

**UNIVERZITA KARLOVA**

Přírodovědecká fakulta

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie

Studijní program: Geografie

Studijní obor: Geografie a kartografie



**ZANIKLÁ KRAJINA HORSKÉHO ZEMĚDĚLSTVÍ  
NA ŠUMAVĚ: REKONSTRUKCE, 3D MODELY KRAJINY  
A MOŽNOSTI JEJICH PREZENTACE V PROSTŘEDÍ WEBU**

LOST LANDSCAPES OF MOUNTAIN AGRICULTURE OF ŠUMAVA  
(BOHEMIAN FOREST): RECONSTRUCTION, 3D MODELS OF LANDSCAPE AND  
POSSIBILITIES OF THEIR PRESENTATION ON WEB

Bakalářská práce

Mojmír Polák

Vedoucí práce: RNDr. Lucie Kupková, Ph.D.

Konzultant: Mgr. Lukáš Brůha, Ph.D.

Praha 2019

# Zadání bakalářské práce

**pro** Mojmíra Poláka

**obor** Geografie a kartografie

## **Název tématu:**

Zaniklá krajina horského zemědělství na Šumavě:  
rekonstrukce, 3D modely krajiny a možnosti jejich prezentace  
v prostředí webu

## **Zásady pro vypracování**

Práce se zabývá hodnocením změn krajiny v modelovém území Šumavy od dob stabilního katastru do současnosti. Součástí práce budou rekonstrukční modely a mapy krajiny, 3D fotorealistické modely zaniklých objektů. Jedním z hlavních cílů práce bude analýza možností prezentace 3D modelů na webu a návrh nejvhodnějšího způsobu, kterým budou zároveň prezentovány zpracované 3D modely.

**Rozsah grafických prací: dle potřeby**

**Rozsah průvodní zprávy: cca 40 až 60 stran**

**Seznam odborné literatury:**

BIČÍK, I., JELEČEK, L., ŠTĚPÁNEK, V. (2001): Land-use changes and their social driving forces in Czechia in the 19th and 20th centuries. *Land Use Policy*, 18, 1, 65–73.

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

KUPKOVÁ, L., BIČÍK, I., NAJMAN, J. (2013): Land Cover Changes along the Iron Curtain 1990-2006. *Geografie*, 118, 2, 95–115.

RAPHAËLE, H., LAURE, C. (2014): 3D Modeling of Buildings: Outstanding Sites. Wiley-ISTE, London.

ROUČKA, Z. (2004): Tenkrát na Šumavě. ZR & T, Plzeň.

VONDRUŠKA, V. (2014): Život staré Šumavy. Vyšehrad, Praha.

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Lucie Kupková, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Mgr. Lukáš Brůha, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 16. 11. 2018

Termín odevzdání bakalářské práce: červenec 2019

*Platnost tohoto zadání je po dobu jednoho akademického roku.*

.....  
Vedoucí bakalářské práce

.....  
Vedoucí katedry

V Praze dne 15. 1. 2019

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a uvedl všechny použité zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 31. 7. 2019

.....

Mojmír Polák



## Poděkování

Rád bych zde poděkoval mé vedoucí práce RNDr. Lucii Kupkové, Ph.D. za věnovaný čas, rady a připomínky během tvorby, konzultantovi Mgr. Lukáši Brůhovi, Ph.D. za rady při vizualizaci 3D modelů. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu během studia.

## **Abstrakt**

Práce se zabývá modelovým územím obce Prášily na Šumavě, které je analyzováno v rámci projektu Dědictví zaniklých krajín, identifikace, rekonstrukce a zpřístupnění. Cílem práce bylo zhodnotit změny krajinného pokryvu od poloviny 19. století do současnosti s využitím stabilního katastru, historického ortofota, současného ortofota a vytvoření rekonstrukčních 3D modelů krajiny a fotorealistického 3D modelu zaniklé osady Hůrka. Dalším cílem bylo hodnocení možnosti prezentace 3D modelů v prostředí webu a nalezení optimálního řešení pro prezentaci na webu. V teoretické části jsou popsány možné metody pro hodnocení změn krajiny, vývoj krajiny v Česku od poloviny 19. století do současnosti, teorie 3D modelů, využití 3D modelů v praxi a možnosti prezentace 3D modelů. V praxi byly vytvořeny 2 modely krajiny vizualizované v ArcGIS Online Web Scene, CityEngine Web Viewer a 3D model zaniklé osady s průletovým videem a zobrazení současného stavu. Model byl vizualizován pomocí Sketchfab, 3DWarehouse a Google Poly. Vybráno bylo řešení pomocí Sketchfab, pro dobrou vizuální stránku a možnost zobrazení na mobilních zařízeních.

**Klíčová slova** 3D model, rekonstrukce, zaniklé krajiny, zaniklé vesnice, stabilní katastr, ortofoto, SketchUp, Sketchfab, ArcGIS Pro, ArcGIS Online, Web Scene, 3DWarehouse

## **Abstract**

The study deals with the model area of the village Prášily in Šumava (Bohemian Forest), which is analysed in the framework of the project „Heritage of lost landscapes: identification, reconstruction and presentation“. The goal was to evaluate landscape changes since the middle of the 19<sup>th</sup> century until present with use of maps of stable cadaster, historical orthophotos, current orthophotos and to create 3D reconstruction models of the landscape and a 3D photorealistic model of the extinct village Hurka. The next aim was to evaluate possibilities of presentation of 3D models on the internet and to find an optimal solution for their web presentation. The theoretical part describes possible methods of evaluation of landscape transformation, development of landscape in the Czech Republic since the middle of 19<sup>th</sup> century, theory of 3D models, the use of 3D models in practice and the methods of presentation of 3D models. The practical part consists of two landscape models, that were visualized using ArcGIS Online Web Scene, Web Viewer and a 3D model of the extinct village Hůrka with fly-through animation. The models were created using Sketchfab, 3DWarehouse and Google Poly. Sketchfab was chosen as the best solution because of its good visuals and good display on mobile devices.

**Key words** 3D model, reconstruction, lost landscapes, extinct village, stable cadastre, orthophoto, SketchUp, Sketchfab, ArcGIS Pro, ArcGIS Online, Web Scene, 3DWarehouse

## Obsah

Seznam tabulek.....	11
Seznam obrázků.....	12
<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>13</b>
<b>2 TEORETICKÝ KONCEPT A LITERÁLNÍ REŠERŠE.....</b>	<b>14</b>
2.1 Metody pro výzkum změn krajiny.....	14
2.2 Změny krajiny v Česku od poloviny 19. století do současnosti .....	15
2.3 3D modelování .....	17
2.4 Využití 3D modelování v praxi .....	18
2.5 Vizualizace 3D modelů v prostředí webu.....	20
2.6 Geometrické transformace.....	25
2.6.1 Afinní transformace .....	25
2.6.2 Polynomické transformace .....	25
2.6.3 Spline .....	25
2.7 RMSE .....	26
2.8 Digitální model terénu .....	27
2.8.1 Polyedrické modely terénu (TIN).....	27
2.8.2 Rastrové modely terénu .....	27
2.8.3 Plátový model .....	27
2.8.4 Druhy digitálních modelů .....	27
2.9 Interpolační metody .....	28
2.9.1 Metoda nejbližšího souseda.....	28
2.9.2 IDW .....	28
2.9.3 TIN.....	29
2.9.4 Kriging.....	29
2.9.5 Spline .....	29
2.9.6 Topo to Raster.....	29
<b>3 CHARAKTERISTIKA MODELOVÉHO ÚZEMÍ.....</b>	<b>30</b>
<b>4 DATA A SOFTWARE .....</b>	<b>32</b>
4.1 Data.....	32
4.1.1 Data stabilního katastru .....	32
4.1.2 Historické letecké snímky.....	33
4.1.3 Ortofoto.....	33
4.1.4 RÚIAN.....	34

4.1.5	LPIS .....	34
4.1.6	ZABAGED výškopis .....	34
4.1.7	Staré fotografie .....	34
4.2	Software.....	35
4.2.1	ArcGIS for Desktop .....	35
4.2.2	SketchUp Pro 2018 .....	35
<b>5</b>	<b>METODIKA .....</b>	<b>36</b>
5.1	Příprava mapových listů stabilního katastru.....	36
5.2	Georeferencování snímků stabilního katastru .....	36
5.3	Vektorizace stabilního katastru .....	37
5.4	Příprava současných dat a dat z historického ortofota .....	38
5.5	Tvorba digitálního modelu terénu .....	38
5.6	Vizualizace rastrového modelu v prostředí ArcScene.....	39
5.7	Vizualizace zpracovaných vrstev v ArcGIS Pro a ArcGIS Online .....	39
5.8	Příprava dat pro 3D model a tvorba 3D modelu.....	40
5.9	Vizualizace 3D fotorealistického modelu.....	41
<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY .....</b>	<b>43</b>
6.1	Změny ve využití krajiny 1837–2017.....	43
6.2	Vizualizace rekonstrukčních modelů krajiny .....	44
6.3	3D fotorealistický model zaniklé osady Hůrka .....	45
<b>7</b>	<b>DISKUZE .....</b>	<b>48</b>
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>52</b>
<b>9</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE .....</b>	<b>53</b>
<b>10</b>	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>60</b>

## Použité zkratky

2D	Dvourozměrný (model)
2,5D	Dvourozměrný (model) s atributem výšky
2,75D	Vylepšený dvourozměrný (model) s atributem výšky s možností zobrazení např. převisů
3D	Trojrozměrný (model)
4D	Čtyřrozměrný (model), přidána složka času
API	Application Programming Interface, rozhraní pro programování aplikací
BSD	Berkeley Software Distribution
C#	C Sharp
CAD	Computer aided design, počítačem podporované projektování
COLLADA	COLLABorative Design Activity
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DEM	Digital elevation model (v českém významu DVM)
DLM	Digital landscape model (v českém významu DMÚ)
DMK	Digitální model krajiny
DMP	Digitální model povrchu
DMR	Digitální model reliéfu
DMT	Digitální model terénu
DMÚ	Digitální model území
DMÚ25	Digitální model území 1 : 25 000
DSM	Digital surface model (v českém významu DMP)
DTM	Digital terrain model (v českém významu DMT)
DVM	Digitální výškový model
GIS	Geografický informační systém
GML	Geography Markup Language
GNU GPL	GNU's Not Unix, General Public License
GNU LGPL	GNU's Not Unix, Lesser General Public License
GPS	Global Positioning System
HTML5	Hypertext Markup Language (verze 5)
IDW	Inverse Distance Weighted, interpolační metoda
ISO	International Organization for Standardization
JS	JavaScript
JZD	Jednotné zemědělské družstvo

KML	Keyhole Markup Language
LPIS	Land Parcel Identification System, veřejný registr půdy
LOD	Level of Detail
MIT	Massachusettský technologický institut
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
NASA	National Aeronautics and Space Administration, Národní úřad pro letectví a kosmonautiku
NFC	Near Field Communication
OGC	Open Geospatial Consortium
OP	Orná půda
RMSE	Root Mean Square Error, střední kvadratická chyba
RÚIAN	Registr územní identifikace, adres a nemovitostí
S-JTSK	Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
TIN	Triangulated Irregular Network, druh digitální reprezentace terénu a interpolační metoda
TK	Trvalé kultury
TTP	Trvalý travní porost
VGHMÚř	Vojenský geografický a hydrometeorologickým úřad
VRML	Virtual Reality Modelling Language
VÚGTK	Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický
X3D	Extensible 3D, formát na ukládání 3D scén
XML	Extensible Markup Language
WebGL	Web Graphics Library
WFS	Web Feature Service
WGS	World Geodetic System
WMS	Web Map Service
ZABAGED	Základní báze geografických dat
ZM10	Základní mapa České republiky 1:10 000

## Seznam tabulek

Tabulka č. 1 – Využití půdního fondu Česka v letech 1845–2010 (v % celkové rozlohy) .....	16
Tabulka č. 2 – Přehled plug-inů pro vizualizaci 3D dat .....	22
Tabulka č. 3 – Přehled WebGL knihoven pro vizualizaci 3D dat .....	23
Tabulka č. 4 – Přehled webových platforem pro vizualizaci 3D dat .....	23
Tabulka č. 5 – Změna ve využití půdy v % v modelovém území obce Prášíly mezi lety 1837–2017 ..	43
Tabulka č. 6 – Zastoupení a změna jednotlivých kategorií využití půdy v % v modelovém území obce Prášíly v letech 1837, 1949–1962, 2017 .....	43

## Seznam obrázků

Obrázek č. 1 – Zájmové území.....	31
Obrázek č. 2 – Mapový list stabilního katastru z roku 1837 zobrazující obec Stodůlky.....	33
Obrázek č. 3 – Sběr dat pro tvorbu textur v obci Strašice .....	41
Obrázek č. 4 – 3D model zájmového území s vrstvou stabilního katastru v prostředí Web Scene.....	44
Obrázek č. 5 – Jednoduchý 3D model zájmového území vizualizovaný v CityEngine Web Viewer...	45
Obrázek č. 6 – QR kód pro zobrazení modelu ve Sketchfab.....	45
Obrázek č. 7 – Pracovní prostředí SketchUp PRO 2018 CZ.....	46
Obrázek č. 8 – 3D model zaniklé osady Hůrka v prostředí Sketchfab .....	46
Obrázek č. 9 – 3D model zaniklé osady Hůrka v prostředí 3DWarehouse .....	47
Obrázek č. 10 – 3D model zaniklé osady Hůrka v prostředí Poly.....	47



## 1 ÚVOD

Krajina kolem nás se mění kombinací fyzicko-geografických, socioekonomických, politických procesů a samotný člověk ovlivňuje krajinu již od neolitické revoluce. Práce se zabývá jedním z mnoha území zpracovávaných v rámci projektu Ministerstva kultury NAKI II DG18P02OVV008 – Dědictví zaniklých krajin, identifikace, rekonstrukce a zpřístupnění. Minulost území je důležitým faktorem při utváření územních identit a sounáležitostí místních komunit.

Poprvé jsem se seznámil s tématem zaniklých krajin při návštěvách Padrt'ských rybníků v Brdech, kde vlivem již dnes zrušeného vojenského újezdu bylo vysídleno několik obcí a vzhled území se tím výrazně změnil. Jednalo se o prvotní impulz k dalšímu zájmu o zmizelé lokality.

Cílem práce je přiblížit již dnes zaniklou krajinu horského zemědělství na Šumavě v modelovém území obce Prášily v okrese Klatovy, vyhodnotit změny, které v této krajině nastaly od poloviny 19. století, vizualizovat zaniklé části krajiny pomocí 3D modelů umístěných v prostředí webu a zhodnotit možnosti prezentace 3D modelů v prostředí webu.

Oblast během posledních 150 let zažila významné změny – vysídlení původního německého obyvatelstva, částečné dosídlení, opětovné vysídlení z důvodu vzniku vojenského prostoru a pohraničního pásma, vznik národního parku, zpřístupnění veřejnosti. Z několika výše popsaných důvodů nebyla oblast vždy přístupná. Je tedy velice zajímavým územím pro výzkum změn krajiny s využitím jedinečných dobových datových zdrojů, které jsou na našem území k dispozici. Kromě klasických mapových výstupů zpracovaných pomocí císařských otisků map stabilního katastru z poloviny 19. století, historického ortofota z období let 1949 až 1962 a současného katastru, jsou součástí práce 3D modely krajiny a 3D fotorealistický model zaniklé osady Hůrka vytvořený s využitím starých fotografií a průletové video. Zobrazení ve 3D pomáhá utvořit lepší představu, jak objekt či území vypadaly, než dobová mapa či staré fotografie. Vytvořené výstupy jsou k dispozici k prohlédnutí na webových stránkách <http://www.zaniklekrajiny.cz/>.

## 2 TEORETICKÝ KONCEPT A LITERÁLNÍ REŠERŠE

### 2.1 Metody pro výzkum změn krajiny

Soupisy půdy pro potřeby určení daně se provádí na našem území přes 1000 let (Bumba 2007). Od poloviny 11. století do poloviny 18. století existují pouze písemné záznamy (Bičík et al. 2015), první a druhá Berní rula, Tereziánský, Josefský katastr, Tereziánsko-josefský katastr. Jak uvádí Kupková, Bičík, Boudný (2019) soupisy a databáze půdy nám umožňují sledovat změny pro dlouhodobá období na úrovni katastrálního celku, avšak nezachycují změny na úrovni jednotlivých parcel. Pro úroveň jednotlivých parcel se využívají mapové poklady, letecké či družicové snímky. Území Rakousko-Uherské monarchie je specifické existencí jedinečných a podrobných map stabilního katastru v měřítku 1 : 2 880 z poloviny 19. století zachycují po staletí utvářenou krajinu před velkými změnami v podobě průmyslové revoluce a nástupu tržního hospodářství. V kombinaci s dalšími politickými a socioekonomickými změnami (první světovou válkou a rozpadem habsburské monarchie, druhou světovou válkou, nástupem a pádem komunistického režimu s centrálně plánovaným hospodářstvím v některých zemích a vstupem do Evropské unie) představuje území bývalé monarchie skvělé prostředí pro vědce zabývající se změnami ve využití půdy (Lieskovský et al. 2018). Mezi další mapová díla patří první vojenské mapování z poloviny 18. století, které je pro sledování změn však nevhodné, protože při mapování nebylo použito geodetických základů. Vhodnými zdroji jsou druhé a třetí vojenské mapování. Využití starých map naráží však na několik problémů – přesnost při tvorbě, problémy při georeferencování a vektorizaci v GIS softwarech či rozdílnou metodiku jednotlivých států. Převážná část výzkumů je omezena na jednu určitou zemi, avšak objevují se práce srovnávající různé země, například Česko a Slovinsko porovnává Bičík, Gabrovec, Kupková (2019). Lieskovský et al. (2018) mapoval změny v regionu Karpat a využíval staré mapy z různých období. Pro časovou periodu Habsburské monarchie využil mapy druhého vojenského mapování (1 : 28 800) a Szathmáriho mapy (1 : 57 600) s různým měřítkem, což přináší nepřesnosti. Po vzniku Československa se při provádění pozemkových reforem pracovalo s existující evidencí, od roku 1927 existuje pozemkový katastr (Bičík et al. 2015). Během 50. let byla založena jednotná evidence půdy. Evidence nemovitostí je zpřesněním jednotné evidence půdy. Od roku 1993 je k dispozici Katastr nemovitostí České republiky, který byl využit při vypořádání se s restitucemi a privatizací v 90. letech (Bičík et al. 2015).

Revolucí byl vznik letecké fotogrammetrie na počátku 20. století související s rozvojem letectví (Pavelka 2003). Míchal (1994) srovnává využití leteckých snímků při výzkumu změn krajiny s vynálezem mikroskopu v biologii. První snímkování probíhala již před 1. světovou

válkou, velký rozmach však zažilo během ní. Na území Čech bylo prováděno první souvislé snímkování na konci 30. let. Pomocí letecké fotogrammetrie bylo po druhé světové válce vytvořeno vojenské topografické mapování (Cajhml, Krejčí 2008). Jak uvádí Bičík et al. (2015), využívá se často k analýzám kombinace leteckých snímků a dobových, popřípadě současných, mapových podkladů.

V 70. letech 20. století se objevuje metoda multispektrálních satelitních snímků (Bičík et al. 2015). První snímky projektu Landsat byly pořízeny v roce 1972 (Gisat 2019) a jsou jedním ze zdrojových dat pro CORINE Land Cover, další zdrojem jsou data Sentinel z programu Copernicus. Data CORINE jsou dostupná pro období 1990, 2000, 2006, 2012 a 2018. Prostorové rozlišení pixelu dat Landsat je 30 x 30 metru, komerční družice jako IKONOS, QuickBird či WorldView2 nabízí dnes rozlišení 1 až 2,5 metru. (Bičík et al. 2015). Družicového snímkování využil Baumann et al. (2013) k mapování opuštěné zemědělské půdy po pádu komunistického režimu s centrálně plánovaným hospodářstvím ve střední a východní Evropě, dále Kupková, Bičík, Najman (2013) při sledování změn krajiny po obou stranách bývalé železné opony v pásmu 15 kilometrů od státní hranice.

## 2.2 Změny krajiny v Česku od poloviny 19. století do současnosti

Průmyslová revoluce v polovině 19. století přináší první významnější dopady na krajinu (Skaloš, Kašparová 2012). Skončila éra období tradičního trojpolního hospodaření a dochází k nástupu kapitalismu a tržního hospodářství (Bičík, Jančák 2005). Venkovské obyvatelstvo se vlivem zrušení roboty a potřeby pracovní síly přesouvá do měst a vzrůstá potřeba produkce potravin. Maxima plochy orné půdy je dosaženo v roce 1882 (*Tabulka č. 1*), posléze plocha klesá vlivem opuštění méně kvalitních pozemků a intenzifikací zemědělství. Dochází k úbytku trvalého travního porostu, který se přeměnil v úrodných nížinatých oblastech na ornou půdu. Vysoušeny jsou rybníky, mokřady a slepá říční ramena. Lesní plochy do konce 19. století se udržují zhruba na stejné úrovni, avšak v první polovině 20. století dochází k jejich nárůstu vlivem několika faktorů – opuštění nevhodných pozemků k hospodaření, ochranou lesa, sníženou poptávkou po dřevu jako stavebním materiálu, zvyšování cen dřeva (Boudný 2016). Zastavená plocha nepatrně vzrůstá vlivem urbanizace (Bičík, Gabrovec, Kupková 2019).

K výraznějším změnám dochází v období po druhé světové válce. Proběhlo vysídlení okolo tří milionů obyvatel německé národnosti (Bičík, Jeleček, Štěpánek 2001). Nové dosídlení bylo primárně směřováno do důležitých průmyslových oblastí, například na sever Čech. Pohraniční regiony jako Šumava nebo Severní Morava se staly prakticky neobydlenými. Malé množství nově dosídlených obyvatel nedosáhlo takové úrovně jako předchozí obyvatelstvo

obývající území po dobu zhruba 700 let od středověké kolonizace. Noví obyvatelé neměli mnohdy vztah k místu a neuměli hospodařit ve složitých přírodních podmínkách českého pohraničí. Na oblasti u hranic s Rakouskem a bývalým Západním Německem mělo vliv vznik pohraničního pásma (železné opony) po nástupu komunistického režimu v roce 1948. Došlo k přechodu na centrální plánované hospodářství a ke kolektivizaci. Z hlediska struktury zemědělské půdy dochází k rušení mezí a scelování pozemků do velkých homogenních ploch, které jsou obhospodařovány JZD nebo státními statky. Jednotlivé oblasti jsou rozděleny do produkčních ekonomických skupin. Oblasti vystavené nepříznivým přírodním podmínkám jsou podporovány formou státních dotací. Podle Bičíka (2004) dochází v období od roku 1948 do roku 1961 k největším změnám za celé sledované období od poloviny 19. století do současnosti. Mezi lety 1948 a 1990 klesla plocha orné půdy o 8,9 % vlivem sukcese opuštěných lokalit převážně v pohraničí, kde se zvyšovala plocha lesního porostu. Druhým faktorem je vliv urbanizace, masivního rozvoje průmyslové výroby, výstavba komunikací a vodních nádrží (Bičík, Jančák 2005) – ostatní plochy vzrostly o 7,2 %. Do ostatních ploch řadíme také vojenské újezdy, jejichž masivní rozšíření probíhalo na počátku 50. let. Roste též plocha trvalých kultur. Plocha trvalých travních porostů naopak klesá.

Po roce 1990 dochází k procesu přeměny centrálně plánované ekonomiky k tržní ekonomice. Jsou prováděny restituce a privatizace. Je snižován tlak na potravinovou soběstačnost a zemědělská výroba je situována do nížin. Plocha orné půdy nadále klesá vlivem přeměny na trvalý travní porost ve vyšších nadmořských výškách, který po roce 1990 narůstá. Dalším procesem je sukcese opuštěných lokalit a vznik nové divočiny (Lipský 2010). Lesní plochy se zvyšují pomalejším tempem než během období komunistického režimu, jejich nárůst probíhá na území celé republiky (EEA 2017). Nepatrně vzrůstá podíl trvalých kultur (od roku 1990 do 2010) o 0,2 % (Tabulka č. 1), což bylo způsobeno přeměnou orné půdy na vinice na jižní Moravě před vstupem Česka do Evropské unie (Kupková, Bičík, Najman 2013). Narůstá plocha zastavěného území vlivem suburbanizace a vznikem komerčních a průmyslových areálů, což přispívá k zvyšující se fragmentaci krajiny.

Tabulka č. 1 – Využití půdního fondu Česka v letech 1845–2010 (v % celkové rozlohy)

Rok	Orná půda	Trvalé kultury	Trvalý travní porost	Zemědělská půda (OP + TK + TTP)	Les	Jiné plochy	Celkem
1845	48,2	1,1	17,6	66,9	28,8	4,3	100
1882	51,7	1,5	14,2	67,4	28,9	3,7	100
1896	51,6	1,5	14,2	67,3	28,9	3,8	100
1948	49,9	1,9	12,9	64,7	30,2	5,1	100
1990	41,0	2,9	10,5	54,4	33,3	12,3	100
2010	38,1	3,1	12,5	53,7	33,7	12,6	100

Zdroj: Jeleček 2015

## 2.3 3D modelování

GIS byly při svém vzniku založeny na principu 2D a 2,5D reprezentace. 2D (zkratka z anglického two-dimensional) představuje v počítačové grafice model definovaný 2D geometrií v 2D prostoru. Za 2D geometrii můžeme považovat body, linie a plochy. Data neobsahují údaje o výšce (není uvedena souřadnice z), není tedy možné reprezentovat objem.

Pro potřebu zobrazení ve 3D objektů je v GIS používán 2,5 model, který byl postupně vylepšován. Nejedná se o pravý 3D model, ale využívá zákony perspektivy, u kterých je možné dosáhnout dojmu hloubky a vzdálenosti. Ke každému objektu je přidán atribut, který nese informaci o výšce. Brůha uvádí (2017, s. 18) „2,5D model je tvořen geometrickými útvary nejvýše dimenze dva ve 3D prostoru, přičemž současně musí platit, že pro každou polohu o souřadnicích (x, y) existuje pouze jedna hodnota výšky“. Hájek (2018, s. 37) popisuje 2,5 model „jako povrchy, u kterých je hodnota jevu definována v závislosti na jeho polohovém určení pomocí dvojice souřadnic (např. nepravidelná trojúhelníková síť reprezentující reliéf, u které je výška závislá na poloze, a nebo 2D rastr, u kterého hodnota buňky vyjadřuje výšku reliéfu)“. Jelikož ke každému atributu je přiřazena pouze jedinečná hodnota, mohou nastat situace, kdy vyjádření bude omezujícím a některé objekty nepůjdou vyjádřit – skalní převisy, kolmé stěny, jeskyně. Docházelo tedy k rozšíření 2,5 modelu. Simonse et al. (2000) přišel s využitím mnohonásobného 2,5D modelu s použitím více vrstev. Další možností je 2,5Dplus varianta, která poskytuje možnost reprezentace kolmých stěn (Brůha 2017). Tse, Gold (2004) se zabýval 2,75D, u kterého není žádné omezení zobrazení převisů či kolmých stěn.

3D (zkratka z anglického three-dimensional) data pracují se třemi geometrickými souřadnicemi v trojrozměrném prostoru. Oproti 2,5D není třetí rozměr reprezentován pouze atributem výšky, ale souřadnicí. Modelování může být provedeno pomocí povrchové a objemové metody. Povrchová (někdy označováno jako hraniční) metoda je nejpoužívanější. Objekt je reprezentován množinou bodů, informace o vnitřní struktuře se neudávají, nebo je možné je odvodit z popisu hranice (Žára et al. 2004). Objemová metoda funguje na principu kombinace již existujících geometrických těles (např. krychle, kvádrů, koule) s využitím logických operací – průnik, sjednocení a rozdíl. Metoda bývá využívána v CAD softwarech. Můžeme se také setkat s pojmem 4D objekty, kdy je ke 3D objektům přidán další rozměr – čas, což s sebou přináší nové možnosti publikace.

## 2.4 Využití 3D modelování v praxi

Vizualizace ve 3D dává uživateli možnost snadnějšího, intenzivnějšího a interaktivnějšího vjemu na rozdíl od klasického 2D zobrazení. Mimo existenci nesporných výhod vizualizace ve 3D mohou podle Shepherd (2008) a Jobst, Germanchis (2007) nastat problémy ve zobrazení perspektivy, okluze objektů, existence více měřítek v jednom pohledu. Schmidt, Delazari (2011) zmiňuje možnost ztráty orientace, kterou lze vyřešit umístěním směrovky či přehledové mapy. Samotné modelování může být provedeno ručně v softwarech jako SketchUp, Blender nebo Microstation. Druhou možností je využití automatizace v podobě programovacích jazyků (Python, VRML, atd.). Herman, Řezník (2015) zmiňuje výhodu aplikace modelů na současný stav, rekonstrukci minulosti a predikci budoucího vývoje od lokální až po globální úroveň. Další možností je využít 3D modelů k provedení specifických analýz neproveditelných ve 2D, kdy například kombinací 3D a GIS technologií byla uskutečněna hluková analýza, modelování povodní, znečištění ovzduší anebo vytvořeny geologické modely. Kromě vědeckého segmentu nachází uplatnění v zábavním průmyslu spjatým s tvorbou animací a v herních prostředích. V knize Mistrovství 3D animace rozebírá Kerlow (2011) tvorbu 3D počítačových animací a vizuálních efektů. Mezi další obory uplatňující 3D modely je územní plánování a architektura (Ki 2011), strojírenství (AutoCAD), či školství při výuce technických i přírodních věd.

3D modely vytvořené pomocí letecké fotogrammetrie nabízejí dnes webové mapové služby společností jako Google [www.google.com/maps](http://www.google.com/maps), Seznam [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz) (dodavatel Melown technologies) (Holzman 2019) či Apple (Flyover). Kromě soukromých společností si nechávají vytvářet modely i samotná města (Praha, Berlín). Praha má k dispozici model na [www.iprpraha.cz/3dmodel](http://www.iprpraha.cz/3dmodel) a je spravován Institutem plánování a rozvoje hlavního města Prahy.

Stupeň propracovanosti jednotlivých modelů se celkově liší dle potřeby od snahy poskytnout maximálně realistickou představu o území, k funkci spíše analytické a průzkumné bez potřeby detailů. 3D data mohou být vizualizována pomocí virtuálních glóbul jako jsou Google Earth, NASA World Wind, ArcGIS Earth nebo Open StreetMap Globe.

Specifickým tématem je kombinace GIS a 3D modelování pro vizualizaci již dnes zaniklých míst. Přináší to s sebou problémy s různorodou kvalitou informací o daném místě (texty, malby, rytiny, staré fotografie) (Münster et al. 2016). Dalším problémem je výsledná objektivita daných modelů či chyby, nepřesnosti v dobových záznamech či zobrazení (Guidi, Russo 2011). Za objektivní zdroje informací se dají považovat stavby zachovalé z dané doby, archeologické nálezy či písemné záznamy (Rodríguez-Gonzálvez et al. 2019). Rodríguez-Gonzálvez et al. (2019) prezentuje přístup k 4D modelování a následné vizualizace

ztracených památek. Richards-Rissetto (2017) popisuje využití v archeologii na městu mayské civilizace Copán v Hondurasu. Mezi dalšími publikacemi jsou Popelka, Brychtová (2012) či Jedlička, Čerba, Hájek (2013). Tématem se zabývá tým dr. Štycha z katedry aplikované geoinformatiky a kartografie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy a jedním z výstupů je například model ostrovského kláštera. Téma řeší také absolventské práce. Jelének (2010) vytvořil 3D model zaniklé obce v bývalém výcvikovém prostoru Brdy a vysídlené obce Košťálov v česko-rakouském pohraničí, Kryshenyk (2013) vytvořil rekonstrukční model Užhorodu, který následně vizualizuje ve webovém prostředí. Dudáček (2016) se rekonstruoval území v lokalitě Páště na Šumavě s výslednými výstupy v podobě animací a modelů na webovém rozhraní CityEngine Web Viewer.

Klepeis et al. (2001) uvádí, že lidé však tráví většinu času v uzavřeném prostoru, a proto jednou z dalších cest je možnost navigace v uzavřených objektech jako jsou rozlehlá nákupní centra či administrativní komplexy. Střechy a stěny budov oslabují či úplně vyruší GPS signál. Jednou z cest je umístění zesilovačů (pseudolitů) na střechy budov, které budou pokrývat vnitřní prostředí signálem, další cestou je využití technologií jako Wi-Fi, bluetooth, NFC, ultrazvuku, infračerveného, rozpoznávání obrazu či inerciálních senzorů (gyroskopy, akcelerometry) (Xu et al. 2015). Propojení GIS a 3D navigací v budovách rozebírá Raphaële, Laure (2014). Diakitė, Zlatanova (2018) řeší v práci „Spatial subdivision of complex indoorenvironments for 3D indoor navigation“ uspořádání a propojení prostoru na základě topologie pro vnitřní navigaci. Interiéry, respektive jejich modelováním se zabýval v bakalářské práci Příbela (2017). Vytvořil v profesionálním herním engine hlavní budovu Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

Speciálním tématem je tvorba vegetace ve 3D. Hongbing et al. (2010) porovnával tvorbu zeleně v softwarech AutoCAD a SketchUp pro potřebu analýzy nové plánované zeleně v Šanghaji. Modelování 3D vegetace shrnuje v diplomové práci s názvem „Urban Vegetation Modeling 3D Levels of Detail“ Ortege-Córdova (2018).

Digitalizace státní správy představuje výzvu v podobě využití 3D technologií v katastru nemovitostí, který by dokázal pracovat v prostoru pod a nad parcelou, popřípadě vně objektů. Jednotlivé přístupy a normy v oblasti 3D katastru napříč jednotlivými státy shrnuje van Oosterom (2018). V České republice aktuálně probíhá akademický výzkum, základ definoval Janečka, Souček (2017), dále existuje vládní iniciativa (GeoInfoStrategie) rozvoje infrastruktury pro prostorové informace do roku 2020.

Možnosti 3D jsou využívány i ve vícerozměrném tisku (počátky vidíme již v 80. letech 20. století). Většího rozmachu zaznamenal tisk na přelomu 20. a 21. století s rozvojem

dokonalejších materiálů, zpřesněním tisku a možnosti opakovat tisk. Objekty navržené v CAD softwarech lze relativně snadno vyrobit, avšak příprava vstupních dat s sebou přináší nové požadavky z hlediska topologie modelu, kdy každá topologická chyba (překryv polygonů, díra) představuje na vytištěném finálním modelu viditelný problém. Tisk funguje na principu postupného nanášení materiálu po vrstvách se spojováním pomocí tavení a lepení (Homola 2019). Do budoucnosti představuje perspektivní obor s využitím napříč různými obory.

## 2.5 Vizualizace 3D modelů v prostředí webu

Existuje mnoho způsobů, jak vizualizovat 3D v prostředí webu, podrobněji se jimi zabývají Herman, Řezník (2015), Tait (2005). Ve webovém prostředí existují následující formáty:

VRML – nejstarší grafický formát založený na programovacím jazyce pro 3D interaktivní počítačovou grafiku a reprezentaci modelů v prostředí webu. Jedná se soubor textového formátu ve kterém lze definovat 3D geometrii pomocí seznamu souřadnic vrcholů (Herman, Řezník 2015). Mimo samotnou geometrii lze připojit barvy, textury, průhlednost, zářivost a další vlastnosti. Soubory jsou editovatelné v běžných textových editorech a mají příponu (*.wrl*), pokud proběhne komprimace (*.wgz*).

X3D – ISO otevřený formát vycházející z VRML (VRML97), avšak využívá XML syntaxi. Podle Root.cz (2008) to přináší výhody v jednoduché možnosti zpracování s využitím velkého množství knihoven, programových API a snadné převody mezi formáty. Modely dokáže vykreslit bez potřeby dalších aplikací.

KML – souborový formát primárně určený pro publikování a distribuci geografických dat (Herman, Řezník 2015). Využívá se při práci s webovými mapami a glóby (Google Earth). Jazyk je založený na struktuře vnořených prvků a atributů na standardu XML. Soubory mají příponu (*.kml*) a mohou být komprimovány do (*.zip*). Od roku 2009 je standardem OGC (Kolbe 2009).

COLLADA – formát pro interaktivní formát pro ukládání 3D objektů a animací spravující konsorciem neziskových organizací Khronos Group. Jak uvádí Khronos Group (2019) poskytuje komplexní kódování scén zahrnující geometrii, efekty, fyziku, animace, kinematiku a vícenásobné reprezentace. Kombinuje VRML a X3D se strukturou XML (Swanson 1999).

CityGML – otevřený datový formát založený na XML pro ukládání a výměnu 3D virtuálních městských modelů s mechanismem pro popis 3D objektů vzhledem ke geometrii,



sémantice. Definuje vzhled (úroveň propracovanosti do pěti úrovní – LOD0 až LOD4. LOD0 představuje digitální model reliéfu, LOD1 bloky objektů (krychle a kvádry), LOD2 jednotlivé městské okresky s budovami obsahující střechy, popřípadě orientaci budov. LOD3 (na rozdíl od LOD4, který zahrnuje i vnitřek objektu) představuje propracovaný vnější vzhled. Cílem vývoje CityGML je dosáhnout společných pravidel pro entity, atributy a vztahy v 3D modelech měst (OGC 2019).

WebGL – je multiplatformní JavaScriptové API k zobrazování 2D a 3D grafiky ve webovém prohlížeči bez potřeby plug-in vyvíjené a spravované Khronos Group. Mezi další formáty pro webovou vizualizaci patří: HTML5, O3D, XML3D, Flash3D, Silverlight.

3D data mohou být distribuována pomocí webových služeb. Nejpoužívanější služba WMS neumí distribuovat 3D data. Pro distribuci lze využít WFS. Pro vykreslení výše popsaných formátů 3D modelů v prostředí webu je k dispozici široké spektrum technologií od samostatných programů po jednoduché prohlížeče (*Tabulka č. 2*). Nevýhodou je nutnost stažení a instalace samotné prohlížečky nebo plug-inu v prohlížeči. Řešení v podobě plug-inů byla preferována převážně v minulosti. Mezi plug-iny patří například Flash nebo Microsoft Silverlight. V současnosti jsou preferována řešení na technologiích HTML5, JavaScript knihovnách WebGL bez nutnosti cokoliv instalovat. Uživatel si při prohlížení vystačí s moderním webovým prohlížečem. Přehled WebGL knihoven s typem scény pro vizualizaci 3D ukazuje (*Tabulka č. 3*).

3D data jdou také vizualizovat pomocí uploadu na webové platformy (*Tabulka č. 4*). Nevýhodou webových platforem je, že nelze zobrazit polohu objektu. Kladnou stránku však zůstává, že mají jednoduché ovládání a jsou uživatelsky přívětivé. Sketchfab nabízí široké spektrum nastavení výsledného modelu (scéna, nasvícení, materiály, post processing, anotace, animace, virtuální realita, zvuky). Pro nahrávání podporuje více formátů, avšak velikost nahraného modelu ve free verzi je 50 MB. Poly je jednodušší platforma od společnosti Google s minimální možností nastavení výsledného modelu, avšak výhodou je využití Google účtu a možnost nahrání modelu o velikosti až 100 MB. Samotný SketchUp nabízí nahrání modelů do svého 3D Warehouse, kde je možné nahrané modely i stáhnout. Jelikož se jedná o platformu přímo svázanou se SketchUpem, tak modely vizualizované v prostředí webu po vizuální stránce odpovídají vzhledu ze SketchUpu (*Obrázky č. 7 a č. 9*). V ostatních platformách je vzhled modelů mírně odlišný (*Obrázky č. 8 a č. 10*). V případě 3D Warehouse je problémem, že se nahraný model dlouho načítá ve webovém prohlížeči na mobilních zařízeních, podporován je pouze SketchUp formát (.skp) a velikost nahrávaného modelu je omezena na 50 MB.

Z čistě vizuálního dojmu je nejlepším řeším využití renderovacího vizualizačního software Lumion, který je náročný na výkon počítače a jako výstup umí pouze video nebo obrázky, což neumožňuje uživateli interakci.

*Tabulka č. 2 – Přehled plug-inů pro vizualizaci 3D dat*

<b>Knihovna</b>	<b>Licence</b>	<b>Typ</b>
3D GIS cityvu	Freeware	3D scéna
3DIS WebViewer	Freeware	3D scéna
Cortona 3D viewer	Free/Commercial	3D scéna
Adobe Flash plug-in	Freeware	3D scéna
Adobe Acrobat Reader plug-in	Freeware	3D scéna
Google Earth plug-in	Freeware	Virtuální glóbus
Java FX	Open Source	3D scéna
JebGL	<sup>1</sup> MIT	3D scéna
JOGL	<sup>1</sup> MIT	3D scéna
Microsoft Silverlight	Freeware	3D scéna
NASA World Wind	NASA Open Source Agreement v1.3	Virtuální glóbus
XNavigator	<sup>2</sup> GNU General Public License 2	Virtuální glóbus

*Zdroj: Herman, Řezník 2015*

---

<sup>1</sup> MIT – Svobodná licence pocházející z Massachusettském technologickém institutu (MIT), možnost šíření programu bez omezení, pokud se z programu neodstraní kopie licence a jméno autora.

<sup>2</sup> „všeobecná veřejná licence GNU“ – licence pro svobodný software, napsaná Richardem Stallmanem pro projekt GNU, vyžaduje, aby odvozená díla byla dostupná pod stejnou licenci

Tabulka č. 3 – Přehled WebGL knihoven pro vizualizaci 3D dat

Knihovna	Jazyk	Licence	Typ
ESRI CityEngine Web	JS	Free/Commercial	3D scéna
Viewe C3DL	JS	<sup>1</sup> MIT	3D scéna
Cesium	JS/C#	<sup>3</sup> Apache 2.0	Virtuální glóbo
CooperLicht	JS	Free/Commercial	3D scéna
GLGE	JS	<sup>4</sup> BSD	3D scéna
Oak3D	JS	Free	3D scéna
Open WebGlobe	JS/C++	<sup>1</sup> MIT	Virtuální glóbo
OSGJS	JS	<sup>2</sup> GNU GPL 3	3D scéna
PhiloGL	JS	<sup>1</sup> MIT	3D scéna
Ready Map	JS	<sup>2</sup> GNU LGPL	Virtuální glóbo
SceneJS	JS	<sup>1,2</sup> MIT nebo GNU GPL 2	3D scéna
SpiderGL	JS	<sup>2</sup> GNU GPL 2	3D scéna
WebGL Earth	JS	<sup>2</sup> GNU GPL 3	Virtuální glóbo
three.js	JS	<sup>1</sup> MIT	3D scéna
X3DOM	JS	<sup>1,2</sup> MIT nebo GNU GPL 3	3D scéna
XML3D	JS	Free	3D scéna

Zdroj: Herman, Řezník 2015

Tabulka č. 4 – Přehled webových platforem pro vizualizaci 3D dat

Platforma	Formáty	Omezení
3D Warehouse	(.skp)	50 MB
Sketchfab	(.3dc, .asc) (.3ds) (.ac) (.abc) (.obj) (.bvh) (.blend) (.geo) (.dae, .zae) (.dwf) <sup>5</sup> (.dw) (.x) (.dxf) <sup>5</sup> (.fbx) (.ogr) (.gta) (.gltf, .glb) (.igs, .iges) (.mu, .craft) (.kmz) (.las) (.lwo, .lws) (.vox) (.q3d) (.mc2obj, .dat) (.flt) (.iv) (.osg, .osgt, .osgb, .osgterrain, .osgtgz, .osgx, .ive) (.ply) (.bsp) (.md2, .mdl) (.shp) (.stl, .sta) <sup>5</sup> (.txp) (.vpk) (.wrl, .wrz)	Free/50 MB
Poly	(.obj) (.glTF) (.glb)	100 MB

Zdroj: 3DWarehouse, Sketchfab, Google

<sup>3</sup> Svobodná softwarová licence, autorem je Apache Software Foundation, požaduje zachování autorství a disclaimer (zřeknutí se odpovědnosti).

<sup>4</sup> BSD licence pro svobodný software, volné šíření licencovaného obsahu po uvedení autora a informace o licenci, spolu s upozorněním zřeknutím se odpovědnosti, zkratka označuje „Berkeley Software Distribution“ – obchodní organizaci při University of California, Berkeley, která licenci vyvinula.

<sup>5</sup> formát nepodporuje textury

ArcGIS Online produkt Web Scene umožňuje zobrazení nahraných dat z ArcGIS Pro, případně je možnost samostatného nahrání na webu ArcGIS Online. Mimo klasických možností jako zoom, rotace nabízí větší uživatelskou interakci v podobě vyhledávání prvků, atributů, metadat či možnost provádět jednoduchá měření. Výhodou je omezená editace po publikování (změna názvů, výběr a přidání dalších vrstev, řazení). Při prohlížení vrstev lze volit podkladové vrstvy basemap. Mezi nevýhody patří nepodpora webových scén aplikace CityEngine. Dále existuje omezení při uploadu nové scény na počet prvků ve vrstvě na 2000 prvků. Další možností vizualizace 3D v ArcGIS Online je CityEngine Web Viewer založený na WebGL, který slouží k prohlížení exportovaných scén z produktu CityEngine. Umí také pracovat s formátem (.3ws), do kterého umožňuje export ArcScene. Nevýhodou je nemožnost editace po publikování, dále nefunkční export z ArcGIS Pro.

## 2.6 Geometrické transformace

Při zpracování dobových mapových podkladů a leteckých snímků dochází k několika operacím. Mapové listy je potřeba georeferencovat. Georeferencování definuje terminologický slovník VÚGTK (2019) jako „proces určení vztahu mezi polohou dat v přístrojovém souřadnicovém systému a geografickou, resp. mapovou polohou“. Transformace je přeměna souřadnic z jedné souřadnicové soustavy do druhé na základě transformačního klíče neboli matematické soustavy (funkcí) rovnic. Transformace probíhá pomocí vlíčovacích (identických) bodů. Jsou to body, u kterých známe polohu v obou soustavách souřadnic a v ideálním případě by měly být dobře rozeznatelné od objektů v okolí. Pro různé druhy transformace je potřeba různé množství vlíčovacích bodů. Výsledek transformace záleží na vhodném rozmístění vlíčovacích bodů, které by měly být rozmístěny rovnoměrně po celém území.

### 2.6.1 Afinní transformace

Afinní též polynomická transformace prvního řádu obsahuje posun, otočení, zkosení, změnu měřítka souřadnicových os původního souřadnicového systému (Pavelka 2003). Pro použití je nutné najít alespoň 3 vlíčovací body, avšak z důvodu eliminace chybného umístění bodů se doporučuje využít více bodů.

### 2.6.2 Polynomické transformace

Pro použití polynomické transformace druhého řádu potřebujeme nasbírat šest vlíčovacích bodů, pro transformaci třetího řádu minimálně deset vlíčovacích bodů. Vhodné jsou za situace, kdy dbáme na celkovou přesnost transformace, na úkor lokální přesnosti u jednotlivých bodů, popřípadě pokud lokální body nedosahují potřebné přesnosti. U vyšších stupňů transformace je složitější korigovat zkreslení, nepřináší výrazné zlepšení přesnosti a prakticky se příliš nepoužívají. Vhodné je vybírat body co nejbližně okrajům území, aby se zabránilo deformacím na okrajích.

### 2.6.3 Spline

Jedná se o tzv. metodu true rubber sheeting s využitím minimálně deseti vlíčovacích bodů pracující na principu částečné polynomické transformace. Doporučuje se využít více než minimálního počtu bodů, což zlepšuje přesnost transformace, avšak přináší to vyšší nároky na výpočet. Metoda je nereziduální, u transformačních bodů nevznikají žádné odchylky a je optimalizována pro lokální přesnost. Přizpůsobuje matematicky generované křivky zadanému počtu bodů a snaží se minimalizovat celkové zakřivení povrchu (ESRI 2018b). Důležité je body opět rovnoměrně rozložit, pokud se tak nestane, nemusí být zaručena přesnost u okrajových pixelů.

## 2.7 RMSE

RMSE (root mean square error) hodnotí celkovou přesnost transformace. Chyba je rozdílem vypočtených a skutečných hodnot jednotlivých dvojic identických bodů. Celková chyba se vypočítá jako směrodatná odchylka chyb jednotlivých bodů (ESRI 2019). Velmi záleží na sběru vlíčovacích bodů, kde je potřeba je rovnoměrně rozložit po celé ploše transformovaného mapového listu a pečlivě sesbírat. Minimální počet pro výpočet jsou tři body. Vysoká odchylka u konkrétního bodu znamená špatně umístěný bod. Pokud takový bod odstraníme, zpřesníme celkovou transformaci. Další možností zpřesnění je přidání dalších bodů. Malá odchylka automaticky nemusí znamenat přesnou transformaci, protože mohlo dojít k chybnému umístění všech bodů (Zhu 2016). Pavelka (2003) uvádí, že chyba by měla být menší než polovina rozlišení rastru, avšak záleží na konkrétní potřebě přesnosti, univerzální pravidlo neexistuje.

## 2.8 Digitální model terénu

Digitální modely vytváříme na základě různých zdrojů dat – geodetická měření, laserové skenování, fotogrammetrické snímání, radarová a družicová data. Mezi typy datových modelů patří:

### 2.8.1 Polyedrické modely terénu (TIN)

Povrch je aproximován nepravidelnou trojúhelníkovou sítí vytvořenou triangulací kopírující terén pomocí nepřekrývajících se plošek (fasc). Každý trojúhelník nese informace o sousedním trojúhelníku. Jednotlivé vrcholy trojúhelníků představují reálná místa o určité nadmořské výšce (např. vrcholy, terénní zlomy, hřebeny). Výhodou je možnost dalšího zpřesňování přidáním nových prvků.

### 2.8.2 Rastrové modely terénu

Jsou tvořeny pravidelnou či nepravidelnou sítí buněk čtvercového, popřípadě jiného tvaru kopírující zemský povrch. Každá buňka obsahuje informaci o nadmořské výšce terénu, která se vztahuje k celé ploše buňky. Stejnou velikost buňky mají různě členitá území (roviny, hory), což ovlivňuje výslednou přesnost. Další možností rastrového modelu jsou tzv. latties – hodnoty jsou uloženy pouze v některých buňkách a ostatní hodnoty se dopočítávají (Bravený 2008). Přesnost je omezena prostorovým rozlišením buňky, kdy se předpokládá stejná velikost v území s rozdílnou členitostí.

### 2.8.3 Plátový model

Kombinace rastrového a polyedrického modelu, skládá se z obecných n-úhelníků

### 2.8.4 Druhy digitálních modelů

DMT – digitální model terénu, označovaný též jako digitální model reliéfu DMR (VÚGTK 2019b), v anglickém jazyce digital terrain model (DTM) zjednodušuje zobrazení zemského povrchu pouze na holý povrch s veškerými terénními objekty jako násypy, hrany, koryta vodních toků. Vynechává veškerou přírodní složku (např. vegetaci) a člověkem vytvořené objekty (budovy, mosty). DMT bývá často vyjádřený formou vektorových dat – izočar (vrstevnic), které obsahují informace v podobě atributu o nadmořské výšce. DTM jsou tedy spíše 2,5D než skutečně 3D modely terénu (Weibel, Heller 1991).

DMP – digitální model povrchu, v anglickém jazyce digital surface model (DSM) představuje zvláštní formu modelu vytvořenou automatickými prostředky (obrazová korelace ve fotogrammetrii). Zobrazuje povrch terénu a na něm plochy všech objektů (koruny stromů, střechy).

DVM – digitální výškový model, v anglickém jazyce digital elevation model (DEM) – 2,5D rastrový model obsahující informace o výšce v podobě atributu, které jsou přiřazeny ke dvourozměrným souřadnicím na referenčním povrchu.

DMÚ – digitální model území, anglickém jazyce digital landscape model (DLM). Slovník VÚGTK (2019b) definuje model jako „Komplex dat a programových prostředků pro sběr, zpracování, aktualizaci a distribuci digitálních informací o území; model je strukturován pomocí katalogu druhů objektů a naplněn topologicko-vektorovými daty a atributy“. V českém prostředí je příkladem ZABAGED nebo DMÚ25.

DMK – digitální model krajiny, je tvořen třemi vrstvami dat. Nadpovrchová data obsahují klima, vegetaci, vodstvo a antropogenní prvky, povrchová reliéf (DTM), podpovrchová jsou složeny z půdních podmínek, geologie a podpovrchové vody).

## 2.9 Interpolační metody

Interpolace je proces určení hodnoty atributu ze známých hodnot v okolí. Při interpolaci záleží na rovnoměrném rozložení, hustotě vstupních dat a zvolené interpolační funkci. Většina interpolačních metod funguje podobně s podrobnými a pravidelně rozloženými daty. Při nepravidelném rozložení dat je nutné zvolit odpovídající metodu. Mezi deterministické metody se řadí IDW, TIN, metoda nejbližšího souseda a spline. Pracují s hodnotami okolních bodů do určené vzdálenosti a matematickými vzorci. Druhou kategorií jsou geostatistické – kriging. Využívají všechny body a jsou založeny na statistických modelech zahrnující autokorelaci (vztah mezi měřenými body).

### 2.9.1 Metoda nejbližšího souseda

Pro stanovení nové hodnoty se vypočítá vážený průměr dat z plochy Thiessenových polygonů, též Voroniovovy polygony. Vhodná je pro pravidelně uspořádaná data s využitím v topografii, geofyzice či pedologii (Mitáš, Mitášová 1999).

### 2.9.2 IDW

Hodnota je vypočítána jako vážený průměr z okolních hodnot ležících v určené vzdálenosti od středu nové hodnoty. Váha je udělena na základě principu, že nejbližší body se nejvíce podobají nové hodnotě (Mitáš, Mitášová 1999). V případě, že rozložení vstupních bodů je nerovnoměrné, či řídké, výsledek nedostatečně reprezentuje reálný povrch. Metoda je vhodná pro geochemické a geofyzikální veličiny.



### 2.9.3 TIN

Založeno na vytvoření sítě trojúhelníků a výpočtu lineární interpolace uvnitř každého trojúhelníku. Metoda je vhodná pro rovnoměrně rozložená data. Rychlý průběh interpolace je zajištěn i při větším objemu dat (Weibel, Heller 1991).

### 2.9.4 Kriging

Metoda založená na geostatickém přístupu, který aplikuje statistické vztahy mezi body (ESRI 2018a). Bravený (2008, s. 92) uvádí „vychází ze zjištění, že prostorová variabilita řady geoprostorových prvků je příliš nepravidelná, než aby mohla být modelována pomocí vyhlazovacích matematických funkcí“. Metoda vhodná pro nerovnoměrně distribuovaná data, uplatnění nachází v důlním inženýrství, geologii nebo pedologii.

### 2.9.5 Spline

Interpolace dat pomocí metody minimální křivosti s využitím matematicky definovaných křivek (Bravený 2008). Výsledkem je hladký povrch procházející přes vstupní body s minimalizací celkového zakřivení. Využití nachází pro pozvolně měnící se veličiny jako je hladina podzemní vody, šíření kontaminantů.

### 2.9.6 Topo to Raster

Topo to Raster je interpolační metoda vytvořená pro tvorbu hydrologicky korektních digitálních modelů terénu. Výhodou je zkombinování lokálních interpolačních metod (IDW) – důraz na výpočetní přesnost a globálních interpolačních metod (kriging, spline) – důraz na prostorovou kontinuitu. Pracuje na principu diskrétní metody spline, která byla upravena pro účely sledování náhlých změn v terénu s důrazem na hydrologické procesy.

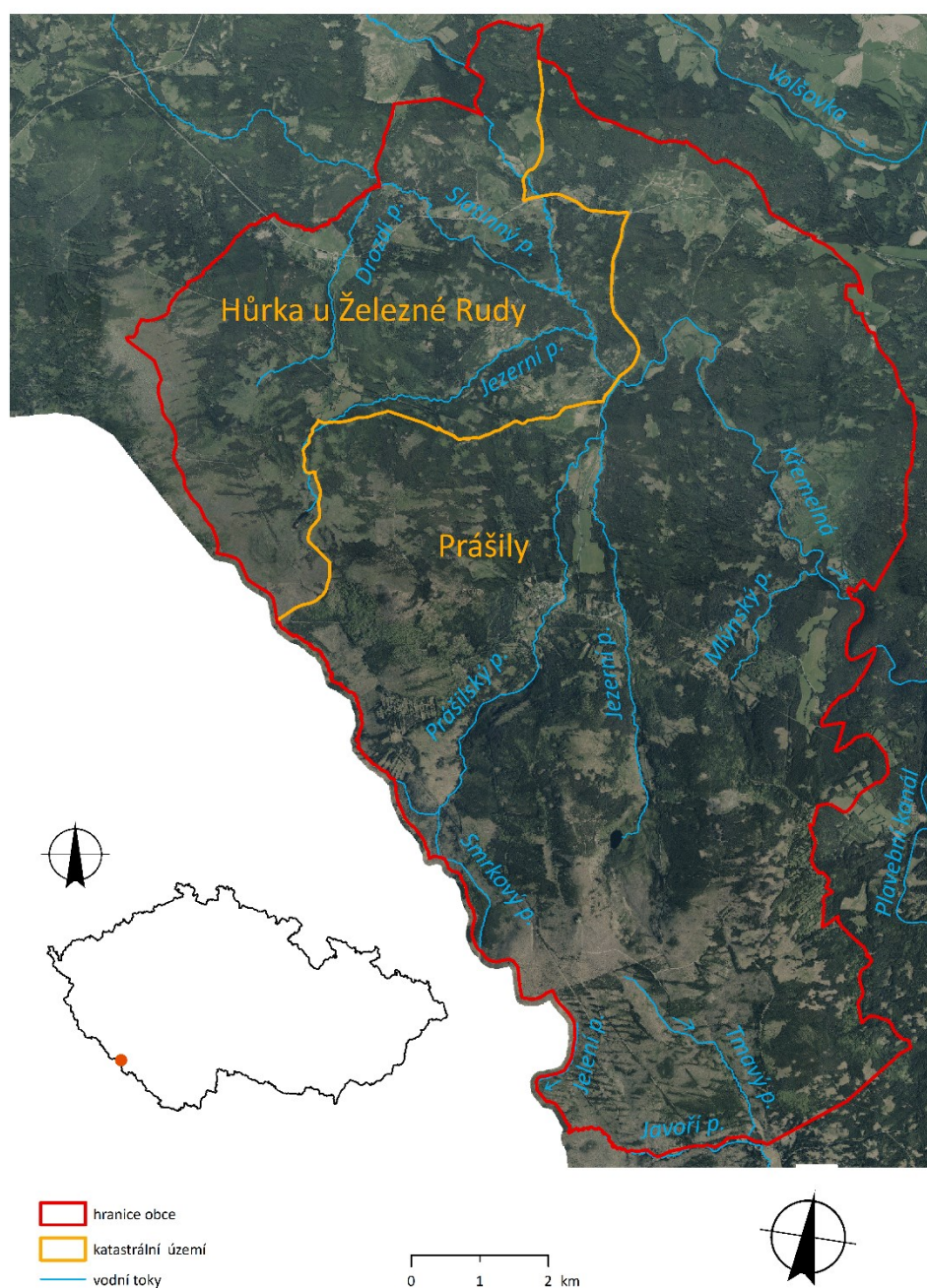
### 3 CHARAKTERISTIKA MODELOVÉHO ÚZEMÍ

Obec Prášily o rozloze 112,3 km<sup>2</sup> se nachází v okrese Klatovy u hranice s Německem, zhruba deset kilometrů východně od Železné Rudy (*Obrázek č. 1*). Jedná se o horskou krajinu Šumavy s nadmořskou výškou v rozmezí od 900 až 1300 m n. m. s nepříznivými klimatickými a půdními podmínkami (Dudák 2003). Oblast byla během posledních 150 let vystavena fyzicko-geografickým, socioekonomickým a politickým změnám. Na osidlování hlubokých šumavských lesů mělo značný vliv sklářství (nacházelo se zde dostatečné množství surovin potřebných pro provozování skláren – dřevo a křemen). Sklářny se budovaly na samotách na okrajích lesů, později se okolo nich rozrůstaly domy pomocníků a hospodářské budovy. Pokud sklárna vypotřebovala zdroj dřeva ve svém nejbližším okolí, přesunula se na jiné místo s lepší dostupností, tak vznikaly odlesněné plochy. Opuštěné budovy osídlili lidé provozující další řemesla jako dřevaři, přádláci či další pracovníci (Vondruška 2014). Tímto procesem vznikly například dodnes existující Prášily (první zmínka datována do roku 1739) a modelovaná osada Hůrka (datovaná do roku 1732). Mimo obytných stavení se v Hůrce nacházel kostel sv. Vincence, hotel Herrmana Schmieda Zum Laka See a kaple sv. Kříže, kde byla pochována těla bohatých sklářských rodin Abelů a Hafenbrádlů (Roučka 2004b). Kaple a půdorys kostela se jako jediné dochovaly do současnosti. Úpadek skláren začal po kůrovcové kalamitě v 70. letech 19. století, kdy bylo potřeba odtěžit a odvést velké množství kalamitního dříví a došlo k rozvoji pilařství.

Zemědělství nebylo v oblasti využíváno jako hlavní zdroj obživy. Jednalo se o sekundární činnost, kdy místní obyvatelé zřizovali drobná políčka a pastviny sloužící k vlastní spotřebě. Prodej přebytků se uskutečňoval výjimečně. Osidlování bylo ukončeno na přelomu 18. a 19. století. Po druhé světové válce bylo odsunuto zdejší německé obyvatelstvo a oblast nebyla mezi hlavními prioritami pro dosídlení. Podle Historického lexikonu obcí České republiky žilo v roce 1930 na území obce Prášily (zahrnující i další sídla jako Hůrka, Stodůlky, Velký Bor) 2 835 obyvatel, v roce 1950 328 obyvatel (ČSÚ 2015). Noví obyvatelé pohraničí nedokázali dosáhnout úrovně původního obyvatelstva (Bičík, Jeleček, Štěpánek 2001). Neměli také zkušenosti s hospodařením ve složitém šumavském terénu. V roce 1952 bylo rozhodnuto o zřízení vojenského výcvikového prostoru Dobrá Voda o rozloze 171,4 km<sup>2</sup> (Baláž, Dubánek 2012). Většina území byla vysídlena (do Prášil bylo potřeba speciální povolení) a oblast se stala nepřístupnou z důvodu výcviku armády. Jako výcvikové plochy se využívalo intenzivně okolí sídel Stodůlky, Nová Studnice a Vysoké Lávky. V současné době nelze na těchto územích bez pyrotechnického asanace provozovat zemědělskou, lesnickou a stavební činnost po dobu 80 až 100 let z důvodu výskytu nevybuchlé munice. Na dalších

plochách je možné provozovat lesnickou, zemědělskou a stavební činnost se zvýšenou opatrností. Dalším důvodem nepřístupnosti byla blízkost státní hranice s bývalým Západním Německem a vznik pohraničního pásma s technickými prostředky (například ploty z ostnatého drátu). Pozůstatky pásma jsou patrné v lesním porostu do dnešní doby. Změna nastává po pádu železné opony v roce 1989. Pohraniční pásmo je zrušeno. V roce 1991 je zrušen výcvikový prostor, zřízen Národní park Šumava a oblast je opět zpřístupněna. Oblast je otevřena turistickému ruchu a prohlubuje se přeshraniční spolupráce.

Obrázek č. 1 – Zájmové území



Zdroj: ArcČR 500, ČÚZK, DIBAVOD, vlastní zpracování

## 4 DATA A SOFTWARE

Pro hodnocení a vizualizaci stavu a změn krajiny byla využita níže uvedená data a softwarové nástroje.

### 4.1 Data

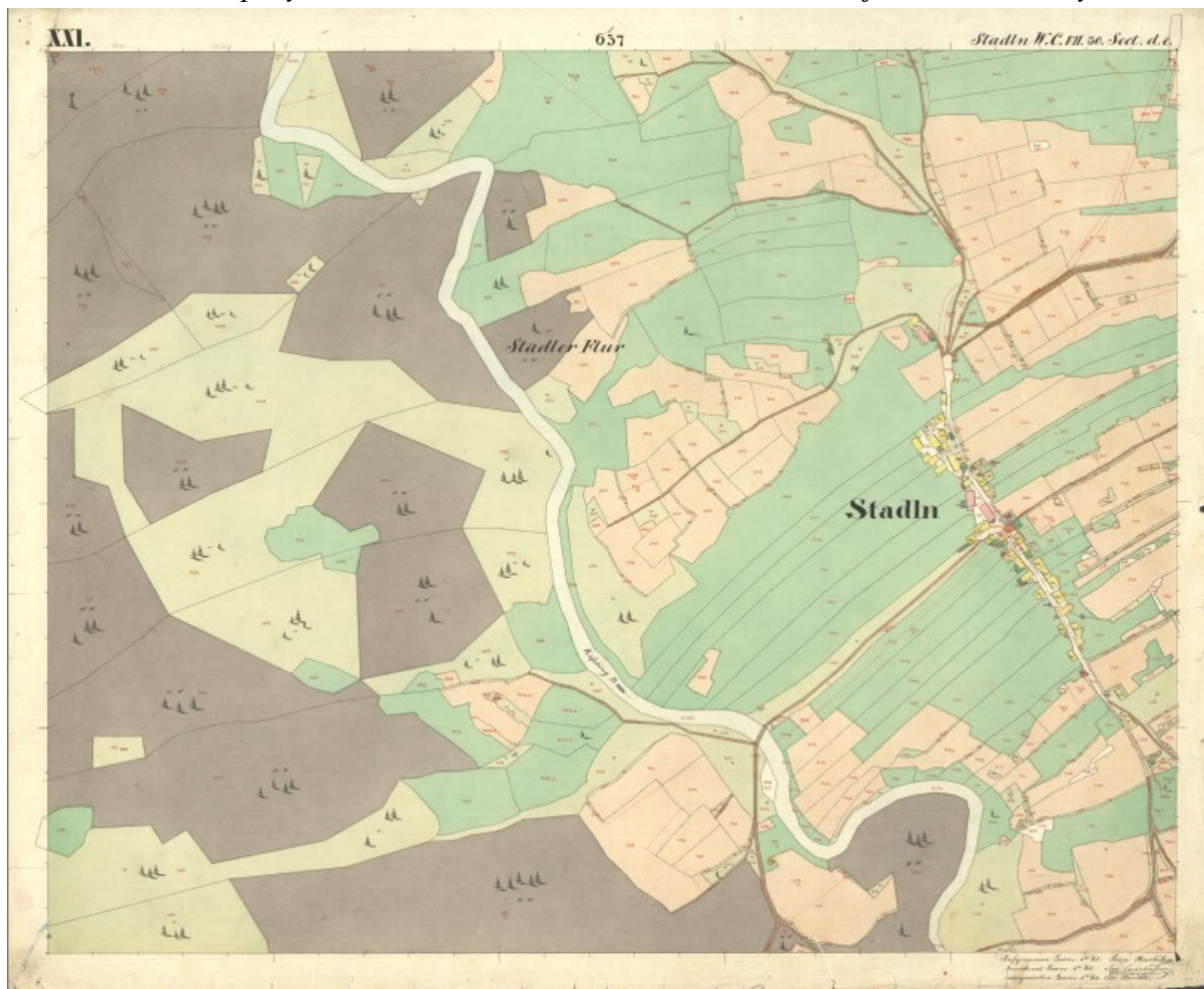
#### 4.1.1 Data stabilního katastru

Na počátku 19. století vznikla potřeba vytvořit kvalitní a podrobné mapové dílo pro území celého rakouského císařství, které by sloužilo jako pomůcka při výpočtu daně z půdy a pozemků (Bičík, Jeleček, Štěpánek 2001). Jak uvádí Čada (2003) stabilní katastr měl být původně použit i pro ukládání domovní daně, avšak ze záměru sešlo a byla zavedena domovní daň pro obytné budovy. Pokyn k vytvoření dal císař František I. patentem ze dne 23. prosince 1817. Jako referenční plocha je použit Zachův elipsoid, zobrazovací plocha je transverzální válcové zobrazení Cassinovo-Soldnerovo (Čada 2007). Pro území Čech je počátek geodetické sítě Gusterberg u města Wels v Horní Rakousku a mapovalo se 12 let (1826–1830, 1837–1843). Morava a Slezsko mají za počátek věž katedrály svatý Štěpán ve Vídni a mapovalo se 11 let (1824–1830, 1833–1836). Budovala se síť o třech řádech triangulačních bodů – hlavní souvislá síť I. řádu, zhušťovaná o síť II. a III. řádu. Síť byly tvořeny trojúhelníky, síť nižšího řádu byla vždy vložena do sítě vyššího řádu. Jak uvádí Čada (2007), průměrná vzdálenost bodů I. řádu byla 40 kilometrů, maximem bylo 65 kilometrů mezi Kralickým a Ruprechtským Sněžníkem. Měřítko bylo 1 : 2880, pro vybraná území (například města) se použilo podrobnějšího měřítka (1 : 1 440 a 1 : 720).

Katastrální operát Stabilního katastru se skládal z měřičského (mapového) operátu, písemného operátu a vceňovacího operátu. Měřičský (mapový operát) představuje samotné mapové listy a na rozdíl od ostatních operátů je nejvíce využíván. Existuje velké množství dochovaných verzí map, které se od sebe liší měřítkem, zachovalostí a kvalitou. Pro sledování změn v krajině je nejvhodnější pracovat s tzv. povinnými císařskými otisky, což jsou kopie originálů pořízeným přímo v terénu (Bruna, Křováková, Nedbal 2005). Originální mapy byly používány jako reambulační. Změny v nich jsou vyznačeny červeným inkoustem, avšak časové určení změn je obtížné a omezuje to možnost využití. Písemný operát zahrnoval parcelní protokol pozemkových parcel s údaji o např. majiteli, rozloze, pěstované kultuře. Výši výsledné daně určoval vceňovací operát, kdy daň byla vypočítána dle jakostní třídy, která zahrnovala údaje o bonitě, pěstované kultuře a výnosu. Jak uvádí Bruna, Křováková, Nedbal (2005), počet kultur se pohyboval dle kraje mezi sedmi a třinácti. Celkem bylo sledováno 84 druhů plodin.



Obrázek č. 2 – Mapový list stabilního katastru z roku 1837 zobrazující obec Stodůlky



Zdroj: ČÚZK

#### 4.1.2 Historické letecké snímky

Historické letecké snímky jsou uloženy v archivu VGHMÚř (Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad) v Dobrušce. První snímkování proběhlo v letech 1937 a 1938, avšak nebylo pokryto celé území republiky. První plošné celostátní letecké snímkování proběhlo na konci 40. let a v 50. letech. Historické ortofoto je k dispozici na portálu životního prostředí CENIA. Velikost pixelu je 0,5 metru. Lokalita byla snímána během let 1949, 1950, 1957, 1959, 1962 (CENIA 2009) (Příloha č. 4).

#### 4.1.3 Ortofoto

Od roku 2003 zajišťuje jeho pořizování ČÚZK ve spolupráci s VGHMÚř na základě dohody ČÚZK a Ministerstva obrany České republiky. Přestavuje periodicky aktualizovanou sadu snímků v barevné škále 8 bitů v kladu mapových listů Státní mapy 1 : 5 000 (2 x 2,5 kilometru). Periodicky je obnovováno od roku 2012 každé dva roky, před rokem 2012 byla perioda snímání tři roky. V minulosti bylo snímáno analogovou kamerou, od roku 2010 je používána digitální kamera. Dalším faktorem, který se měnil je velikost pixelu. Od roku 2016

má pixel prostorové rozlišení 0,2 metru. Zvolená lokalita byla nasnímána digitální kamerou 28. května a 11. června 2017 (ČÚZK 2019a).

#### 4.1.4 RÚIAN

RÚIAN byl spuštěn 1. července 2012. Spravován je ČÚZK. Je to jeden ze čtyř základních registrů veřejné správy. Obsahuje popisné a lokalizační údaje o územních prvcích, územně evidenčních jednotkách, adresách a jejich vazbách (ČÚZK 2019b).

#### 4.1.5 LPIS

Evidenci zemědělské půdy vzniklá na přelomu let 2003 a 2004 jako nástroj zemědělské politiky Evropské unie ke kontrole zemědělských dotací. Tvořen je evidencí půdy, evidencí ekologicky významných prvků a evidencí hospodářství podle objektů k chovu evidovaných zvířat (SZIF 2019). Data jsou vytvořena pomocí leteckého měřičského snímkování. Správcem dat je v České republice Ministerstvo zemědělství, aktualizaci provádí Státní zemědělský intervenční fond.

#### 4.1.6 ZABAGED výškopis

Obsahuje základní, zvýrazněné a doplňkové vrstevnice, kde interval je 5, 2 a 1 metru v závislosti na charakteru terénu. Data mohou být doplněna terénními hranami a body. Objekty jsou vyjádřeny trojrozměrnou vektorovou složkou (ČÚZK 2018). Přesnost závisí na sklonu a členitosti terénu. V odkrytém terénu dosahuje 0,7 až 1,5 metru, v sídlech 1 až 2 metry a v zalesněném terénu 2 až 5 metru (ČÚZK 2018).

#### 4.1.7 Staré fotografie

Pro potřeby 3D modelu osady Hůrka bylo využito dobových fotografií z knih Zdeňka Roučky – Tenkrát na Šumavě a Předválečnou Šumavou.

## 4.2 Software

Hlavními softwary pro práci byly ArcGIS for Desktop a SketchUp Pro 2018 CZ podrobněji popsané níže, dále byl využit Zoner Photo Studio 15 při úpravě obrazových materiálů a Sony Vegas Pro 13 Trial pro stříh videa.

### 4.2.1 ArcGIS for Desktop

GIS od společnost ESRI určený pro práci s prostorovými daty zahrnující jednotlivé programy ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox, ArcScene, ArcGlobe a ArcGIS Pro. První verze ArcGIS byla vydána v roce 1999. Pro práci byl využit ArcMap 10.6.1., ArcScene 10.6.1. a ArcGIS Pro 2.2. ArcMap slouží pro vytváření mapových výstupů, tvorbu prostorových analýz a editaci dat. ArcScene slouží k prohlížení a vizualizaci 3D dat. Od roku 2015 existuje ArcGIS Pro. Výhodou je kombinace možností výše vypsanych programů, zjednodušené moderní pracovní prostředí odpovídající současným trendům. ArcGIS Pro je funguje na 64bitové architektuře s podporou vícejádrových procesorů s možností využití výpočetních možností grafických karet (ARCDATA PRAHA 2019). V České republice poskytuje podporu produktů společnosti ESRI firma ARCDATA PRAHA.

### 4.2.2 SketchUp Pro 2018

SketchUp software patří do odvětví 3D grafiky s širokým využitím napříč obory jako stavitelství, strojírenství, filmová tvorba, tvorba počítačových her. K vytvořeným 3D modelům umožňuje tvorbu vlastních textur a přiřazení geolokační informace ve formátu (.kmz). Vlastní model je uložen ve formátu (.skp). Počátek softwaru se datuje do roku 1999, kdy byla vyvinuta první verze společností @Last Software. Na trh byl uveden v roce 2000 a rychle si získal na oblibě z důvodu své jednoduchosti, avšak zápornou vlastností je špatná možnost tvorby objektů s kulovým tvarem. V roce 2006 kupuje firmu @Last Software společnost Google a je vyvíjen plug-in pro Google Earth. V roce 2012 byl produkt koupen společností Trimble Navigation, následně v roce 2013 dochází ke změně licenční politiky, přichází placená verze PRO a verze MAKE (nekomerční volně stažitelná) pro soukromé účely. Dne 15. listopadu 2018 vyšla verze SketchUp 2018 PRO, avšak poprvé nebyla uvolněna zároveň verze MAKE z důvodu představení možnosti 3D modelování online prostřednictvím webového prohlížeče. Nevýhodou webové rozhraní je omezená možnost exportu. V práci byla využita třicetidenní demo verze SketchUp 2018 PRO CZ.

## 5 METODIKA

V následujících kapitolách je popsána metodika tvorby mapových výstupů, 3D modelu krajiny vytvořeného vizualizací zpracovaných vektorových a rastrových vrstev v prostředí ArcGIS Web Scene, což obnášelo přípravu mapových listů stabilního katastru před georeferencováním a následnou vektorizací. Tvorba jednoduchého rekonstrukčního modelu v prostředí v ArcScene z vrstevnic ZABAGED s podkladem historického ortofota z období 1949 až 1962 a jeho vizualizace v prostředí CityEngine Web Scene. Vymodelování 3D modelu zaniklé osady Hůrka ve SketchUpu Pro 2018 CZ, který byl následně vizualizován na tři webové služby (Sketchfab, Poly, 3D Warehouse) pro jejich vyzkoušení a tvorba průletového videa.

### 5.1 Příprava mapových listů stabilního katastru

V grafickém editoru Zoner Photo Studio 15 byl otevřen naskenovaný list ve formátu (.jpg). Byla provedena vizuální kontrola orientace listu a počtu mapových polí na listu. Pokud byl list špatně orientován, proběhlo otočení obrázku. Následně pomocí nástrojů *kouzelná hůlka*, *výběrový štětec* a *obdélníkový výběr* proběhl výběr všech částí listu, kde není mapa. Následnou prací s křivkami bylo docíleno, aby vybraná oblast byla celá bílá. Výsledek byl vyexportován do formátu (.tif) s kompresí *LZW*. Pokud se na listu stabilního katastru nacházelo více mapových polí, byl úkon udělán vícekrát.

Před zahájením vlastní práce byla v Catalogu v ArcMapu vytvořena nová souborová databáze (*New – File Geodatabase*) a nový feature dataset (*New – Feature Dataset*). Souřadnicový systém byl nastaven *S-JTSK\_Krovak\_East\_North*. Do databáze byla během práce v ArcMapu a ArcScene ukládána veškerá data. Následně bylo provedeno nastavení ukládání pomocí relativní cesty (*File – Map Document Properties*) zaškrtnutím *Store relative pathnames to data sources*.

### 5.2 Georeferencování snímků stabilního katastru

Před samotným zahájením georeferencování bylo nutné připravit pokladové vrstvy pro přiřazení polohy. Jako podkladové vrstvy posloužily WMS služby od ČÚZK (*WMS Digitalizace katastrální mapy – Mapové listy – Mapové listy klady – Mapové listy klady Gusterberg*), dále *WMS Katastrální mapy* a pro orientaci v území *WMS ZM10*. WMS bylo vloženo v Catalogu pomocí *Add WMS Server*. Do projektu byl dále vložen vyexportovaný *TIFF*. Pokud se objevila nabídka na vytvoření pyramid, tak byla zvolena defaultní metoda *Nearest Neighbour*. List byl přesunut pomocí *Fit To Display* na střed aktuálního zobrazení. Poté proběhl sběr vřícovacích bodů pomocí *Add Control Points*. Nejprve byly sesbírány čtyři vřícovací body v rozích listu, kde jsou záměrné kříže, které odpovídají kladu listů Gusterberg.



V mnohých případech byl na listu zobrazen pouze lesní porost s minimálními či žádnými hranicemi, a proto nebylo možné sesbírat další body. Pokud se jednalo o území, kde šlo sesbírat další vlíčovací body tak, aby byly rovnoměrně rozloženy po celém území, proběhl další sběr s pomocí katastrální mapy. Důležité bylo vlíčovací body dobře zvolit – dobrým řešením jsou rohy budov, popřípadě hranice pozemků. Nasbírané body se dají zobrazit pomocí *View Link Table* situovaného okně *Georeferencing*. Nachází se zde sloupce s přesnou polohou retifikovaných bodů, dále poloha v definovaném souřadnicovém systému, reziduální chyba jednotlivých bodů a celková RMSE (*Total RMS Error*). ArcMap nabízí celkem sedm druhů geometrických transformací. Pokud se podařilo nasbírat deset a více vlíčovacích bodů, tak bylo použita metoda (*Spline*) s důrazem na lokální přesnost. Pro listy, na kterých se nepodařilo sesbírat deset a více bodů (například zobrazující pouze lesní porost bez katastrálních hranic) bylo použito afinní transformace (*1st Order Polynomial (Affine)*), pokud nebylo dosaženo uspokojivého výsledku, tak (*2nd Order Polynomial*). Hodnoty střední kvadratické chyby se pohybovaly v rozmezí 0,27 až 6,95 metru. Následně došlo k uložení vlíčovacích bodů a uložení georeferencovaného snímku (*Georeferencing – Update Georeferencing*). Funkcí *Create Raster Dataset* byl vytvořen prázdný rastrový dataset s nastavením parametrů: *Raster Dataset Name with Extension*: jméno souboru s příponou (.tif), *Pixel type*: 8-BIT-UNSIGNED, *Spatial Reference for Raster*: S-JTSK\_Krovak\_East\_North, *Number of Bands*: 3. V posledním kroku bylo provedeno mozaikování všech snímků funkcí *Mosaic* s následujícím nastavením parametrů: *Targer Raster*: vytvořený TIFF pomocí *Create Raster Datasets* v předchozím kroku, *Mosaic Operator*: Minimum, *Mosaic Colormap Mode*: First, *Ignore Background Value*: 255, *NoData Value*: 255, *Mosaicking Tolerance*: 0, *Color Matching Method*: NONE.

### 5.3 Vektorizace stabilního katastru

Pomocí *Add Data* byla přidána polygonová vrstva zájmového území. V *Properties* vrstvy v záložce *Display* byla nastavena *Transparent 50 %*, aby bylo možné zobrazit společně rastrovou vrstvu mozaiky a polygonovou vrstvu zájmového území. Následně byla v (*Editor – Start Editing*) zahájena editace polygonové vrstvy. Pomocí funkce *Cut Polygon Tools* v záložce *Editor* byl polygon zájmového území rozdělován na jednotlivé části dle hranic pozemků stabilního katastru. Při práci bylo využíváno měřítko 1 : 1000, pro části kde bylo potřeba zanést jednotlivé meze mezi rolemi orné půdy 1 : 600. Použit byl snapping (*Snapping – Use Snapping*) pro přichycení jednotlivých vertexů k sobě. Po dokončení byla v ArcCatalogu v příslušném feature datasetu vytvořena topologie pro kontrolu výsledných dat (*New – Topology*) a nastavena topologická pravidla *Must Not Overlap*, *Must Not Have Gaps*, případné nedostatky byly

opraveny. V atributové tabulce byly vytvořeny nové sloupce *Add Field* a provedena vizuální interpretace podle legendy projektu NAKI do 22 kategorií (příloha č. 5), která obsahuje sedm kategorií totožných s ostatními časovými horizonty (zástavba, vodní plochy, lesní plochy, orná půda, trvalé travní porosty, trvalé kultury, ostatní plochy). Jednotlivé kategorie jsou označeny číselným kódem.

#### 5.4 Příprava současných dat a dat z historického ortofota

Základ dat pro současný časový horizont tvoří RÚIAN. Data pro zájmové území byla stažena z veřejného dálkového přístupu, extrahována a pomocí nástroje *VFR Import* importována v ArcCatalogu do geodatabáze. Druhým zdrojem dat byl LPIS (Land Parcel Identification System), data byla stažena z veřejného exportu dat a importována do geodatabáze. Pomocí funkce *Union* bylo provedeno spojení obou tříd polygonů do jedné. Následně byla data vizuálně opravena – aktualizována pomocí WMS Ortofota ČÚZK (*WMS – Ortofoto*) a byla provedena interpretace do sedmi kategorií (stejných jako v případě stabilního katastru). Pro kategorie byl vytvořen nový sloupec v atributové tabulce *Add Field*. Pro editaci bylo využito funkce *Cut Polygon Tools* v záložce *Editor*, dále byl použit též (*Snapping – Use Snapping*). Data RÚIAN byla též použita pro vytvoření vrstvy krajinného pokryvu z období let 1949 až 1962 s pomocí historického ortofota. Vzhledem k problematickému rozlišení kategorií orná půda, trvalý travní porost a trvalé kultury na černobílém ortofotu bylo rozhodnuto o sloučení do kategorie s názvem zemědělská půda. Pro časový horizont období 1949 až 1962 byl vytvořen nový sloupec v atributové tabulce *Add Field* a provedena interpretace do pěti kategorií. Po dokončení byla v ArcCatalogu vytvořena topologie jako u stabilního katastru, případné nedostatky byly opraveny.

V databázi byly vytvořené nové bodové a liniové třídy prvků (*New – Feature Class*), byla zahájena editace (*Editor – Start Editing*) a *Create Features* vytvořeny body, kde se nacházela zaniklá sídla s pomocí stabilního katastru a poloha současných sídel. Dále linie vymežující přibližné plochy s výskytem munice s pomocí náčrtu na podkladu ortofota získaného od starosty obce Prášily.

#### 5.5 Tvorba digitálního modelu terénu

Pro tvorbu digitálního modelu terénu bylo použito výškopisu ZABAGED. Data vrstevnic byla nástrojem *Merge* sloučena a poté pomocí *Clip* oříznuta zájmovým územím. Pro vytvoření digitálního modelu terénu byla zvolena funkce *Create Tin*. Při tvorbě bylo dále využito polygonů zájmového území a liniové vrstvy vodních toků DIBAVOD.

## 5.6 Vizualizace rastrového modelu v prostředí ArcScene

Po otevření ArcScene byla nahrána data rastrového souboru historického ortofota z období 1949 až 1962, které bylo pomocí funkce *Clip (Data Management)* oříznuto zájmovým územím obce Prášily. V (*Layer Properties – Base Heights – Floating on a custom surface*) byla definována cesta k zdrojovému souboru nadmořských výšek vytvořeného v předešlém kroku. Následně bylo nutné nastavit extent (*Scene Properties – General*), byla zvolena hodnota 2. Pro vizualizaci dat v ArcScene existuje možnost exportu do WRLM (.wrl) (*File – Export Scene – 3D*). Další možností je funkce z ArcToolboxu *Export to 3D web Scene (3D Analyst – CityEngine – Export to 3D web Scene)*. Scéna byla vyexportována pomocí této funkce do formátu (.3ws), který jde použít pro vizualizaci dat v CityEngineWeb Viewer. Samotný web CityEngineWeb Viewer umožňuje pouze vizualizaci bez možnosti sdílení, a proto bylo nutné se přihlásit do ArcGIS Online, kde byla zvolena záložka *Content* a došlo k nahrání vrstvy. Bylo povoleno sdílení *Everyone*, vrstva otevřena a vygenerován odkaz pro sdílení.

## 5.7 Vizualizace zpracovaných vrstev v ArcGIS Pro a ArcGIS Online

Software ArcGIS Pro nabízí lepší propojení s ArcGIS Online, než ArcMap a ArcScene, a proto byl využit při vizualizaci dat ve Web Scene. Po otevření byla zvolena možnost vytvoření nové lokální scény. Následně byla vytvořena nová databáze a nový feature dataset. Jako souřadnicový musel být nastaven *WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere*, protože WebScene nepodporuje při vizualizaci *S-JTSK Krovak East North*. Do databáze byla naimportována data (*Katalog – Importovat – Třídy/trídy prvků*). Celkem bylo vytvořeno pět scén (*Vložit – Nová mapa – nová lokální scéna*) obsahující jednotlivé vrstvy krajinného pokryvu a doplňková data. První zobrazuje vrstvu vytvořenou ze snímků stabilního katastru z roku 1837, druhá období 1949 až 1962, třetí odpovídá roku 2017, čtvrtá obsahuje data o lokalizaci ploch s nevybuchlou municí, zaniklých, existujících sídlech a poslední rastrové vrstvy (mozaikovaný stabilní katastr, historické ortofoto 1949 až 1962), u kterých byl změněn souřadnicový systém funkcí *Project Raster* s transformací *S\_JTSK\_To\_WGS\_1984\_1*. Posléze byla nastavena odpovídající symbologie (*Vzhled – Nastavení symbolů*). Pro vizualizaci scény slouží záložka (*Sdílet – Webová scéna*), kde je možné provést nastavení, přidat název a popisky před publikací. Jako typ vrstvy byl zvolen *prvek* a posléze provedena analýza scény. Rastrová data byla vizualizována jednotlivě (záložka *Zobrazit – Obsah – Sdílení – Sdílet jako webovou vrstvou*), kde bylo nutné zvolit (*Obecné – Typ vrstvy*) dlaždice a *Konfigurace* vytvářet cache lokálně a následoval upload na ArcGIS Online. Po přihlášení do ArcGIS Online byla zvolená záložka *Content*, zde byla nahraná vrstva otevřena *Open in Scene Viewer* a přidány další nahrané scény.

V levé části bylo zvoleno *Save scene* a byl vygenerován odkaz pro sdílení, dále bylo v záložce *Content* povoleno sdílení *Everyone* pro všechny sdílené scény. Jako zdroj výškových hodnot posloužil Terrain3D, který je k dispozici v prostředí webové scény.

## 5.8 Příprava dat pro 3D model a tvorba 3D modelu

Během přípravy došlo k vyhledání dobových fotografií již zaniklé osady. Jako zdroj posloužil internet a dále knihy Zdeňka Roučky. U nalezených fotografií a pohlednic se lišil počet jednotlivých domů v osadě a nebylo u nich uvedeno datum. Bylo využito historického ortofota podle něhož byl stanoven počet staveb a přibližné půdorysné rozměry jednotlivých domů. Výška byla odhadnuta pomocí existujících fotografií, například na základě výšky dveří. Během přípravy bylo využito také poznatků z diplomové práce Dudáček (2016, s. 58), která popisuje dům šumavského typu „Dům se vyskytuje v roubené podobě, zděné s výdřevou nebo se zděnou omítanou konstrukcí bílé barvy. Může se vyskytovat kamenná konstrukce. Typické je použití hnědé šindelové střešní krytiny.“. Model byl vytvořen v demo verzi SketchUp 2018 PRO CZ.

Po otevření bylo zvoleno (*Šablona – Architektonický design – Metry*). V projektu je definován počátek pomocí kartézského systému souřadnic (x, y, z). Nástrojem *měření* byly rozměřeny půdorysné rozměry objektu, následně byl *čárou* nakreslen půdorys. Výška byla objektu přidána nástrojem *tlak/tah*, opět v požadované velikosti. Nejsložitější budovou pro modelaci byl kostel, při jeho tvorbě bylo využíváno nástrojů *oblouk*, *kruh*, *terén z vrstevnic* (pro zaoblené plochy na střeše). Vytvořeným modelům bylo potřeba přidat barvy a textury. Pro přidání textur slouží záložka *materiály*, kde je výběr základních textur a barev, které nabízí SketchUp. Při tvorbě některých textur bylo využito těchto základů. Další možností je stažení textur 3D Warehouse a následné aplikování, což bylo v malém měřítku také provedeno v případě střešní krytiny hotelu a některých dalších ploch. Poslední možností je využití fotografií, což bylo například aplikováno na stěny kostela sv. Vincence, střechy, některé dveře. Fotografie byly upraveny v Zoner Photo Studio 15.

Následně bylo potřeba modely budov zasadit do terénu. Byl využit web CADMAPPER, který zdarma vytvoří terén s obrysy komunikací a existujících staveb (kaple a půdorys kostela) o velikosti do 0,99 km<sup>2</sup>. Následně byl terén stáhnut a importován do SketchUpu. Terén byl *Posun* umístěn, aby půdorys kaple odpovídal půdorysu modelované kaple.

Nad terénem byla vytvořena pomocná plocha o podobné velikosti jako terén a texturována černobílým ortofotem z období 1949 až 1962, která byla posléze smazána. Textura byla zvolena projekční, nastavení nám umožní promítnout texturu na povrch, který je

ve SketchUpu složený z jednotlivých trojúhelníků, následně byla upravena poloha textury, aby odpovídala poloze existujících objektů. Byly vloženy jednotlivé modelované budovy a zasezeny do terénu. Jako doplněk pro lepší vizuální stránku modelu byly použity stromy nalezené v 3D Warehouse. Následně byla vytvořena průletová animace (*Pohled – Animace – Přidat scénu*) a exportována jako video (*Soubor – Export – Video*). Finální střih byl posléze proveden v Sony Vegas 13 Pro a video exportováno do formátu (.mp4).

*Obrázek č. 3 – Sběr dat pro tvorbu textur v obci Strašice*



*Zdroj: vlastní tvorba*

### 5.9 Vizualizace 3D fotorealistického modelu

Před samotnou vizualizací modelů bylo potřeba udělat několik kroků, aby se předešlo problémům při následném zobrazení. SketchUp umí například přiřadit na každou stranu jedné vrstvy rozdílné materiály a webové platformy založené na WebGL s tím mají problémy. Pro provedení některých kroků bylo nutné stáhnout a nainstalovat pluginy (*Dialogová okna – Manažer – Instalace pluginů*). Bylo využito *TT\_Lib2* (vytvoří v záložkách nabídku), *Material Tools* (odstraní podkladové materiály – aplikováno na budovy), *CleanUp3* (očistí model – zjednoduší hrany, spojí plochy o stejných materiálech), *Sketchfab Uploader* (umožňuje nahrát model na Sketchfab).

Nejprve byla provedena kontrola, zda všechny čelní plochy směřují ven, byla vybrána celá zájmová plocha, posléze v záložce *Styly* bylo zvoleno *Monochrom*, následně *Stínování s texturou*. Následně bylo využito pluginů *Material Tools* a *CleanUp3*. Pro vizualizaci modelu na Sketchfab bylo využito *Sketchfab Uploaderu*, pro službu Poly byl model vyexportován do formátu (.obj) (*Soubor – Export – 3D model*) a na webové stránce nahrán, pro 3DWarehouse byl na webové stránce zvoleno *Upload a model* a nahrán SketchUp soubor formátu (.skp). Jednotlivé webové služby byly následně prakticky vyzkoušeny.

## 6 VÝSLEDKY

### 6.1 Změny ve využití krajiny 1837–2017

Zastoupení a srovnání jednotlivých kategorií krajinného pokryvu v zájmovém území obce Prášily ukazují *Tabulky č. 5 a č. 6* a dále zpracované *Přílohy č. 1 až č. 3 a č. 6 až č. 9*. *Tabulka č. 6* navíc obsahuje časové období mezi lety 1949 a 1962 s kategorií zemědělská půda, která zahrnuje trvalé travní porosty, trvalé kultury a ornou půdu z důvodu problematické interpretace těchto ploch na černobílém ortofotu. K největším změnám a nejvyššímu nárůstu došlo u kategorie lesních porostů (*Příloha č. 9*), které mezi lety 1837 až 2017 narostly o 23,67 %, trend nám potvrzuje i (*Tabulka č. 6*), kdy v prvním období 1837 až 1949–1962 vzrostly lesní plochy o 11,21 % a v druhém období nepatrně více o 12,22 %. K nárůstu došlo také u kategorií trvalých kultur a ostatních ploch zahrnujících například komunikace. U ostatních ploch byl nárůst intenzivnější ve druhém sledovaném období. K největšímu poklesu došlo u kategorie trvalý travní porost o 17 % (*Příloha č. 7*). Kategorie orné půdy vymizela úplně (*Příloha č. 8*). Zastavěné plochy v prvním sledovaném období vzrostly, avšak ve druhém období došlo k jejich výraznému poklesu o 0,08 %. Kategorie vodních ploch poklesla v prvním období o 0,26 % a následně její hodnota zůstala konstantní.

*Tabulka č. 5 – Změna ve využití půdy v % v modelovém území obce Prášily mezi lety 1837–2017*

Kategorie využití půdy	rozloha stabilní katastr (1837)	rozloha současný katastr (2017)	změna
zastavěné plochy	0,10	0,03	- 0,07
ostatní plochy	0,76	0,86	+ 0,10
vodní plochy	0,58	0,32	- 0,26
lesní plochy	66,15	89,82	+ 23,67
orná půda	6,55	0	- 6,55
trvalé travní porosty	25,84	8,84	- 17
trvalé kultury	0,01	0,13	+ 0,12

*Zdroj: vlastní zpracování*

*Tabulka č. 6 – Zastoupení a změna jednotlivých kategorií využití půdy v % v modelovém území obce Prášily v letech 1837, 1949–1962, 2017*

Kategorie využití půdy	rozloha stabilní katastr (1837)	změna	Rozloha dle ortofoto 1949 až 1962	změna	rozloha současný katastr (2017)
zastavěné plochy	0,10	+ 0,01	0,11	- 0,08	0,03
ostatní plochy	0,74	+ 0,03	0,77	+0,09	0,86
vodní plochy	0,58	- 0,26	0,32	0	0,32
lesní plochy	66,39	+ 11,21	77,60	+ 12,22	89,82
zemědělská půda	32,40	- 13,24	19,16	- 10,18	8,98

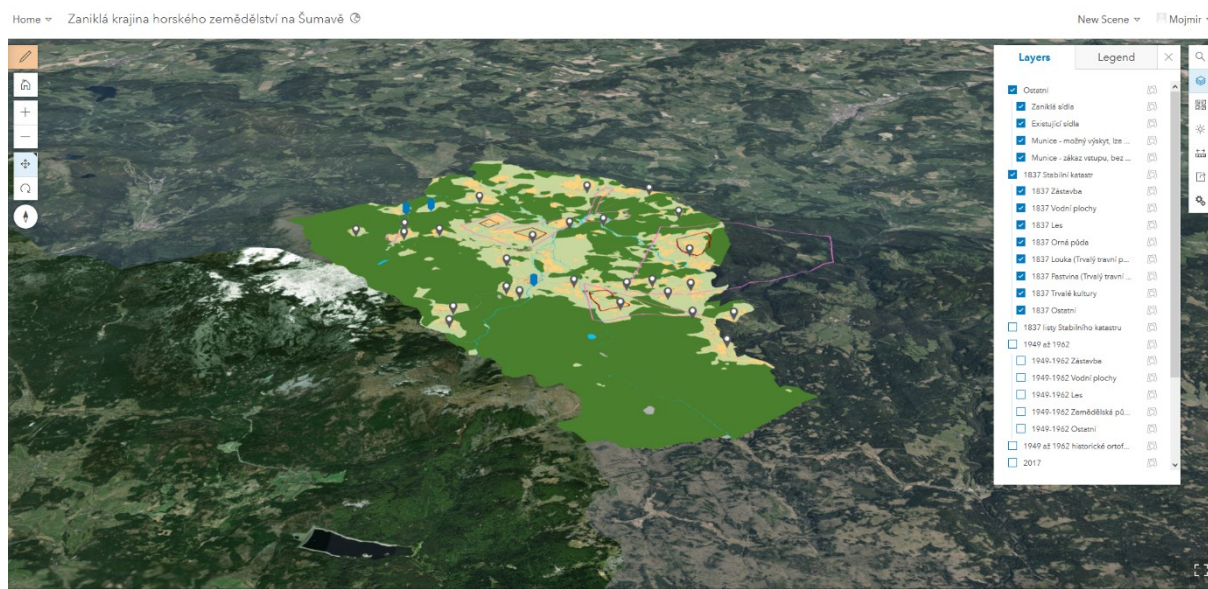
*Zdroj: vlastní zpracování*

## 6.2 Vizualizace rekonstrukčních modelů krajiny

Prvním výsledkem je vizualizace zpracovaných vektorových vrstev krajinného pokryvu pro tři časová období v prostředí ArcGIS Online Web Scene, která umožňuje uživatelskou interakci (*Obrázek č. 4*). Hodnoty výšek jsou načítány pomocí defaultního Terrain 3D. První vrstva byla vytvořena na základě mapových listů stabilního katastru, dalším časovým horizontem je období zpracované pomocí historického ortofota z let 1949 do roku 1962. Posledním úsekem je vrstva ze současnosti, zpracovaná s pomocí RÚIANu s vizuální opravou pomocí současné ortofota z roku 2017. Mezi doplňkové informace patří polohy současných, zaniklých sídel a oblastí s výskytem a možným výskytem nevybuchlé munice. Jako rastrová vrstva byla vizualizována mozaika stabilního katastru a historické ortofoto z období 1949 až 1962. Model publikovaný na webu [www.zaniklekrajiny.cz](http://www.zaniklekrajiny.cz) a přímá adresa je (<https://arcg.is/080nfl>).

Druhým modelem krajiny je jednoduchý model na TIN výškovém podkladu s historickým ortofotem z období 1949 až 1962 vizualizovaný v prostředí CityEngine Web Viewer (*Obrázek č. 5*). Model je publikovaný na webu [www.zaniklekrajiny.cz](http://www.zaniklekrajiny.cz) a přímá adresa je (<http://bit.ly/30X3Xcx>).

*Obrázek č. 4 – 3D model zájmového území s vrstvou stabilního katastru v prostředí Web Scene*



*Zdroj: vlastní tvorba*



Obrázek č. 5 – Jednoduchý 3D model zájmového území vizualizovaný v CityEngine Web Viewer



Zdroj: vlastní tvorba

### 6.3 3D fotorealistický model zaniklé osady Hůrka

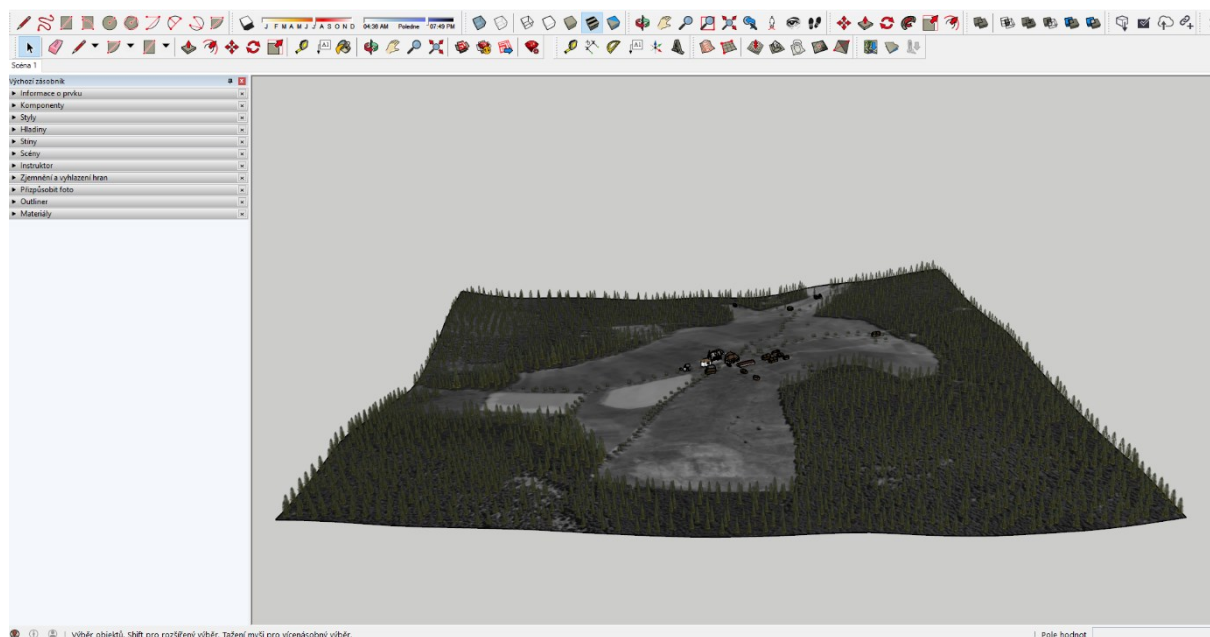
3D fotorealistický model Hůrky byl vytvořen v programu SketchUp PRO 2018 CZ (Obrázek č. 7). Jednotlivé možnosti vizualizace 3D modelů byly popsány v rešeršní části práce. Pro jednoduchou vizualizaci bylo zvoleno nahrání na webové služby (Sketchfab, 3DWarehouse a Poly) (Obrázky č. 8, 9, 10). Prakticky byly vyzkoušeny jednotlivé možnosti těchto služeb. Velmi dobrého vizuálního výsledku při vizualizaci 3D fotorealistického modelu bylo dosaženo u platforem Sketchfab (Obrázek č. 8) a 3DWarehouse (Obrázek č. 9). Dále bylo vytvořeno video s průletovou animací a aktuálními záběry Hůrky – (<https://youtu.be/it12CZqV3j8>). Model je publikovaný na webu [www.zaniklekrajiny.cz](http://www.zaniklekrajiny.cz) a přístupný též přes QR kód níže. Přímá adresa je (<https://skfb.ly/6Mq7B>).

Obrázek č. 6 – QR kód pro zobrazení modelu ve Sketchfab



zdroj: vlastní tvorba

Obrázek č. 7 – Pracovní prostředí SketchUp PRO 2018 CZ



Zdroj: vlastní tvorba

Obrázek č. 8 – 3D model zaniklé osady Hůrka v prostředí Sketchfab



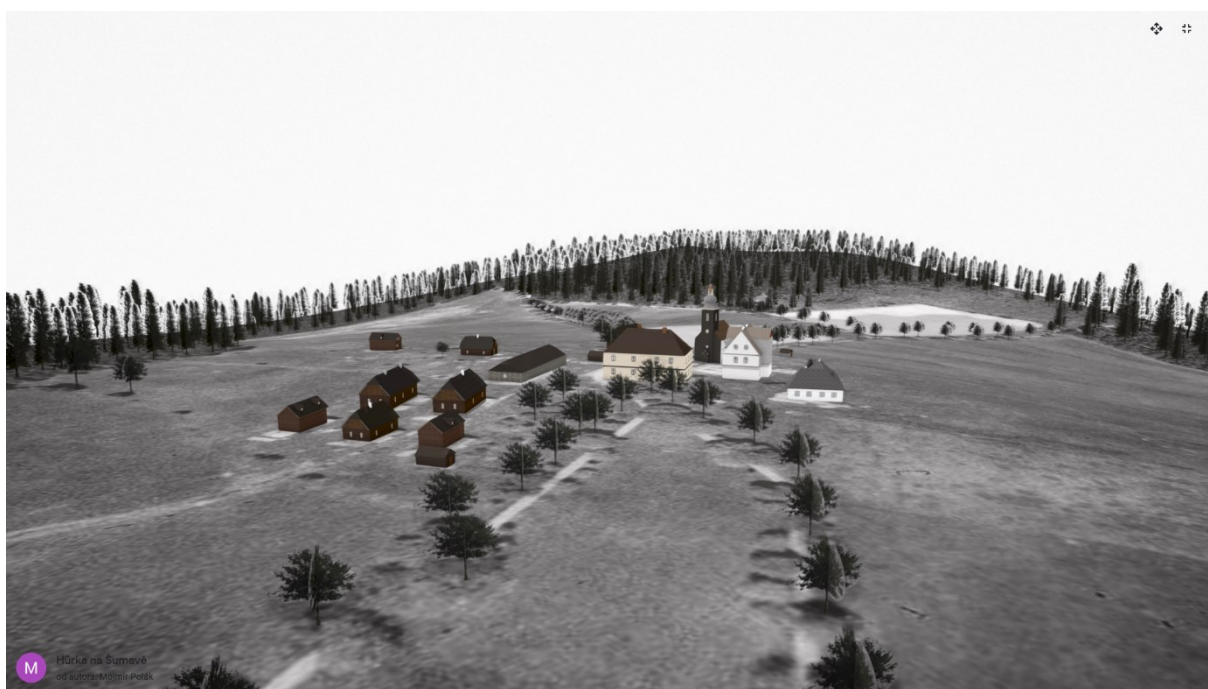
Zdroj: vlastní tvorba

Obrázek č. 9 – 3D model zaniklé osady Hůrka v prostředí 3DWarehouse



Zdroj: vlastní tvorba

Obrázek č. 10 – 3D model zaniklé osady Hůrka v prostředí Poly



Zdroj: vlastní tvorba

## 7 DISKUZE

Znovu je dobré zdůraznit, že zájmové území je specifické kombinací pohraničního regionu s existencí uzavřeného pohraničního pásma, jež zároveň sloužilo jako vojenský výcvikový prostor od roku 1952. Po pádu železné opony zde byl v roce 1991 vytvořen Národní park Šumava. Všechny tyto skutečnosti mohou přinášet specifické výsledky oproti celorepublikovým trendům.

Nejvíce se změnila kategorie lesních ploch. K růstu těchto ploch dochází na území České republiky kontinuálně od počátku sledovaného období, avšak ne s takovou intenzitou jako v zájmovém území, kde v rozmezí 1837 až 2017 narostly o 23,67 %. V rozmezí 1845 a 2010 vzrostl podíl lesních ploch v Česku o 4,9 % (Jeleček, Kabrda 2015), trend růstu lesních ploch zmiňuje na celorepublikové úrovni například Feranec et al. (2010). Plocha trvalých travních porostů v zájmovém území poklesla o 17 %, trend poklesu je patrný i pro celé území Česka, ale pouze do roku 1990, kdy dochází k jejich celorepublikové růstu vlivem zatravňování orné půdy v nepříznivých klimatických a půdních podmínkách vyšších nadmořských výšek (Bičík et al. 2015). V oblasti u hranic s Německem se objevilo 96 % nových pastvin (trvalý travní porost) na bývalé orné půdě (Kupková, Bičík, Najman 2013). Plocha orné půdy od poloviny 19. století v našem zájmovém území klesla o 6,55 % a v pohraničí byl pokles zvýrazněn odsunem Němců po druhé světové válce (Bičík, Jeleček, Štěpánek 2001). Celkově kategorie orné půdy v zájmovém území úplně vymizela. Dle zvolené metodiky zaznamenaly pokles také vodní plochy. Výsledek ovlivnila zvolená data – stabilní katastr nabízí na rozdíl od historického a současného ortofota podrobnější data o vodních tocích. Problematická je přesnost například u meandrů vodních toků. V kategorii zastavěných ploch došlo v druhém sledovaném období k jejich poklesu o 0,07 %, což je způsobeno kombinací několika faktorů. Nejvýznamnějším faktorem úbytku zástavby byl vznik vojenského výcvikového prostoru Dobrá Voda v roce 1952. Podobným způsobem byly zničeny i obce v dalších vojenských újezdech vznikajících nebo rozšiřujících se na počátku 50. let 20. století (například v Brdech). Dále je potřeba zmínit odsun Němců, úplné nedosídlení oblasti a vznik železné opony. V celorepublikovém měřítku byl trend v daném období opačný, podíl zástavby rostl vlivem industrializace a suburbanizace (Bičík et al. 2015). K nárůstu došlo u trvalých kultur o 0,12 %, což je trend typický v rámci Česka od počátku sledovaného období (Bičík et al. 2015).

Vzhledem k existenci ploch s nevybuchlou municí (na kterých je zakázáno provádět jakoukoliv zemědělskou a lesnickou činnost), které byly dle aktuálního ortofota zařazeny do kategorií lesního porostu a trvalého travního porostu, lze očekávat sukcesí ploch s trvalým travním porostem a další nárůst lesních ploch. Budoucí vývoj bude záležet na postoji Národního

parku Šumava k hospodaření na modelovém území, převážně k péči o trvalé travní porosty. Podle Kupková, Bičík, Boudný (2019) bude vývoj pohraničních oblastí ovlivněn řadou faktorů jako národní a evropské dotační programy, ochranou přírody, tvorbou pracovních místa, dále uvádí, že změny v pohraničí budou v budoucnu méně intenzivní než ve vnitrozemí, pokud nedojde k zásadní politické změně.

Stabilní katastr se ukázal jako jedinečný zdroj informací, jehož úplný potenciál nebyl v této práci plně využit. Data by se dala využít dále pro výpočty krajinných indexů a další analýzy. Během přípravy dat bylo časově náročné georeferencování mapových listů a následná vektorizace poměrně rozsáhlého území. Z hlediska průběhu jednotlivých kroků byl časově náročný také poslední krok přípravy mapových listů, kdy bylo provedeno mozaikování a celý proces trval několik hodin. U historického ortofota byl problém v jeho dataci. Převážná část zájmového území byla snímána v letech 1949 až 1950, ale některé okrajové části v letech 1957, 1959 a 1962 (CENIA 2009) (*Příloha č. 4*). Zpracovaná data nelze tedy za celé území vztahovat k určitému roku. Dalším problémem bylo rozlišení jednotlivých kategorií krajinného pokryvu, kdy bylo přistoupeno k vytvoření kategorie zemědělská půda, která zahrnuje trvalé travní porosty, trvalé kultury a ornou půdu. Mnohdy bylo složité rozhodnout, co zařadit do lesních ploch a co považovat za zemědělskou půdu. I přes výše popsané nedostatky lze považovat historické ortofoto za cenný zdroj informací o krajině, avšak s rizikem možných nepřesností. Současná data RÚIAN obsahovala v zájmovém území chyby, a proto bylo potřeba je opravit pomocí současného ortofota. Skaloš, Kašparová (2012) zmiňují i rozdíl mezi katastrálními mapami a leteckými snímky, kdy mapy zobrazují hranice pozemků a letecké snímky hranice mezi krajinnými segmenty. Je obtížné kombinovat výše zmíněné zdroje dat ke studiu změn krajiny a je zde riziko nepřesností, ale celkově převažují výhody těchto zdrojů (Skaloš, Kašparová 2012).

Pro vizualizaci zpracovaných vektorových a rastrových vrstev se ukázalo nejvhodnější řešení ArcGIS Online Web Scene. Je třeba vyzdvihnout možnost uživatelské interakce, problematická byla vizualizace vlastního digitálního modelu terénu, u kterého se nepodařilo nastavit převýšení v prostředí Web Scene, a proto byl využit defaultní model Terrain 3D. Dalším problémem byl zvolený souřadnicový systém, kdy bylo nutné přejít k *WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere*, protože ArcGIS Pro nedokázal vizualizovat data na Web Scene v *S-JTSK Krovak East North*, který byl využit při práci v ArcMap a ArcScene. K možnosti přepínání jednotlivých vrstev krajinného pokryvu v rámci jednoho časového období bylo nutné každou vrstvu vyexportovat zvlášť do geodatabáze.



Vizualizace v CityEngine Web Viewer se ukázala jako problematická pro tak rozsáhlé a podrobné území a nebylo dosaženo ve většině případů přijatelného výsledku při práci s vektorovými vrstvami (model byl vizuálně nevzhledný, chybně se zobrazoval, byl generalizovaný), a proto byl vytvořen pouze jednoduchý model na základě ortofota z období 1949 až 1962.

Modelování neexistujících objektů s sebou přináší problémy s existencí dostupných informací. Jediná dochovaná stavba v Hůrce je dnes kaple a půdorys kostela, což s sebou přineslo problémy s rozměry a vzhledem dalších staveb. Zhruba polovinu významnějších budov se podařilo dohledat na historických fotografiích, avšak u budov v západní a jihozápadní části obce, nebyly k dispozici žádné fotografie. První zdrojem rozměrů bylo historické ortofoto, což s sebou přináší problém u domů šumavského typu, kdy střecha má určitý přesah nad půdorys samotné stavby. Druhým zdrojem rozměrů pro zachycené budovy byly historické fotografie, podle kterých šlo zhruba odhadnout přibližnou výšku například podle výšky dveří. U fotografií nebylo uvedeno datum. Celkově je nutné finální rozměry brát s určitou rezervou vzhledem k výše popsaným problémům.

K tvorbě fotorealistického modelu zaniklé obce Hůrka byla zvolena demo verze softwaru SketchUp Pro 2018 CZ. Výhodou SketchUpu je jeho uživatelská přívětivost, což přispělo k rychlému naučení se s programem. Velmi problematické a omezené je modelování kulových ploch – věž kostela, která byla vymodelována ve zjednodušené podobě. Dalším problémem může být omezená doba Pro verze. Při tvorbě složitějších ploch a tvarů se nabízí využití jiného softwaru, např. Open-source Blender, případně 3ds Max. Srovnání s důrazem na tvorbu interiérů to provedl v bakalářské práci Maceška (2018).

Problematika vizualizace 3D modelů končila v minulosti tvorbou průletových animací bez možnosti uživatelské interakce – například u Jelének (2010). Do srpna 2013, kdy byla ukončena podpora, byla možnost vizualizovat vytvořené 3D modely ze SketchUpu do Google Earth a vytvořit pomocí Google Earth API webovou aplikaci (Marek 2013), takové řešení využili v bakalářských pracích Dědková (2012), Kryshenyk (2013), Sikorová (2014), která zmiňuje i možnost vizualizace v Sketchfab a 3DWarehouse. Dudáček (2016) v diplomové práci vizualizoval model v CityEngine Web Viewer, který se ukázal pro složitější a podrobnější data špatně použitelný. S použitím knihovny X3DOM vizualizovali model městské části Nový Lískovec v Brně Herman, Řezník (2015).

Vizualizace 3D modelů v prostředí webu s sebou přináší určitá specifika z hlediska vzhledu. Nejlepšího vizuálního dojmu lze dosáhnout pomocí renderovacího vizualizačního softwaru Lumion, avšak výstupem je pouze video nebo fotografie. Pro prezentaci 3D modelů

na webových platformách s možností uživatelské interakce bylo přijatelného výsledku dosaženo u Sketchfab a 3DWarehouse, horšího u Poly, kde se nezobrazovala barevně vegetace. V dnešní době, kdy k prohlížení webových stránek využívá značná část populace mobilní zařízení, je problematické, že 3DWarehouse načítal model několik minut při použití mobilního zařízení. Zpracovaný model by tak byl obtížně přístupný z mobilního telefonu – například pomocí odkazu v podobě QR kódu, který by byl umístěn v místě zaniklé obce.

## 8 ZÁVĚR

Práce se zabývala jedním ze zpracovávaných území v rámci projektu Dědictví zaniklých krajín, identifikace, rekonstrukce a zpřístupnění. Cílem práce bylo zhodnotit změny krajiny v modelovém území obce Prášily na Šumavě od poloviny 19. století do současnosti s využitím mapových listů stabilního katastru, historického a současného ortofota. Dalším krokem byla tvorba rekonstrukčních 3D modelů krajiny a 3D fotorealistického modelu zaniklé osady Hůrka s animací, zhodnocení možností prezentace 3D modelů v prostředí webu s využitím nejvhodnějších způsobů pro prezentaci zpracovaných výsledků.

Největší změna byla zaznamenána v kategorii lesních porostů, u kterých došlo k nárůstu na úkor trvalých travních porostů a orné půdy, která úplně vymizela. Trend růstu lesních ploch je patrný pro celé Česko za sledované období, avšak ne v takové intenzitě jako v zájmovém území. V období od 50. let do současnosti došlo k poklesu ploch zástavby, což se neshoduje v trendem v celorepublikovém měřítku, kde docházelo k růstu vlivem industrializace a suburbanizace.

Hlavními důvody největších sledovaných změn krajiny bylo vysídlení německého obyvatelstva, vznik vojenského újezdu v roce 1952 a vznik Národního parku Šumava v roce 1991.

Při tvorbě 3D modelů krajiny byla vizualizována zpracovaná data do prostředí Web Scene, ke kterým byly přidány výškové hodnoty, dále byl vytvořen jednoduchý rekonstrukční model s podkladem historického ortofota s vizualizací v CityEngine Web Viewer. Dalším výstupem je 3D fotorealistický model zaniklé osady Hůrka vytvořený v programu SketchUp PRO 2018 CZ vizualizovaný v prostředí webu pomocí webových služeb Sketchfab, Poly a 3D Warehouse, kde se jako nejvhodnější řešení ukázal Sketchfab, který umí dobře pracovat i s mobilními zařízeními a model je přístupný pomocí QR kódu. Všechny modely jsou přístupné na webu [www.zaniklekrajiny.cz](http://www.zaniklekrajiny.cz). Práce také přináší souhrnný přehled možností pro prezentaci modelů v prostředí webu a výše uvedené způsoby prakticky využila.

Z hlediska změn krajiny by bylo zajímavé v dalších výzkumech provést srovnání s územím na bavorské straně Šumavy, kde procesy probíhaly pozvolněji a k některým změnám nedošlo. Analyzovat, případně porovnat by bylo možné také strukturu krajiny a její změny. Další možností je rozebrat změny v širším území podél bývalé železné opony po obou stranách hranice, které je předmětem mnoha výzkumů. Velký potenciál přinášení oblast 3D, kde by bylo možné se zaměřit na tvorbu objektů pomocí 3D programovacích jazyků a celý proces zkusit automatizovat, protože ruční modelování s sebou přináší časovou náročnost, nabízí se též možnosti vizualizace pomocí některé ze zmíněných 3D WebGL knihoven.



## 9 POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE

- 3D Warehouse (2019): 3D Warehouse, <https://3dwarehouse.sketchup.com/> (cit. 1. 7. 2019).
- ARCDATA PRAHA, ČSÚ, ČÚZK (2016): ArcČR 500 - digitální geografická databáze, verze 3.3. <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500> (cit. 24. 4. 2019).
- ARCDATA PRAHA (2019): ArcGIS Pro - Geografické informační systémy (GIS) - ARCDATA PRAHA, <https://www.arcdata.cz/produkty/arcgis/desktopovy-gis/arcgis-pro> (cit. 15. 5. 2019).
- BALÁŽ, J., DUBÁNEK, M. (2012): Ročenka 2011 Vojenský historický archiv. Ministerstvo obrany České republiky – OKP, Praha.
- BAUMANN, M., GRIFFITHS, P., MÜLLER, D., KRAEMER, R., ALEXANDER, V., ALCANTARA, C., KUEMMERLE, T., BAUMANN, M., BRAGINA, E. V., GRIFFITHS, P., HOSTERT, P., KNORN, J., PRISHCHEPOV, A. V., SCHIERHORN, F. (2013): Mapping the extent of abandoned farmland in Central and Eastern Europe using MODIS time series satellite data. *Environmental research letters*, 8, 3, 1–9.
- BIČÍK, I. (2004): Dlouhodobé změny využití krajiny České republiky. *Životné prostredie*, 38, 2, 81–85.
- BIČÍK, I., GABROVEC, M., KUPKOVÁ, L. (2019): Long-term land-use changes: A comparison between Czechia and Slovenia. *Acta geographica Slovenica*, 59, 2, 91–106.
- BIČÍK, I., JANČÁK, V. (2005): Transformační procesy v českém zemědělství po roce 1990. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, katedra sociální geografie a regionálního rozvoje, Praha.
- BIČÍK, I., JELEČEK, L., ŠTĚPÁNEK, V. (2001): Land-use changes and their social driving forces in Czechia in the 19th and 20th centuries. *Land Use Policy*, 18, 1, 65–73.
- BIČÍK, I., KUPKOVÁ, L., JELEČEK, L., KABRDA, J., ŠTYCH, P., JANOUŠEK, Z., WINKLEROVÁ, J. (2015): *Land Use Changes in the Czech Republic 1845-2010: Socio-Economic Driving Forces*. Springer, Cham.
- BOUDNÝ, Z. (2016): Změny funkcí a využití ploch v modelových územích Česka. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, katedra sociální geografie a regionálního rozvoje, Praha.
- BRAVENÝ, L. (2008): Digitální modely terénu a modelování prostorových dat. In: Štych, P. et al. (eds.): *Vybrané funkce geoinformačních systémů*. Česká kosmická kancelář, Praha, 80–129.
- BRŮHA, L. (2017): Modely prostorových dat v GIS: od 2D k 3D. *Geografické rozhledy*, 26, 4, 18–19.
- BRUNA, V., KŘOVÁKOVÁ, K., NEDBAL, V. (2005): Stabilní katastr jako zdroj informací o krajině. *Historická geografie*, 33, 1, 397–409.

- BUMBA, J. (2007): České katastry od 11 do 21. století. Grada, Praha.
- CADMAPPER (2019): CADMAPPER: Worldwide map files for any design program, <https://cadmapper.com/> (cit. 2. 6. 2019).
- CAJHAML, J., KREJČÍ, J. (2008): Využití starých map pro výzkum krajiny. Sborník z konference GIS Ostrava, 27, 30, 1–10.
- CENIA (2009): Kontaminovaná místa, <https://kontaminace.cenia.cz/> (cit. 1. 6. 2019).
- ČADA, V. (2003): Robustní metody tvorby a vedení digitálních katastrálních map v lokalitách sáhových map. Habilitační práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, katedra matematiky, oddělení geomatiky, Plzeň.
- ČADA, V. (2007): Přednáškové texty z Geodézie, <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/index.html> (cit. 10. 5. 2019).
- ČSÚ (2015): Historický lexikon obcí České republiky - 1869 - 2011, <https://www.czso.cz/csu/czso/historicky-lexikon-obci-1869-az-2015> (cit. 20. 5. 2019).
- ČÚZK (2018): ZABAGED® - výškopis - úvod, [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(jffozyyvtn0em3lmdhlf5dyy\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&text=vyskopisZBG&side=vyskopis&head\\_tab=sekce-02-gp&menu=30](https://geoportal.cuzk.cz/(S(jffozyyvtn0em3lmdhlf5dyy))/Default.aspx?mode=TextMeta&text=vyskopisZBG&side=vyskopis&head_tab=sekce-02-gp&menu=30) (cit. 3. 4. 2019).
- ČÚZK (2019a): Ortofoto České republiky - úvod, [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(kjwkp5w3zcnbfmnlwthqpl1\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&text=ortofoto\\_info&side=ortofoto](https://geoportal.cuzk.cz/(S(kjwkp5w3zcnbfmnlwthqpl1))/Default.aspx?mode=TextMeta&text=ortofoto_info&side=ortofoto) (cit. 8. 4. 2019).
- ČÚZK (2019b): RÚIAN, <https://www.cuzk.cz/ruian/> (cit. 29. 3. 2019).
- DĚDKOVÁ, P. (2012): 3D vizualizace zaniklé obce a její hodnocení z hlediska uživatelské kognice. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, katedra geoinformatiky, Olomouc.
- DIAKITÉ, A. A., ZLATANOVA, S. (2018): Spatial subdivision of complex indoor environments for 3D indoor navigation. *International Journal of Geographical Information Science*, 32, 2, 213–235.
- DIBAVOD (2017): VÚV T.G.Masaryka - Oddělení GIS - Struktura DIBAVOD, <http://www.dibavod.cz/index.php?id=27> (cit. 26. 6. 2019).
- DUDÁČEK, O. (2016): Rekonstrukční modely území lokality Páště. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, katedra matematiky, oddělení geomatiky, Plzeň.
- DUDÁK, V. (2003): Šumava – příroda, historie, život. Baset, Praha.
- EEA (2017): Landscapes in transition — An account of 25 years of land cover change in Europe—European Environment Agency, <https://www.eea.europa.eu/publications/landscapes-in-transition> (cit. 16. 5. 2019).

- ESRI (2018a): How Kriging works—Help | ArcGIS Desktop, <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/3d-analyst/how-kriging-works.htm> (cit. 7. 6. 2019).
- ESRI (2018b): How Spline works—Help | ArcGIS Desktop, <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/3d-analyst/how-spline-works.htm> (cit. 7. 6. 2019).
- ESRI (2019): Fundamentals of georeferencing a raster dataset, <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/fundamentals-for-georeferencing-a-raster-dataset.htm> (cit. 6. 6. 2019).
- FERANEC, J., JAFFRAIN, G., SOUKUP, T., HAZEU, G. (2010): Determining changes and flows in European landscapes 1990-2000 using CORINE land cover data. *Applied Geography*, 30, 1, 19–35.
- GISAT (2019): Gisat/Landsat, <http://www.gisat.cz/content/cz/dpz/prehled-druzicovych-systemu/landsat> (cit. 24. 6. 2019).
- GOOGLE (2019): Uploading to Poly - Google Help, <https://support.google.com/poly/answer/7562662?hl=en> (cit. 1. 7. 2019).
- GUIDI, G., RUSSO, M. (2011): Diachronic 3D reconstruction for lost cultural heritage. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII-5/W16, 371–376.
- HÁJEK, P. (2018): Virtuální 3D mapy z pohledu kartografie. *Disertační práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, katedra matematiky, oddělení geomatiky, Plzeň.*
- HERMAN, L., ŘEZNÍK, T. (2015): 3D web visualization of environmental information - Integration of heterogeneous data sources when providing navigation and interaction. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 40, 3W3, 479–485.
- HOLZMAN, O. (2019): Zakladatel Seznamu Lukačovič prodal své 3D mapy Melown. Kupcem je švédský technologický obr s firmou Leica - CzechCrunch, <https://www.czechcrunch.cz/2019/06/zakladatel-seznamu-ivo-lukacovic-prodal-svuj-mapovy-projekt-melown-kupuje-ho-svedsky-technologicky-obr-se-slavnou-znackou-leica/?fbclid=IwAR0EI4R4dPCXSRKqMPKonyaMtZvjcxghhyCW25CfsMzQEQbPFszQrgRxIX8> (cit. 1. 7. 2019).
- HOMOLA, J. (2019): 3D tisk - 3D-tisk.cz, <https://www.3d-tisk.cz/wiki/3d-tisk/> (cit. 25. 6. 2019).
- HONGBING, W., JUN, Q., YONGHONG, H., LI, D. (2010): Optimal tree design for daylighting in residential buildings. *Building and Environment*, 45, 12, 2594–2606.
- JANEČKA, K., SOUČEK, P. (2017): A Country Profile of the Czech Republic Based on an LADM for the Development of a 3D Cadastre. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6, 5, 143.

JEDLIČKA, K., ČERBA, O., HÁJEK, P., (2013): Creation of Information-Rich 3D Model in Geographic Information System - Case Study at the Castle Kozel. *Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing, Conference Proceedings*, 1, 685-692.

JELEČEK, L., KABRDA, J. (2015): Změny ve využití ploch Česka 1990 – 2010 a jejich společenské hybné síly. *Geografické informácie*, 19, 2, 38–61.

JELÉNEK, J. (2010): 3D rekonstrukce krajiny na příkladu zaniklých obcí v českém pohraničí a vojenských újezdech. *Bakalářská práce*. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Zdiby.

JOBST M., GERMANCIS T. (2007) The Employment of 3D in Cartography — An Overview. In: Cartwright, W., Peterson, M.P., Gartner, G. (eds.): *Multimedia Cartography*. Springer, Berlin, 217-228.

KERLOW, I. (2011): *Mistrovství 3D animace*. Computer Press, Brno.

KHRONOS, G. (2019): COLLADA Overview - The Khronos Group Inc, <https://www.khronos.org/collada/> (cit. 24. 6. 2019).

Ki, J., (2011): Developing a Geospatial Web-GIS System for Landscape and Urban Planning. *International Journal of Digital Earth*, 6, 6, 580-588.

KLEPEIS, N. E., NELSON, W. C., OTT, W. R., ROBINSON, J. P., TSANG, A. M., SWITZER, P., BEHAR, J. V., HERN, S. C., ENGELMANN, W. H. (2001): The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): A resource for assessing exposure to environmental pollutants. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 11, 3, 231–252.

KOLBE, T. H. (2009): Representing and Exchanging 3D City Models with CityGML. In: Lee, J., Zlatanova, S. (eds.): *3D Geo-Information Sciences. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, Springer, Berlin, 15-31.

KRYSHENYK, P. (2013): 3D vizualizace rekonstruovaných sídel ve webovém prostředí. *Bakalářská práce*. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Praha.

KUPKOVÁ, L., BIČÍK, I., NAJMAN, J. (2013): Land Cover Changes along the Iron Curtain 1990-2006. *Geografie*, 118, 2, 95–115.

KUPKOVÁ, L., BIČÍK, I., BOUDNÝ, Z. (2019): Long-term land-use / land-cover changes in Czech border regions. *Acta geographica Slovenica*, 59, 2, 107–118.

LIESKOVSKÝ, J., KAIM, D., BALÁZS, P., BOLTÍŽIAR, M., CHMIEL, M., GRABSKA, E., KIRÁLY, G., KONKOLY-GYURÓ, É., KOZAK, J., ANTALOVÁ, K., KUCHMA, T., MACKOVČIN, P., MOJSES, M., MUNTEANU, C., OSTAFIN, K., OSTAPOWICZ, K., SHANDRA, O., STYCH, P., RADELOFF, V. C. (2018): Historical land use dataset of the carpathian region (1819–1980). *Journal of Maps*, 14, 2, 644–651.

LIPSKÝ, Z. (2010): Kam se ubírá česká krajina? *Geographia Cassoviensis*, 4, 2, 77–83.

- MACEŠKA, D. (2018): Analýza software pro tvorbu 3D modelů interiérů. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Praha.
- MAREK, L. (2013): Konec uživatelských 3D modelů v Google Earth | GISportal.cz, <https://gisportal.cz/konec-uzivatelskych-3d-modelu-v-google-earth/>. (cit. 6. 7. 2019).
- MÍCHAL, L. (1994): Ekologická stabilita. Veronika, Brno.
- MITÁŠ, L., MITÁŠOVÁ, H. (1999): Spatial Interpolation. In: Longley, P., Al., E. (eds.): Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications. Wiley, New York, 481–492.
- MÜNSTER, S., KRÖBER, C., HEGEL, W., PFARR-HARFST, M., PRECHTEL, N., UHLEMANN, R., HENZE, F. (2016): First Experiences of Applying a Model Classification for Digital 3D Reconstruction in the Context of Humanities Research. In: Ioannides, M., Fink, E., Moropoulou, A., Hagedorn-saupe, M., Fresa, A., Liestøl, G., Rajcic, V., Grussenmeyer, P. (eds.): Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection. Springer, Cham, 477–490.
- OGC (2019): CityGLM|OGC, <https://www.opengeospatial.org/standards/citygml> (cit. 2. 7. 2019).
- ORTEGE-CÓRDOVA, L. (2018): Urban Vegetation Modeling 3D Levels of Detail. Diplomová práce. Delft University of Technology, Faculty of Architecture & the Built Environment, Department of Urbanism, Delft.
- PAVELKA, K. (2003): Fotogrammetrie. ČVUT, Praha.
- POPELKA, S., BRYCHTOVÁ, A., (2012): The historical 3D map of lost Olomouc fortress creation. In: SVOBODOVÁ, H. (eds.): Proceedings of the 19th International Conference on Geography and Geoinformatics: Challenges for practise and education. Brno, 147-154.
- PRÍBELA, M. (2017): Budova fakulty v Unreal Engine 4. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, katedra informatiky, Olomouc.
- RAPHAËLE, H., LAURE, C. (2014): 3D Modeling of Buildings: Outstanding Sites. Wiley-ISTE, London.
- RICHARDS-RISSETTO, H. (2017): What can GIS + 3D mean for landscape archaeology? Journal of Archaeological Science, 84, 10–21.
- RODRÍGUEZ-GONZÁLVEZ, P., GUERRA CAMPO, Á., MUÑOZ-NIETO, Á., SÁNCHEZ-APARICIO, L., GONZÁLEZ-AGUILERA, D. (2019): Diachronic Reconstruction and Visualization of Lost Cultural Heritage Sites. ISPRS International Journal of Geo-Information, 8, 2, 61.
- ROOT.CZ (2008): XML + 3D = X3D, <https://www.root.cz/clanky/xml-3d-x3d/> (cit. 29. 6. 2019).
- ROUČKA, Z. (2011a): Předválečnou Šumavou. ZR & T, Plzeň.

- ROUČKA, Z. (2004b): Tenkrát na Šumavě. ZR & T, Plzeň.
- SCHMIDT, M. A. R., DELAZARI, L. S. (2011): User Testing with Tools for 3D Visual Navigation. In: Ruas, A. (ed.): Proceedings of the 25th International Cartographic Conference, CO-006.
- SHEPHERD, I. D. H. (2008): Travails in the third dimension: a critical evaluation of three-dimensional geographical visualization. In: Dodge, M., McDerby, M., Turner, M. (eds.): Geographic Visualization. Wiley, Chichester, 199–222.
- SIKOROVÁ, L. (2014): Tvorba 3D modelu budovy. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, ústav geodézie, Brno.
- SIMONSE, M., VERBREE, E., VAN ASPEREN, P., VAN DER VEGT, J. W. (2000): Construction of the 3DTOP10 – Integration of Countrywide Planimetric Data and Laser altimetry Data to Support 3D-Visualisation and Analysis. In: Molenaar, M., Beek, K. J. (eds.): XIXth Congress ISPRS 2000. XXXIII of International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Amsterdam, 995–1002.
- SKALOŠ, J., KAŠPAROVÁ, I. (2012): Landscape memory and landscape change in relation to mining. Ecological Engineering, 43, 60–69.
- SKETCHFAB (2019): Supported 3D File Formats – Sketchfab Help Center, <https://help.sketchfab.com/hc/en-us/articles/202508396-Supported-3D-File-Formats> (cit. 1. 7. 2019).
- SWANSON J. (1999): The Cartographic Possibilities of VRML. In: Cartwright, W., Peterson, M.P., Gartner, G. (eds.): Multimedia Cartography. Springer, Berlin, 181-194.
- SZIF (2019): LPIS - Státní zemědělský investiční fond, <https://www.szif.cz/cs/lpis> (cit. 26. 5. 2019).
- TAIT, M. G. (2005): Implementing geoportals: Applications of distributed GIS. Computers, Environment and Urban Systems, 29, 1, 33–47.
- TELEVIZE SEZNAM (2019): Zmizelá Šumava | TelevizeSeznam.cz, <https://www.televizeznam.cz/porad/zmizela-sumava> (cit. 17. 7. 2019).
- TSE, R. O. C., GOLD, C. (2004): TIN meets CAD—extending the TIN concept in GIS. Future Generation Computer Systems, 20, 7, 1171–1184.
- VAN OOSTEROM, P. (ed.).(2018): Best Practices 3D Cadastres. International Federation of Surveyors, Copenhagen.
- VONDRUŠKA, V. (2014): Život staré Šumavy. Vyšehrad, Praha.
- VÚGTK (2019a): Slovník VÚGTK, [https://www.vugtk.cz/slovník/termin.php?jazykova\\_verze=&tid=1050&l=digitalni-model-reliefu--digitalni-model-terenu-\(dmr--dmt\)](https://www.vugtk.cz/slovník/termin.php?jazykova_verze=&tid=1050&l=digitalni-model-reliefu--digitalni-model-terenu-(dmr--dmt)) (cit. 26. 5. 2019).

VÚGTK (2019b): Slovník VÚGTK,

[https://www.vugtk.cz/slovník/termin.php?jazykova\\_verze=&tid=1052&l=digitalni-model-uzemi-\(dmu\)](https://www.vugtk.cz/slovník/termin.php?jazykova_verze=&tid=1052&l=digitalni-model-uzemi-(dmu)) (cit. 26. 5. 2019).

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. Longman, London.

XU, R., CHEN, W., XU, Y., JI, S. (2015): A new indoor positioning system architecture using GPS signals. *Sensors*, 15, 5, 10074–10087.

ZHU, X. (2016): GIS for Environmental Applications. Routledge, London.

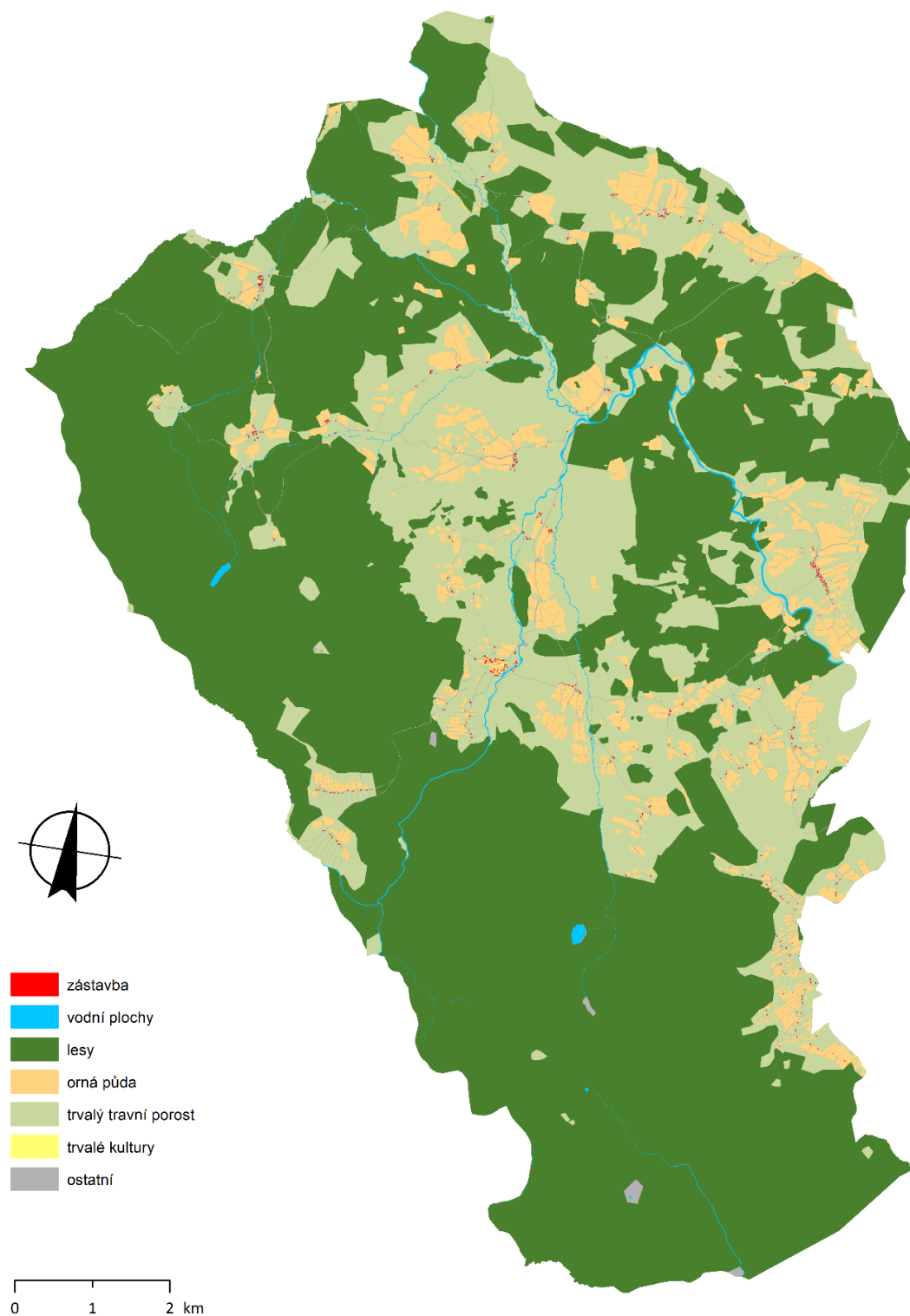
ŽÁRA, J., BENEŠ, B., SOCHOR, J., FELKEL, P. (2004): Moderní počítačová grafika. Computer Press, Praha.

## 10 PŘÍLOHY

Příloha č. 1 – Krajinný pokryv v modelovém území v roce 1837.....	61
Příloha č. 2 – Krajinný pokryv v modelovém území v letech 1949–1962.....	62
Příloha č. 3 – Krajinný pokryv v modelovém území v roce 2017.....	63
Příloha č. 4 – Přehled roků snímání modelového území.....	64
Příloha č. 5 – Legenda projektu NAKI.....	65
Příloha č. 6 – Změny krajinného pokryvu v modelovém území mezi lety 1837–2017.....	66
Příloha č. 7 – Změny trvalého travního porostu v modelovém území mezi lety 1837–2017.....	67
Příloha č. 8 – Změny orné půdy v modelovém území mezi lety 1837–2017.....	68
Příloha č. 9 – Změny jednotlivých kategorií na les v modelovém území mezi lety 1837–2017.....	69
Příloha č. 10 – Srovnání fotografie a modelu Hůrky, pohled od východu.....	70
Příloha č. 11 – Srovnání fotografie a modelu Hůrky, v popředí kostel a hotel.....	71
Příloha č. 12 – Srovnání fotografie a modelu Hůrky od tzv. Pytláckých domků.....	72
Příloha č. 13 – Současný pohled od tzv. bývalých Pytláckých domků ve směru k Hůrce.....	73
Příloha č. 14 – Hůrka dnes, zbytky kostela sv. Vincence a kaple sv. Kříže.....	73
Příloha č. 16 – Stromořadí v Hůrce směrem k jezeru Laka.....	74
Příloha č. 17 – Kaple sv. Kříže při pohledu z cesty z Nové Hůrky.....	75
Příloha č. 18 – Stromořadí podél cesty z Nové Hůrky.....	75

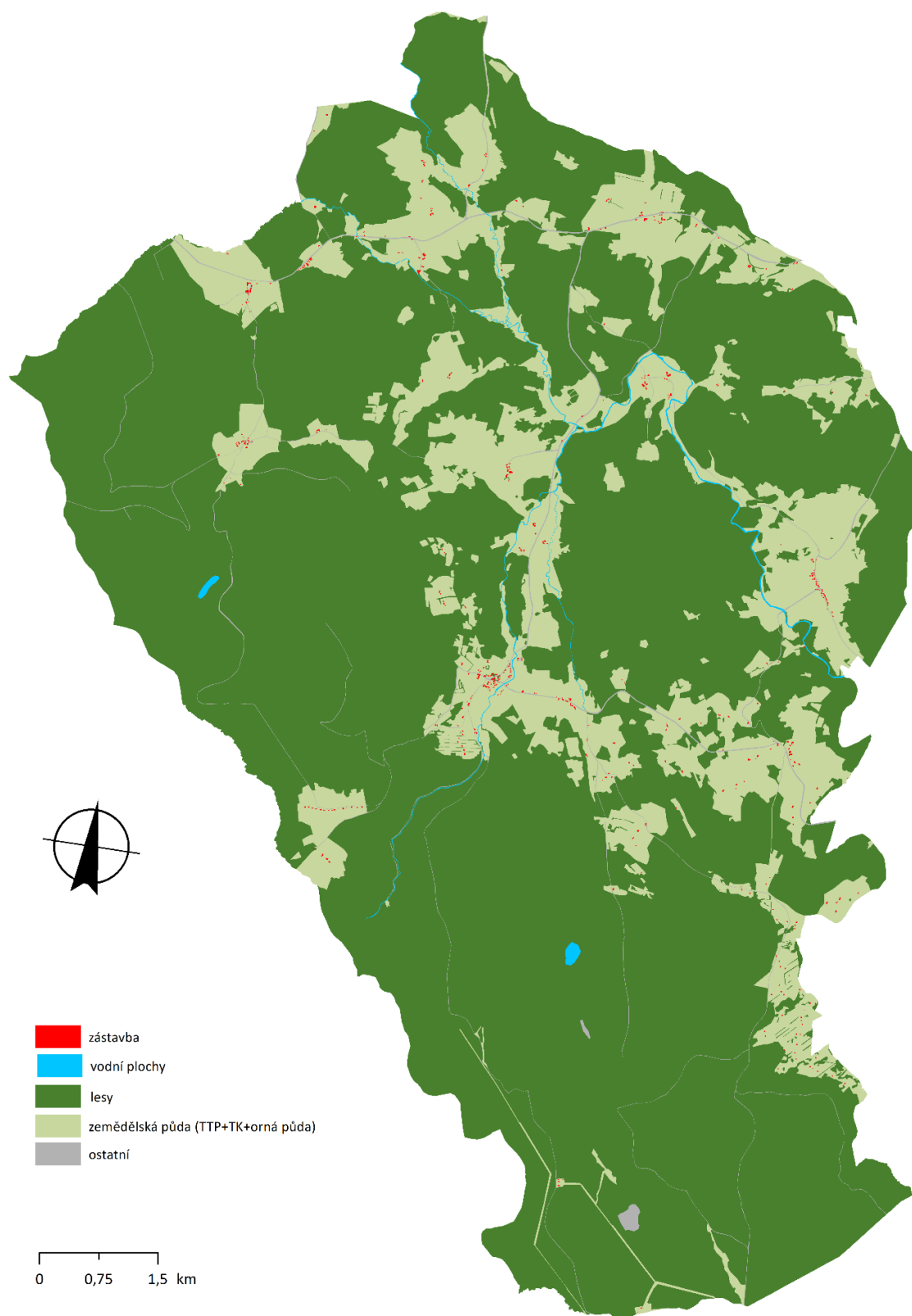


*Příloha č. 1 – Krajinný pokryv v modelovém území v roce 1837*



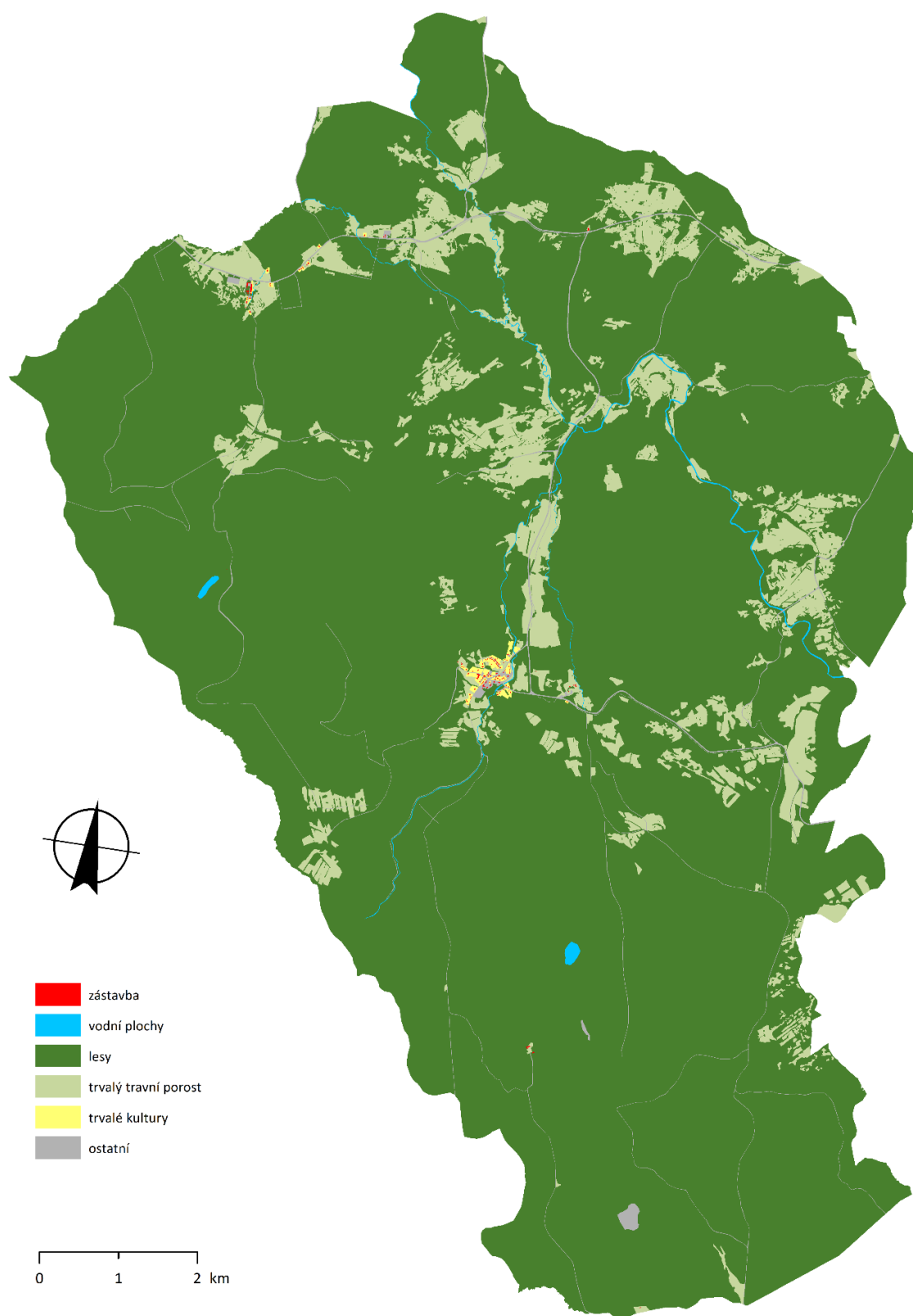
*Zdroj: vlastní tvorba*

*Příloha č. 2 – Krajinný pokryv v modelovém území v letech 1949–1962*



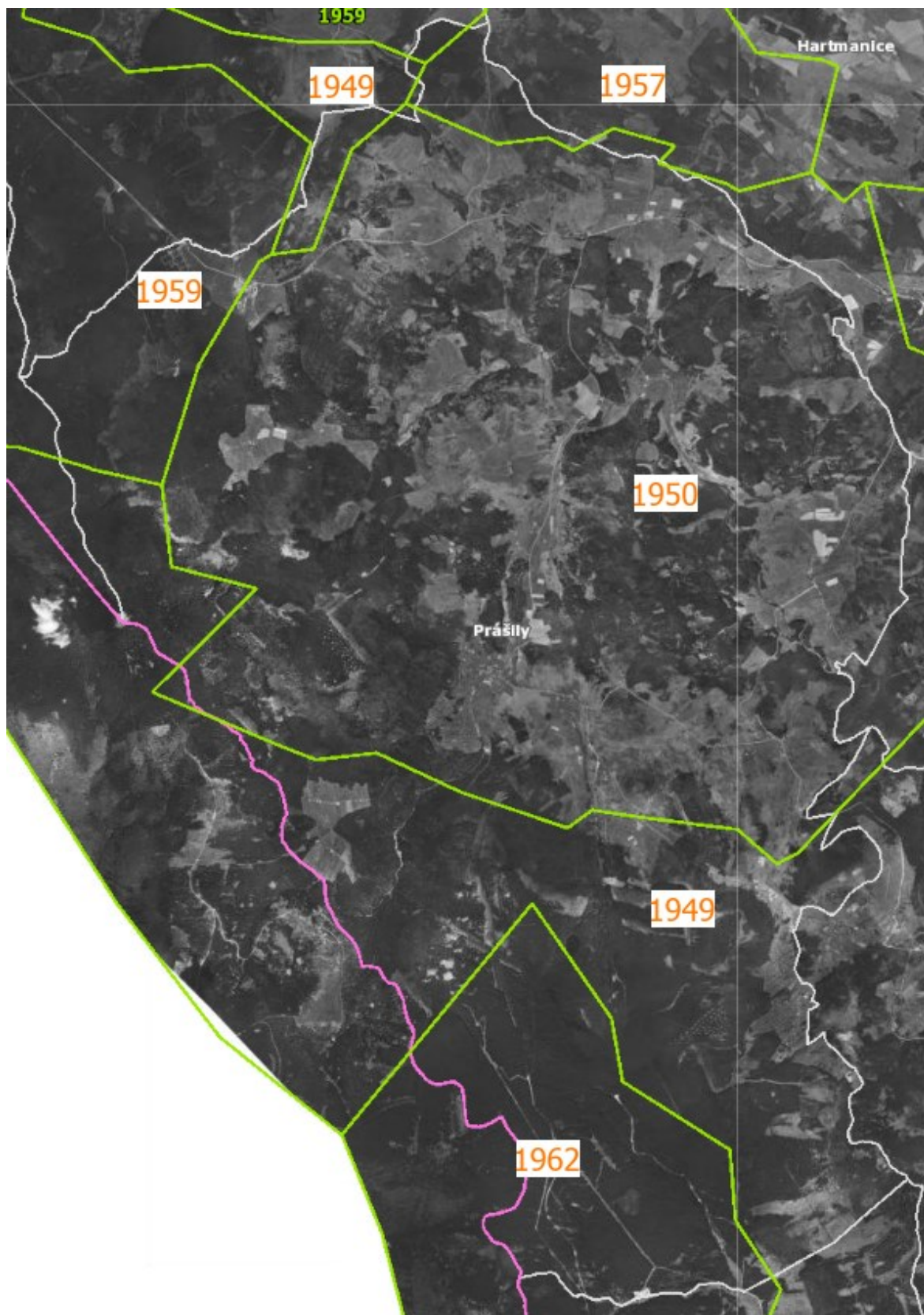
*Zdroj: vlastní tvorba*

*Příloha č. 3 – Krajinný pokryv v modelovém území v roce 2017*



*Zdroj: vlastní tvorba*

*Příloha č. 4 – Přehled roků snímání modelového území*



*Zdroj: vlastní tvorba, Cenia*

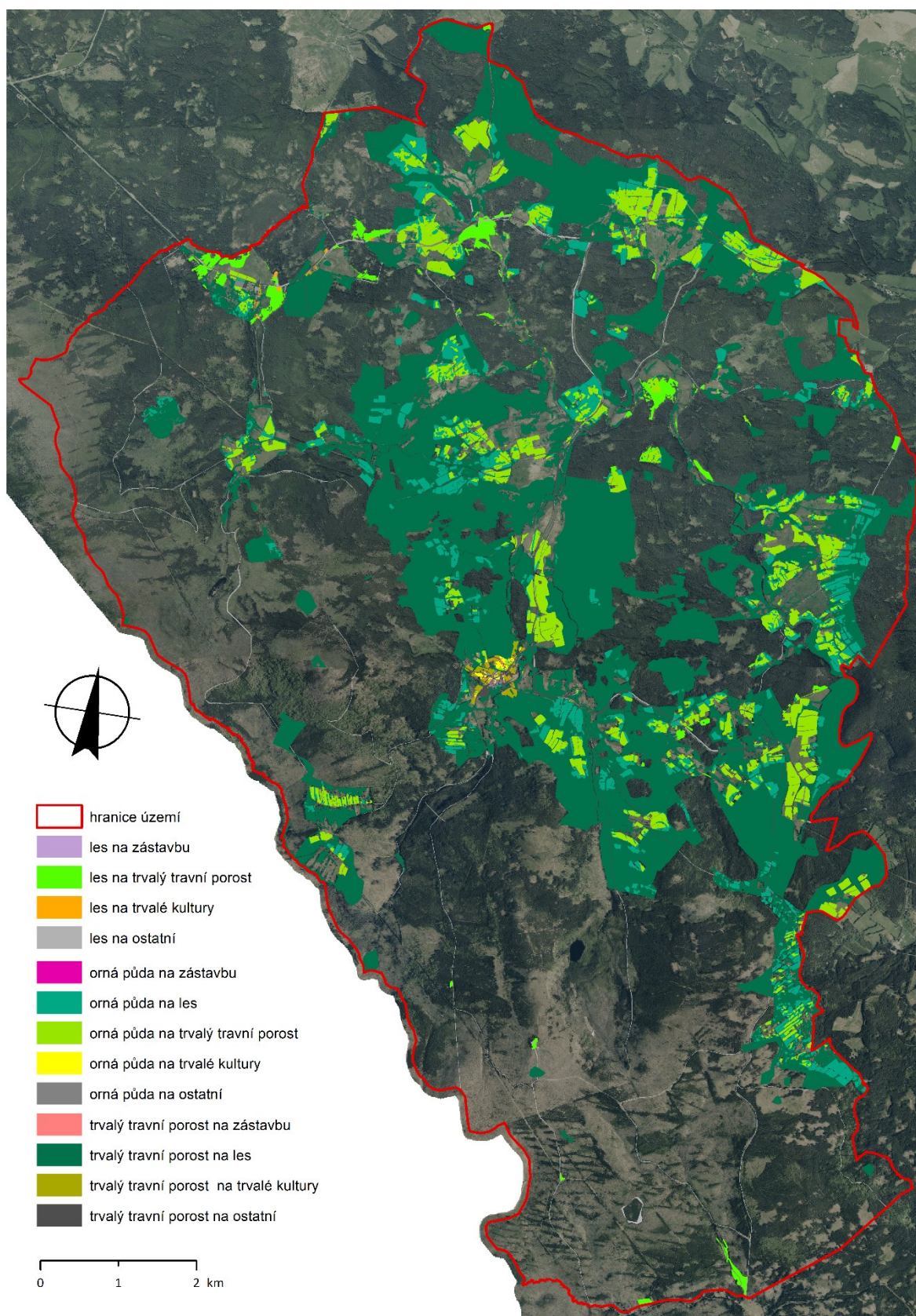
Příloha č. 5 – Legenda projektu NAKI

	sloupce v databázi			
legenda 1 a 2 název	legenda1	legenda2	legenda3	legenda 3 název
budova (značená v mapě žlutou barvou)	1	100	1	zástavba
budova veřejná (v mapě tmavě červená)	1	102	1	zástavba
budova z nespalitelných materiálů (v mapě světle červená)	1	103	1	zástavba
budova hospodářská (v mapě oranžová)	1	104	1	zástavba
komunikace (bez rozlišení)	2	200	9	ostatní
náměstí (+ přilehlé ulice v centru města)	2	201	9	ostatní
vodní tok nebo plocha	3	300	3	vodní plocha
les jehličnatý	4	400	4	les
les listnatý	4	401	4	les
les smíšený	4	402	4	les
les mladý	4	403	4	les
remízky, houští a křoviny	4	404	4	les
podrost	4	406	4	les
kleč	4	407	4	les
orná půda	5	500	5	orná půda
orná půda se stromy (vinicemi)	5	501	5	orná půda
orná půda jiné využití	5	502	5	orná půda
louka	6	600	7	TTP
louka podmáčená	6	601	7	TTP
louka s ovocnými stromy (vinicemi)	6	602	7	TTP
louka s užitkovým dřívím	6	603	7	TTP
pastvina	7	700	7	TTP
pastvina obecní	7	701	7	TTP
pastvina se stromy	7	702	7	TTP
zahrada	8	800	8	trvalé kultury
zahrada zelinářská	8	801	8	trvalé kultury
zahrada s ovocnými stromy	8	802	8	trvalé kultury
ovocný sad	9	900	8	trvalé kultury
ovocný sad s okrasnými stromy nebo kaštanový háj	9	901	8	trvalé kultury
park	10		9	ostatní
park anglický	10	1001	9	ostatní
vinice	11		9	ostatní
vinice se stromy	11	1101	9	ostatní
chmelnice	12		9	ostatní
kopanina	13		9	ostatní
kamenolom	14		9	ostatní
holé skály	15		9	ostatní
hřbitov	16		9	ostatní
dvorek, nevyužitá plocha	17		9	ostatní
most	18		9	ostatní
most dřevěný	18	1801	9	ostatní
most kamenný	18	1802	9	ostatní
most železný	18	1803	9	ostatní
přívoz	19		9	ostatní
bažina	20		9	ostatní
ostatní	21		9	ostatní
pískovny, štěrkoviště, jíloviště	22		9	ostatní

Zdroj: NAKI



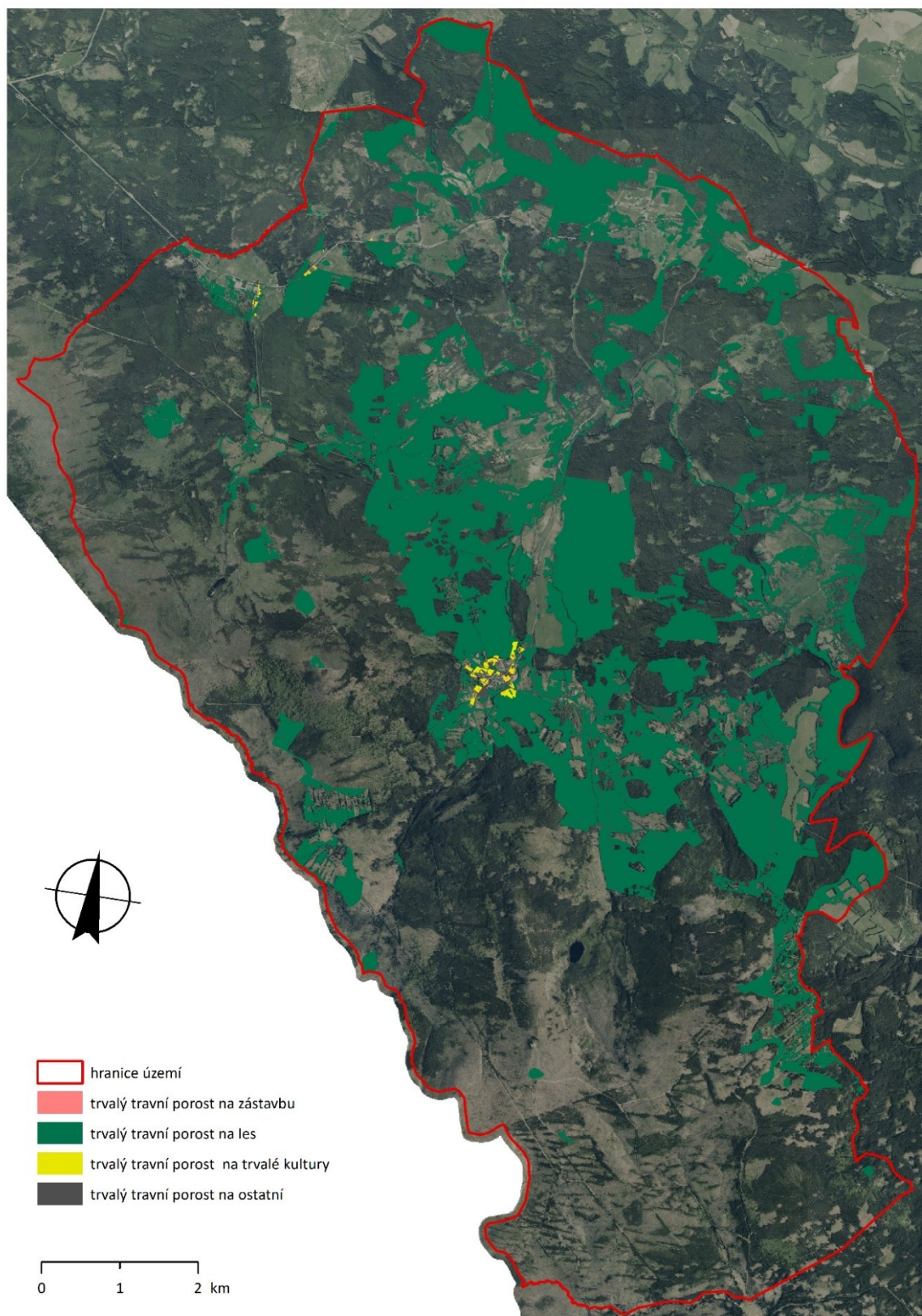
Příloha č. 6 – Změny krajinného pokryvu v modelovém území mezi lety 1837–2017



Zdroj: vlastní tvorba, ČÚZK



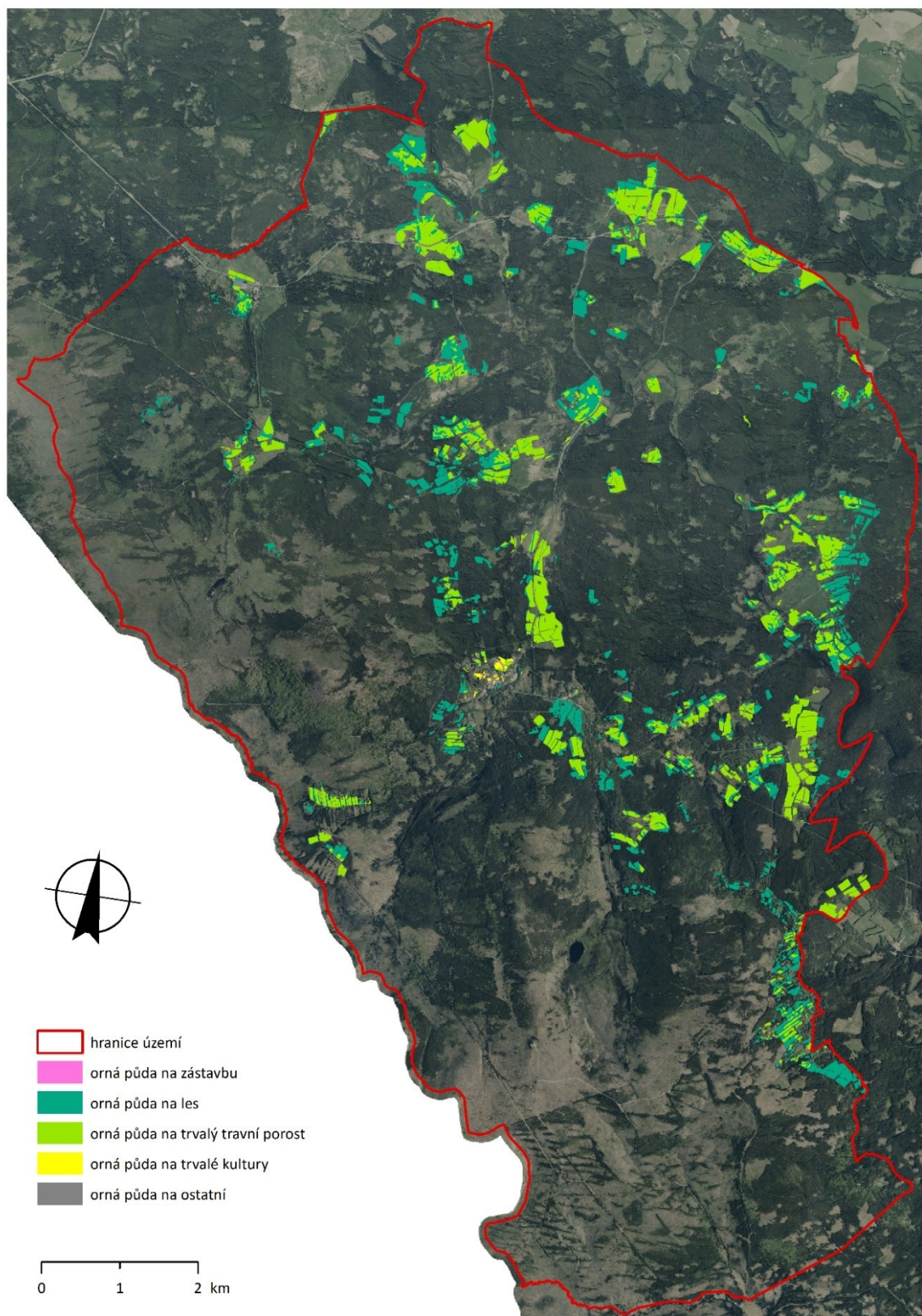
Příloha č. 7 – Změny trvalého travního porostu v modelovém území mezi lety 1837–2017



Zdroj: vlastní tvorba, ČÚZK

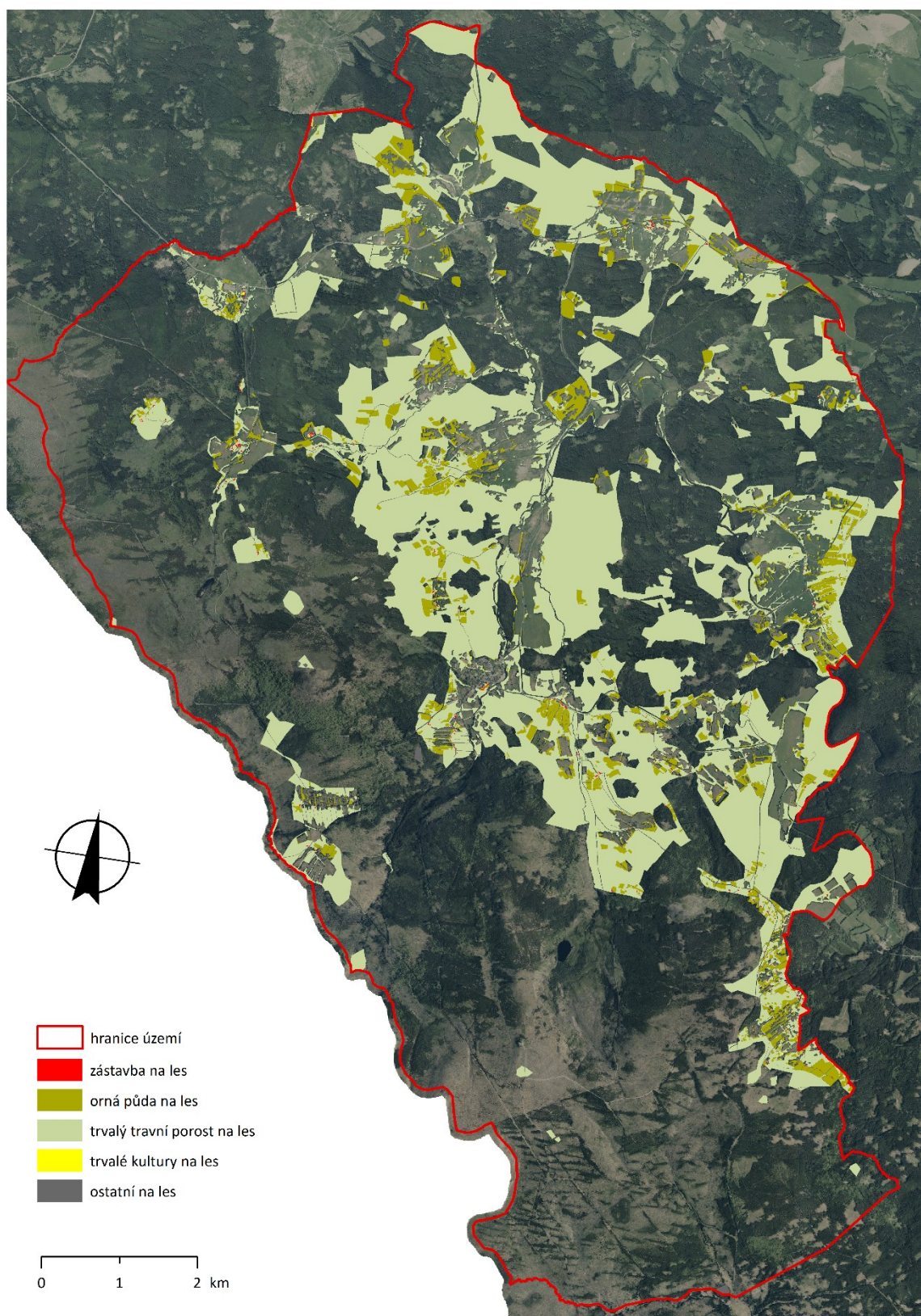


*Příloha č. 8 – Změny orné půdy v modelovém území mezi lety 1837–2017*



*Zdroj: vlastní tvorba, ČÚZK*





Zdroj: vlastní tvorba, ČÚZK



*Příloha č. 10 – Srovnání fotografie a modelu Hůrky, pohled od východu*



*Zdroj: Zmizelá Šumava, Televize Seznam*



*Zdroj: vlastní tvorba*

*Příloha č. 11 – Srovnání fotografie a modelu Hůrky, v popředí kostel a hotel*



*Zdroj: Zmizelá Šumava, Televize Seznam*

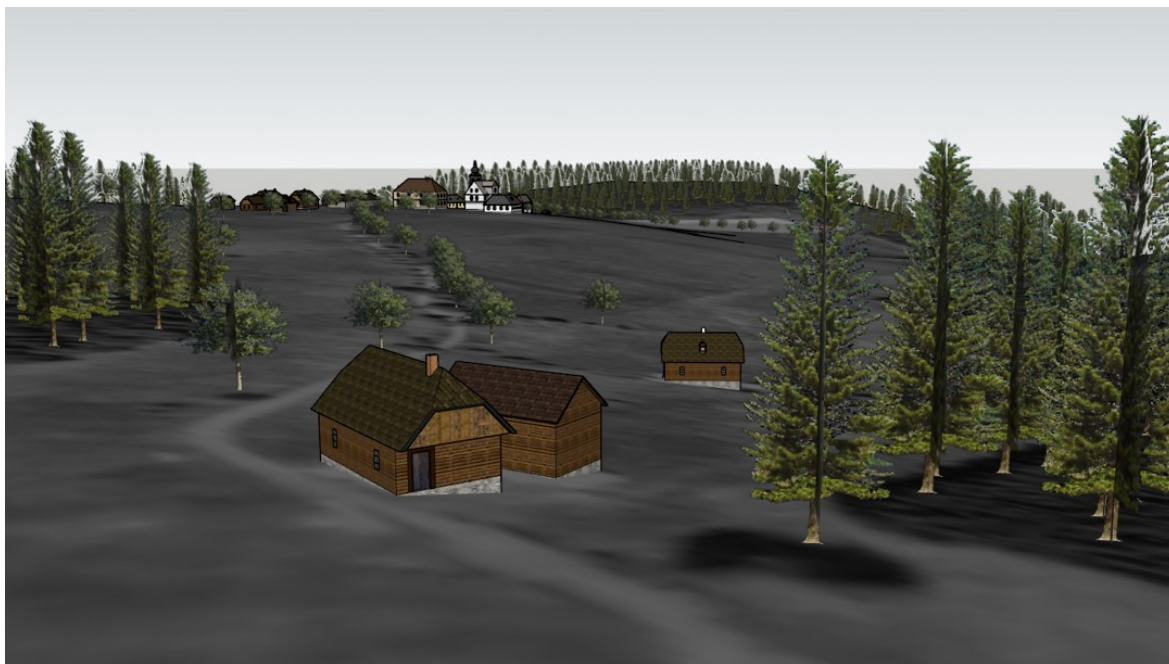


*Zdroj: vlastní tvorba*

*Příloha č. 12 – Srovnání fotografie a modelu Hůrky od tzv. Pytláckých domků*



*Zdroj: Zmizelá Šumava, Televize Seznam*



*Zdroj: vlastní tvorba*



*Příloha č. 13 – Současný pohled od tzv. bývalých Pytláckých domků ve směru k Hůrce*



*Zdroj: vlastní tvorba*

*Příloha č. 14 – Hůrka dnes, zbytky kostela sv. Vincence a kaple sv. Kříže*



*Zdroj: vlastní tvorba*



*Příloha č. 15 – Trvalé travní porosty směrem k hranici s Německem*



*Zdroj: vlastní tvorba*

*Příloha č. 16 – Stromořadí v Hůrce směrem k jezeru Laka*



*Zdroj: vlastní tvorba*

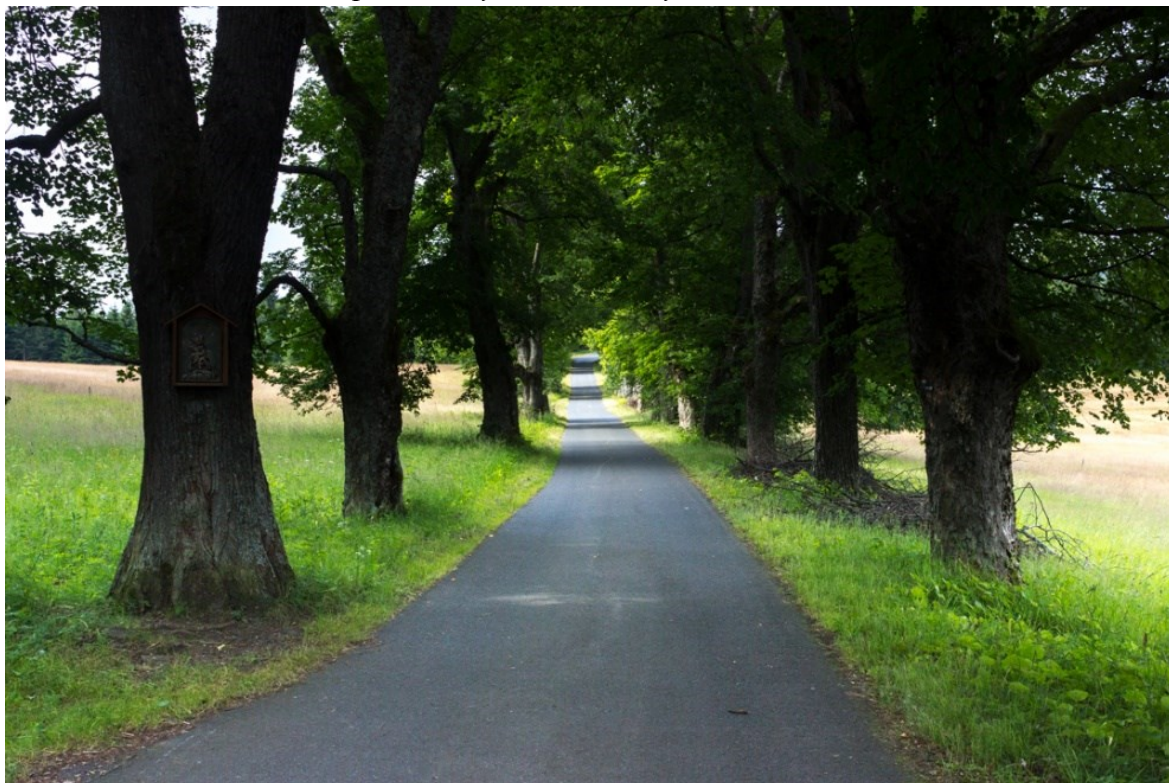


*Příloha č. 17 – Kaple sv. Kříže při pohledu z cesty z Nové Hůrky*



*Zdroj: vlastní tvorba*

*Příloha č. 18 – Stromořadí podél cesty z Nové Hůrky*



*Zdroj: vlastní tvorba*