes dochovaly ve výborné kvalitě zejména díky tomu, že byl jeden výtisk povinně archivován, tzv. *císařský povinný otisk*. Tyto otisky představují unikátní soubor dat o využití půdy, osídlení a síti komunikací ve veliké podrobnosti. Například Brůna a Křováková (2006) oceňují přínos císařských otisků v jejich historické přesnosti a podrobnosti a připomínají, že význam přináší také studium tzv. vceňovacího operátu, který zahrnuje druhy pěstovaných plodin na zemědělských půdách a také například jména vlastníků jednotlivých pozemků.

V této práci bylo použito povinných císařských otisků map stabilního katastru pro obce Padrt', Zadní Zaběhlou, Kolvín a Košťálkov. Mapy stabilního katastru poskytuje ČÚZK v digitální podobě, ve formátu TIFF. Mapy stabilního katastru mají přidruženou velmi kvalitní legendu, která byla využita při následné vektorizaci. Legenda rozlišuje 37 druhů využití půdy, 5 druhů zástavby a dále druhy cest, mostů, příkopů, splavů nebo plotů, ale také pošty, myslivny, kaple, boží muka, větrné mlýny či ukazatele cest a trigonometrické body. Legenda rozlišuje mimo jiné také druhy stavení. Žlutou barvou jsou vyznačeny nezděné domy, šedivě zděné a červeně významné budovy (v obci Padrt' například budova lesní správy, mlýny či pila). Některé druhy využití půdy jsou na mapách stabilního katastru označeny písmennou zkratkou. Jedná se především o obecní pastviny, které jsou označeny písmenem „W“ (z německého *Weiden* – pastviny).

3.2.5 Software

K této práci byl použit software společnosti ESRI *ArcScene* s modulem *3D Analyst*. Tento software byl vybrán z důvodu dostupnosti a homogenity s produktem *ArcMap*, ve kterém probíhala vektorizace a georeferencování snímků. Appleton ... [et al.] (2002) nabízí srovnání dostupných software pro tvorbu 3D modelů krajiny. V článku těchto autorů je testováno 6 různých software. Podle autorů je produkt *3D Analyst* jedním z nejlepších, avšak jeho vadou je, že nedokáže vytvářet modely budov vyjma funkce *Extrusion*. Takto vytvořené budovy mají podobu obyčejných kvádrů bez jakékoliv možnosti další vizualizace (Appleton ... [et al.], 2002). Z tohoto důvodu byl k modelaci staveb využit externí software *Google Sketchup 7*. Tento software je grafickým software, který umožňuje vytvářet modely na principu VRML². Díky tomu mohou být grafické modely vloženy do GIS software. Pro modelaci vegetace byla využita základní knihovna 3D vegetace společnosti ESRI, která je zahrnuta v rámci software ArcGIS.

² VRML (Virtual reality modelling language) je programovací formát (jazyk), určený pro popis 3D prostorových scén v počítačovém prostředí. Dnes se již prosazuje jiný formát, který vychází z VRML, a to X3D.

KAPITOLA 4

Metodika

V této části bude popsán postup práce, který vedl k dosažení výsledků. Nejprve však bude nutné zmínit kroky, které bylo třeba učinit před samotným započítáním prací. V programu ArcCatalog byly vytvořeny personální databáze (*New - Personal geodatabase*), ve kterých byla ukládána veškerá data. Při vytváření každé personální geodatabáze byly zadány tzv. domény, které později posloužily při vektorizování. V nastavení databáze (*Database Properties – Domains*) byly stanoveny všechny prvky, které nová databáze obsahovala (land use, vodní toky, vrstevnice). U každé této třídy byly specifikovány jednotlivé druhy (tabulka *Coded Values*). Pro doménu „Land use“ byly definovány následující druhy: lesní plochy, orná půda, trvalé travní porosty, zastavěná plocha, vodní plochy a cesty. U každé domény bylo možné definovat její vlastnosti (tabulka *Domain Properties*). *Field type* specifikuje druh dat obsažených v buňce, zde nastaven *Short Integer*. *Domain type* udává, zda bude doména obsahovat kontinuální data (*Range*) nebo diskrétní data pod kódovanými hodnotami (*Coded Values*), zde nastaveno *Coded Values*.

V průběhu celé práce bylo pracováno s S-JTSK ve všech geodatabázích. V neposlední řadě bylo při ukládání každého projektu vhodné nastavit relativní cesty ke zdrojovým souborům (*Document properties – Data source options – Store relative path names to data sources*).

4.1 Příprava vstupních dat

Prvním krokem při přípravě dat bylo vymezení zájmového území, které bylo následně základem pro digitální model terénu. Území bylo zvoleno s ohledem na sledované obce, které se nacházely v kotlině Padrťských rybníků, obklopené ze všech stran lesy. Zároveň bylo podmínkou, aby se hranice katastrálního území obce Padrť nacházela uvnitř. Hranice zájmového území byla proto vedena okolními lesy. Katastrální území obce Zaběhlé je značně rozsáhlé a zaujímá z více jak 2/3 lesní plochu směrem na východ od kotliny. Z pohledu zájmu této práce a také HW náročnosti bylo proto důležitější zvolit zmenšené zájmové území. Zájmové území bylo vytvořeno jako polygon a bylo vloženo do systému S-JTSK do připravené personální geodatabáze. V závěru práce se však ukázalo, že i toto vymezení je velmi náročné na operační paměť počítače, proto bylo kvůli detailním scénám s modelovanými domy vytvořeno modelové území kopírující hranici katastrálního území

obce Padrt'. V případě obce Košťálkov kopíruje zájmové území z velké části hranici tehdejšího katastrálního území obce. Pouze v jižní části bylo území rozšířeno o část rakouské obce Klein Taxen.

Před samotným užitím je třeba upravit také historické LMS. Do historického modelu byly zahrnuty dva snímky z roku 1938 a dva snímky z roku 1952. Vstupní snímky byly poměrně nekонтastní a přesvětlené, na druhou stranu ostrost dovolovala užití snímků bez úprav ostrosti. Vzhledem k tomu, že bylo třeba z LMS získat informaci především o zástavbě, byly provedeny následující úpravy zajišťující lepší čitelnost tohoto krajinného pokryvu. Pomocí SW Adobe Photoshop byla provedena korekce expozice (nástroj *Expozice*), dále byl snížen jas a zvýšen kontrast (nástroj *Jas a Kontrast*). Zde by bylo možné také provést případné doostření (nástroj *Zostření*). Úpravy s rastry lze provádět také v aplikaci Geomatica, kde lze velmi dobře zvýraznit obraz pomocí nástroje *Edit LUTs*. Úprava histogramu je možná také v aplikaci ArcMap. Zde bylo také provedeno otočení jednoho ze snímků, jelikož se nacházel otočený o 90° oproti ostatním snímkům. Otočení snímku je možné také při samotném georeferencování (panel *Georeferencing – Flip or Rotate*).

4.2 Georeferencování

4.2.1 Georeferencování LMS

Upravené historické letecké měřické snímky byly pomocí nástroje aplikace ArcMap převedeny do souřadného systému souřadnic S-JTSK. Do viditelné oblasti okna byly přesunuty pomocí příkazu *Fit to display*, čímž jsou obě vrstvy vzájemně registrovány. Následuje samotný sběr vlíčovacích bodů, který byl proveden na známých místech v krajině, jako jsou hráze rybníků, silnice, zřetelné hranice katastrálního území či výrazné hranice krajinných prvků. K tomuto posloužila zvektorizovaná vrstva cest a land use z map stabilního katastru a současná ortofota. Zde použitá transformační metoda *Spline* vyžaduje minimálně 10 vlíčovacích bodů. Body je dobré umístit rovnoměrně po celé ploše georeferencovaného snímku, aby bylo zřetelné při transformaci co nejmenší. U snímku, který pokrýval severní část území Padrt', nebylo možné najít totožné body ve východní části území, které pokrývá souvislá lesní plocha (viz příloha 1.). Vzhledem k tomu, že se tato část nachází mimo zájmové území, neměla by absence vlíčovacích bodů vadit. Přehled již vložených vlíčovacích bodů bylo možné sledovat v tabulce, kterou lze nalézt na hlavním panelu nabídky *Georeferencing (View Link Table)*. Tato tabulka obsahuje přesnou polohu bodů na rektifikovaných snímcích (v pixelových souřadnicích) a také přesnou polohu v systému S-JTSK (tedy systému, do něhož budou snímky rektifikovány). V této tabulce jsou dále uvedeny reziduální chyby (sloupec *Residual*) a celková reziduální chyba (*Total RMS Error*). Aplikace ArcMap nabízí pět druhů geometrických transformací. Při rektifikaci historických snímků byla použita speciální transformace *Spline*. Odchylka se ve skutečnosti rovnala nule, jelikož tato transformace ztotožní původní i cílový bod. V případě použití této transformace je dobré sledovat také případné odchylky u některé z běžných transformačních metod, jelikož funkce *Spline* deformuje rektifikovaný snímek tak, aby vlíčovací body vykazovaly nulovou chybu. V tomto případě byla kontrolována odchylka při použití polynomičké transformace III. stupně, kdy byla u severnějšího snímku obce Padrt' do 3,5 metru a u jižního snímku obce Padrt'

do 5 metrů. Odchylna u snímků obce Košťálov byla maximálně 2,9 metru. Samotná transformace byla provedena příkazem *Rectify*. Při transformaci bylo na výběr ze tří interpolačních metod, pro potřeby této práce postačila interpolace *Nearest neighbor*.

Pro úplnost je třeba zmínit, že nejkorektnějším způsobem georeferencování leteckých snímků by byla ortorektifikace. Ale vzhledem k tomu, že k použitým leteckým snímkům nebyly k dispozici kalibrační protokoly, nebylo možné provést přesné prostorové umístění snímků včetně výškových hodnot.

4.2.2 Georeferencování map Stabilního katastru

Při práci na rektifikaci jednotlivých listů map stabilního katastru bylo využito možnosti zjištění přesných souřadnic jejich rohů v S-JTSK. Takovou možnost nabízí software *TopoL*, který disponuje sítí kladu listů map stabilního katastru. Pro tento účel byl využit polygon zájmového území, který byl otevřen v aplikaci *TopoL*. Klad listů map stabilního katastru byl zpracován v gustenberském souřadnicovém systému, pod tímto názvem je pojmenován i v systému *TopoL* (*Zobraz klady mapových listů – Gutenberg*). Při zjišťování souřadnic v S-JTSK v software *TopoL* bylo třeba brát v potaz, že tento systém pracuje s kladnými hodnotami souřadnic. Naproti tomu software *ArcGIS* pracuje se zápornými, bylo tedy nutné hodnoty upravit. Registrované souřadnice rohů mapových listů byly následně přiřazeny pomocí funkce *Input X and Y*. Pro jednotlivé listy stabilního katastru tak stačilo zadat čtyři vlíčovací body, přičemž jako transformační metoda byla použita afinní transformace. Residuální chyba se pohybovala při této transformaci do dvou metrů. Následně bylo přistoupeno k rektifikaci použitím interpolace *Nearest neighbor*.

4.3 Vektorizace

Vektorizovány byly postupně rastry reprezentující jednotlivá časová období, tedy listy stabilního katastru, staré letecké měřické snímky a současná ortofota. Vektorizace probíhala vždy do vektorové třídy prvků „Land use“, která byla předem propojena s příslušnou doménou. To následně usnadnilo práci při určování jednotlivých druhů využití půdy a především je to také způsobem přímého vytvoření bezešvé vrstvy land use.

U současných ortofot a historických leteckých snímků z roku 1938 a 1952 byly vektorizovány následující polygonové třídy prvků: lesní plochy, orná půda, trvalé travní porosty, křoviny, liniová vegetace, zastavěná plocha, vodní plochy a cesty. Cesty byly vektorizovány jako polygonová vrstva z důvodu lepší přesnosti při možných budoucích analýzách land use. Zejména při vektorizaci cest bylo nutné z důvodu častého zakrytí lesními porosty kontrolovat průběh se SM5 a RZM10, které jsou dostupné na WMS portálu ČÚZK. Vektorizace listů stabilního katastru byla provedena pomocí jednotné legendy stabilního katastru. Na modelovém území byly vektorizovány tyto třídy krajinného pokryvu: pastviny, orná půda, louky, lesní plochy, zástavba, vodní plochy, hráze, cesty a mosty. Kromě standardní skladby land use byly dále vektorizovány keřové porosty v rámci sídel a také stromy v rámci sídel. Nejmenší mapovaná jednotka byla u polygonu přibližně 10 m² (budovy) a pro

stromový porost přibližně 15 m². V případě, že se jednalo o výrazné stromy, byly vektorizovány samostatně (jednotka o cca 5 m²).

Z procesu samotné vektorizace stojí za zmínku nástroj *Trace Tool*, který snižuje tvorbu topologických chyb. *Trace Tool* dokáže obtáhnout libovolný vyznačený polygon tak, že vytváří hraniční body (Vertex) ve stejných místech jako se vyskytují u sousedního polygonu či linie. Stejně tak se osvědčil další nástroj, *Auto-Complete Polygon*, který značně usnadňuje vytváření polygonů. Na závěr bylo podstatné provést kontrolu chyb topologie, vzniklých při vektorizaci.

4.4 Tvorba DMT

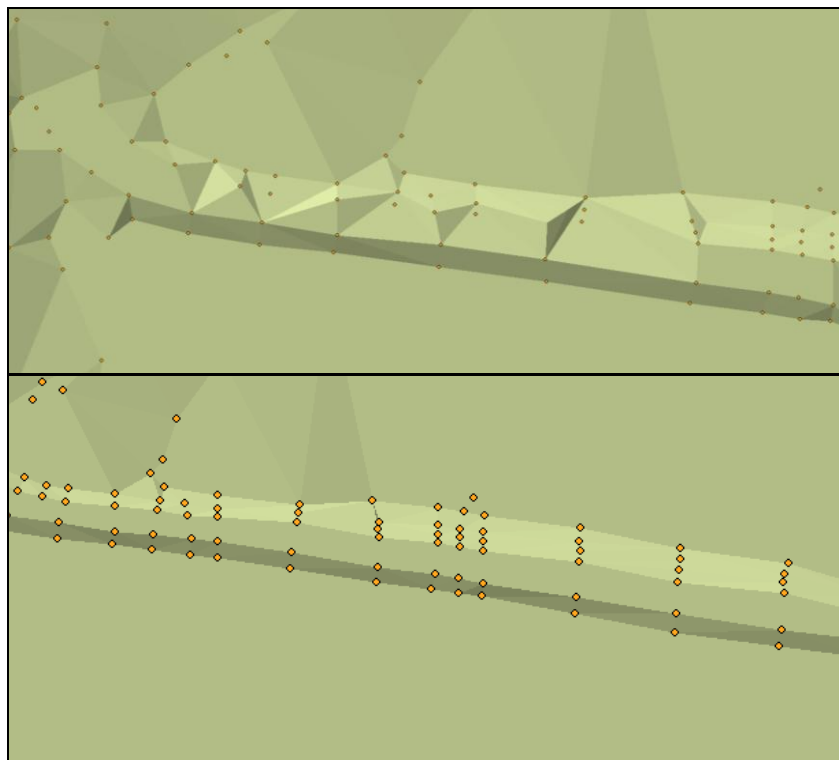
4.4.1 Úprava výškopisu ZABAGED

Výškopisná složka vstupních dat ZABAGED obsahovala tři druhy vrstevnic: vrstevnice hlavní, zesílené a doplňkové. Na modelovém území Padrť se nachází hranice základního i zpřesněného výškopisu ZABAGED, proto byl interval vrstevnic v severní části území pět metrů a v jižní části dva metry. Z tohoto důvodu bylo třeba provést interpolaci vrstevnic v místech, kde došlo k nepřesnému vytvoření terénu. Jednalo se především o koryto potoka, hráze rybníků, výšku vodní hladiny, základny budov či vyrovnání cest.

Před veškerými úpravami výškových bodů byla vstupní data sloučena do jedné vrstvy (nástroj *Merge*) a následně oříznuta zájmovým územím (nástroj *Clip*). Poté byla liniová vrstva výškopisu, z důvodu pozdějšího použití k tvorbě TIN, převedena na bodovou vrstvu (nástroj *Feature Vertices To Point*). V poli *Point Type* bylo nastaveno *All*, aby byly do převodu zahrnuty všechny vertexy liniové vrstvy. V toolboxu lze také nalézt nástroj *Feature to point*. Tento nástroj ale nepřevádí všechny vertexy na body a proto je nevhodný.

Z důvodu relativně velkého měřítka modelového území bylo třeba provést úpravy bodové vrstvy výškopisu. Vzhledem k tomu, že interval vrstevnic byl převážně 5 metrů a v oblasti hrází se nenacházely vrstevnice vůbec, bylo třeba opravit výškopisná data před samotným vytvářením DMT. Nejprve bylo přistoupeno k opravě koryt potoků. Malý počet výškových bodů zde způsoboval značné skoky modelovaného terénu. Proto byla provedena interpolace mezilehlých vrstevnic. Zvolený interval byl 1 metr. Tyto vrstevnice byly interpolovány na podkladu současného a historického ortofota. Přesnost takto interpolovaných výškových bodů byla 0,5 metru, což bylo pro účely této práce dostačující. Další úpravou bylo vytyčení výšky vodní hladiny. Vodní hladina měla různý rozsah v letech tvorby map stabilního katastru a v letech 1938–2008, přičemž hladina mezi léty 1938 a 2008 se lišila maximálně o 0,5 výškového metru. Břehová čára byla editována jako *Polyline* s předpřipraveným sloupcem v atributové tabulce s názvem „výška“. Do tohoto pole byly přiřazovány nadmořské výšky k jednotlivým břehovým *polyline*. Další nedostatečně výškově reprezentovanou oblastí byly hráze rybníků. Cílem bylo, aby měly hráze v průřezu přibližně lichoběžníkový tvar, jelikož často po jejich horních částech prochází cesta. Podmínkou bylo, aby tato cesta vedla v celé své šíři po rovné ploše. K tomuto problému bylo možné přistupovat buď tvorbou výškových linií, nebo výškových

bodů. Při volbě výškových bodů je třeba je umístit tak, aby byly ve vzájemném zákrytu. TIN vytváří trojúhelníkové plošky mezi všemi okolními body do určitého stupně zákrytu. Tento zákryt je třeba dodržovat, jelikož by následně nedošlo k vytvoření rovnoběžných terénních linií (viz obr. 4). Během práce bylo zjištěno, že by bylo efektivnější použít výškové linie.



Obr. 4 Porovnání chybného a korektního TIN v oblasti hráze rybníka (Zdroj: vlastní tvorba)

Pozornost bylo třeba věnovat také podstavám domů. V tomto případě bylo třeba vytvořit vodorovné plošky v místech, kde se dům stýká s modelem. Na základě historických snímků byla pomocí výškových linií vytvořena vrstva podstav všech domů. S pomocí výškových bodů bylo upraveno bezprostřední okolí domů, aby nedocházelo k prudkým zlomům v terénu.

Konečná úprava výškových dat ZABAGED byla nutná především z toho důvodu, že tyto vrstevnice často procházely skrz zastavěné plochy. Proto byla upravena veškerá výšková data v prostoru vesnic tak, aby byly výškově korektní podstavy domů i mezilehlé prostory. S tímto souvisí také úprava výškových bodů v okolí cest. Podél krajů cest byly vytvořeny výškové body s výškovým intervalem 0.5 metru tak, aby byl terén co nejvíce plynulý. Cesty jsou plochy, které mění výšku v celé své ploše stejně a plynule. Tuto vlastnost bylo však obtížné modelovat, proto se v této práci nepodařilo vymodelovat všechny cesty tak, aby realisticky měnily nadmořskou výšku.

4.4.2 Tvorba TIN v prostředí ArcGIS

-Nejprve byly do aplikace nahrány vrstvy výškových bodů pro celé zájmové území, vrstvy výškových linií představující hráze, břehovou čáru a podstavy budov. Dále byla do aplikace nahrána vrstva hranice zájmového území.

-Pro tvorbu TIN je třeba aktivovat extenzi *3D Analyst*. Samotná aktivace proběhne vybráním této extenze v nabídce *Tools – Extensions – 3D Analyst*.

-Panel *3D Analyst* obsahuje možnost vytváření TIN (*Create/Modify TIN – Create TIN from features*).

-Následuje práce v dialogovém okně pro vytváření TIN, kde lze pracovat se všemi vstupními daty, které mají být zahrnuty v budoucím TIN. Zde bylo nastaveno, že TIN bude vytvořen z připravené bodové vrstvy. Zdroj výškových dat byl nastaven v příslušné atributové tabulce (pole „Výška“), druh vstupních dat byl nastaven na *mass points*.

-Obdobně bylo postupováno u vstupních liniových vrstev, kde byl nastaven zdroj výškových dat (pole „nadmořská výška“) a vlastnost při triangulaci byla nastavena: *hard line*. Nastavení *hard line* umožní zachování těchto linií ve výstupním modelu. Pokud se takto jedná o uzavřenou plochu bez vnitřních bodů, bude vytvořena vodorovná ploška.

-Do tvorby TIN zasáhla také polygonová vrstva hranice zájmového území, kde nebyl nastaven žádný výškový rozměr, ale byla zde nastavena vlastnost při triangulaci: *soft clip*. Tímto polygonem byl jasně vymezen budoucí digitální model.

-Posledním krokem bylo nastavení cesty, kam bude výsledný TIN uložen.

-Na závěr je dobré dodat, že další možností na vytvoření digitálního modelu v prostředí ArcGIS je možnost vytvoření tzv. *Terrain dataset*. *Terrain* se vytváří v aplikaci ArcCatalog a jeho výhodou je vykreslování modelu pomocí tzv. pyramid. To znamená, že při zobrazení v malém měřítku není vykreslována každá ploška TIN modelu. Tato aplikace má nastavena měřítka, při kterých jsou vykreslovány podrobnější TIN sítě. Výhodou *Terrain datasetu* by tedy měla být nižší HW náročnost a rychlejší vizualizace. Tento způsob je doporučován pro tvorbu TIN modelů rozlehlých území.

4.5 Příprava dat na prostorovou vizualizaci

Pro prostorovou vizualizaci bylo zapotřebí připravit vrstvy reprezentující lesní a jiné stromové porosty, keře, budovy a vodní plochy.

4.5.1 Příprava stromového shapefile

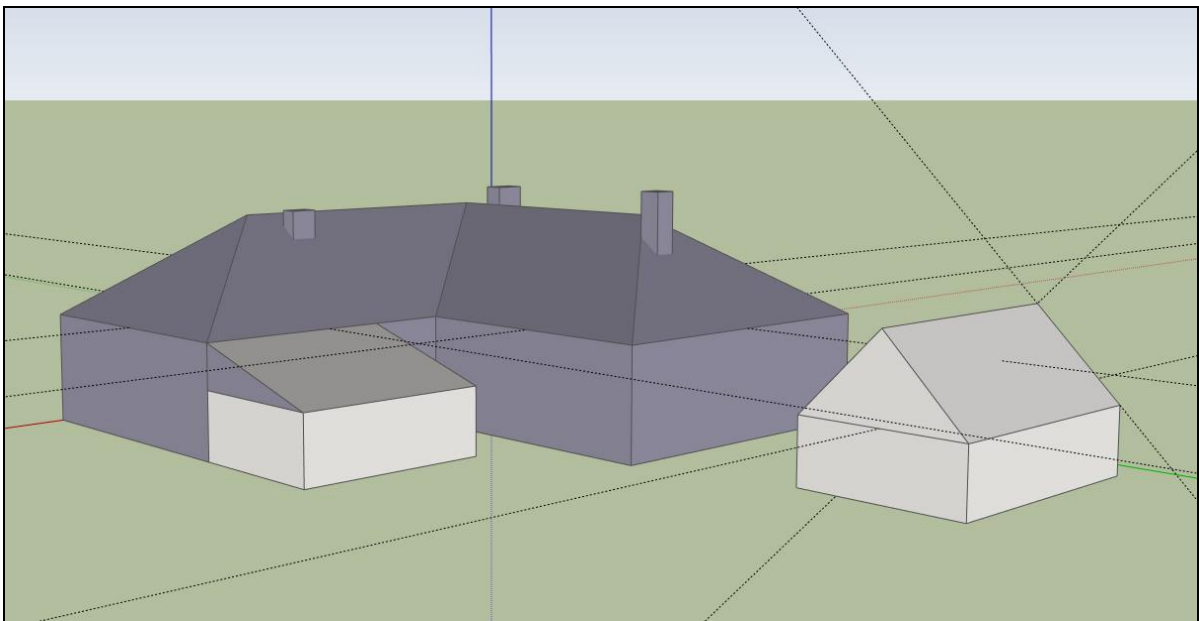
Vzhledem k tomu, že stromové porosty byly v 3D modelu zobrazeny prostorově, bylo zapotřebí vytvořit bodovou vrstvu, které by bylo možné přiřadit 3D tvar stromu. V této vrstvě by měl ideálně každý bod představovat reálný strom v krajině tak, aby výsledný „les“ vypadal v tomto modelu co nejvíce jako skutečný les. Pro převod polygonového shapefile lesních porostů do bodové vrstvy bylo použito nástroje *Create Random Points*. Tento nástroj vyplní vstupní polygon body podle předem určených pravidel. Pozornost bylo třeba věnovat oddílu pro stanovení počtu výchozích bodů. Zde byla možnost zadat přesné číslo pro všechny polygony, což by však prakticky znamenalo díky různým velikostem vstupních polygonů, různou hustotu stromů v lese v rámci modelu. Z tohoto důvodu byla použita možnost stanovení počtu bodů podle pole v atributové tabulce. V atributové tabulce polygonové vrstvy lesních porostů byl vytvořen nový sloupec, do kterého byl vypočítán ideální počet

stromů v daném polygonu pomocí funkce *Field Calculator*. Při výpočtu bylo vycházeno z předpokladu, že v průměrném lese je na každých přibližně čtyřech metrech čtverečných jeden strom. Výsledný koeficient tak byl stanoven na 0,25 stromu na m². Posledním nastavením bylo určení nejmenší možné vzdálenosti mezi dvěma sousedními stromy. Zde bylo nastaveno stejné číslo pro všechny polygony na 3 metry.

4.5.2 Tvorba staveb v Google Sketchup

Pro tvorbu 3D budov bylo využito software Google Sketchup 7. Výsledné soubory z tohoto SW jsou ve formátu .skp, které mohou být vloženy jako symbol do SW ArcScene. V současné době dokáže software ArcGIS spolupracovat pouze se soubory z verze Sketchup 6, bylo tedy zapotřebí ukládat výsledky práce ve formátu této verze. Samotná tvorba domů byla však příjemnější ve verzi Sketchup 7, která nabízí uživatelsky přístupnější ovládání oproti starším verzím.

Google Sketchup představuje základní nástroj pro tvorbu trojrozměrných objektů. Pracovní plochu tvoří osy x, y, z a počátek souřadného systému. Software umožňuje vytvářet vedle základních pravoúhlých tvarů také pokročilé zaoblené tvary. V tomto SW byly vytvořeny modely pro všechny domy z obce Padrť vztažené k roku 1938 a vybrané domy z obce Košťálkov vtažené k roku 1952. Konkrétní podoba byla odvozena z historických fotografií, které pokrývaly přibližně polovinu všech domů v obci Padrť a přibližně pětinu domů v obci Košťálkov. Podoba ostatních domů byla odhadnuta dle leteckých snímků území (tvaru střechy a případné podobnosti s ostatními domy).



Obr. 5 Tvorba hrubé stavby v Google Sketchup na příkladu školy v Košťálkově (Zdroj: vlastní tvorba)

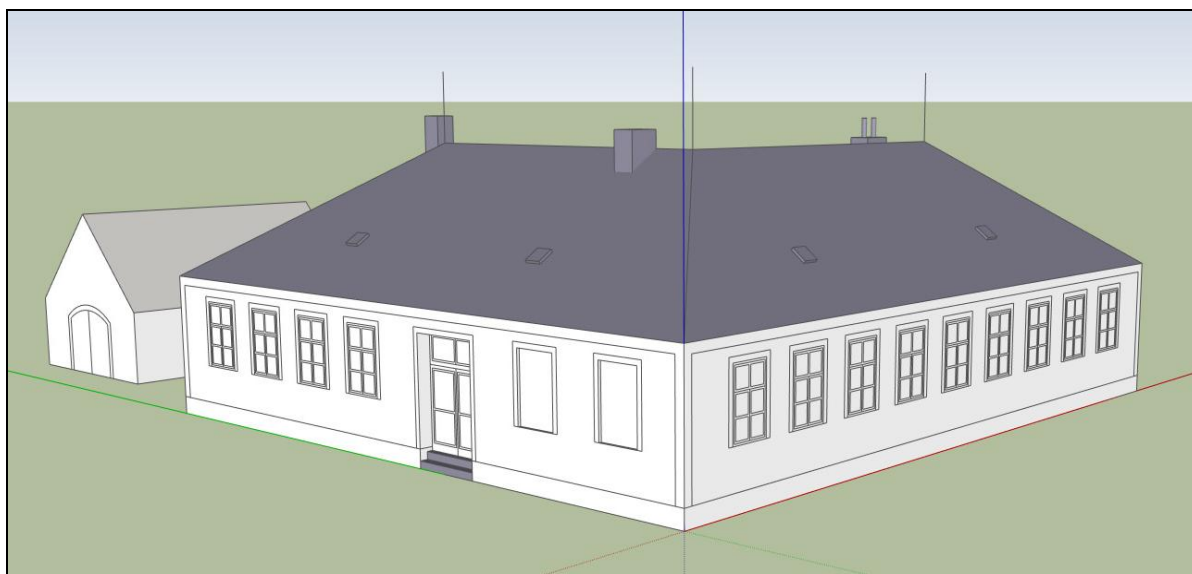
Před začátkem práce bylo vždy zapotřebí stanovit přesné rozměry každého domu. Rozměry podstav domů byly určeny pomocí nástroje *Measure* softwaru ArcMap na leteckých snímcích z roku 1938 a 1952. Vertikální rozměry každého domu byly odhadnuty podle historických fotografií nebo byly srovnány podle velikosti stínu se známými rozměry domů. Z leteckých snímků bylo dále patrné, na které straně střechy se nalézají komíny, zda je ve střeše nějaký vikýř, nebo případné zalomení konců

střech. V případě, že bylo stavení rozděleno na obytnou a hospodářskou část, byly tyto části často odděleny také druhem střešní pokrývky. Tato odlišnost byla také viditelná na leteckých snímcích a díky tomu bylo možné vytvořit historicky věrnější model.

U každého domu byl nejprve vytvořen hrubý náčrt stavby včetně všech detailů (oken, dveří, lemování, podezdívek, střešních vzorů, střešních dostaveb, atd.) a následně bylo vše patřičně vybarveno (viz obr. 5 a 6).

Technicky nejsložitější stavbou byla budova obecné školy v Padrti a v Košťálkově a dále kostel v Košťálkově (viz příloha 2). V případě kostela byly modelovány také střešní kulovité tvary. Budovy obecných škol byly postaveny ve 20. století, proto byly architektonicky nejnáročnější. Výhodou však byla lepší fotodokumentace.

Z vlastností SW Google Sketchup by bylo dobré vyzdvihnout schopnost intuitivně nabízet možnosti vedení čar v závislosti na již vytvořené linii a rohy. Stejná intuice je projevna v závislosti na jednotlivé prostorové osy, kdy při vedení čáry je usnadněno vedení rovnoběžně s kteroukoliv osou (*on green axis / on blue axis / on red axis*). Z jednotlivých nástrojů lze například uvést nástroj *Protractor*, který funguje jako úhломěr s intuicí pro již vytvořené geometrie v modelu. Velmi často využívaným nástrojem byl nástroj *Push/Pull*, který dokáže z vytvořeného rovinného polygonu vytáhnout trojrozměrný objekt do požadované výše. Technicky pokročilým nástrojem je nástroj *Follow me*, který dokáže vytvořit jakýkoliv tvar podle stanovené linie, kterou následuje. Tímto nástrojem lze vytvářet například okapy, kdy je nejprve vytvořena linie a počáteční profil okapu a ten je následně vytažen po celé délce vodící linie.



Obr. 6 Tvorba fasády v Google Sketchup na příkladu školy v Košťálkově (Zdroj: vlastní tvorba)

4.5.3 Příprava shapefile pro import 3D staveb

Vzhledem k tomu, že modely budov vytvořené v Google Sketchup byly samostatnými objekty, bylo třeba vytvořit pro každou budovu samostatný shapefile. Tento krok byl poměrně neobratný vzhledem k technologické pokročilosti, nicméně byl v tomto případě nutný. Možnosti na převedení budov do

ArcGIS jsou dvě. První možností je importovat shapefile půdorysů do Google Sketchup a zde vytvořit v jednom modelu všechny budovy naráz. V této práci bylo použito druhého způsobu, kdy bylo pracováno s každým objektem či jejich skupinami zvlášť, aby bylo docíleno co nejvyšší přesnosti při zpětném umístění budovy do modelu v SW ArcScene. Při práci se skupinami budov byly přesně vyměřeny vzdálenosti mezi budovami, aby se následně tyto budovy kryly se svými obrazy na leteckém snímku.

4.5.4 Příprava rastrů

Před umístěním do digitálního modelu bylo třeba upravit použité rastry. Jednalo se o letecké snímky z roku 1938 a dále o jednotlivé listy otisků stabilního katastru.

Letecké snímky i listy stabilního katastru bylo třeba oříznout, aby neobsahovaly černé rámy, vzniklé při rektifikaci. Na každý rastr byla aplikována maska, která byla vytvořena pro každý rastr zvlášť a kopírovala přesně linii pro ořez. Masky byly vytvářeny jako nové polygonové shapefile. Samotný ořez proběhl pomocí nástroje *Extract by mask*. Poslední úpravou před samotnou vizualizací byla úprava barev rastrů stabilního katastru. Software ArcMap zobrazuje automaticky všechny ořezávané rastry barevně upravené pomocí úprav histogramu metodou standardních odchylek (*Standard deviations*). Ve vlastnostech vrstvy rastru (*Layer properties*) je možnost pracovat s barevným podáním rastrové vrstvy. V nabídce *Symbology*, okně *RGB Composite*, oddílu *Stretch* lze upravit histogram pomocí přednastavených funkcí: zde bylo nastaveno *None* (žádná), jelikož obraz byl barevně vyhovující na originálu. Další možností je upravit histogram manuálně. V okně *Display* pak lze přizpůsobovat kontrast, jas a průhlednost rastru. Pro zlepšení manipulace s rastry je možné všechny sloučit do jednoho rastrového souboru (nástrojem *Mosaic to new raster*).

4.6 Vizualizace v ArcScene

Modul ArcScene je dalším z modulů software ArcGIS, který umožňuje prostorovou vizualizaci digitálních modelů, včetně vytváření průletových videí a prolínání několika modelů. Tento software byl využit také pro vizualizaci modelů v této práci.

4.6.1 Vytvoření modelu

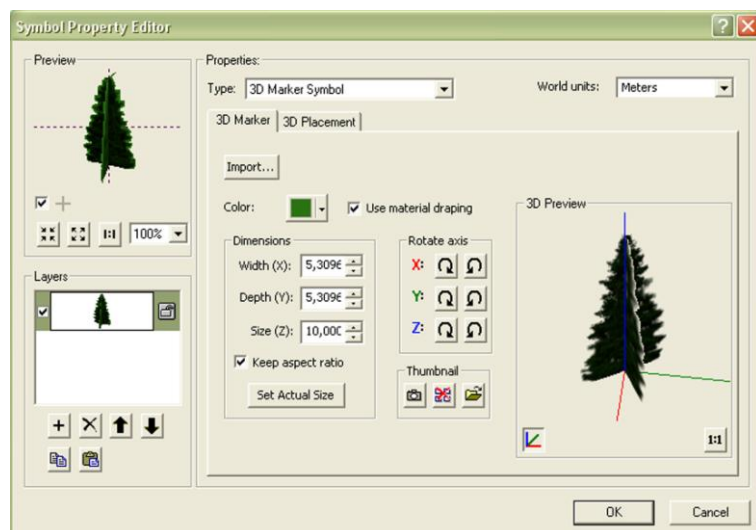
V modulu ArcScene byly vytvořeny tři modely (stabilní katastr, rok 1938 a současnost) pro obec Padrť a tři modely pro obec Košťálkov. Každý model obsahoval vrstvy lesů, stromů, keřů a domů, které se lišily v závislosti na příslušném roce a vrstvu vodních ploch, která byla pro některé modely využita jako doplněk. Na závěr byly pro každý model načteny podkladové rastry: digitální ortofota z roku 2008, letecké snímky z roku 1938 a listy stabilního katastru mapující území z roku 1830. Pro obec Padrť byl vytvořen také samostatný model, představující pouze vlastní katastrální území obce, a to z důvodu nižších nároků na výkon HW při vizualizaci 3D rekonstruovaných domů.

Základem každého modelu byl za tímto účelem vytvořený TIN, který sloužil jako základní povrch pro umístění všech prvků modelu. TIN je v software ArcScene zobrazen trojrozměrně.

Program nabízí možnost zvýraznit výškové poměry modelu TIN tak, že jej daným poměrem převýší. Převýšení lze provést v nabídce *Properties (Base Heights – Z Unit Conversion)*. V žádném z vytvořených modelů však toto nebylo použito, jelikož základním cílem práce bylo porovnání scén s historickými fotografiemi. Převýšení modelů by vytvářelo nereálné krajiny. Všechny ostatní vrstvy, které jsou nahrány do modelu, je nutné následně upravit tak, aby byla každému bodu přiřazena nadmořská výška TIN modelu (*Obtain heights for layer from surface*). Při nastavení základních výšek byla zadána o něco málo větší výška, než je v modelu TIN, jelikož by mohlo docházet k částečnému zakrytí objektů povrchem modelu TIN (*Z Unit Conversion: 1,0003*). Jedinou výjimkou bylo v tomto případě nastavení výšek u překrývajících se rastrů v modelu obce Padrť z roku 1938. Zde bylo nutné nastavit jeden rastr o něco výše z toho důvodu, že software přetahuje každý rastr o trochu jinak a vznikaly tím v místech překrytí obou rastrů zároveň nežádoucí obrazové chyby.

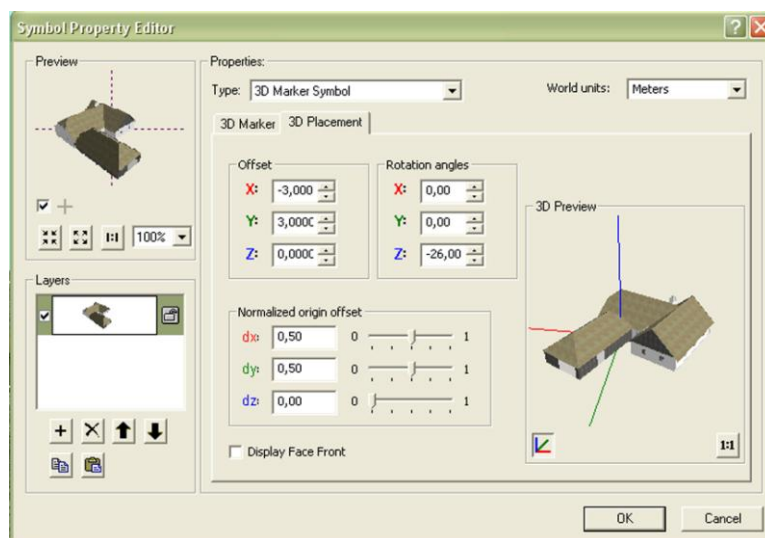
Při práci s rastry bylo důležité nastavení kvality zobrazení v prostředí ArcScene. Software automaticky načte rastr tak, aby bylo co nejméně náročné pro operační paměť počítače interaktivně pracovat s 3D modelem. Důsledkem tohoto postupu byly však méně kvalitní rastry při větším přiblížení a zcela nečitelné rastry při zobrazení ve velkém měřítku. Kvalita rastrů byla proto upravena v nastavení *Properties* každého rastru. Zde bylo poté důležité věnovat pozornost záložce *Rendering* (vykreslování rastrů), která umožňuje nastavení vykreslení rastrů. Okno *Visibility* umožňuje snížit zátěž paměti, kterou způsobuje samotné vykreslování scény tak, že máme možnost zvolit, kdy bude vykreslování probíhat (zda bude probíhat vždy, zda když je zastaven pohyb scény nebo jen když je scéna v pohybu). V tomto modelu bylo ponecháno nastavení *Render layer at all times*, jelikož bylo pro výsledky práce důležitější, aby byl rastrový podklad vždy čitelný. Pro tuto práci bylo nejdůležitějším nastavením optimalizace kvality vykreslovaného rastru v závislosti na HW náročnosti celé scény (okno *Optimize*). *Cache layer for fastest possible rendering speed* umožňuje vykreslovat scénu nejrychlejším možným způsobem a *Quality enhancement for raster images* zvyšuje kvalitu zobrazovaného rastru na nejvyšší možnou míru. Nevýhodou a rizikem těchto nastavení je podstatné zvýšení náročnosti na operační paměť počítače, která se může projevit v omezení plynulosti pohybů scény.

Bodové vrstvě stromů byla přiřazena prostorová podoba, k níž bylo využito knihovny 3D objektů obsažených v ArcGIS softwaru (*3D Trees*). Knihovna ArcGIS obsahuje desítky různých vzhledů stromů a keřů a dále řadu jiných druhů objektů (budovy, automobily a jiné krajinné objekty). V případě 3D modelů stromů se jedná o tzv. *billboard model* (viz kapitola 2.1). Při pohledu shora je takovýto „strom“ viditelný jen v podobě kříže, jak je patrné z obrázku 7.



Obr. 7 3D Marker Symbol: úprava stromového znaku (Zdroj: vlastní tvorba)

Při umístění jednotlivých domů obce Padrť bylo nutné načíst a umístit každý objekt zvlášť. Načtení konkrétního objektu je možné v možnostech tvaru bodového znaku (*Type: 3D Marker Symbol*). U každého objektu byla upravena velikost podle půdorysu na podkladovém rastru a každý objekt byl správně natočen tak, aby se nacházel přesně na svém obraze na podkladovém rastru (*Symbol Property Editor – 3D Placement – Offset, Rotation angles*), jak je patrné z obrázku 8. U zástavby v ostatních vesnicích bylo použito možnosti vytažení zástavby z polygonové vrstvy, kterou umožňuje software ArcScene. V možnostech nastavení vrstvy *Properties* byla v záložce *Extrusion* nastavena hodnota koeficientu, o který bude vytažen každý polygon dané vrstvy do prostoru. V následující nabídce byl zvolen způsob přičtení tohoto koeficientu ke stávajícím výškám v modelu na *adding it to each model's maximum heights*, zajišťující, že vzniklé hranoly budou při svých horních hranách vodorovné po celé své ploše. V modelu obce Padrť pro rok 1938 byly umístěny jednak domy vytvořené softwarem Google Sketchup a dále také domy vytvořené extrudací bez pomoci externího software. Tento model proto slouží k porovnání těchto dvou postupů.



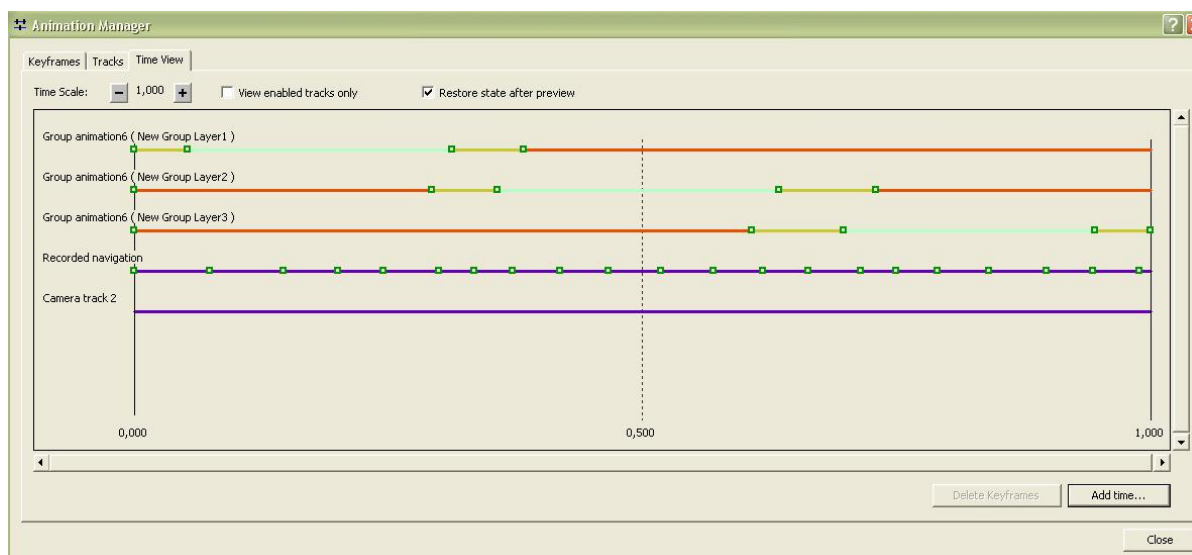
Obr. 8 3D Marker Symbol: úprava pozice znaku domu. (Zdroj: vlastní tvorba)

4.6.2 Práce s modelem, animace

Základní práci s modelem zajišťují ovladače na panelu *Tools*, kde lze nalézt mimo jiné nástroj *Navigate*, se kterým lze libovolně otáčet modelem, či nástroj *Fly*, který umožňuje provést průlety modelem při libovolné rychlosti (ovládané tlačítky myši). Dalším panelem je *3D Graphics*, který nabízí například přidání 3D textu, linie či bodu do modelu.

Pro tuto práci je nejdůležitější funkcí záznam animace. Funkční panel animace *Animation* nabízí dva důležité ovládací prvky animací v SW ArcScene, *Animation Manager* a *Animation Controls*. Nejjednodušší cesta k vytváření animací je pomocí panelu *Animation Controls*. Tento dialog obsahuje základní ovládací prvky videa (*Play*, *Pause*, *Stop* a *Record*). Pod možností *Options* lze nalézt možnosti nastavení délky videa a frekvence snímků. Zapnutím možnosti *Record* začne samotné nahrávání. V této chvíli lze provést libovolné pohyby a přiblížení modelu. Po dokončení požadovaných úkonů se vypnutím tlačítka *Record* záznam videa ukončí. Nahrané video lze přehrát různými způsoby, které jsou dostupné v *Options* (přehrát odpředu, odzadu, atd. ...).

Pokročilou funkcí je možnost nahrávání skupinové animace, která je vyvolána příkazem *Create Group Animation*. Skupinová animace je efektivním nástrojem pro zobrazení časových změn ve sledovaném území. Pro skupinovou animaci bylo třeba zadat všechny vrstvy reprezentující jednotlivá časová období do různých skupinových vrstev *Group Layer* (vždy stejné časové období v jedné vrstvě). Skupinové vrstvy lze vytvořit kliknutím pravého tlačítka myši na *Scene Layers* – *New Group Layers*. Bylo dobré seřadit skupinové vrstvy podle toho, v jakém pořadí vystupovaly v animaci. V dialogu bylo při vytváření skupinové animace důležité ponechat koncový čas 1.0, který nepředstavoval konkrétní čas v časových jednotkách, ale délku videa. Klíčovým prostředkem pro tvorbu skupinové animace byl *Animation Manager*.



Obr. 9 *Animation Manager: Time View* (Zdroj: vlastní tvorba)

Animation Manager je rozdělen na tři záložky: *Keyframes*, *Tracks* a *Time View*. Záložka *Tracks* nabízí přehled vrstev obsažených v animaci, stejně tak jako přehled vykonaných animací. Prvním krokem při tvorbě skupinové animace je právě kontrola *Tracks of Layer*, zda jsou v manageru

načteny námi vytvořené skupinové animace všech skupinových vrstev. *Animation Manager* také zároveň automaticky vytvoří navrhovaný scénář skupinové animace, který je zobrazen v záložce *Time View*. Zde jsou pod sebou zobrazeny tři skupinové vrstvy, kde jsou barevně a hraničními body odděleny části animace, kdy je ta která skupinová vrstva viditelná a kdy dochází k jejímu přechodu. S hraničními body lze v této záložce hýbat. Zároveň lze také pohybem kurzoru zobrazit scénu v libovolném místě. Přehled hraničních bodů je zobrazen v záložce *Keyframes*. *Keyframes* (klíčové obrazy) jsou důležité pro celkovou animaci, jelikož nesou údaje o poloze kamery, o viditelnosti skupinových vrstev či o jednotlivých scénách. V poli *Keyframes of Layer* je zobrazen časový sled akcí pro každou vrstvu zvlášť. V tomto okně lze také měnit viditelnost a průhlednost vrstev v jednotlivých fázích animace. Nejdůležitějším oknem je *Keyframes of Camera*. *Animation Manager* vytvořil při spuštění automaticky základní plán animace s klíčovými obrazy, které rozmístil rovnoměrně celou animací. Přehled těchto obrazů je zobrazen v kartě *Time View* pod jednotlivými skupinovými vrstvami (viz obr. 9). Zde lze také posouvat a měnit klíčové obrazy animace v závislosti na aktuální viditelnosti skupinových vrstev. *Keyframes of Camera* nabízí možnost úpravy jednotlivých klíčových obrazů. Lze nastavit typ projekce (*Projection Type*), azimut (*Azimuth*), inklinaci (*Inclination*), náklon kamery (*Roll*), vzdálenost kamery od modelu (*Distance*) a úhel záběru (*View Angle*). Nejužitečnějším se však nakonec ukázala funkce *Update*. Tato funkce umožní změnu nastavených hodnot aktuálního *Keyframe* podle aktuálního pohledu v hlavním okně *ArcScene*. Díky tomu lze vytvářet animace přesně podle představ tvůrce.

Na závěr by bylo dobré zmínit funkci *Create flyby from path*, která je podmíněna vytvořením 3D linie. Ve chvíli, kdy je takováto linie vytvořena, lze vyvolat automatické vytvoření průletu po zvolené linii. V nastavení lze měnit míru zjednodušení letu kamery oproti tvaru čáry či offset kamery oproti čáře. Po vytvoření je celá animace automaticky nahrána do *Animation Manager*, kde s ní lze pracovat jako s ostatními animacemi (viz výše). Při tvorbě animací samostatného modelu zástavby obce Padrť byla využita především tato možnost.

Před spuštěním animace je nutné zapnout *Animation Controls* a zadat reálné trvání animace. Lze tak učinit dvěma způsoby, buď zadáním celkového času nebo pomocí počtu obrazů a jejich časového rozestupu. Tímto je určena délka videa a také rychlost průletu (jelikož počet *Keyframes* zůstává stále stejný).

Následuje uložení animace, které je provedeno pomocí příkazu hlavní nabídky panelu *Animation*, *Export to Video*. Před samotným uložením je vyvoláno nastavení komprese videa. Pro výsledné video bylo zvoleno komprimační zařízení *Microsoft video 1*, kde byla nastavena kvalita komprese na 100. Lepších výsledků, především s ohledem na následnou další práci s videem, však dosahovalo uložení videa bez komprese a kompresi provést až v externím software. Závěrečné úpravy animací (stříh, komprese, ...) byly provedeny v programu *Microsoft Movie Maker*.

KAPITOLA 5

Výsledky a diskuse

Tato práce se zabývala tvorbou 3D modelů a možností software při jejich tvorbě. Jako modelové území pro naplnění tohoto cíle byly zvoleny dvě oblasti, které byly poznamenány zánikem osídlení a změnou struktury krajiny.

Prvním územím byla oblast současného Vojenského újezdu Brdy. V jeho jižní části se nalézala rozsáhlá nezalesněná oblast podél říčky Klabavy, vyplněná Hořejším a Dolejším Padrťským rybníkem. Pod hrází Dolejšího Padrťského rybníka se nacházela obec Padrť, která byla vizualizována. V této oblasti se dále nacházela obec Zadní Zaběhlá a další dvě osamocené osady, náležející k obci Zadní Zaběhlá.

Druhým územím byla oblast obce Košťálkov na Novobystřicku, která byla postižena zřízením pohraničního pásma. V katastru této obce se dále nacházela osada Hanftlův mlýn a osada Gabrielka. Do modelu byla zároveň zahrnuta část rakouské obce Klein Taxen, která těsně přiléhá k hranici a je v současné době jediným zastavěným územím v oblasti.

Výsledkem práce jsou tři základní modely pro každou modelovou oblast, z nichž vždy jeden model reprezentuje současný stav krajiny, další model krajinu v letech 1938 až 1952 a poslední krajinu v době tvorby stabilního katastru. Pro oblast obce Padrť byl z důvodu lepší vizualizace vytvořen model pro rok 1938 představující pouze katastrální území této obce. Díky možnosti použití při práci historické fotografie a pohledy z obcí Košťálkov a Padrť, bylo možné věrně zrekonstruovat přesný vzhled vybraných staveb těchto obcí. Většina těchto fotografií pocházela z doby mezi léty 1910 a 1952, a proto byly následně modelované stavby použity v modelech obce Košťálkov z roku 1952 a obce Padrť z roku 1938. V obci Padrť byly detailně zrekonstruovány všechny budovy, které se zde v době pořízení leteckého snímku (1938) nacházely. V obci Košťálkov byly detailně vymodelovány vybrané budovy, které byly zachyceny na historických fotografiích (obecná škola, kostel, některé chalupy). Ostatní stavby byly vymodelovány pouze rámcově bez přesné rekonstrukce detailů fasád. V obci Klein Taxen byly zrekonstruované budovy pouze podle leteckých snímků. Tyto budovy byly použity v historickém i současném modelu. V modelech ze 40. let 19. století byly stavby zrekonstruované pomocí extrudace (vytažení) do kvádrového tvaru. Stejně tak byly

modelovány budovy v obci Zadní Zaběhlá v modelu z roku 1938. V tomto modelu tak dochází ke kontrastu možností rekonstrukce budov mezi SW ArcScene a Google Sketchup.

Praktickým výstupem práce jsou průletové animace, které zachycují jednotlivé modely, ale také jejich dynamické prolínání, dále pohledové snímky jednotlivých scén, včetně srovnání s reálnými snímky a současným stavem krajiny.

Z jednotlivých pracovních postupů je nutné vyzdvihnout časově náročný proces ztotožnění historických leteckých snímků a jednotlivých listů stabilního katastru se současnými ortofoty. Zde, jak bylo uvedeno v kapitole úvod do problematiky, bylo využito schopnosti krajiny uchovat stopy po změnách, kterými prošla v minulosti. Na současných ortofotech tak bylo možné nalézt až překvapivě přesné a starým leteckým snímkům odpovídající krajinné prvky. Tzv. paměť krajiny tak napomohla korektnímu georeferencování starých leteckých snímků. Při georeferencování listů stabilního katastru se projevil obecný nedostatek vhodných krajinných prvků, dle kterých by bylo možné tyto mapy přesně georeferencovat. Stabilní katastr byl tvořen na svoji dobu velmi přesně a precizně, avšak kreslířské práce byly oproti současnosti více generalizační. Z tohoto důvodu nebylo možné brát v potaz okraje silnic či šířku cest jako přesné body pro ztotožnění. Proto bylo nakonec ustoupeno z tohoto postupu a bylo využito možnosti software TopoL poskytnout přesné souřadnice rohů jednotlivých listů stabilního katastru. Během práce bylo také zjištěno, že pro maximální možnou přesnost ztotožnění starých leteckých snímků by bývalo bylo nejlepší použít Topografickou mapu Československa v měřítku 1 : 20 000 z roku 1934, která byla zpracována v S-JTSK, popřípadě ještě podrobnější Prozatímní topografickou mapu Československa 1 : 10 000 z roku 1929, v Benešově zobrazení. Zde by ovšem bylo nutné transformovat tyto listy do S-JTSK pro další práci. Pro oblast Košťálkova by pak byly vhodné v té době již vydané Státní mapy ČSR v měřítku 1 : 5 000 (SM 5).

Dalším problémem, se kterým bylo nutné se vypořádat, byla nedostatečná podrobnost výškových dat poskytnutých ČÚZK. K dosažení co nejlepších výsledků této práce bylo nutné doplnit data ZABAGED o vlastní interpolované výškové body, jelikož bylo často pracováno v měřítku 1 : 400 i větších (tvorba budov). Zde by opět bylo dosaženo lepších výsledků při použití SM 5. Námětem k zamyšlení pro budoucí práce v tomto oboru by mohl být také odlišný přístup k vytváření DMT, například použitím stereodvojcí či pomocí lidar dat.

Tvorba historicky věrných 3D modelů budov se stala časově nejnáročnější částí práce. Software Google Sketchup se projevil jako velmi účinný a užitečný pro tuto práci. Ve srovnání s jinými druhy software, kde by bylo možné 3D modely budov vytvářet, se Sketchup vyznačuje uživatelskou přístupností a možností rychlého pochopení funkcí uživatelem. Je třeba vyzdvihnout především schopnost programu předvídat a ulehčovat práci uživatele nabízením možností tahů a přichytáváním tahů na osy. Možností by bylo také vyzkoušení jiných komerčních software, které poskytují prostředí pro vizualizaci 3D modelů, například Erdas Imagine VirtualGIS, LandSim3D, AutoCad Civil 3D nebo AutoCad Map 3D. K tvorbě 3D modelů existují také OpenSource programy navázané na GRASS GIS, například ParaView. Tento software však nedokáže oproti např. AutoCad efektivně spolupracovat s moduly ArcGIS.

Samotný import budov do aplikace ArcScene se ukázal jako snadný, jelikož software ArcGIS dokáže pracovat se soubory aplikace Google Sketchup. Na druhou stranu byla v práci použita časově neefektivní metoda vkládání jednotlivých 3D staveb samostatně. Byl tím řešen problém s různým natočením staveb v krajině. Možností by bylo vytvořit vrstvu půdorysů všech staveb a přes CAD formát .dxf je importovat do Sketchup. Následně by byly všechny budovy vytvořeny naráz v jednom projektu a nahrány pak již ve správném natočení. Avšak naráží se tím na nevýhodu programu Sketchup, ve ztížené možnosti vytvářet objekty umístěné mimo pravoúhloú síť. Pro takové objekty pak neplatí řada funkcí tohoto SW (například automatické vytváření obdélníků).

Pro výsledné modely platí společné hodnocení: hardwarová náročnost. Samotná plynulost zobrazení modelu TIN v prostředí ArcScene je závislá na výkonnosti počítače. Každým přidáním nové vrstvy či objektu se náročnost na výkon zvyšuje. Jednalo se především o zobrazení starých leteckých snímků v co nejvyšší kvalitě. Načtení takového modelu pak trvá několik minut a následné animace se vyznačují trhaným pohybem. Jelikož se náročnost na operační paměť počítače projevovala v průběhu celé práce (nejenom při vizualizaci, ale také při rektifikaci a další práci s rastry), byly vyhodnoceny orientační nároky na paměť počítače. Běžná průměrná náročnost aplikace ArcMap s dokumentem pro tuto práci představovala přibližně 300 MB operační paměti. Při provádění operací s rastry se zatížení zvedlo až na 430 MB zátěže. Samotná aplikace ArcScene zabere přibližně 1 GB operační paměti. V případě práce se scénou obsahující všechny tři modely dohromady a spuštění animace byla zátěž 1,4 GB operační paměti (společně s operačním systémem a editory to bylo již téměř 2 GB). Před vstupem do takovéto práce je tedy dobré zhodnotit, zda používaný HW bude efektivně zvládat nároky používaných software.

KAPITOLA 6

Závěr

Cílem práce bylo vytvoření 3D rekonstrukce krajiny na příkladu zaniklých obcí v českém pohraničí a vojenských újezdech. K této práci bylo využito celé řady dostupných podkladů, včetně historických leteckých snímků, historických fotografií a současných ortofot. K práci bylo využito několika software, především ArcMap a ArcScene ke zpracování a vizualizaci modelu, Google Sketchup k modelaci 3D objektů nebo například TopoL ke správnému georeferencování jednotlivých listů stabilního katastru. Za pomoci těchto dat a prostřednictvím použitého software bylo dosaženo cíle, který byl stanoven v úvodu této práce, a to vytvořit rekonstrukci území, kde došlo k zásadní proměně krajiny. Rekonstrukce byla vizualizována pomocí animací, které přibližují rozsah změn v krajině.

Přestože byly cíle práce naplněny v rozsahu, ve kterém byly předsevzaty, je zde celá řada možností, jak toto téma dále rozvíjet a výsledky práce zdokonalovat. Software, který byl využit k vizualizaci, není jediným software, který by byl schopný efektivně vytvářet prostorové modely a vizualizovat je. Do budoucna zde proto leží možnost vyzkoušet možnosti například volně dostupného GRASS GIS, který pomocí svého modulu *Nviz* dokáže vytvářet 3D animace a průlety. Různé možnosti se nabízejí také při tvorbě 3D objektů, kde by bylo zcela jistě možné nalézt software, který by svými nástroji dokázal efektivněji modelovat prostorové objekty.

Zcela nedotknutou oblastí v této práci zůstává umístění výsledných modelů do prostředí webu. Webové aplikace skýtají celou řadu možností pro publikaci výsledků tak, aby byly dostupné prostřednictvím internetu. V případě, že bude v tomto tématu dále pokračováno na vyšší úrovni, bude tento aspekt jedním z hlavních směrů dalšího ubírání této práce.

Práce svým rozsahem pokrývá pouze tři katastrální území, z nichž pouze na dvou byly detailně modelovány 3D budovy. Pro závěry této práce takovýto rozsah postačuje, avšak zůstává zde prostor pro budoucí zdokonalení a rozšíření řešeného území (například na obec Kolvín ve Vojenském újezdu Brdy či na ostatní obce českého pohraničí, které byly zrušeny v důsledku zřízení pohraničního pásma). Ve svém důsledku lze uvažovat o vytvoření projektu na zmapování všech oblastí, které prošly takovýmito změnami a vytvoření komplexního souboru 3D vizualizací. Jednalo by se například o pohraniční oblasti, vojenské újezdy, oblasti zatopené vodními přehradami, obce

postižené důlní činností (například část města Most), nebo o samotnou proměnu městských částí v průběhu historie (viz 3D studie proměny pražského Albertova). V budoucích letech by takto šlo nashromáždit celou řadu dat o různých oblastech. Smyslem projektu by bylo zveřejnění celého souboru dat na internetu pomocí webových aplikací tak, aby bylo vše přístupné veřejnosti.

Vizualizace pomocí trojrozměrných modelů je dle mého názoru efektivní metodou na zprostředkování změn, kterými prošla naše krajina, pro studium krajinných procesů, ale také na představení schopností GIS široké veřejnosti.

SEZNAM ZDROJŮ INFORMACÍ

- ABDUL-RAHMAN, A.; PILOUK, M. 2007. *Spatial data modelling for 3D GIS*. Berlin : Springer Verlag, 2007. 290 p. ISBN 978-3-540-74166-4.
- AMHAR, F.; JANSA, J.; RIES, C. 1998. The generation of true orthophotos using a 3D building model in conjunction with a conventional DTM. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 1998, Vol. 32, Part 4, p. 16-22. ISSN 0924-2716.
- APPLETON, K. ... [et al.]. Rural landscape visualization from GIS databases: a comparison of approaches, options and problems. *Computers, Environment and Urban Systems*. 2002, Vol. 26, Issue 2-3, p. 141-162. ISSN 0198-9715.
- AYDIN, A. 2010. Comparing the performance of base map scales in GIS-based avalanche simulation: a case study from Palandöken, Turkey. *Environmental Earth Science*. [online]. Leden 2010, [cit. 2010-05-26]. Dostupný z WWW: <<http://www.springerlink.com>>. ISSN 1866-6299.
- BALTSAVIAS, E. P.; GRUEN, A.; VAN GOOL, L. 2001. *Automatic extraction of man-made objects from aerial and space images (III)*. Lisse : Swets & Zeitlinger Publishers, 2001. 425 p. ISBN 90-5809-252-6.
- BRAVENÝ, L. 2008. Digitální modely terénu a modelování prostorových dat. In: ŠTYCH, P. ... [et al.] (Eds.). *Vybrané funkce geoinformačních systémů*. Praha : Česká kosmická kancelář, 2008, s. 80-127.
- BRŮNA, V.; KŘOVÁKOVÁ, K. 2006. Využití starých map středního a velkého měřítka pro sledování vývoje lesů. In: NEUHÖFEROVÁ, P. (Eds.). *Historie a vývoj lesů v českých zemích*. Srní : Katedra pěstování lesů FLE ČZÚ Praha, 2006, s. 111-117. ISBN 80-213-1536-9.
- BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. 2000. *Principles of Geographical Information Systems*. 3rd ed. New York : Oxford University Press, 2000. 333 p. ISBN 0-19-823366-3.
- ČÚZK. [2009] *Geoportál ČÚZK* [online]. [cit. 2010-05-26]. Dostupné z WWW: <<http://geoportal.cuzk.cz/>>.

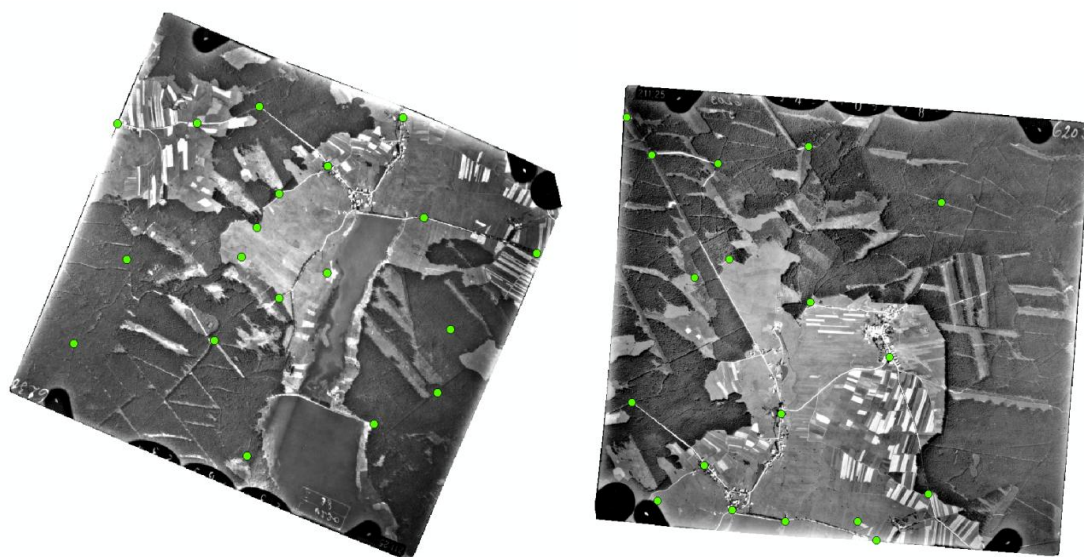
- ČÚZK. [2009] ZABAGED [online]. [cit. 2010-05-26]. Dostupné z WWW: <http://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?PRARESKOD=30&MENUID=10481&AKCE=DOC:30-ZU_ZABAGED/>.
- DELANEY, J. 1999. *Geographical Information Systems : An Introduction*. 2nd ed. Melbourne; Oxford : Oxford University Press, 2001. 194 s. ISBN 0-19-550789-4.
- ERVIN, S. M. 2001. Digital landscape modelling. *Landscape and Urban Planning*. 2001, Vol. 54, Issues 1-4, p. 49-62. ISSN 0169-2046.
- ESRI, c2010. GIS Dictionary - ESRI Support. *ArcGIS. Desktop 9.3 help – Georeferencing a raster dataset* [online]. c2010. [cit. 2010-05-27]. Dostupné z: <<http://support.esri.com/>>.
- FAJT, J. [2005]. *Geometrické transformace v GIS* [online]. [cit. 2010-05-25]. Dostupné z: <<http://gis.zcu.cz/studium/ugi/referaty/05/GeometrickeTransformace>>.
- FREGONESE, L. ... [et al.]. 2006. The St Mark's Basilica Pavement: The Digital Orthophoto 3D Realisation to the Real Scale 1:1 for the Modelling and the Conservative Restoration. In: ABDUL-RAHMAN, A.; ZLATANOVA, S.; COORS, V. (Eds.). *Innovations in 3D Geo Information Systems*. Berlin; Heidelberg : Springer – Verlag, 2006, p. 683 – 693. ISBN 978-3-540-36997-4.
- HAALA, N.; BRENNER, C. 1997. Generation of 3D city models from airborne laser scanning data. In: BALTSAVIAS, E. P. ... [et al.] (Eds.). *IAPRS, Vol. 32, Part 3-4W2, Commission III/IV Workshop 1997*. Stuttgart : ISPRS, 1997, p. 68-75.
- KOLÁŘ, J. 2008. *Digitální zpracování obrazových dat*. Praha: Czech Space Office. 61s. ISBN 978-80-904163-0-7.
- KOSTKOVÁ, P.; ŘÍMALOVÁ, J. [2009] *Stabilní katastr* [online]. [cit. 2010-05-26]. Dostupné z WWW: <http://historickemapy.cuzk.cz/cio/text_sk.html>.
- LEE, J.; ZLATANOVA, S. 2008. *3D Geo-Information Sciencies*. Berlin : Springer Verlag, 2008. 435 p. ISBN 978-3-540-87394-5.
- LI, Z.; ZHU, Q.; GOLD, C. 2005. *Digital terrain modelling: principles and methodology*. Boca Raton : CRC Press, 2005. 323 p. ISBN 0-415-32462-9.
- LIM, E.; HONJO, T. 2003. Three-dimensional visualization forest of landscapes by VRML. *Landscape and Urban Planning*. 2003, Vol. 63, Issue 3, p. 175-186. ISSN 0169-2046.
- MARKOVÁ, K.; ŘECHTÁČKOVÁ, L. *Zdroje archivních leteckých snímků*. Praha, 2004. 2 s. Referát. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, obor geodézie a kartografie.
- MITÁŠ, L.; MITÁŠOVÁ, H. 1999. Spatial Interpolation. In: LONGLEY, P. ... [et al.] (Eds.). *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications*. New York : John Wiley & Sons, 1999, p. 481-492. ISBN 0-471-32182-6.

- MOORE, I. D.; GRAYSON, R. B.; LADSON, A. R. 1991. Digital Terrain Modelling: A Review of Hydrological, Geomorphological and Biological Applications. *Hydrological Processes*. 1991, Vol. 5, Issue 1, p. 3-30.
- MUHAR, A. 2001. Three-dimensional modelling and visualization of vegetation for landscape simulation. *Landscape and Urban Planning*. 2001, Vol. 54, Issues 1-4, p. 5-17. ISSN 0169-2046.
- MÜLLEROVÁ, J. 2005. Use of digital aerial photography for sub-alpine vegetation mapping: A case study from the Krkonoše Mts., Czech republic. *Plant Ecology*. 2005, Vol. 175, Number 2, p. 259-272. ISSN 1385-0237.
- OOSTEROM, P. VAN ... [et al.]. 2008. *Advances in 3D geoinformation systems*. Berlin : Springer Verlag, 2008. 441 p. ISBN 978-3-540-72134-5.
- PAVELKA, K. 1998. *Fotogrammetrie 10*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 1998. 194 s. ISBN 80-01-02649-3.
- PAVELKA, K. 2003. *Fotogrammetrie 20*. 2. přeprac. vyd. Praha : ČVUT Praha, 2003. 193 s. ISBN 80-01-02762-7.
- PERZI, N.; STEHLÍK, M. 2001. *Zapomenutý všední den: 20. století v zrcadle středoevropského regionu*. Waidhofen a. n. Thaya : Verlag Bibliothek der Provinz, 2001. 237 s. ISBN 3-85252-440-7.
- RAPANT, P. 2005. *Geoinformační technologie*. 2.vyd. Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, Institut geoinformatiky, 2006. 102 s. ISBN 80-248-1263-0.
- RAPER, J. 1989. *Three dimensional applications in Geographical Information Systems*. London : Taylor & Francis, 1993. 189 p. ISBN 0-85066-776-3.
- SCHICKLER, W.; THORPE, A. 1998. Operational procedure for automatic true orthophoto generation. In: FRITSCH, D.; ENGLICH, M.; SESTER, M. (Eds.). *ISPRS Commission IV Symposium on GIS. IAPRS*. Stuttgart : ISPRS, 1998, p. 527-532.
- VÚGTK. [2009] *Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí* [online]. [cit. 2010-05-25]. Dostupné z: <<http://www.vugtk.cz/slovník>>.
- WEIBEL, R.; HELLER, M. 1991. Digital Terrain Modelling. In: MAGUIRE, D. J.; GOODCHILD, M. F.; RHIND, D. W. (Eds.). *Geographical Informational Systems: principles and applications*. Essex : Harlow – Longman Scientific and Technical, 1991, p. 261-297. ISBN 0-582-05991-6.
- WILKERSON, F. D.; SCHMID, G. L. 2008. Distribution of debris flows in Glacier National Park, Montana, U.S.A.. *Journal of Mountain Science*. 2008, Vol. 5, Number 4, p. 318-326. ISSN 1672-6316.
- ŽÁN, M. J. 2001. *Padrt', pamětní kronika obce v Brdech v Čechách*. Rokycany : Vlastní náklad, 2001. 85 s.

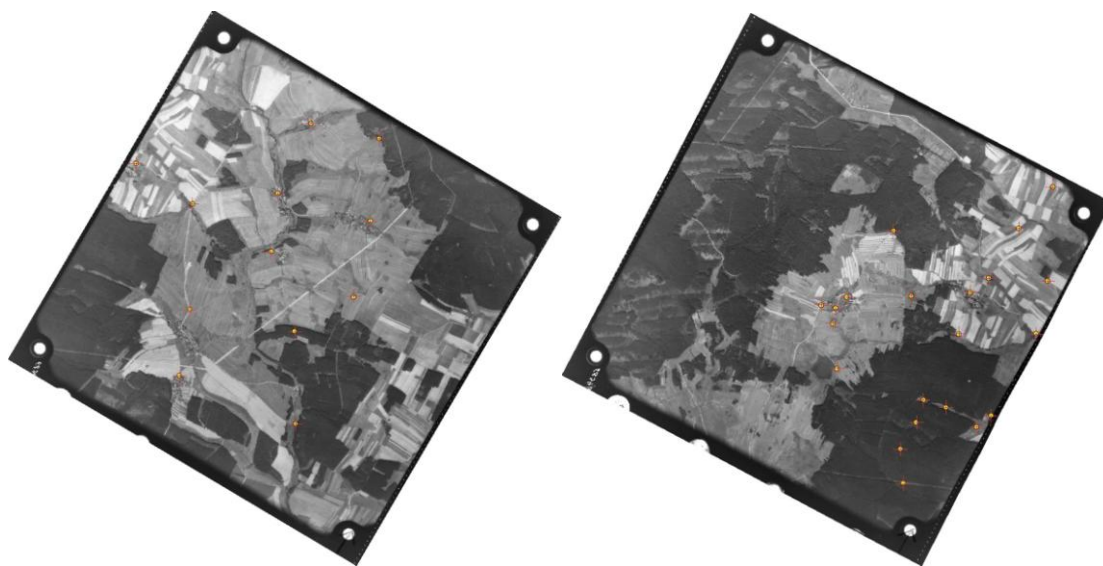
SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1. Přehled vřícovacích bodů pro rektifikaci LMS
- Příloha 2. Porovnání rekonstrukce v SW Google Sketchup a historických fotografií
- Příloha 3. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Padrt': pohled od jihu
- Příloha 4. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Padrt': pohled od severu
- Příloha 5. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Padrt': horní část obce, pohled od severu
- Příloha 6. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Padrt': pohled od Zadní Zaběhlé
- Příloha 7. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Padrt': střední část obce, pohled od západu
- Příloha 8. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Padrt': dolní část obce, pohled od západu, v pozadí Zadní Zaběhlá
- Příloha 9. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Košťálkov: pohled od severu
- Příloha 10. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Košťálkov: pohled od jihu
- Příloha 11. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Košťálkov: letecký pohled
- Příloha 12. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Košťálkov: pohled od západu
- Příloha 13. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Košťálkov: detail obce Košťálkov od východu
- Příloha 14. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Košťálkov: pohled od obce Klein Taxen
- Příloha 15. Mapa Vojenského újezdu Brdy s vyznačeným modelovým územím Padrt'
- Příloha 16. Mapa zaniklých obcí Novobystřicka s vyznačeným modelovým územím Košťálkov
- Příloha 17. Obsah přiložených DVD

Příloha 1. Přehled vřícovacích bodů pro rektifikaci LMS:



Snímky z roku 1938, oblast Padrt'ských rybníků. Snímek laskavě poskytl VGHMÚř.



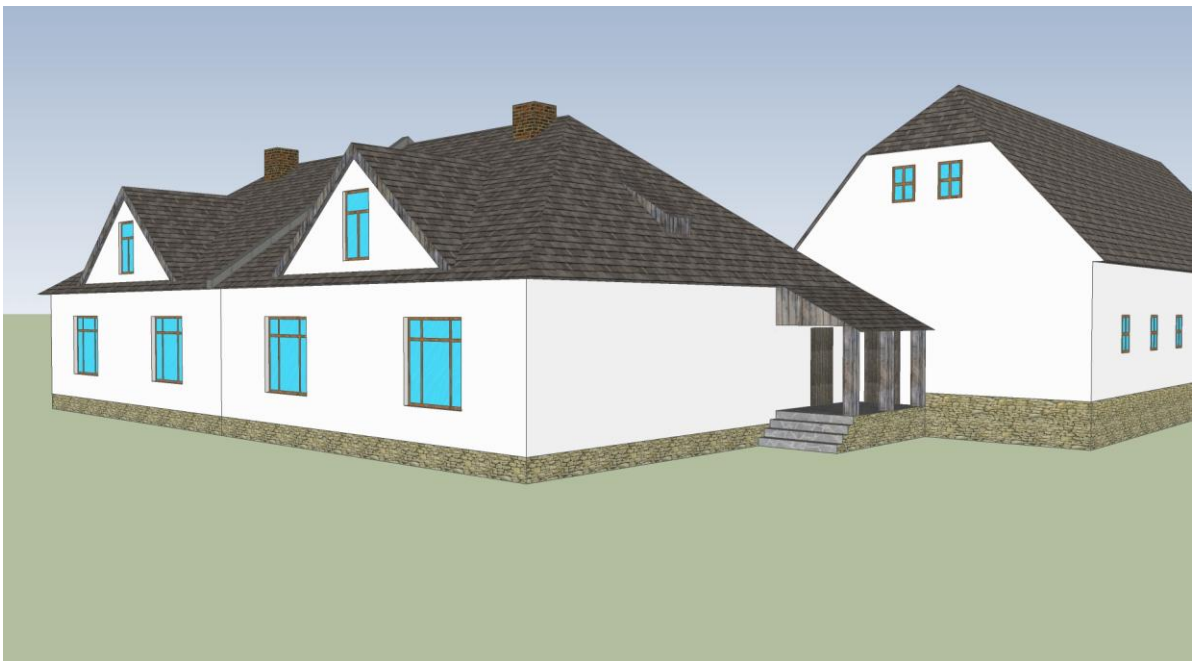
Snímky z roku 1952, oblast obcí Košťálkov, Klein Taxen, Veclov, Návary a Rajchěřov. Snímek laskavě poskytl VGHMÚř.

Příloha 2. Porovnání rekonstrukce v SW Google Sketchup a historických fotografií:

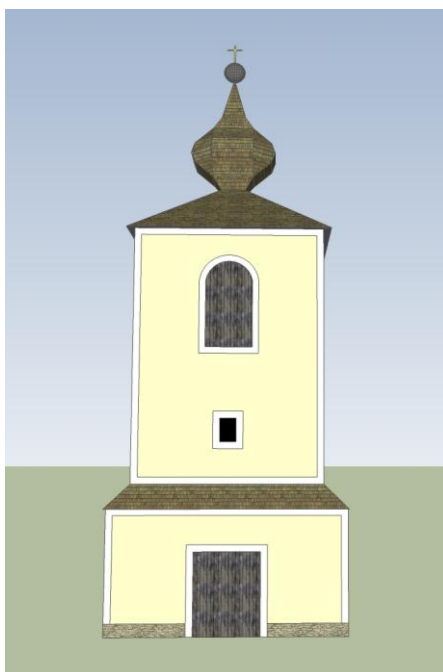
Obecná škola v Padrti (Zdroj: Žán, 2001; vlastní tvorba)



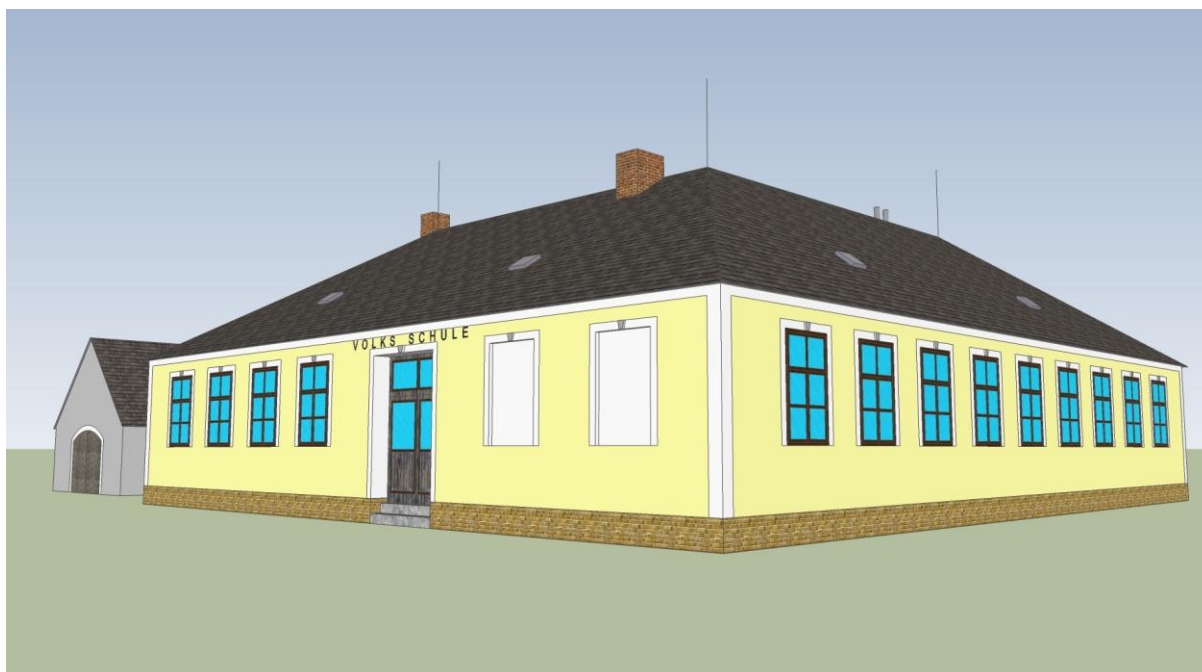
Dvojhájenska v Padrti (Zdroj: Žán, 2001; vlastní tvorba)



Kostel v Košťálkově (Zdroj: Perzi; Stehlík, 2001; vlastní tvorba)



Škola v Košťálkově (Zdroj: Perzi; Stehlik, 2001; vlastní tvorba)

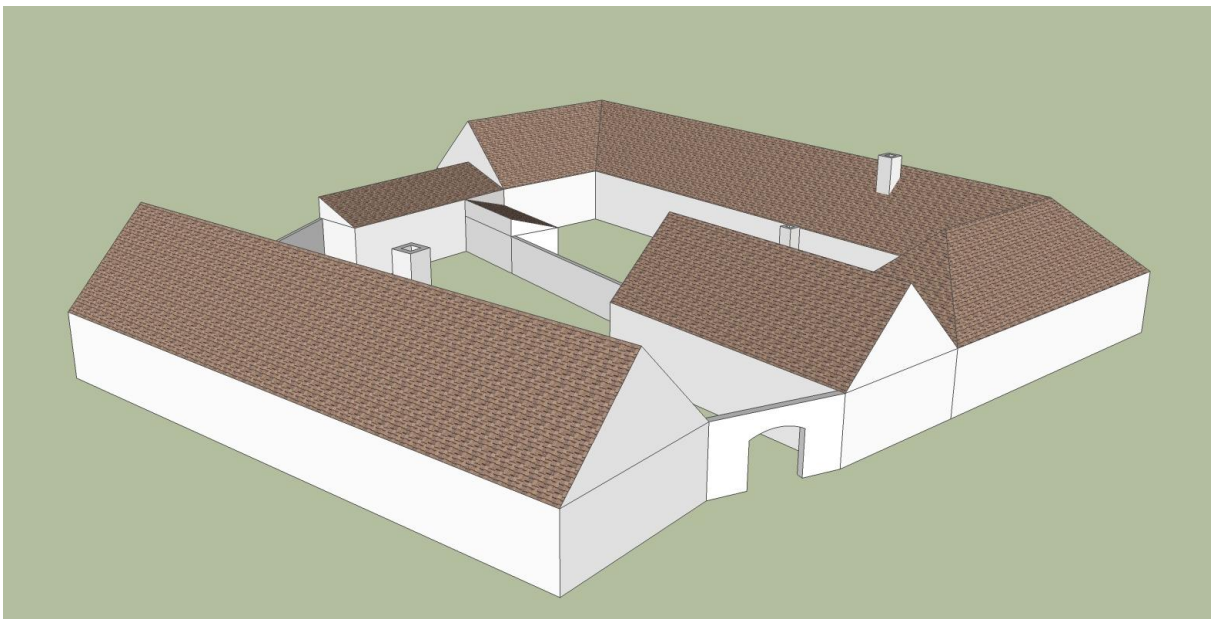


Čp 39. v Košťálkově (Zdroj: Perzi; Stehlík, 2001; vlastní tvorba)





Čp. 40 v Padrti: příklad tvorby roubeného stavení (Zdroj: vlastní tvorba)

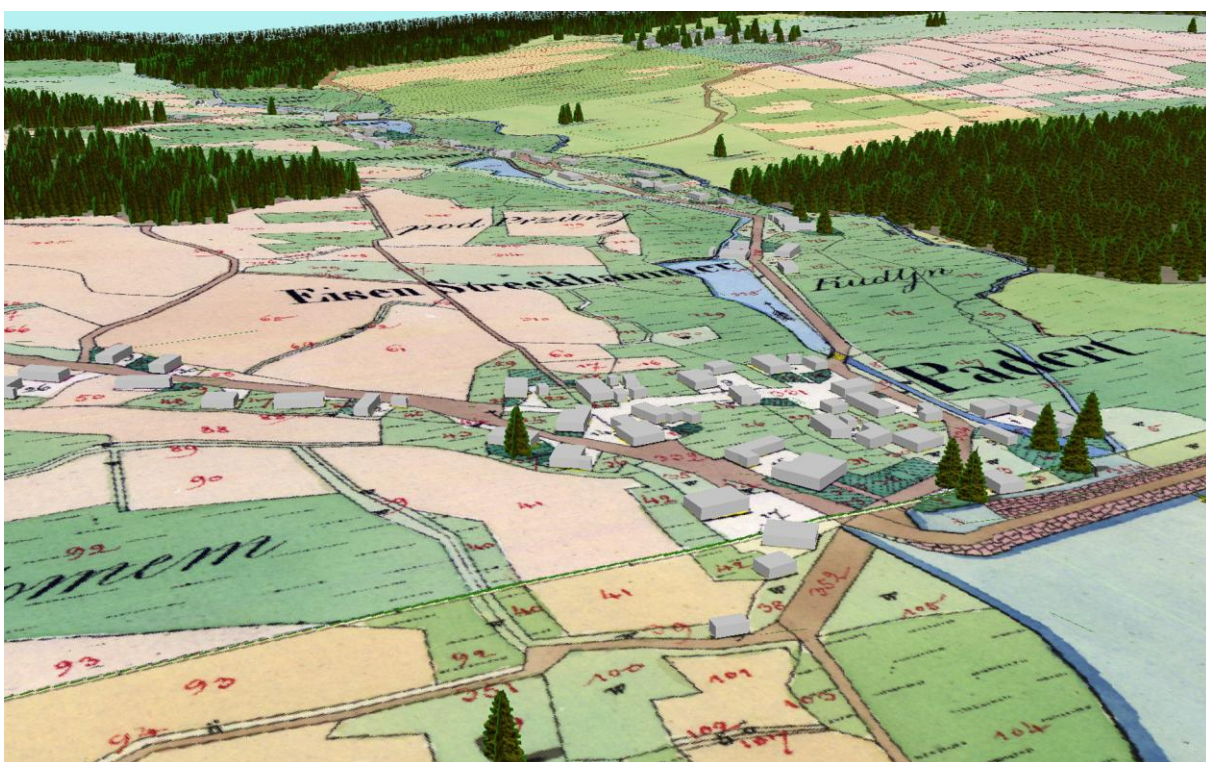


Čp. 16 v Koš'álově: příklad tvorby hrubé stavby složeného statku (Zdroj: vlastní tvorba)

Příloha 3. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Padrť: pohled od jihu (Zdroj: vlastní tvorba)



Rok 1938

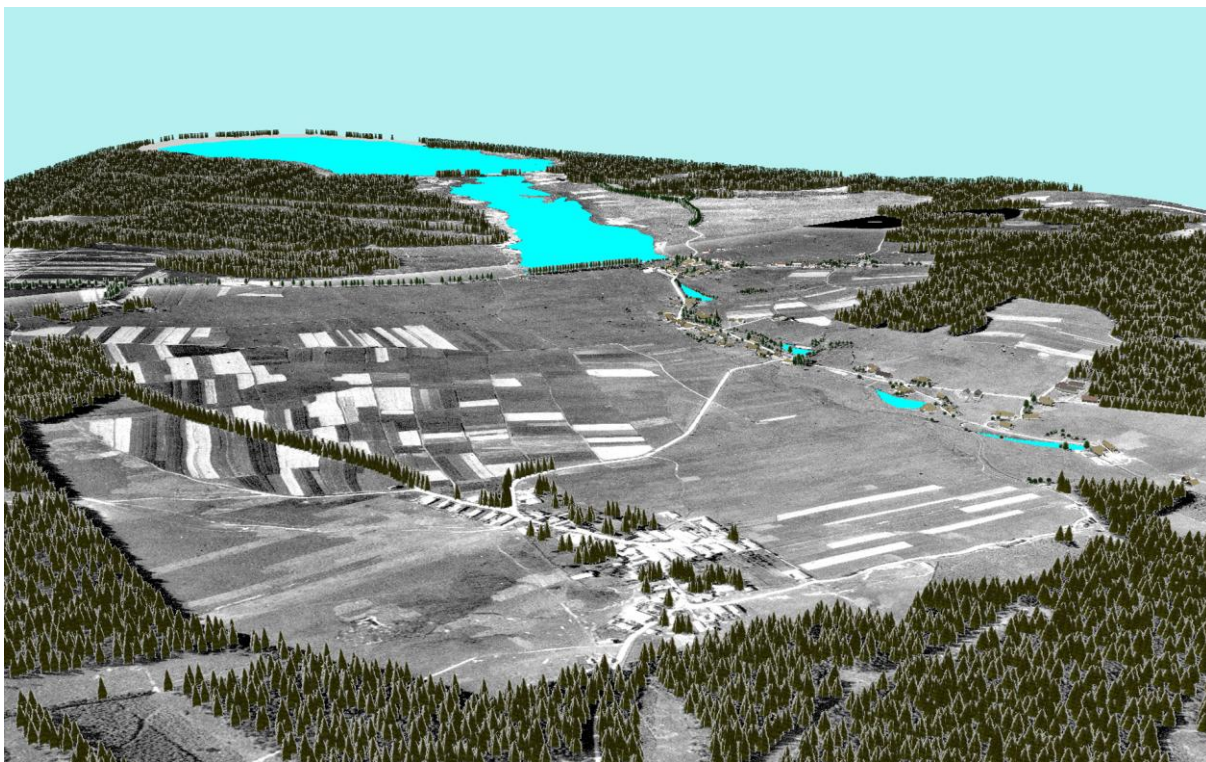


Rok 1830

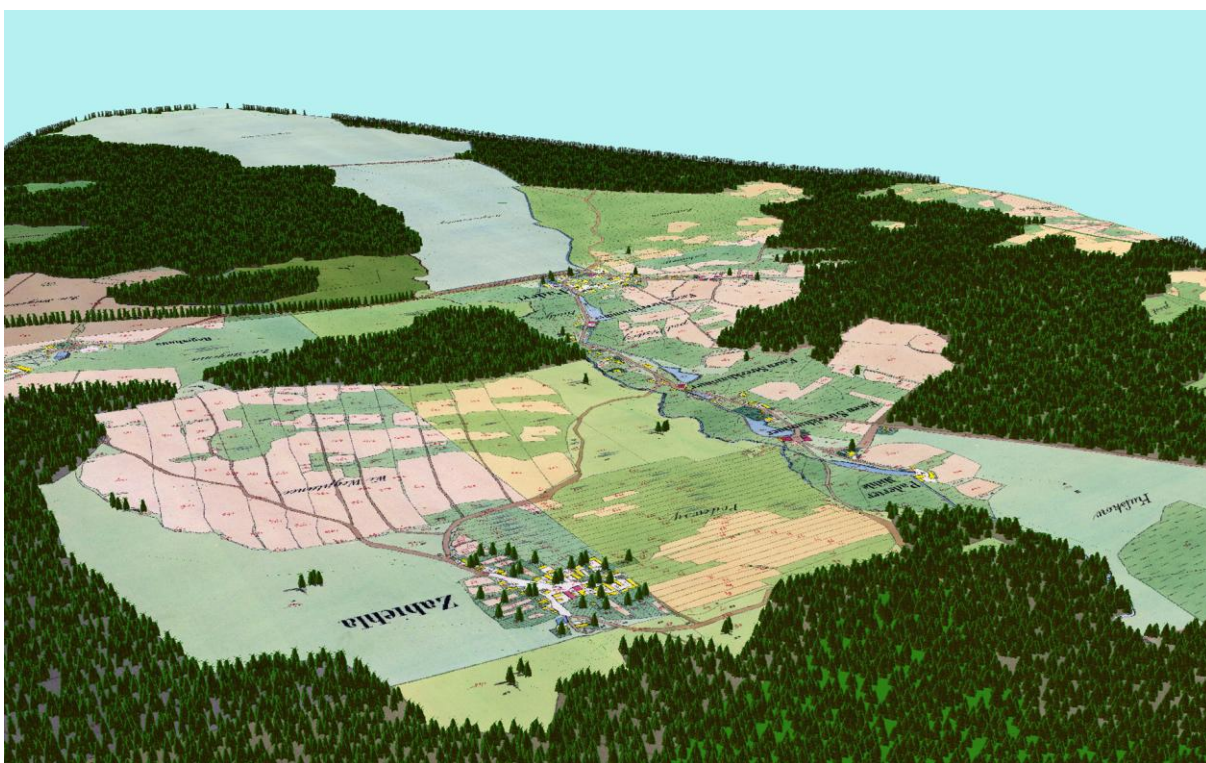


Rok 2008

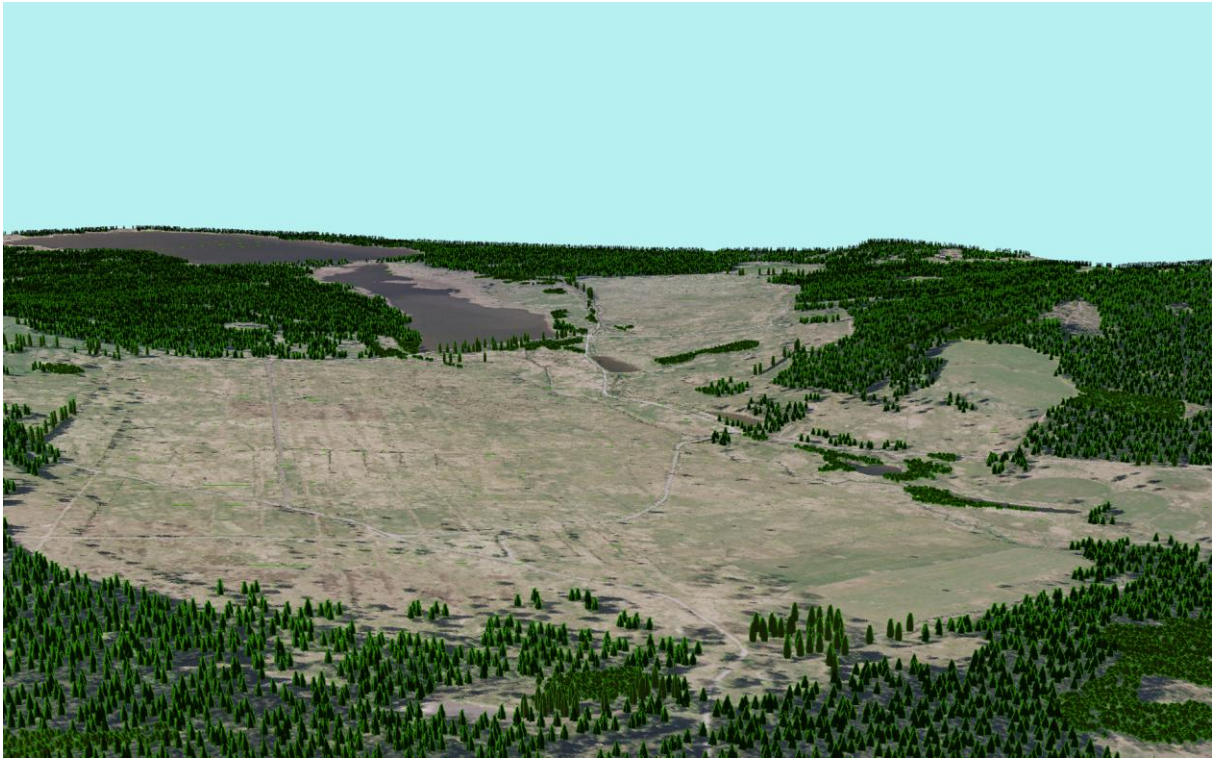
Příloha 4. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Padrt': pohled od severu (*Zdroj: vlastní tvorba*)



Rok 1938



Rok 1830



Rok 2008

Příloha 5. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Padrt': horní část obce, pohled od severu
(Zdroj: vlastní tvorba)



Rok 1938



Rok 1830



Rok 2008

Příloha 6. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Padrt': pohled od Zadní Zaběhlé (Zdroj: vlastní tvorba)



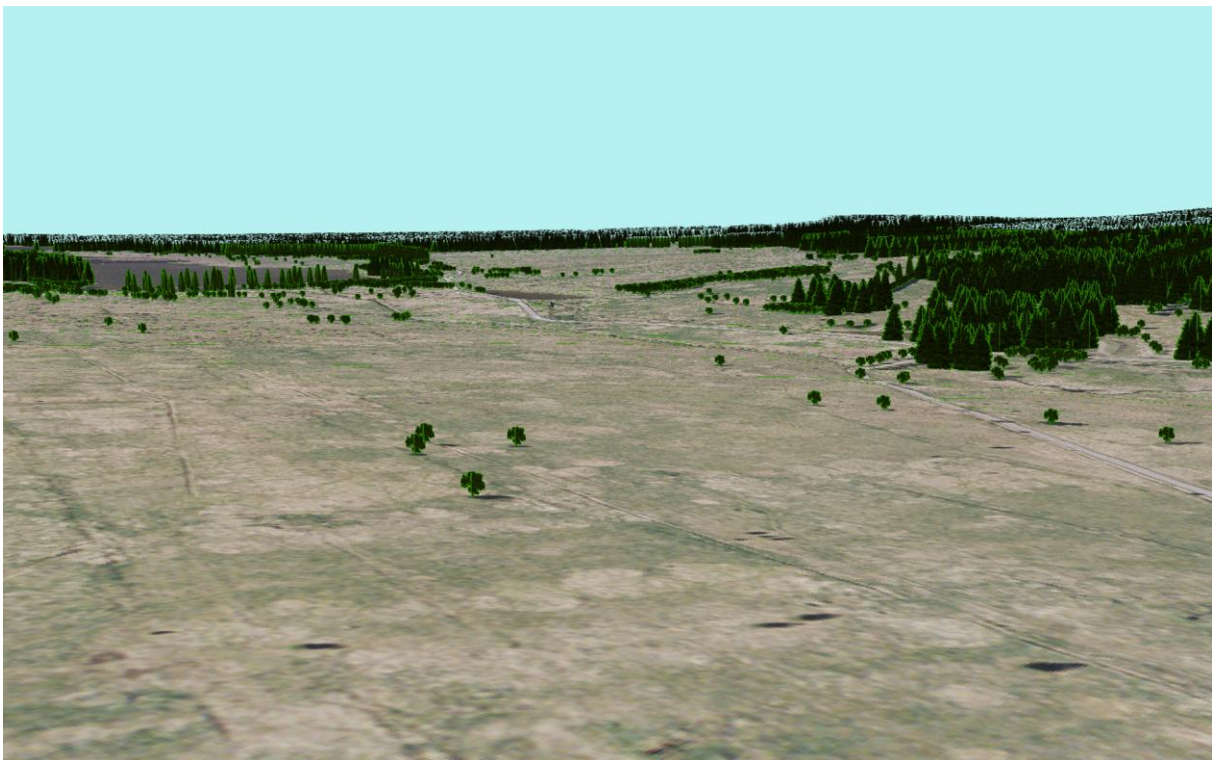
Archivní pohlednice (Zdroj: Žán, 2001)



Rok 1938



Rok 1830

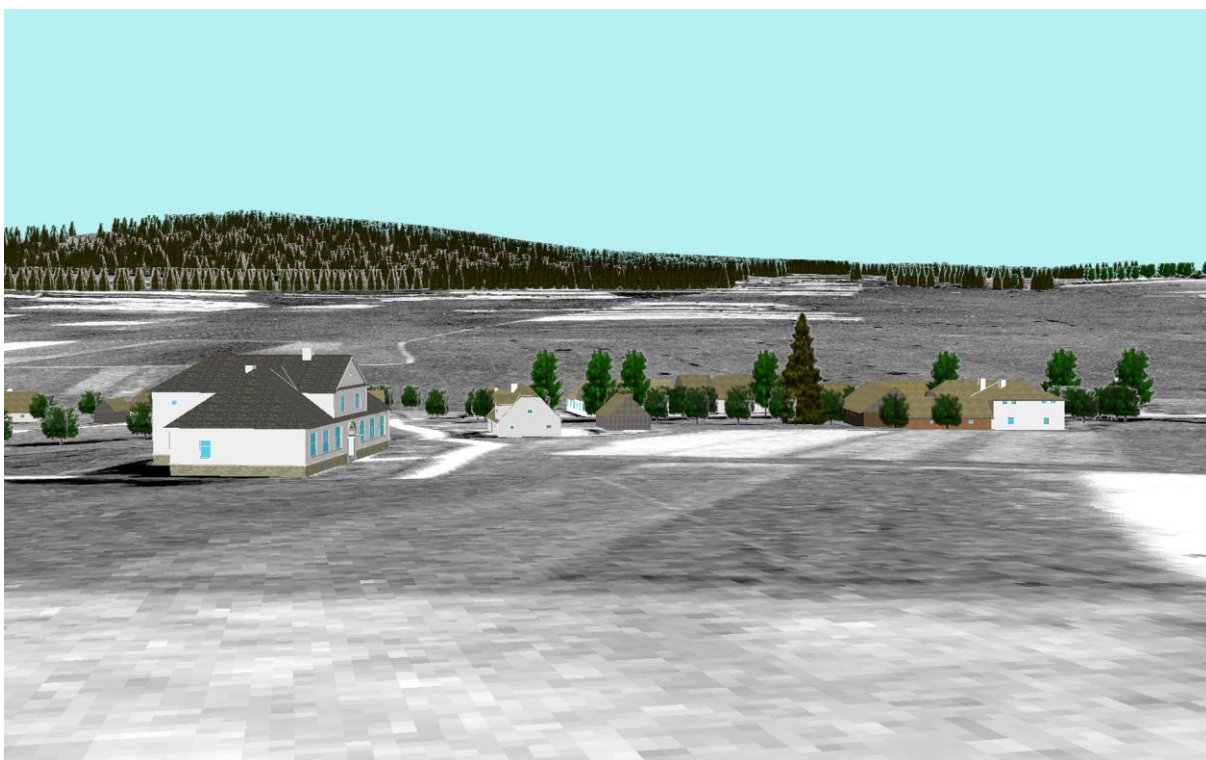


Rok 2008

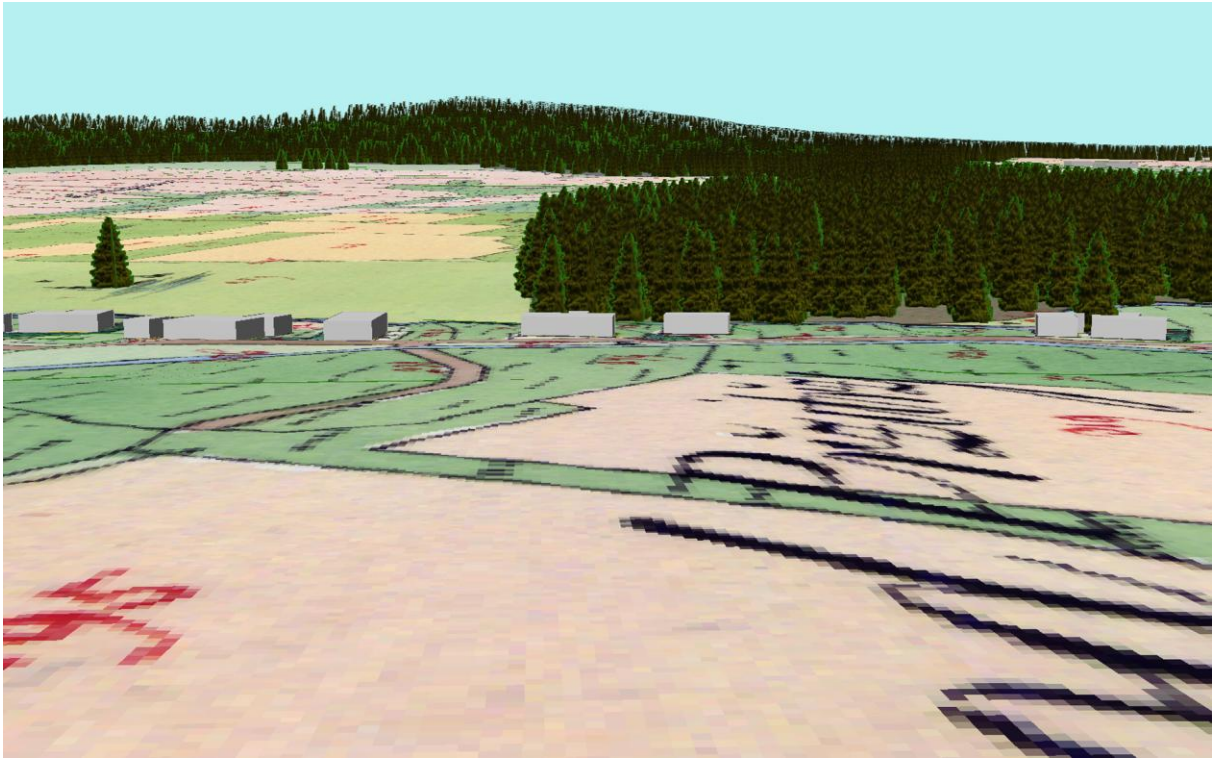
Příloha 7. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Padrtů: střední část obce, pohled od západu
(Zdroj: vlastní tvorba)



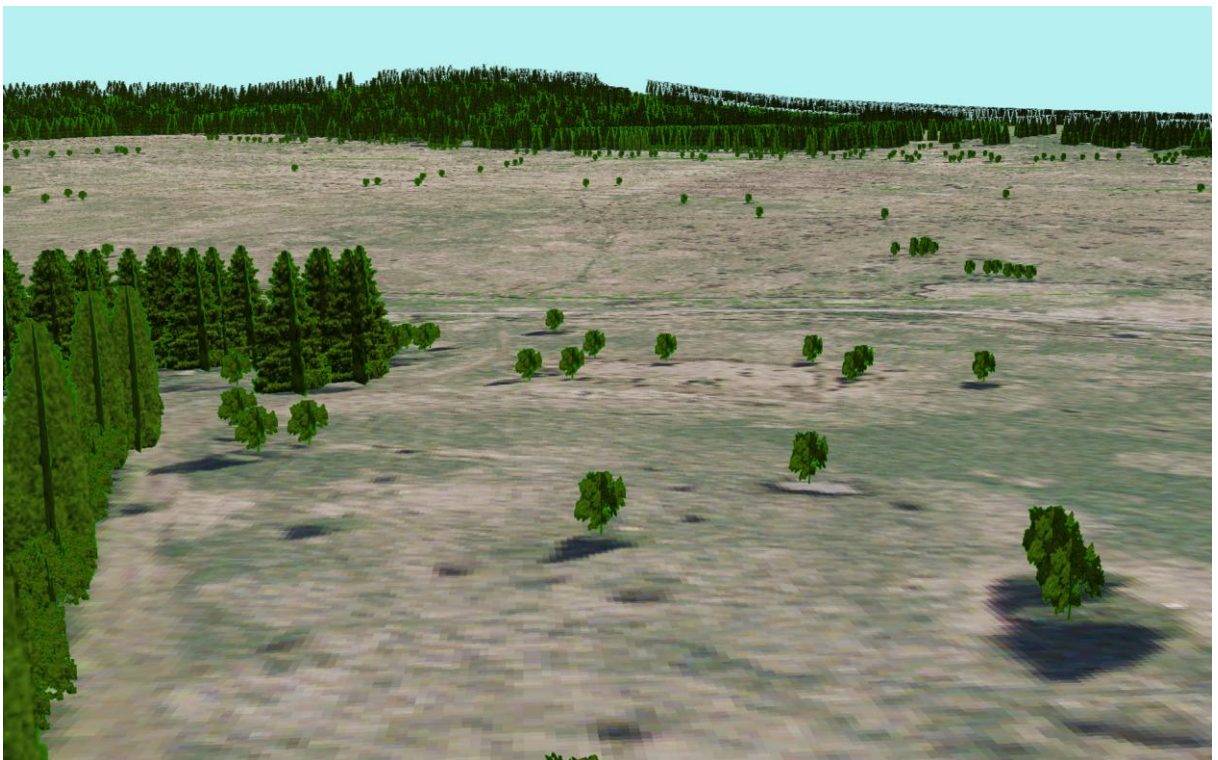
Archivní fotografie (Zdroj: Žán, 2001)



Rok 1938

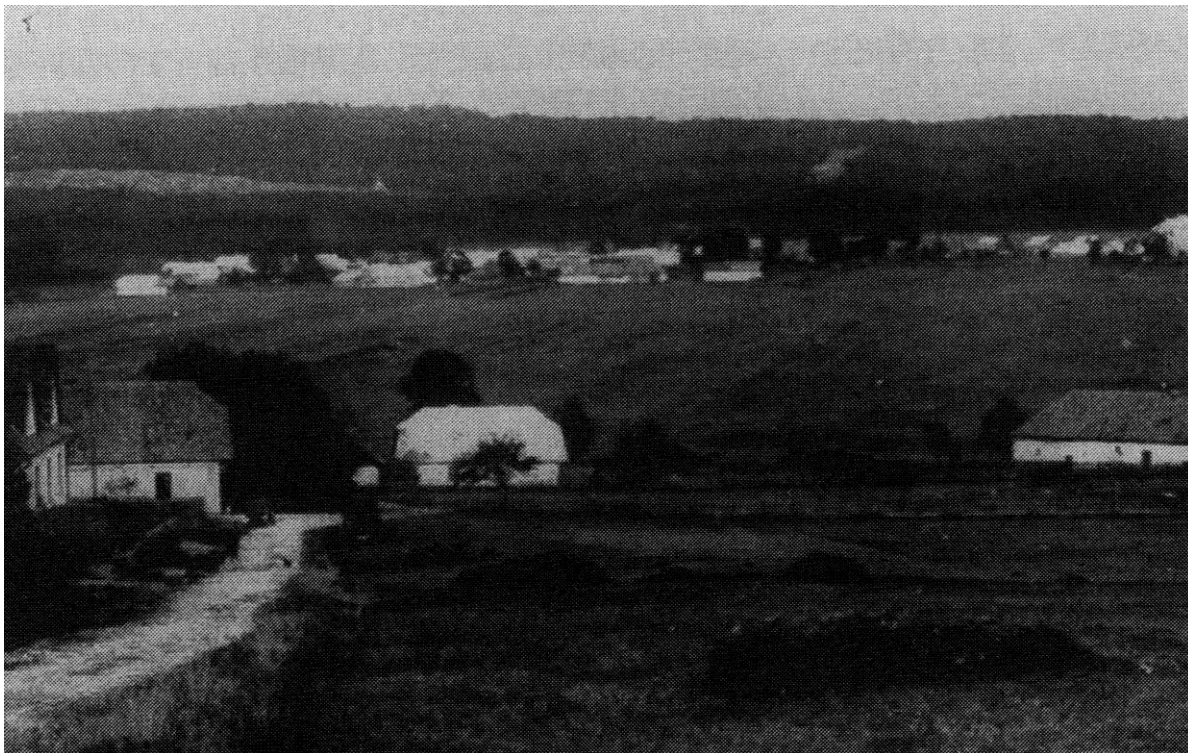


Rok 1830

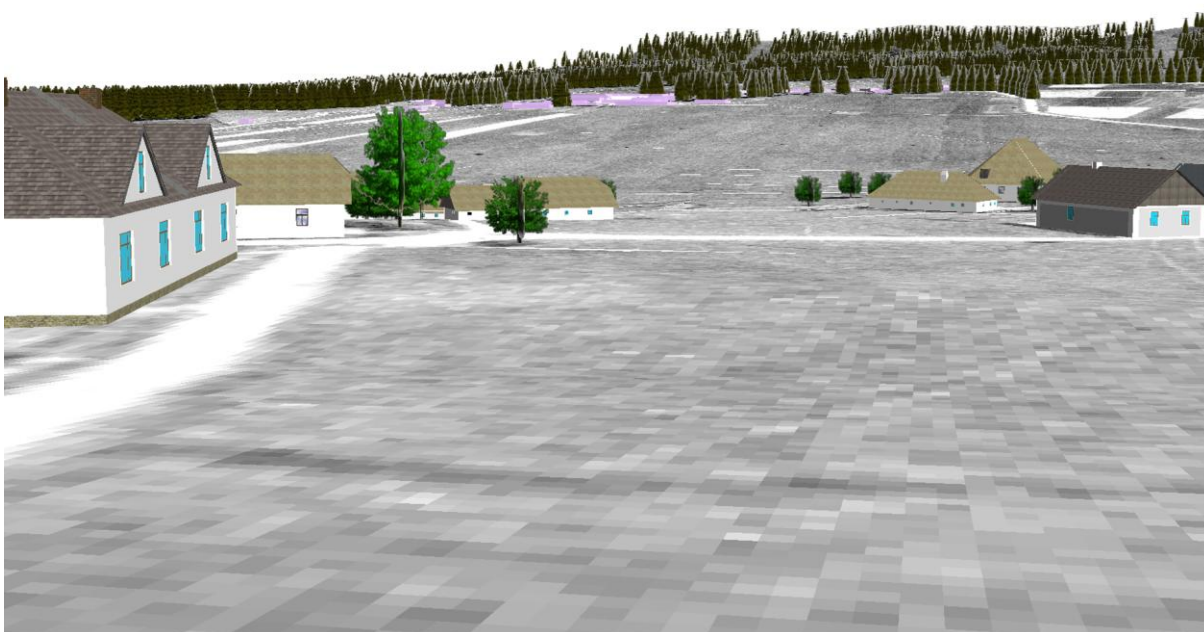


Rok 2008

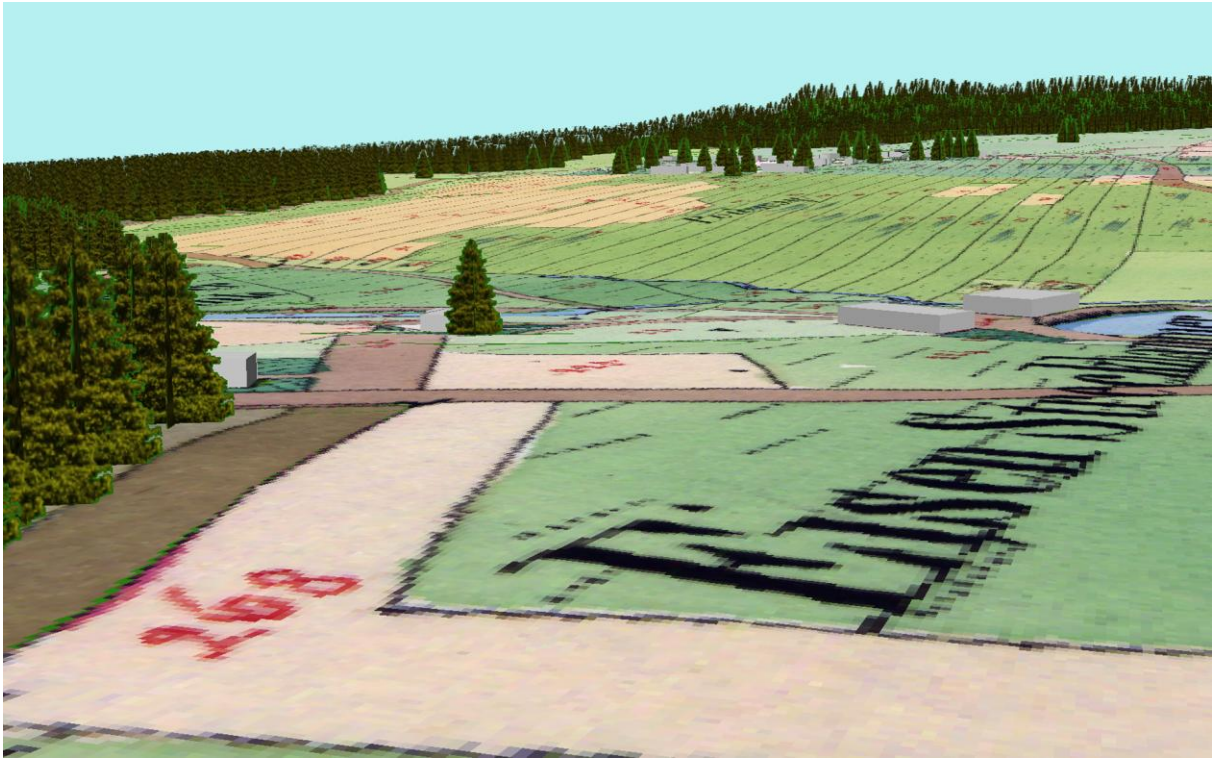
Příloha 8. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Padrt': dolní část obce, pohled od západu, v pozadí Zadní Zaběhlá (Zdroj: vlastní tvorba)



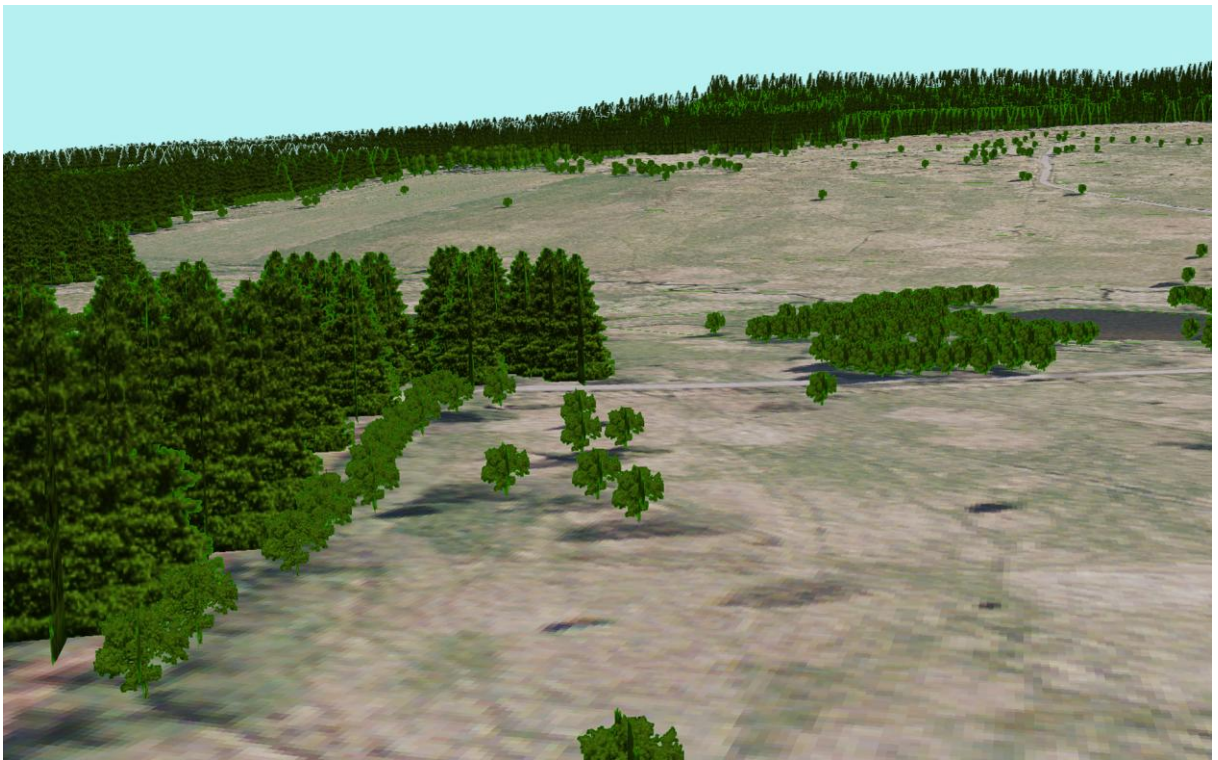
Archivní fotografie (Zdroj: Žán, 2001)



Rok 1938

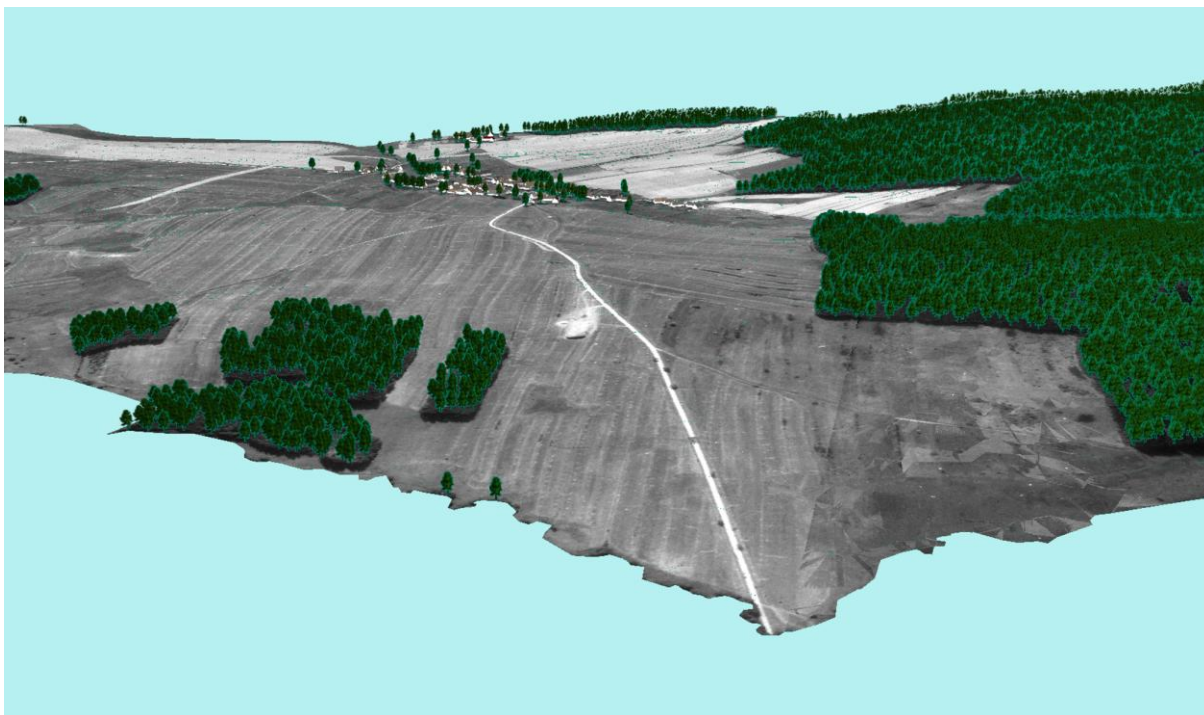


Rok 1830



Rok 2008

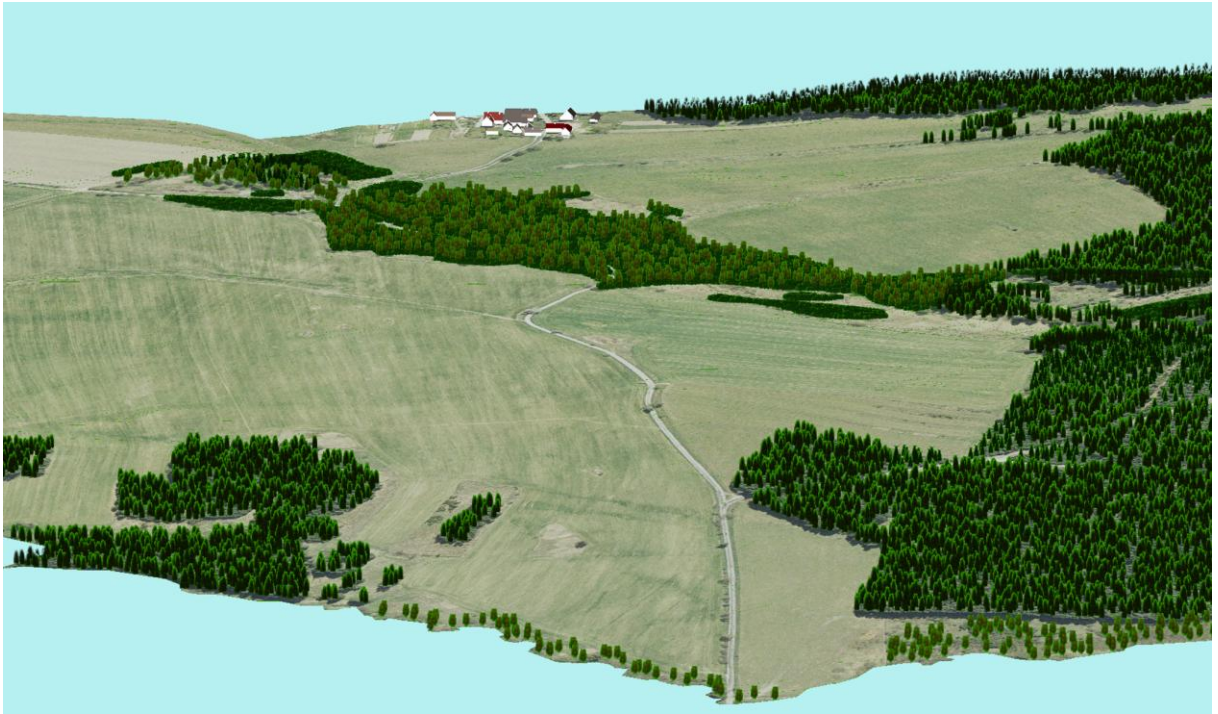
Příloha 9. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Košťálkov: pohled od severu (Zdroj: vlastní tvorba)



Rok 1952: v popředí obec Košťálkov, v pozadí obec Klein Taxen



Rok 1830: obce Košťálkov a Klein Taxen



Rok 2008: obec Klein Taxen

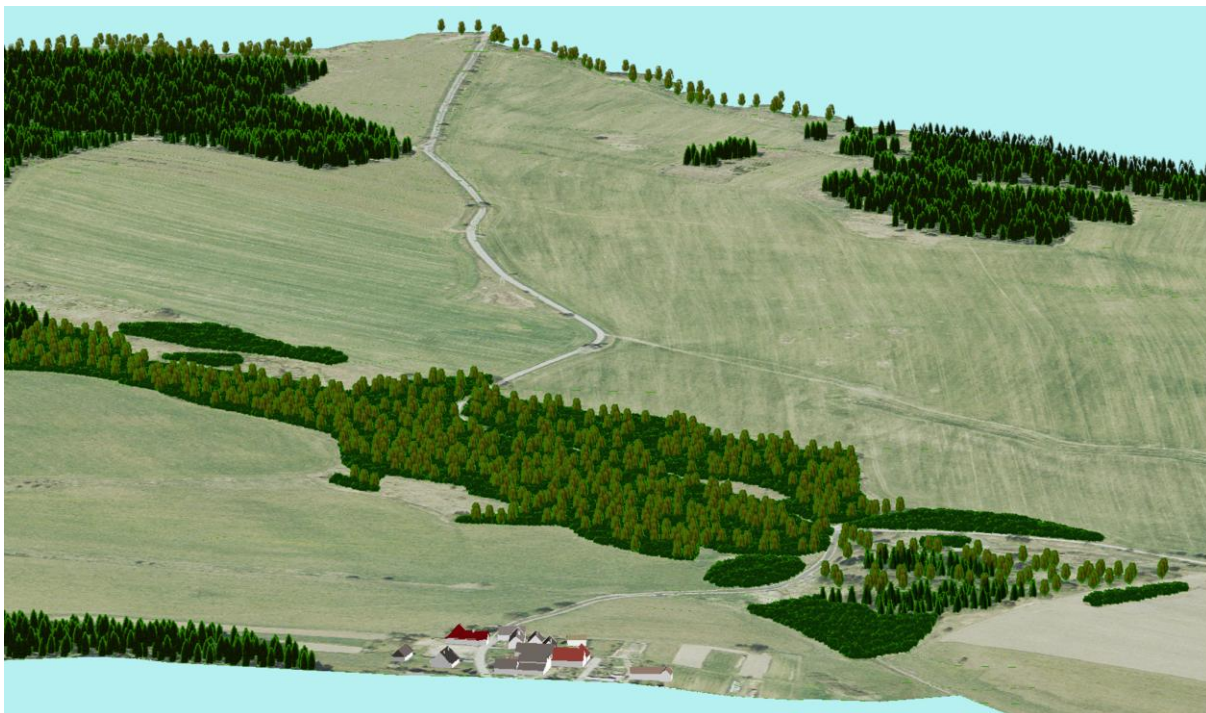
Příloha 10. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Košťálkov: pohled od jihu (Zdroj: vlastní tvorba)



Rok 1952: v popředí obec Klein Taxen, uprostřed obec Košťálkov



Rok 1830: v popředí obec Klein Taxen, uprostřed obec Košťálkov



Rok 2008: obec Klein Taxen

Příloha 11. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Košťálkov: letecký pohled (Zdroj: vlastní tvorba)



Rok 1952: uprostřed obec Košťálkov, vpravo obec Klein Taxen; mezi obcemi je viditelný pás vyhrazený pro stavbu pohraničních zátaras.

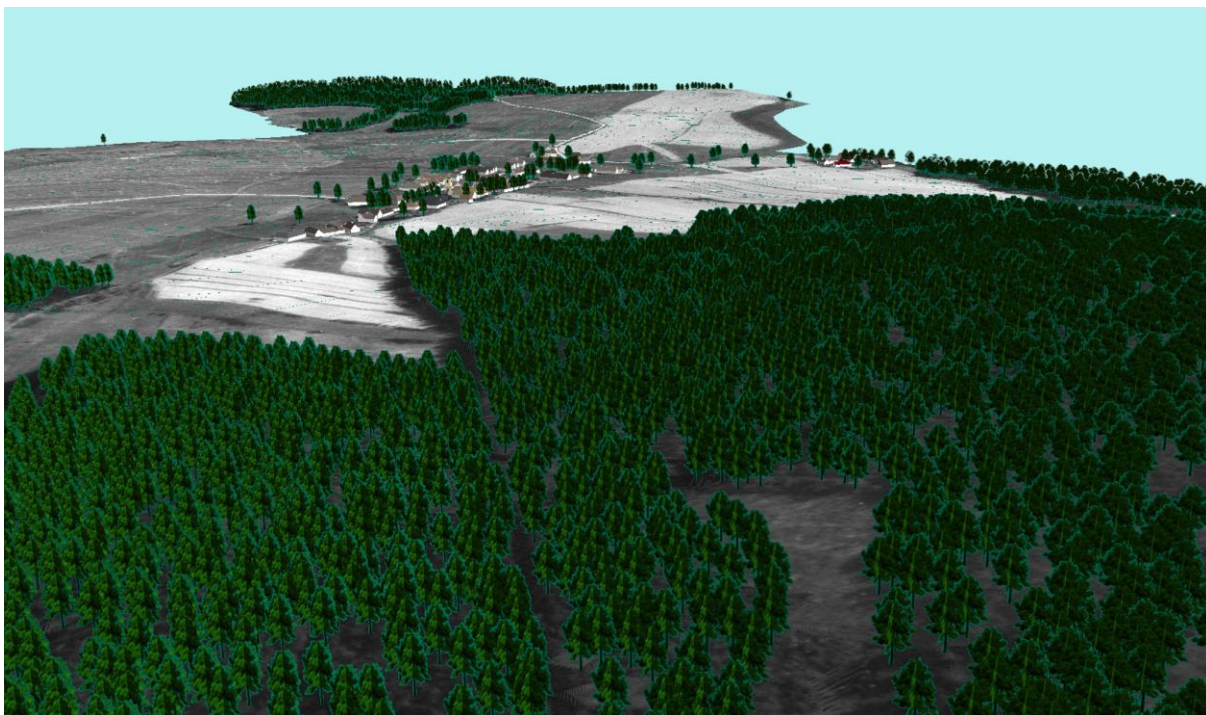


Rok 1830: uprostřed obec Košťálkov (Gottschallings), vpravo mimo mapu obec Klein Taxen. Hranice listu mapy vyjadřuje státní hranici.

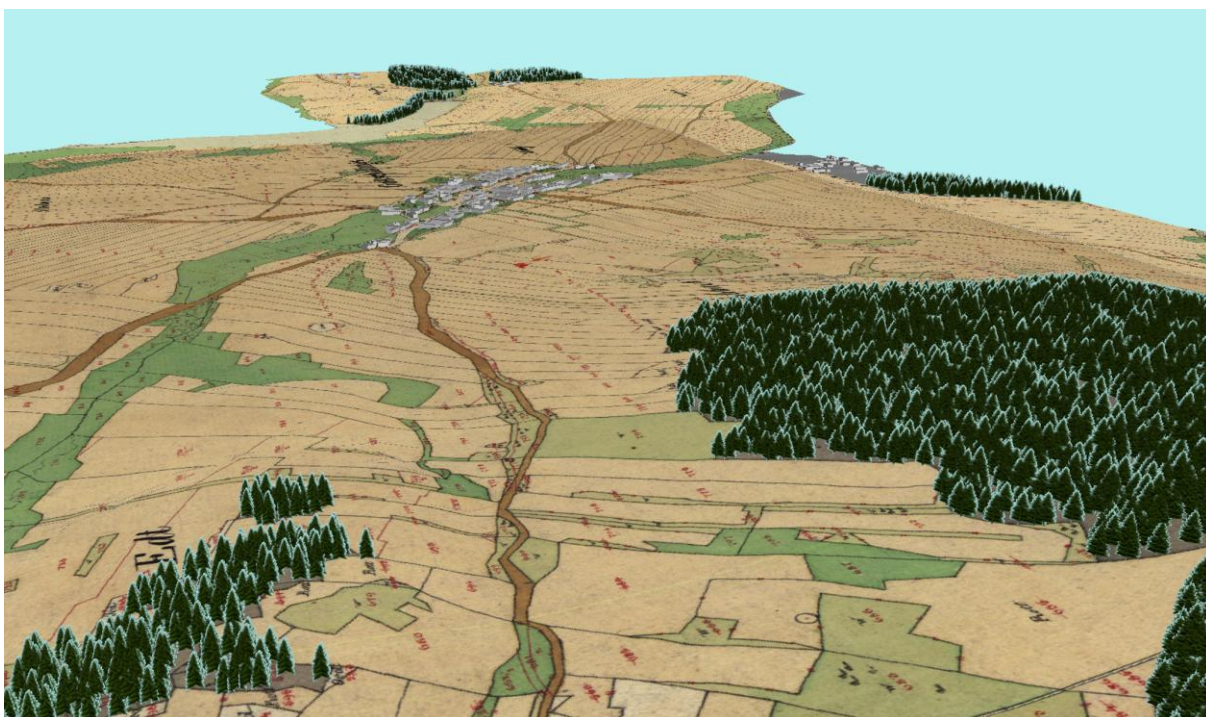


Rok 2008: vpravo obec Klein Taxen

Příloha 12. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Košťálkov: pohled od západu (*Zdroj: vlastní tvorba*)



Rok 1952



Rok 1830



Rok 2008

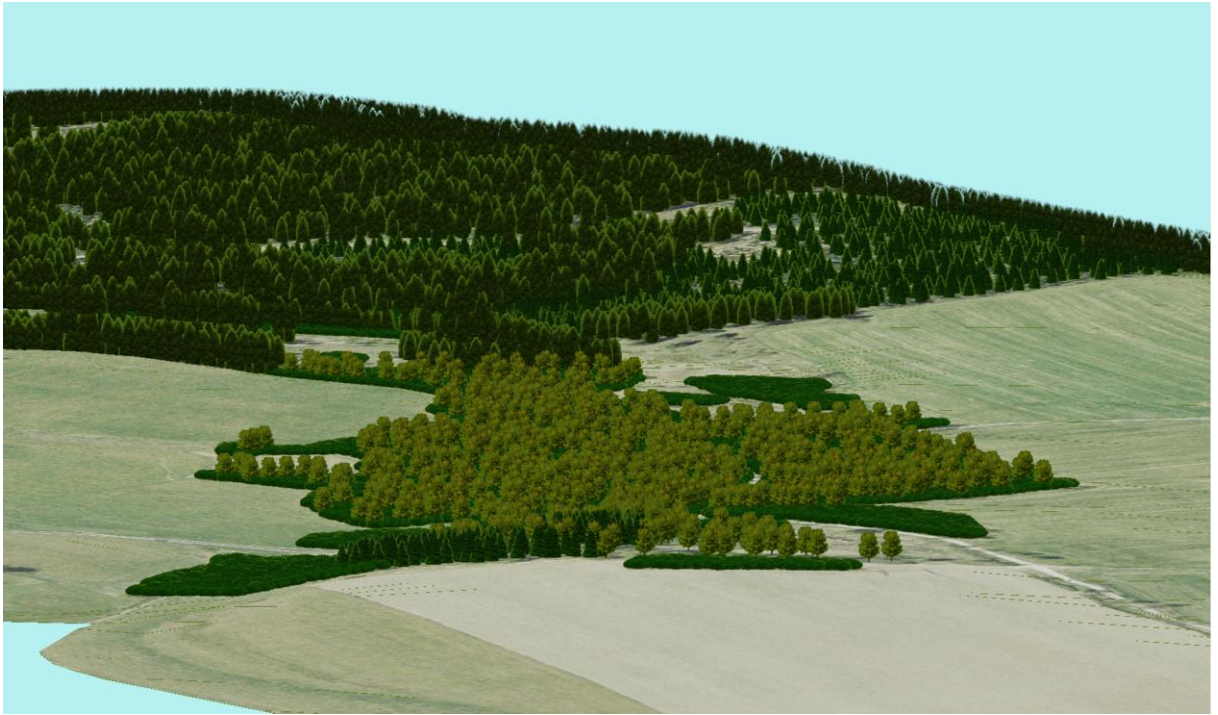
Příloha 13. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Košťálkov: detail obce Košťálkov od východu
(Zdroj: vlastní tvorba)



Rok 1952

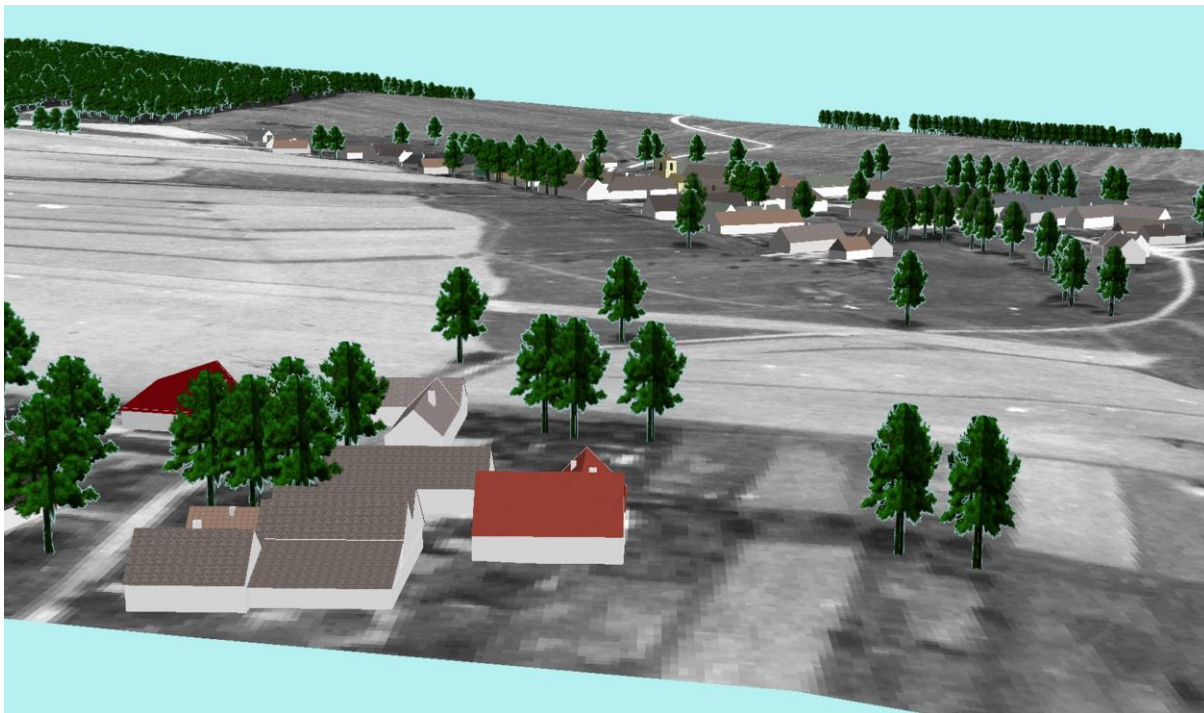


Rok 1830



Rok 2008

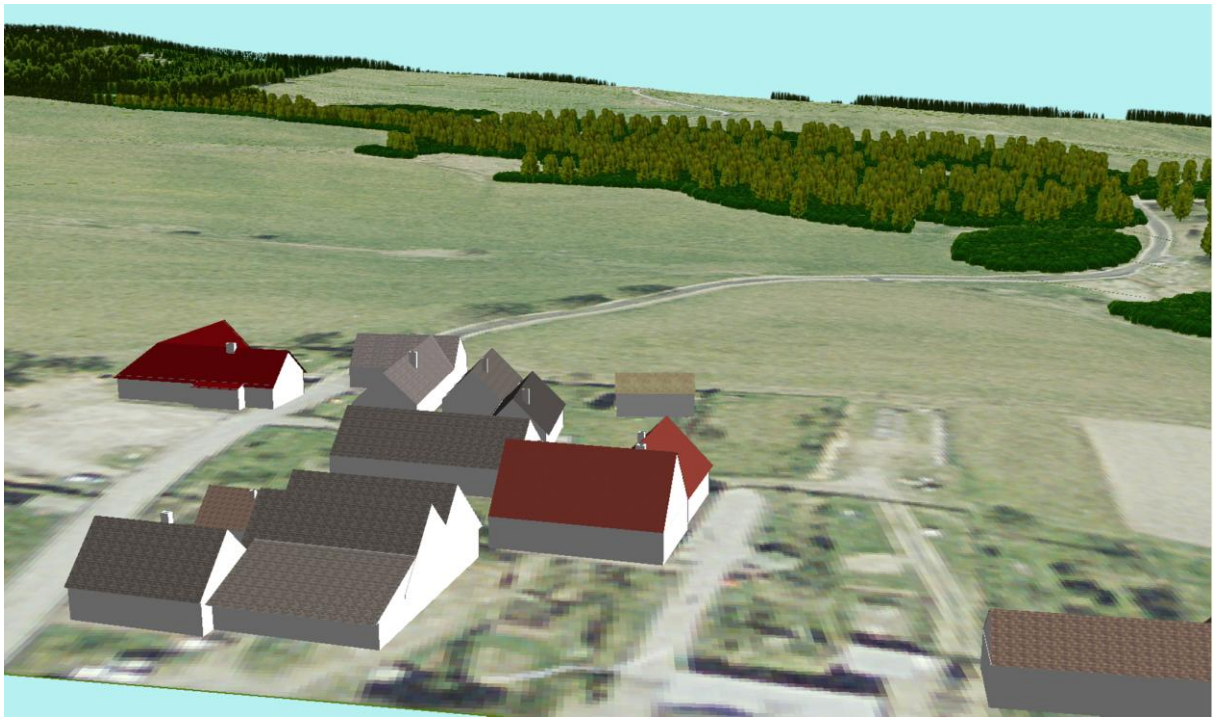
Příloha 14. Vizualizace zaniklé krajiny v oblasti Košťálkov: pohled od obce Klein Taxen
(Zdroj: vlastní tvorba)



Rok 1952

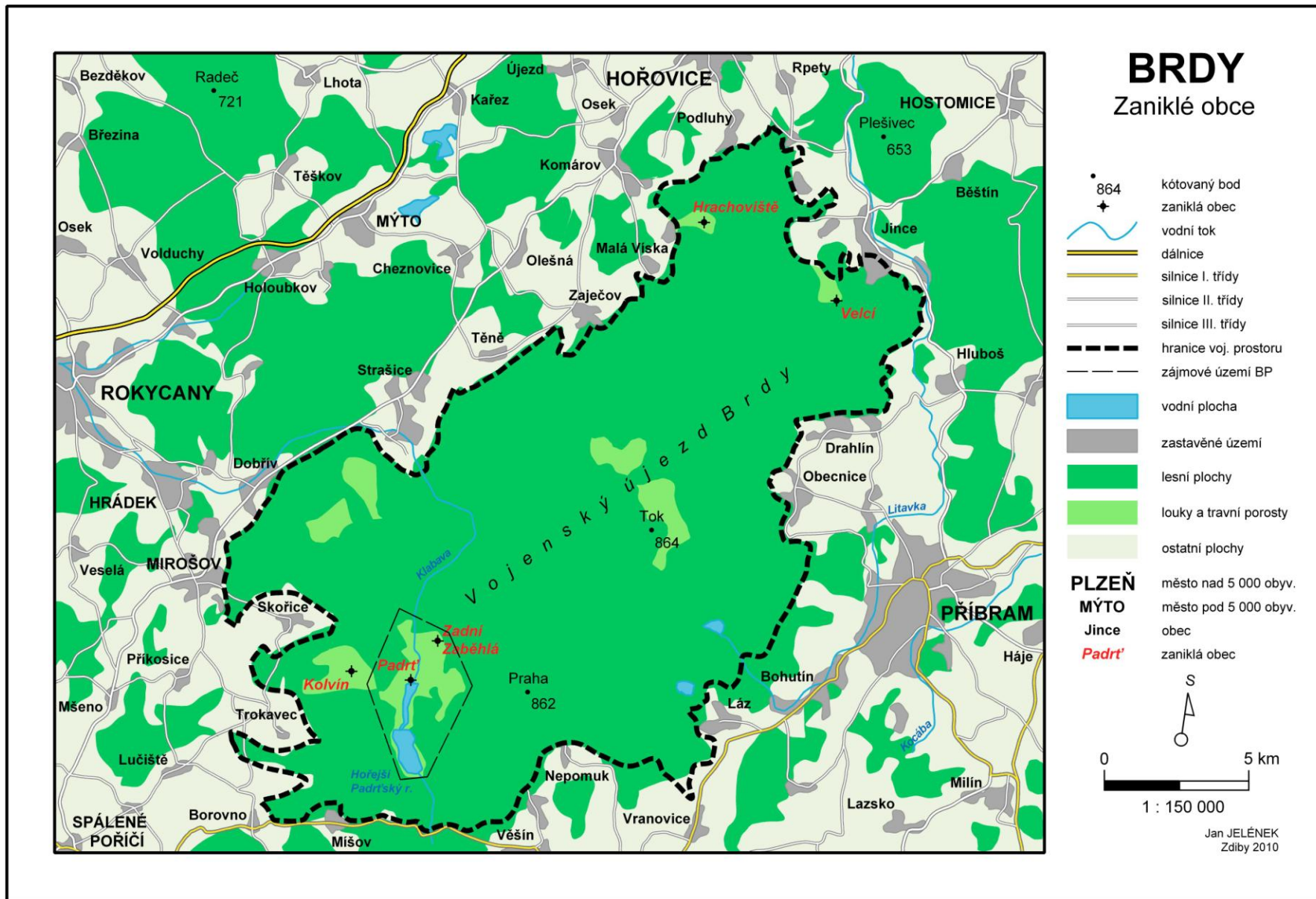


Rok 1830

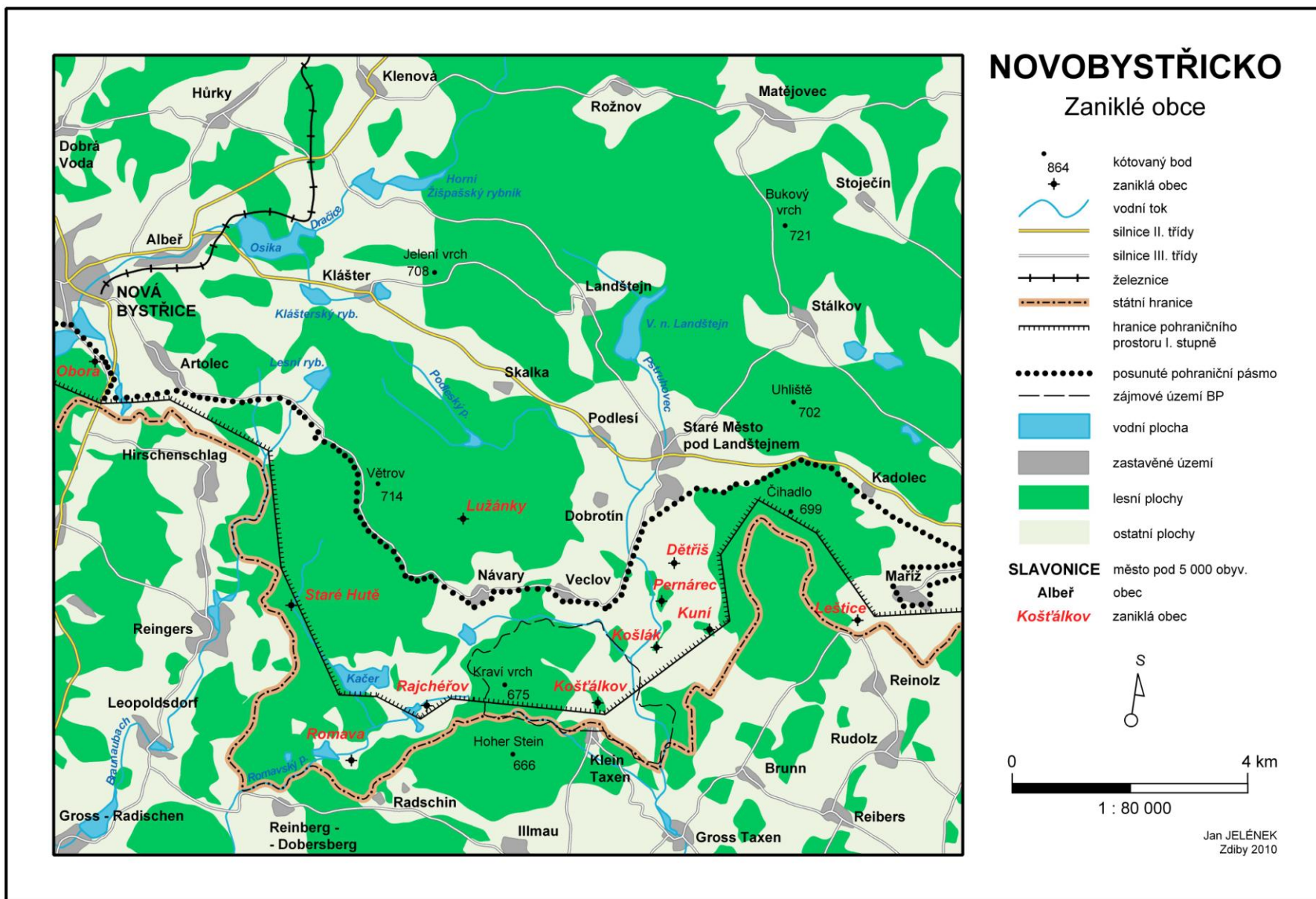


Rok 2008

Příloha 15. Mapa Vojenského újezdu Brdy s vyznačeným modelovým územím Padrt' (Zdroj: vlastní tvorba)



Příloha 26. Mapa zaniklých obcí Novobystřicka s vyznačeným modelovým územím Košťálkov (Zdroj: vlastní tvorba)



Příloha 17. Obsah přiložených DVD

Struktura DVD 1: Složka BP (obsahuje vlastní text práce)

Složka animace (obsahuje průletové animace)

Složka scény (obsahuje pohledové scény z vizualizací)

Struktura DVD 2: Složka animace (obsahuje průletové animace)