

Sem vložte zadání Vaší práce.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA GEOMATIKY
STUDIJNÍ PROGRAM GEODEZIE A KARTOGRAFIE
STUDIJNÍ OBOR GEOMATIKA



Diplomová práce

Kartografická vizualizace vývoje území v údolí řeky Otavy v okolí Strakonic

Bc. Petra Pasovská

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Janata, Ph.D.

5. května 2019

Poděkování

Děkuji Ing. Tomáši Janatovi, Ph.D., za odborné vedení práce a cenné rady, které mi pomohly tuto práci zkompletovat. Velké díky také patří mé rodině a přátelům, kteří mi byli po dobu zpracování velkou oporou. Ráda bych také poděkovala panu Ladislavu Höllovi, který mi velmi pomohl se sběrem historických fotografií použitých v této práci a pracovníkům Stavebního úřadu ve Strakonicích za zapůjčení stavebních plánů Strakonického hradu.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona, ve znění pozdějších předpisů, zejména skutečnost, že České vysoké učení technické v Praze má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

V Praze dne 5. května 2019

.....

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební

© 2019 Petra Pasovská. Všechna práva vyhrazena.

Tato práce vznikla jako školní dílo na Českém vysokém učení technickém v Praze, Fakultě stavební. Práce je chráněna právními předpisy a mezinárodními úmluvami o právu autorském a právech souvisejících s právem autorským. K jejímu užití, s výjimkou bezúplatných zákonných licencí, je nezbytný souhlas autora.

Odkaz na tuto práci

Pasovská, Petra. *Kartografická vizualizace vývoje území v údolí řeky Otavy v okolí Strakonic.* Diplomová práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, 2019.

Abstrakt

Cílem této práce je vizualizace údolí řeky Otavy ve vybraném zájmovém území. Podstatou práce je zpracování kartografických podkladů pro různé časové hladiny. Pro demonstraci jednotlivých časových hladin byly vytvořeny dílčí tematické mapy. Výsledné zpracování dat je doplněno o generalizovaný 3D model Strakonického hradu. Okolí hradu je následně doplněno o objekty vytvořené konceptuálním modelováním v programu CityEngine. Součástí práce je také sběr historických fotografií zachycujících řeku Otavu a jejich porovnání se současným stavem. Výsledky jsou prezentovány formou webových stránek.

Klíčová slova Otava, řeka, údolí, Strakonice, georeferencování, vektorizace, 3D model, ArcGIS, CityEngine, Sketchup

Abstract

The aim of this work is visualize the Otava River valley in the selected area of interest. The essence of this thesis is the processing of cartographic materials for various time periods. Sub-thematic maps were created to demonstrate the individual time periods. The result is complemented by a generalized 3D model of Strakonice Castle. The surrounding of the castle is supplemented with objects created by conceptual modeling in the CityEngine program. The thesis also includes the collection of historical photographs depicting the Otava River and their comparison with the current state. The results are presented in web pages.

Keywords Otava, river, valley, Strakonice, georeferencing, vectorization, 3D model, ArcGIS, CityEngine, Sketchup

Obsah

Úvod	1
1 Rešerše literatury	3
2 Otava	5
2.1 Hydrologie	5
2.2 Významná města na Otavě	9
2.3 Významné skutečnosti související s Otavou	14
3 Použitá data	17
3.1 Stavební plány Strakonického hradu	17
3.2 Kartografické podklady	18
3.3 Fotodokumentace	21
4 Rovinné transformace	23
4.1 Podobnostní transformace	25
4.2 Polynomická transformace	26
4.3 Projekтивní transformace	29
4.4 Křívková a vyrovnávací transformace	30
5 Příprava dat	31
5.1 Tvorba 3D modelu Strakonického hradu	31
5.2 Zpracování kartografických podkladů	35
5.3 Modelování krajiny	36
5.4 Procedurální modelování	40
5.5 Publikování výsledků na internetu	42
5.6 Porovnání výškopisu	42
6 Prezentace na webových stránkách	45
6.1 Objekty webových stránek	45

6.2	Vzhled stránek	45
6.3	Fotodokumentace	45
7	Diskuze	47
	Závěr	49
	Literatura	51
A	Seznam použitých zkratek	55
B	Obsah přiloženého CD	57

Seznam obrázků

2.1	Otava na Podskalí ve Strakonicích na podzim	6
2.2	Řeka Vydra	8
2.3	Otava v Sušici s kaplí svatých Andělů Strážných v pozadí	9
2.4	Žichovický jez, v pozadí zřícenina Rabí	11
2.5	Velký sál v Horažďovicích	11
2.6	Pohled na Strakonický hrad ze západní strany	12
2.7	Kamenný most v Písce	13
2.8	Voroplavba ve Strakonicích, 1920	15
2.9	Povodeň v roce 2002 a aktuální stav - Strakonický hrad	15
2.10	Povodeň v roce 2002 a aktuální stav - Podskalí	16
2.11	Povodeň v roce 2002 a aktuální stav - Pětikolský jez	16
2.12	Povodeň v roce 2002 a aktuální stav - Křemelka	16
3.1	Úvodní list materiálů ze stavebně historického průzkumu Strakonického hradu	18
3.2	Legenda císařských povinných otisků stabilního katastru	19
4.1	Pappova věta	30
5.1	Půdorys Strakonického hradu	32
5.2	Gotická věž Rumpál	33
5.3	II. hlavní nádvoří Strakonického hradu	33
5.4	I. hradní nádvoří a kostel sv. Prokopa	33
5.5	Vytvořený model hradu	34
5.6	Model Strakonického hradu doplněný o textury	34
5.7	Výsledný 3D model Strakonického hradu	34
5.8	Hranice zgeoreferencovaných listů CPO	37
5.9	Předpřipravený přebarvený rastr pro vektorizaci	38
5.10	Zpracovaný 2bitový rastr	38
5.11	Vizualizace krajiny v softwaru ArcGIS Pro	40
5.12	Strakonický hrad v prostředí CityEngine ve formátu KMZ	41

5.13 Strakonický hrad v prostředí CityEngine ve formátu DAE	41
5.14 Vygenerovaný les - Kněží hora u Katovic	42
5.15 Histogram rozdílu nadmořských výšek	43
5.16 Vlevo model krajiny vytvořený z dat SMO-5, vpravo DMR 5G . .	43

Úvod

Voda, nejdůležitější složka na Zemi. Zaujímá klíčové postavení nejen v přírodě, ale i v činnosti člověka. Přesto, že má voda schopnost se neustále obnovovat, její zásoby každým rokem klesají. Voda je nezbytnou součástí našich životů. Je nepostradatelným zdrojem pitné vody, využívá se pro zavlažování či v energetice.

Klíčovým tématem této práce je voda. Přesněji řeka Otava. Pro zpracování bylo vybráno území v jižních Čechách poblíž města Strakonice, nazývané též střední Pootaví, kde díky velmi suchým létům začínají vysychat studny a některé domácnosti se díky tomu mohou ocitnout zcela bez vody. Kontrastem k těmto suchým obdobím mohou být zvýšené hladiny řeky Otavy, které měly v minulosti silný negativní dopad na města, jimiž řeka protéká.

V roce 2002 byla jedna z nejničivějších povodní na Otavě, která poškodila mnoho významných památek a zničila mnoho obydlí. Následkem toho vznikla nová protipovodňová opatření a města se začala připravovat na možnost, že by takto velká voda opět přišla. V této práci bude zkoumána změna toku a říčního koryta Otavy v různých časových hladinách.

Pro zhodnocení a vizualizaci údolí řeky Otavy byla použita historická kartografická díla. Nejstarší podklady jsou Císařské povinné otisky stabilního katastru (1826-1843). Dále byla pro vizualizaci použita Státní mapa odvozená v měřítku 1 : 5000 (50. léta). Neodmyslitelným symbolem řeky Otavy a středního Pootaví je Strakonický hrad, který vznikl na soutoku Otavy a Volyňky v 1. polovině 13. století. Z důvodu významnosti této stavby byl vytvořen generalizovaný 3D model hradu, který vizuálně doplní vytvořený model řeky. V programu City Engine bylo okolí hradu doplněno objekty vytvořenými konceptuálním modelováním.

V rámci diplomové práce byl proveden také sběr historických fotografií. Pro doplnění práce byly použity nejen historické fotografie zachycující řeku Otavu, ale také fotografie Strakonického hradu a blízkého okolí hradu.

Při tvorbě práce byl kladen důraz na samostatnou investigaci materiálů. Za tímto účelem byly osobně obstarány stavební plány Strakonického hradu,

ÚVOD

historické fotografie ze soukromých sbírek a z archivů měst, jimiž řeka protéká. Při vyhledávání zdrojů a dokumentace byl uplatněn velký zájem o historii a o zpracovávanou oblast.

Diplomová práce je rozdělena na čtyři hlavní části. Začátek práce poskytuje seznámení s řekou Otavou z hydrologického, historického i kulturního hlediska. Ve druhé části jsou blíže popsána použitá data. Následně je konkrétně popsán způsob zpracování dat a metody, které byly v rámci diplomové práce použity. Závěr je věnován prezentování výsledků na webové stránce, která obsahuje jak stručné informace o historii měst ležících na Otavě, tak vygenerovaný 3D model hradu, srovnávací fotografie či vytvořené dílčí tematické mapy.

Text práce byl vytvořen v systému L^AT_EX, který uživatelům umožňuje kvalitní sazbu dokumentů.

Rešerše literatury

Tato práce se zaměřuje na tři hlavní téma - hydrologii, kartografii a modelování. Všechna téma jsou v dnešní době aktuální a existuje k nim mnoho publikací.

Knih o hydrologii byla publikována celá řada. Vzhledem k tomu, že na mnoha vysokých školách je hydrologie vyučována, vycházela jsem v této práci především ze studijních materiálů, a to zejména ze studijních materiálů VŠCHT a Univerzity Karlovy. Pro výklad termínů vztahujícím se k řekám byl použit *Meteorologický slovník* [1] vytvořený Českou meteorologickou společností (ČMeS), který je dostupný na internetu zdarma. Některé definice byly čerpány také z knihy Ladislava Slavíka a Martina Nerudy *Voda v krajině* [2].

Pro zhodnocení řeky jako takové nejvíce posloužila kniha *Základy fyzické geografie* [3]. Hydrologickou analýzou se ve velké míře zabývají na již zmíněné Univerzitě Karlově, kde byl vytvořen návod na cvičení od Miroslava Šobra [4]. Významnou publikací je také studijní materiál *Hydrologie a hydropedologie* od autorek Dany Pokorné a Jany Zábranské [5].

Kartografií zabývající se publikace jsou opět převážně studijní materiály. Pro vizualizaci zájmové oblasti byly využity historické mapy. O vzniku a vlastnostech těchto map se lze dočíst v publikaci od Růženy Zimové a profesora Bohuslava Veverky *Topografická a tematická kartografie* [6]. Tématu mapování se také věnuje profesor František Hromádka, který s kolektivem autorů publikoval učební text *Mapování* [7].

Zmíněné historické podklady bylo nutné zgeoreferencovat. Popis transformací a zpracování historických děl je kvalitně obsaženo v díle Jiřího Cajthamla *Analýza starých map v digitálním prostředí na příkladu Müllerových map Čech a Moravy* [8]. Autor se v tomto díle mimo transformace věnuje také popisu starých map našeho území a prezentaci vytvořených digitálních map.

Pro vizualizaci okolí řeky Otavy byly vytvářeny dílčí tematické mapy. Při tvorbě map je nutné dodržet stanovená kartografická pravidla. V této práci byla hlavním literárním zdrojem těchto pravidel díla od Růženy Zimové a Bohuslava Veverky *Topografická a tematická kartografie* [6], učební

1. REŠERŠE LITERATURY

text od Jaroslava Hybáška *Topografická a tematická kartografie - učební texty* [9], publikace *Vybrané okruhy geografické kartografie* od Jana D. Bláhy [10] a kniha *Metody tematické kartografie - Vizualizace prostorových jevů* od Vítěza Voženílka [11].

V rámci práce byly zkoumány možnosti 3D modelování objektů. Tomuto tématu se věnují především práce publikované v zahraničí, nejčastěji odborné články. Za zmínku jistě stojí článek *Landscape-Scale Simulation Analysis of Waterlogging and Sponge City Planning for a Central Urban Area in Fuzhou City* publikovaný v časopise Minjiangské univerzity v roce 2016 [12]. Autoři v tomto článku popisují využití 3D modelování v územním plánování vytvořené v prostředí GIS ve městě Fuzhou. Na téma 3D modelování v prostředí GIS vyšel také článek *A GIS-supported 3D approach for flood risk assessment of the Qu'Appelle River* v časopise International Journal of Risk Assessment and Management [13]. Autoři v tomto článku analyzovali, vizualizovali a simulovali povodňová rizika poblíž řeky Qu'Appelle v jižním Saskatchewanu.

Na téma 3D modelování existuje mnoho zahraničních knih. Převážně se však týkají modelování z architektonického hlediska, zde jistě stojí za zmínku kniha *Google SketchUp Workshop* [14], která podrobně popisuje tvorbu modelů v programu SketchUp. Modelování terénu se ve své publikaci *Visualization of Digital Terrain and Landscape Data* také věnuje Rüdiger Mach a Peter Petschek [15].

Na téma modelování terénu v prostředí ArcGIS vypracovala diplomovou práci Adina Slívová [16]. Ta v rámci své práce *3D model historického údolí Vltavy v oblasti přehradní nádrže Slapy* vizualizovala přehradní nádrž Slapy formou 3D modelu. Tato práce byla součástí projektu *Vltava – proměny historické krajiny v důsledku povodní, stavby přehrady a změn ve využití území s vazbami na kulturní a společenské aktivity v okolí řeky*. Mezi studenty je téma spojené s historií velmi oblíbené. Adéla Dykastová se ve své práci *Analýza a vizualizace vývoje zástavby města Kadaně* [17] věnuje zhodnocení a vhodné vizualizaci vývoje zástavby Kadaně od roku 1842 až do současnosti.

Součástí přílohy jsou i vytvořené mapy měst, kterými řeka protéká. Podobnému tématu se věnuje Tereza Plavcová ve své diplomové práci *Soubor tematických map města Benešova a jeho okolí* [18]. Ta ve své práci popisuje nejen metody tematické kartografie, ale také kartografická pravidla a jednotlivé kompoziční prvky.

Neopomenutelnou součástí práce je i střední Pootaví. Na toto téma vznikla řada publikací. O Otavě byla nejvíce nápomocna kniha *Po vlnách řeky Otavy* [19] od Eduarda Oberfalcera, který spolupracuje se Svazkem měst a obcí okresu Strakonice a kromě této publikace vydal například i knihu *Encyklopédie měst a obcí okresu Strakonice* [20]. Z knih týkajících se historie a pověstí jižních Čech je jedním z nejznámějších autorů Ondřej Fibich, který ač vyrostl a vystudoval Praze, tak má velmi blízko k Šumavě a jeho díla jsou úzce spjata s Prácheňskem, Píseckem a Šumavou.

KAPITOLA **2**

Otava

Zlatonosná a perlorodá řeka. Těmito přílastky bývá Otava často označována. Keltové rýzovali zlato na Otavě již před dvěma tisíci lety. Díky tomu si také vysloužila svůj název – Otava¹, tedy Bohatá řeka. Druhý přílastek si Otava vysloužila hojným výskytem perlorodek. Ty se v 15. a 16. století začaly chovat v Horažďovicích za velké podpory jezuitů. V roce 1809 a 1818 se výlovu perlorodek zúčastnil i císař František I. Populace perlorodek však rapidně klesla kvůli znečištění a nepříznivým změnám půdních a vegetačních poměrů a perlorodky byly na Otavě téměř vyhubeny. [19]

2.1 Hydrologie

Ústředním tématem této práce je řeka Otava. Z toho důvodu je vhodné prozkoumat i vědu, která se řekami zabývá. Jedná se o hydrologii.

Hydrologie je věda, která se zabývá zkoumáním zákonitostí výskytu, oběhu, časového a prostorového rozložení zásob vody na Zemi, jejího vzájemného působení s biotickými a abiotickými faktory s ohledem na její fyzikální, chemické a biologické vlastnosti.

S hydrologií úzce souvisí i hydrogeografie, což je jedna z dílčích fyzickogeografických věd zabývající se vztahem mezi vodními útvary na pevnině a ostatními krajinotvornými prvky. Od hydrologie se liší tím, že používá převážně geografické metody při studiu hydrologických jevů a procesů.

Hydrologii lze rozdělit podle dvou hlavních kritérií - dle pracovních metod a dle prostředí. Podle pracovních metod se rozděluje na hydrometrii a hydrografii. Hydrometrie zahrnuje měření mechanických, fyzikálních, chemických a biologických jevů ve vodních systémech, hydrografie popisuje hydrologické jevy, hydrologické prostředí, vlastnosti vodních systémů, třídění zpracování a klasifikaci získaných informací. Podle prostředí se rozděluje na hydrologii

¹V keltštině Atavah či Watawah

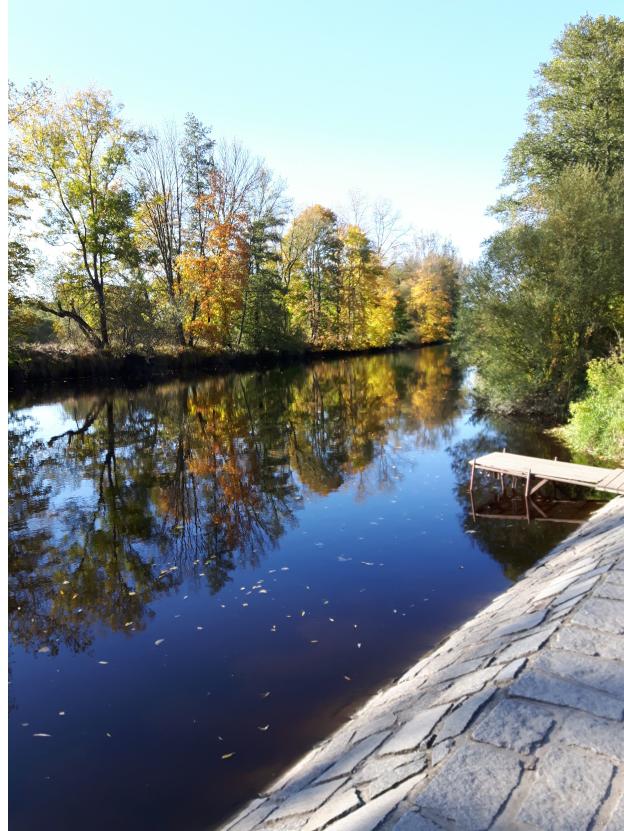
2. OTAVA

pevnin (ta lze následně rozdělit na hydrologii atmosféry, řek, jezer, bažin, podzemních vod a ledovců) a hydrologii oceánů.

Součástí hydrologie je několik vědních oborů. Za zmínu stojí například hydrometeorologie, hydroklimatologie či hydrogeologie. Přesto není do hydrologie začleněna oceánografie a meteorologie, neboť voda je jen jedním ze zkoumaných aspektů. Hydrologie byla řadu let analyzována v rámci geografie. Odělila se až v 19. století jako samostatná vědní disciplína hydrologie.

Počátky studia vody na Zemi však sahají do roku 3000 př. n. l. V té době ve starověkém Egyptě byla sledována hladina Nilu na tzv. nilometrech.² Podobná pozorování probíhala i v Mezopotámii na řece Eufrat a Tigris nebo v Číně. Vodou se zabývali i řečtí filozofové, zejména Thales z Milétu, Platón či Aristoteles.

Ústředním tématem této práce je řeka Otava. Z hydrologického hlediska tedy budou blíže prozkoumány jen pojmy a analýza týkající se řek. [2] [3] [21]



Obrázek 2.1: Otava na Podskalí ve Strakonicích na podzim

²Nilometr je moderní označení pro stavbu ve starověkém Egyptě pro měření výšky nilských záplav. Mají podobu dlouhé sestupné chodby nebo studny a většinou jsou propojeny s hladinou Nilu. Výška byla určována v loktech.

2.1.1 Vysvětlení základních termínů

Při hydrologické analýze je vhodná znalost základních pojmu. Ty jsou zde stručně popsány a vysvětleny, neboť jsou v rámci práce často používány. [22]

Hustota říční sítě: poměr délky všech toků k ploše povodí

Povodí: plocha území, ze kterého tok odvádí povrchovou a podpovrchovou vodu

Pramen: místo přirozeného výtoku podzemní vody, může být studený nebo termální, v oblastech se sopečnou činností gejzír

Přítok: tok nižšího rádu, který se vlévá do toku vyššího rádu

Rozvodí: hranice mezi jednotlivými povodími

Rozvodnice: pomyslná čára mezi sousedními povodími

Říční síť: půdorysná síť hlavního toku řeky a jejích přítoků, tvar je závislý na geologických a fyzickogeografických podmírkách povodí řeky

Soutok: místo, kde se setkávají nejméně dva vodní toky

Úmoří: plocha, ze které se všechna povrchová voda odvádí do moře nebo oceánu

Ústí: místo, kde se tok vlévá do jiného toku, vodní nádrže či oceánu

Vodní tok: voda tekoucí po zemském povrchu v korytě mezi břehy, větší toky jsou označovány jako řeky, menší toky jsou potoky

Zátopové území: část území v okolí vodních toků, které je periodicky zaplavované zvýšenými průtoky (pozn.: též inundace)

2.1.2 Hydrologická analýza

V rámci práce byla provedena jednoduchá základní hydrologická analýza. Pro analýzu byla použita data z katalogu DIBAVOD. Pro tvorbu analýzy byl použit software ArcGIS a MS Excel. Analýza byla prováděna dle studijních materiálů Univerzity Karlovy Katedry fyzické geografie a geoekologie. [4]

Otava vzniká na Šumavě u Čeňkovy Pily soutokem Vydry a Křemelné. Vydra pramení na SZ svahu Luzného ve výšce 1215 m n. m. Díky okolním rašeliništěm má Vydra rezavohnědou barvu. Svůj název si nese až po soutoku s Roklanským potokem v obci Modrava³. Řeka Křemelná pramení v Železnorudské hornatině v přírodní rezervaci Prameniště a severním svahu hory Pancíř (1214 m n. m.). [19]

³V některých publikacích se uvádí název Vydra již od Březníku

2. OTAVA



Obrázek 2.2: Řeka Vydra

Řeka má několik přítoků. Mezi nejznámější patří řeka Ostružná, která ústí do Otavy nedaleko města Sušice. Významným přítokem je řeka Volyňka. Na soutoku Volyňky a Otavy se nachází město Strakonice. Před Pískem do Otavy vtéká Blanice. Poslední významnou řekou je Lomnice, která je levostranným přítokem Otavy.

Otava je levostranným přítokem Vltavy, do níž se vlévá pod hradem Zvíkov poblíž Orlické přehrady. Povodí Otavy spadá do úmoří Severního moře (Otava → Vltava → Labe → Severní moře).

Pokud bychom chtěli popsat řeku čísly, pak její délka je 111.7 km a plocha povodí 3841 km². Povodí Otavy lze označit jako vějířovité.

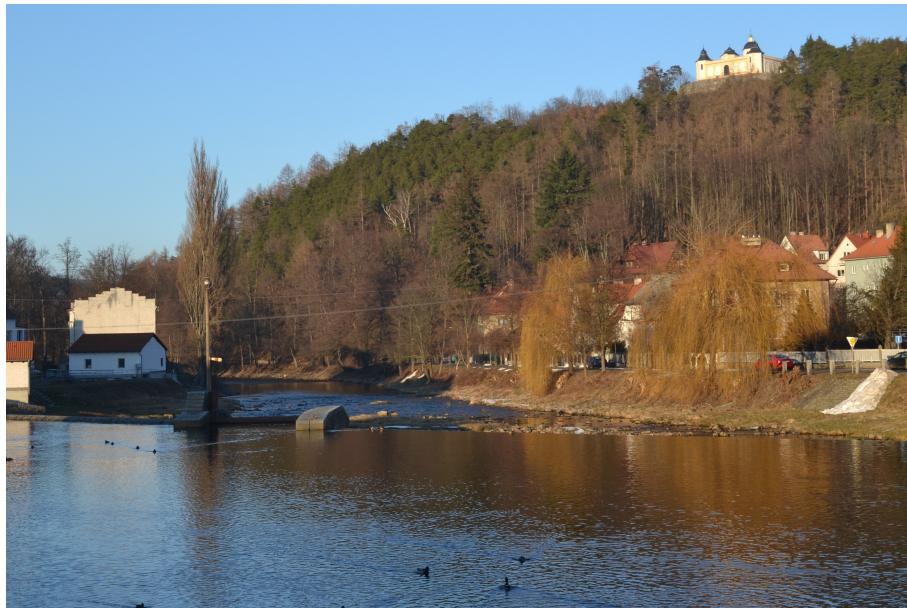
2.2 Významná města na Otavě

Otava protéká několika historicky významnými městy. Mezi nejznámější města, kterými řeka protéká, patří Sušice, Horažďovice, Strakonice a Písek. Blíže popsaný jsou také Žichovice z důvodu nedaleké zříceniny hradu Rabí.

2.2.1 Sušice

Sušice, označovaná také jako Brána Šumavy. Leží ve Svatoborské vrchovině na řece Otavě. Název Sušice je pravděpodobně označení pro suché místo uprostřed vodních toků Otavy a Roušarky. Obydlení oblasti Sušice lze datovat na přelom doby halštatské a laténské v 5. století př. n. l. První obyvatelé byli Kelti, po nichž se do dneška dochovala dvě keltská hradiště, hradiště Sedlo, nacházející se zhruba 1 km jižně od Albrechtic, a Obří hrad, který lze nalézt přibližně 5 km jihovýchodně od Kašperských Hor. Hojně středověké osídlení bylo zapříčiněno množstvím zlata, které se v Sušici na Otavě rýžovalo.

V polovině 13. století obsadil Sušicko Přemysl Otakar II. a z osady začal budovat královské město. Jan Lucemburský nechal v roce 1322 vybudovat městské hradby a potvrdil městu výsady královského města. Karel IV. utvrdil významnost města tím, že jej zařadil mezi města, jimž nesmí být zastavena nebo zcizena koruna. Sušice získala mílové právo a právo na vybírání mýtného. Během husitských válek byla Sušice na straně husitů a měla velký podíl na dobytí Švihova.



Obrázek 2.3: Otava v Sušici s kaplí svatých Andělů Strážných v pozadí

2. OTAVA

Během 16. století začala Sušice ztráct na své významnosti. Zásoby zlata byly téměř vyčerpány a během 50 let došlo k šesti velkým požárům města. Za vlády Ferdinanda I. navíc přišla Sušice z důvodu odepření pomoci o všechna svá privilegia a statky, navíc byla nucena odvádět dávky z piva a vína. Přesto měla Sušice velké příjmy z obchodu, neboť městem procházela Zlatá stezka, dříve nazývaná také jako "pasovská" či "solná". Vzhledem k této výhodné pozici si město vydobilo právo svobodného skladování soli. Během třicetileté války bylo město poničeno táhnoucími se vojsky a z důvodu rekatolizace se mnoho obyvatel rozhodlo odstěhovat.

Po třicetileté válce byla vybudována poutní kaple svatých Andělů Strážných. Ve 2. polovině 17. století postihla Sušici morová epidemie, kvůli které byl vybudován nový hřbitov a kaple svatého Rocha. Během národního obrození vzniklo v Sušici ochotnické divadlo a rozvíjela se výuka českého jazyka. V roce 1839 byla založena společnost SOLO na výrobu zápalek. V roce 1933 byl zřízen podnik PAP vyrábějící obaly.

V dnešní době se v Sušici nachází mnoho turisticky vyhledávaných míst. Na vrcholu hory Svatobor se nachází kamenná vyhlídková věž, v Muzeu Šumavy Sušice lze nalézt jeden z největších mechanických betlémů v České republice a od roku 2014 byl v Sušici obnoven pivovar, který vaří pivo Sušičák. [19] [23]

2.2.2 Žichovice

Na soutoku Nezdického potoka a Otavy se nachází malebná obec Žichovice. První písemnou zmínu lze nalézt z roku 1045, kdy Břetislav I. věnoval Žichovice břevnovskému klášteru. Ve 2. polovině 16. století koupil Žichovice Jan Kavka Říčanský z Říčan a nechal zde vybudovat renesanční tvrz. Tvrz byla kolem roku 1603 přestavěna Janem Libštajnským z Kolovrat na renesanční zámek. Od roku 1964 je zámek chráněn jako kulturní památka. [24]

Žichovice se nachází zhruba 1 km jižně od zříceniny Rabí (obrázek č. 2.4, zdroj [25]). Hrad byl založen rodem Wittelsbachů již v první polovině 13. století. S hradem se pojí mnoho pověstí, z nichž nejznámější je zřejmě pověst týkající se Jana Žižky, který zde údajně přišel o své druhé oko. Dohadů o ztrátě oka je však mnoho. Mezi nejrozšířenější pověsti patří pověst o veliteli hradu Přibíku Kocovském, který z hradeb Rabí vystřelil šíp, kterým zasáhl právě oko Jana Žižky. Tento výjev byl poté zobrazen i na rabské bráně. Podle jiné pověsti se zabodl šíp do hrušně, pod níž Žižka stál, a tříška ze stromu mu vypíchla oko. Po mnoho let se poté v oblasti Rabí chovala tradice vysazování hrušní. [26]

Pro obec Žichovice měla Otava velký historický význam. V okolí se nachází stará rýžoviště zlata, je zde dlouhá vápenkářská tradice a bohatá historie voroplavby.



Obrázek 2.4: Žichovický jez, v pozadí zřícenina Rabí

2.2.3 Horažďovice

Horažďovice leží v Horažďovické pahorkatině pod vrchem Prácheň. V roce 1293 byly Václavem II. povýšeny na město. Horažďovice, stejně jako Sušice a Žichovice, byly využívány pro rýžování zlata a jako významný bod na obchodní stezce. O rozvoj města se nejvíce zasloužil rod Bavorů ze Strakonic.

V Horažďovicích lze nalézt mnoho významných budov. Za zmínku stojí rozhodně zámecký komplex s panským pivovarem nacházející se na náměstí. V tomto zámku se nachází velký sál s freskovou výzdobou (obrázek č. 2.5, zdroj [27]). Nástropní freska zachycuje bitvu husitů a císaře Zikmunda pod Vyšehradem. Stěny sálu jsou pokryty výjevy z válek s Turky za vlády Leopolda I. [20][27]



Obrázek 2.5: Velký sál v Horažďovicích

2. OTAVA

2.2.4 Strakonice

Strakonice, okresní město ležící v jižních Čechách na soutoku Otavy a Volyňky. Vzniklo spojením čtyř osad - Strakonic, Bezděkova, Lomu a Žabokrt. O Strakonicích pochází první písemná zmínka z roku 1243, kdy Bavora I. se svou manželkou Bolemilou věnuje okolní vsi, kostel a část hradu řádu johanitů. Ve 2. polovině 13. století nechává Bavor II. postavit hradní věž Rumpál, která stojí dodnes.



Obrázek 2.6: Pohled na Strakonický hrad ze západní strany

V roce 1367 bylo městu Bavorem IV. uděleno právo várečné. Pivo si vařili měštané ve vlastních domech⁴ a vrchnost v hradním pivovaru. V roce 1649 došlo k uskupení právovárečníků a byl založen městanský pivovar. Ten stojí ve Strakonicích dodnes a je to poslední pivovar v České republice, který je ve vlastnictví města.

V roce 1357 postihl město velký požár, který zničil horní část města. Při obnově bylo náměstí v této části rozšířeno, díky čemuž se protáhlo a mělo tvar dlouhého úzkého obdélníku. Obyvatele Strakonic dodnes tíží fakt, že místo náměstí mají spíše dlouhou ulici. Kromě požárů sužovaly město zejména povodně. Ty byly velmi časté a opakovaně zaplavovaly podhradí. Z toho důvodu neviděli Bavorové oblast Strakonicka za vhodnou pro založení města.

Během husitských válek byly Strakonice na straně katolického panstva a šlechtických rodů. Pro husitská vojska byl hrad nedobytný. Dobylo jej až bě-

⁴Uvádí se, že v polovině 17. století se ve Strakonicích nacházelo až 158 domů s právem vařit pivo

hem třicetileté války v roce 1619 císařské vojsko pod vedením Karla Longuvala. Město bylo drancováním švédskými vojsky natolik zdevastováno, že jej v roce 1645 velkopřevor Rudolf Colloredo z Wallsee osvobodil od placení válečných daní.

Po první světové válce byl hrad prodán agrárnímu sdružení a začal se ve městě rozvíjet průmysl. Vznikla Jihočeská zbrojovka a ve velkém se ve Strakonicích vyráběly turecké čepičky (fezy), které byly následně nahrazeny barety.

Ze Strakonic pochází mnoho významných osobností, za zmínku určitě stojí František Ladislav Čelakovský, Josef Šmidinger, do Strakonic také zasadil svou báchorku o Strakonickém dudáku Josef Kajetán Tyl. Ve Strakonicích prožil své dětství Jiří Žáček a Josef Skupa a jednou z nejdůležitějších osobností byl Josef Režný, který založil Prácheňský soubor lidových písni a tanců (Prácheňák) a byl spoluzačladatelem Jihočeské slavnosti písni a tanců, dnes nazvané Mezinárodní dudácký festival ve Strakonicích. [20]

2.2.5 Písek

Vznik Písku se datuje zhruba do poloviny 13. století. Město vzniklo v oblasti rýžoviště zlatého písku, z čehož lze usuzovat i původ jména města. V roce 1254 jej rozšířil Přemysl Otakar II. na královské město. Během 13. století vzniklo v Písku mnoho významných staveb: hrad, klášter, děkanský kostel, rychta a kamenný most (obrázek č. 2.7, zdroj: [28]), který je v současné době nejstarším kamenným mostem v České republice.



Obrázek 2.7: Kamenný most v Písku

Písek byl ve 13. století jmenován na sídlo Prácheňského kraje. Během husitských válek bylo město centrem Jednoty táborské a Jan Žižka z Trocnova jej často navštěvoval. Za třicetileté války bylo město dobyto a vydrancováno.

2. OTAVA

V 18. století se mu však opět vrátila všechna sláva a bohatství a v roce 1778 bylo v Písce otevřeno gymnázium. Písek bylo třetí české město, ve kterém bylo zřízeno elektrické osvětlení obloukovými lampami Františka Křížka. Jedním z nejznámějších obyvatel města je však Fráňa Šrámek, který Písek často používal jako dějiště svých děl.

V současnosti je město jedním z vyhledávaných turistických cílů. Kromě zmíněného nejstaršího kamenného mostu se v Písce nachází několik kostelů a kaplí, sladovna a Prácheňské muzeum. [28] [29]

2.3 Významné skutečnosti související s Otavou

2.3.1 Rýžování zlata

Hojné osídlení podél řeky Otavy bylo v minulosti dáno zejména četnými nálezy zlata v řece. Zlato se získávalo tzv. rýžováním. Při rýžování se do kovové pánve nabere směs písku z řeky a následnými krouživými pohyby na hladině jsou postupně lehké částice odplavovány a zlato zůstává na dně pánve. [30]

Na Otavě se zlato rýžuje dodnes. V Kestřanech se koná každoročně soutěž v rýžování zlata, která probíhá v režii Českého klubu zlatokopů.

2.3.2 Voroplavba

První zmínky o plavení dřeva na Otavě pochází již ze 14. století za doby vlády Jana Lucemburského. Šumavské dřevo bylo tehdy považováno za jeden z nejkvalitnějších stavebních materiálů a za vlády Karla IV. se nesmělo stavět z jiných, než ze šumavských. Vysoká kvalita byla dána zejména tím, že vymáčené dřevo již dále nepracovalo a při vysoušení se nekroutilo a nepraskalo.

V 19. století začala vznikat vaziště, ve kterých byly jednotlivé kusy dřeva vázány dohromady. Vaziště vzniklo např. v Dlouhé Vsi, v Žichovicích nebo v Katovicích. Vorařům se často přezdívalo "Hamburáci", neboť dřevo často plavili až do Hamburku.

Po 2. světové válce začala významnost voroplavby upadat a při transportu se dávala přednost železniční a automobilové dopravě. V roce 1954 byla dokončena stavba vodní nádrže Slapy, která plavení dřeva definitivně ukončila. Paradoxně bylo dřevo pro tuto stavbu doprováváno po řece. Poslední vor na Otavě vyplul 12. září 1960. Historické fotografie a dokumenty zachycující voroplavbu jsou dodnes k vidění v Muzeu řeky Otavy a voroplavby ve Střelských Hošticích.

2.3. Významné skutečnosti související s Otavou



Obrázek 2.8: Voroplavba ve Strakonicích, 1920

2.3.3 Povodeň v roce 2002

V roce 2002 postihla Českou republiku silná povodeň. Byla to jedna z největších katastrof současnosti a mezi nejvíce postižené oblasti patřily jižní Čechy. Velké množství vody zatopilo téměř všechna města po proudu, v Písku povodeň dokonce poničila kamenný most.



Obrázek 2.9: Povodeň v roce 2002 a aktuální stav - Strakonický hrad

2. OTAVA



Obrázek 2.10: Povodeň v roce 2002 a aktuální stav - Podskalí



Obrázek 2.11: Povodeň v roce 2002 a aktuální stav - Pětikolský jez



Obrázek 2.12: Povodeň v roce 2002 a aktuální stav - Křemelka

KAPITOLA 3

Použitá data

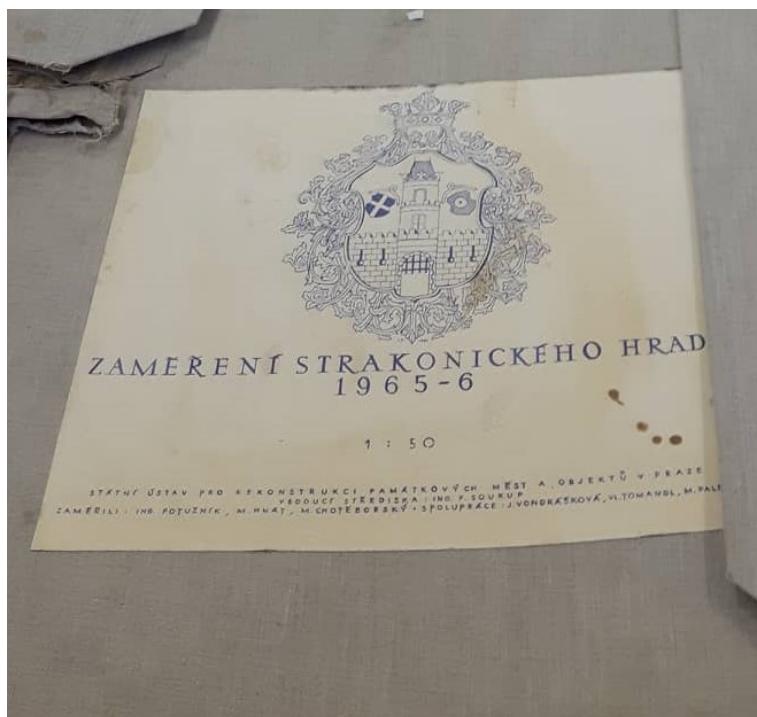
3.1 Stavební plány Strakonického hradu

Pro tvorbu 3D modelu Strakonického hradu byly použity stavební plány, které poskytl Stavební úřad ve Strakonicích.

Stavební úřad měl k dispozici vypracované podklady získané Stavebně historickým průzkumem (SHP). SHP je metoda, která kompletně vypracuje a zhodnotí historicky významnou stavební památku či historické jádro některých českých a moravských měst. Mezi prvními, kdo SHP prováděl, byl Kamil Hilbert na počátku 20. století. Následoval ho Oldřich Stefan z Ústavu dějin architektury ČVUT a doc. Václav Mencl z Filozofické fakulty Univerzity Karlovy. Po 2. světové válce bylo zdevastováno mnoho měst a významných památek. Z tohoto důvodu vznikl ústav R-ateliér, který rekonstruoval památky při organizaci Stavoprojekt. V roce 1954 byl R-ateliér přejmenován na Státní ústav pro rekonstrukce památkových měst a objektů (SÚRPMO). V SÚRPMO působilo několik významných osobností, za zmínku jistě stojí Dobroslav Líbal nebo Jan Muk.

Mezi materiály, které měl k dispozici Stavební úřad ve Strakonicích, patří i vypracované podklady z SHP. Tyto materiály pochází ze 70. let 20. století, jsou v perfektním stavu a velmi detailně vypracovány. Na každém listu je ručně zakreslený erb Strakonic. Autor odvedl precizní a velmi kvalitní práci. Tyto materiály mají však v dnešní době vysokou hodnotu, tudíž nebylo možné je za účelem tvorby 3D modelu zapůjčit. Z tohoto důvodu byly použity plány vzniklé na počátku 21. století. [31]

3. POUŽITÁ DATA



Obrázek 3.1: Úvodní list materiálů ze stavebně historického průzkumu Strakonického hradu

3.2 Kartografické podklady

3.2.1 Císařské povinné otisky stabilního katastru

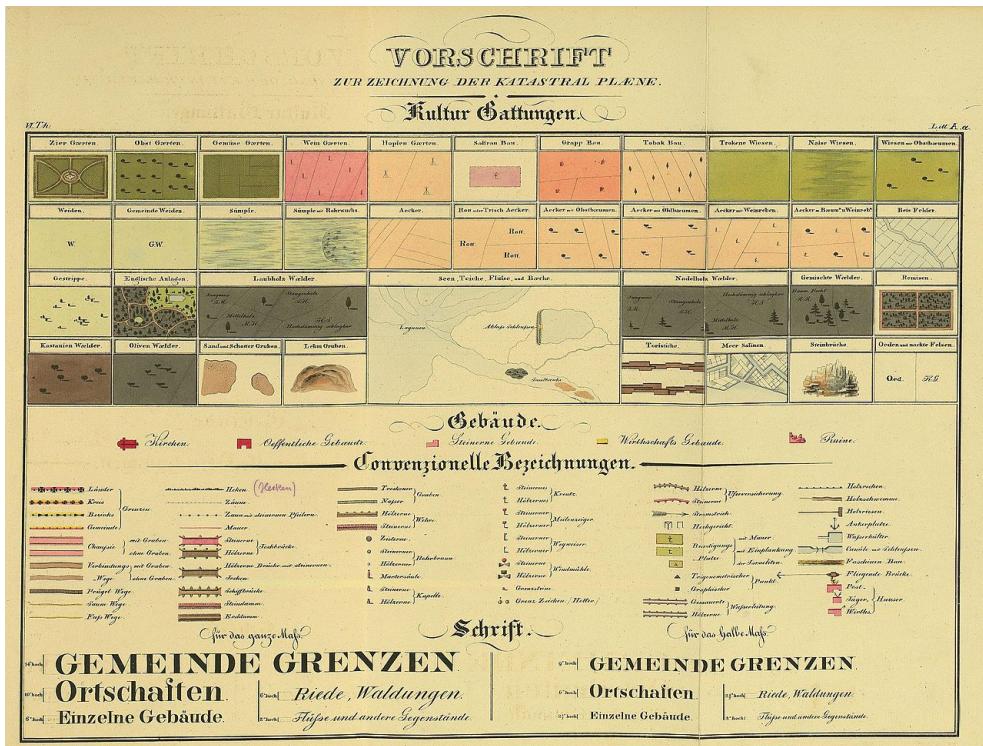
Císařské povinné otisky stabilního katastru vznikaly na základě císařského patentu Františka I. z roku 1817. Aby byly mapy po celém území vyhotoveny stejným způsobem, byla v roce 1824 vydána měřická instrukce. Mapy vznikly za účelem přesného mapového podkladu pro stanovení pozemkové daně. Základní délkovou jednotkou byl Vídeňský sáh [°] ($1^{\circ} = 1,896484$ m).

Kartografické zobrazení těchto map bylo Cassini-Soldnerovo (transverzální válcové zobrazení). Kladná osa Y směřovala k západu a kladná osa X k jihu. Jednalo se o zobrazení ekvidistantní v kartografických polednících, což znamená, že se vzdáleností od základního poledníku roste i veikost délkového zkreslení. Z tohoto důvodu bylo potřeba vytvořit několik soustav, pro Rakousko-Uhersko jich bylo použito 7. Při volbě soustav se vycházelo z požadavku na maximální zkreslení 50 cm/km.

Na našem území byly použity tři soustavy. Jednalo se o soustavy s počátečním bodem Gusterberg (Horní Rakousy), sv. Štěpán (Vídeň) a Gellérthegy (Budapešť). V roce 1887 byla vydána nová měřická dokumentace, která již

3.2. Kartografické podklady

používala metrickou soustavu. Císařské povinné otisky byly původně uloženy v Centrálním archivu pozemkového katastru ve Vídni. V rámci tzv. archivní rozluky byly po rozpadu Rakousko-Uherska převezeny do Prahy. Legendu těchto map můžete vidět na obrázku č. 3.2 (zdvoj: [32]). [33]



Obrázek 3.2: Legenda císařských povinných otisků stabilního katastru

3.2.2 Katastrální mapa

Katastrální mapa je státní mapové dílo vydávané Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním. Jedná se o mapy velkého měřítka (1 : 1000, 1 : 2880 apod.). Katastrální mapy jsou zpravidla vedeny v S-JTSK. Jejich hlavní využití je při zjišťování umístění pozemku v území a jako podklad pro územní a stavební řízení, pro řízení o vyvlastnění pozemku apod.

3 hlavní složky katastrální map jsou polohopis, popis a body. Polohopis obsahuje například hranice katastrálních území, státní hranice či hranice nemožitostí. Popis zahrnuje měřítko, označení sousedních mapových listů, označení parcel parcelními čísly nebo pomístní názvosloví⁵. Body jsou obsaženy pouze v mapách, které jsou v S-JTSK a jedná se o body polohových bodových polí. [34]

⁵U digitálních map jsou mimorámové údaje obsaženy v metadatech

3. POUŽITÁ DATA

3.2.3 Státní mapa odvozená v měřítku 1 : 5000

Státní mapa odvozená, známá pod zkratkou SMO-5, je nejrozšířenějším státním mapovým dílem v měřítku 1 : 5000. SMO-5 obsahuje polohopis, výškopis, popis a mimorámové údaje. Mapa je v souřadnicovém systému S-JTSK, výšky jsou v systém Bpv. Každý list zobrazuje plochu o velikosti $2.5 \times 2.0 \text{ km}^2$. Území České republiky je pokryto 16 193 listy.

Polohopis u SMO-5 byl tvořen fotomechanickou transformací polohopisu katastrální mapy. U map byla zavedena průměrná srážka mapových listů katastrálních map 0.7 %, která měla zajistit plynulý přechod mezi jednotlivými listy. Polohopis bylo nutné generalizovat. Při generalizaci byly vypuštěny stavební parcely s šírkou menší než 1 mm v měřítku 1 : 2 880 a parcely s plochou menší než 1 mm^2 v měřítku 1 : 5 000. Úzké parcely, které byly v měřítku 1 : 5 000 užší než 1 mm byly zobrazeny jednou čarou. V mapách byla zcela vypuštěna parcelní čísla. Výškopisná složka byla přebírána z příložných a topografických map fotomechanickou transformací. [34] [35]

3.2.4 Ortofoto

Ortofoto je v dnešní době jeden z nejznámějších a nejpoužívanějších kartografických produktů vzniklých leteckou fotogrammetrií. Ortofotomapu vzniká mozaikou letecky měřených snímků. Opravením těchto snímků o výškové poměry daného území je výsledný produkt prezentován jako kolmý průmět terénu do roviny. Snímkování České republiky je prováděno každé dva roky, přičemž každý rok je zpracována polovina území. V roce 2019 je snímkována západní část Česka.

Tvorba státního Ortofota ČR je zajištěna od roku 2003 Zeměměřickým úřadem ve spolupráci s Vojenským geografickým a hydrometeorologickým úřadem na základě dohody ČÚZK s Ministerstvem obrany ČR. Ortofota jsou v dnešní době hojně vyhledávaná i ze stran laické veřejnosti. Jejich obliba je zapříčiněna zejména přehledností a zobrazením skutečných barev, díky čemuž jsou mapy pro mnoho uživatelů i lépe čitelné. [34] [36]

3.2.5 Digitální model reliéfu 5. generace

Digitální model reliéfu České republiky 5. generace digitálně znázorňuje zemský povrch Česka body o třech souřadnicích (X, Y, H), kde H představuje výšku v systému Bpv. Tento model vznikl metodou leteckého laserového skenování v letech 2009 – 2013. V zalesněném území dosahuje přesnosti 0.3 m, v odkrytém území je přesnost kolem 0.18 m. Model neobsahuje budovy a je určen především k analýzám terénních poměrů. [34]

3.3 Fotodokumentace

Součástí této práce je také vyhledání historických fotografií a jejich případné porovnání se současným stavem. Z historických fotografií byly použity fotografie ze sbírky Ladislava Hölla a z webových stránek Fotohistorie [37] a Šumava [38]. Dále byly prozkoumány archivní publikace, ze kterých byly použité fotografie vyfotografovány pro následné použití v této práci.

Kromě fotografií bylo využito i historických pohlednic zachycujících Otavu nebo Strakonický hrad. Zároveň byly použity i rytiny a kresby.

KAPITOLA 4

Rovinné transformace

V rámci práce byla potřebná důkladná znalost transformace, která byla využita při georeferencování mapových podkladů. Transformací lze označit proces, při němž dochází k přechodu z jedné soustavy do druhé. Pro každý druh transformace je požadované odlišné množství vlícovacích bodů, tedy takových bodů, jejichž souřadnice jsou známy a jejichž poloha lze jednoznačně identifikovat v obou soustavách.

Při výpočtu transformací je hlavním cílem výpočet transformačního klíče. Transformační klíč umožnuje převod souřadnic z jedné soustavy do druhé a obsahuje v sobě hodnotu posunu počátků souřadnicových systémů, stočení souřadnicových os a změnu měřítka. K jeho určení je potřebná znalost nutného či nadbytečného počtu identických bodů.

V této kapitole se vycházelo zejména z díla Jiřího Cajthamla *Analýza starých map v digitálním prostředí na příkladu Müllerových map Čech a Moravy*, ze studijního materiálu od Zdeňka Skořepy *Geodézie 4*, z bakalářské práce Jany Malimánkové *Tvorba datového modelu Cřigingerovy mapy v ArcGIS* a z návodů k programu ArcGIS. V rámci aplikace ArcMap je možné při georeferencování zvolit transformaci podobnostní, polynomickou, křivkovou, vyrovnávací či projektivní. V této kapitole budou tyto typy transformací stručně popsány. [8] [39] [40] [41] [42]

Transformace lze nejjednodušeji zapsat rovnicí (4.1), kde neznámé x' , y' vyjadřují souřadnice v cílové soustavě a x , y souřadnice v počáteční soustavě. Matici P lze následně rozepsat do výrazu (4.2), v níž neznámá T označuje posunutí (translaci), R značí rotaci a M měřítko.

$$x' = P \cdot x \quad (4.1)$$

$$x' = T \cdot R \cdot M \cdot x \quad (4.2)$$

4. ROVINNÉ TRANSFORMACE

Posunutí vyjadřuje vzájemné posunutí počátku souřadnicových soustav a lze maticově zapsat:

$$T(X_t, Y_t) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & X_t \\ 0 & 1 & Y_t \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4.3)$$

Rotace udává otočení bodu kolem středu vztažné soustavy o daný úhel proti směru hodinových ručiček. Obecně lze matici rotace zapsat:

$$R(\omega_x, \omega_y) = \begin{pmatrix} \cos(\omega_x) & -\sin(\omega_y) & 0 \\ \sin(\omega_x) & \cos(\omega_y) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4.4)$$

Měřítko udává poměr vzdálenosti dvou identických bodů. Pokud je absolutní hodnota měřítka v intervalu $(0,1)$, dochází ke zmenšení. V případě, že absolutní hodnota měřítka je větší než 1, dochází naopak ke zvětšení. Pro hodnotu měřítka rovnu 1 dochází ke shodnostní transformaci a uskuteční se pouze posunutí a rotace. Matice vyjadřující měřítko má tvar:

$$T(X_t, Y_t) = \begin{pmatrix} m_x & 0 & 0 \\ 0 & m_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4.5)$$

Po seskládání dílčích matic do rovnice (4.2) a roznásobením těchto matic, vzniká obecný předpis pro rovinné transformace:

$$\begin{aligned} x' &= m_x \cos(\omega_x)x - m_y \cos(\omega_y)y + X_t \\ y' &= m_x \sin(\omega_x)x + m_y \cos(\omega_y)y + Y_t \end{aligned} \quad (4.6)$$

Při nadbytečném množství identických bodů dochází k vyrovnání metodu nejmenších čtverců. Určované hodnoty (x) jsou počítány z přírůstků (dx) přibližných hodnot (x_0). Funkční vztah mezi měřenými veličinami (l) a jejich opravami (v) lze zapsat vztahem (4.7).

$$F(x) = l + v \quad (4.7)$$

Pro výpočet vyrovnání je funkční vztah zapsán Taylorovou řadou, přičemž členy 2. a vyšších řádů jsou zanedbány. Výraz (4.7) lze tedy zapsat v podobě (4.8).

$$F(x_0) = \frac{\partial F(x)}{\partial x} \Big|_{x=x_0} \cdot dx = l + v \quad (4.8)$$

Matice parciálních derivací funkčních vztahů bývá označována jako matice plánu a značí se A . Rozdíl funkčního vztahu a vektoru měřených veličin lze pro následné výpočty označit l' . Linearizované rovnice oprav mají podobu:

$$v = A \cdot dx + l' \quad (4.9)$$

Vyrovnанé neznámé jsou následně vypočteny vztahem:

$$x = (A^T A)^{-1} (A^T l) \quad (4.10)$$

Při výpočtu transformací s vyrovnaním je možné použít i váhovou matici. Prakticky by měla smysl například v případě georeferencování starších kartografických děl, u nichž by byly voleny různorodé vlícovací body. U bodů, u nichž je předpokládaná určitá stabilita a jednoznačnost (půdorysy kostelů atd.), by byla při výpočtu volena vyšší váha, než u identických bodů znázorňujících křížení cest.

4.1 Podobnostní transformace

Podobnostní transformace má nejčastější využití v geodézii. Při podobnostní transformaci dochází k posunu, rotaci (stejné v obou osách) a změně měřítka (stejné v obou osách). Transformace je konformní a zachovává rovnoběžnost. Abysto bylo možné transformaci vypočítat, je potřebná znalost minimálně 2 identických bodů.

Základní rovnice transformace má tvar:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_t \\ Y_t \end{pmatrix} + m \cdot \begin{pmatrix} \cos\omega & -\sin\omega \\ \sin\omega & \cos\omega \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (4.11)$$

Parametr stočení není v lineárním vztahu, nabízí se zde tedy substituce, která umožní následné transformační vztahy linearizovat.

$$\begin{aligned} a &= m \cdot \cos(\omega) \\ b &= m \cdot \sin(\omega) \end{aligned} \quad (4.12)$$

Po dosazení a roznásobení matic mají transformační rovnice podobu:

$$\begin{aligned} x' &= ax - by + X_t \\ y' &= bx + ay + Y_t \end{aligned} \quad (4.13)$$

Následně se pracuje již s neznámými a , b , X_t , Y_t . Po aplikaci vyrovnání jsou k dispozici vyrovnané hodnoty těchto veličin. Na závěr je provedena zpětná substituce, při níž jsou získány parametry transformačního klíče.

$$\begin{aligned} m &= \sqrt{a^2 + b^2} \\ \omega &= \operatorname{arctg}\left(\frac{b}{a}\right) \end{aligned} \quad (4.14)$$

4.2 Polynomická transformace

Polynomickou či mnohočlennou transformaci lze v programu ArcMap zvolit buď nultého, prvního, druhého či třetího řádu. U polynomické transformace je počítán rozdíl mezi zdrojovými a cílovými souřadnicemi. Hlavním cílem je tedy snaha o nalezení obecného způsobu výpočtu transformačního klíče, který je následně aplikován na všechny body. Použití polynomické transformace je tedy vhodný při snaze o dosažení maximální globální přesnosti na úkor lokální přesnosti.

Obecně lze pro zjištění počtu parametrů polynomické transformace použít funkci (4.15), kde je za n dosazen stupeň zvolené polynomické transformace.

$$n^2 + 3n + 2 \quad (4.15)$$

4.2.1 Polynomická transformace nultého řádu

Polynomická transformace nultého řádu vyžaduje dle funkce (4.15) znalost souřadnic jednoho bodu. Při této transformaci dochází pouze k posunu rastru, je tedy převážně využívána v případě, kdy je rastr již zgeoreferencován a uživatel se snaží rastr zarovnat, např. vůči již zgeoreferencovanému rastru.

4.2.2 Afinní transformace

Polynomická transformace prvního řádu bývá též označována jako affinní transformace. Matematicky je affinní transformace definována změnou měřítka, posunem, rotací a zkosením obrazu. Je často využívána při georeferencování rastrů, u nichž dochází ke srážce a rastr se smršťuje v určitém směru. Affinní transformace zachovává rovnoběžnost přímek. Dle funkce (4.15) je pro výpočet nutná znalost alespoň 3 bodů. Při více bodech již dochází k vyrovnání MNČ.

Tvar affinních transformačních rovnic je dán vztahem (4.16).

$$\begin{aligned} x' &= m_x \cos(\omega_x)x - m_y \sin(\omega_y)y + X_t \\ y' &= m_x \sin(\omega_x)x + m_y \cos(\omega_y)y + Y_t \end{aligned} \quad (4.16)$$

Do výpočtu vstupuje 6 neznámých, a to měřítkový koeficient ve směru osy x (m_x), měřítkový koeficient ve směru osy y (m_y), posun ve směru osy x (X_t), posun ve směru osy y (Y_t), úhel otočení osy x (ω_x) a úhel otočení osy y (ω_y). Z toho důvodu, že tyto neznámé nejsou v lineárním vztahu, je vhodné provést substituci (4.17).

$$\begin{aligned} a &= m_x \cos(\omega_x) \\ b &= -m_y \sin(\omega_y) \\ c &= m_x \sin(\omega_x) \\ d &= m_y \cos(\omega_y) \end{aligned} \tag{4.17}$$

Po využití substituce jsou vztahy (4.16) zjednodušeny.

$$\begin{aligned} x' &= ax - by + X_t \\ y' &= cx + dy + Y_t \end{aligned} \tag{4.18}$$

Vektor neznámých, který obsahuje prvky transformačního klíče, má poté tvar:

$$x = (a, b, c, d, X_t, Y_t)^T \tag{4.19}$$

Matice plánu A má tvar:

$$A = \begin{pmatrix} x_1 & y_1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n & y_n & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & x_1 & y_1 & 0 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & x_n & y_n & 0 & 1 \end{pmatrix} \tag{4.20}$$

Vektor měření l lze následně zapsat:

$$l = (x'_1, \dots, x'_n, y'_1, \dots, y'_n)^T \tag{4.21}$$

Vyrovnанé neznámé jsou následně získány z rovnice (4.22).

$$x = (A^T A)^{-1} (A^T l) \tag{4.22}$$

Zpětnou substitucí lze následně dopočítat měřítko a rotaci.

$$\begin{aligned}
 m_x &= \sqrt{a^2 + c^2} \\
 m_y &= \sqrt{b^2 + d^2} \\
 \omega_x &= \operatorname{arctg}\left(\frac{c}{a}\right) \\
 \omega_y &= \operatorname{arctg}\left(-\frac{b}{d}\right)
 \end{aligned} \tag{4.23}$$

4.2.3 Polynomická transformace vyššího řádu

Polynomické transformace vyšších řádů jsou používány u takových rastrů, u kterých dochází k většímu zkreslení. Tyto transformace upravují nejen polohu, rotaci a velikost snímku, ale jsou schopny rastr i určitým způsobem ohnout či zkroutit. Polynomické transformace vyšších řádů nejsou konformní a převádí přímky na křivky, tudíž je nutné brát velký zřetel na rozdíl mezi výsledkem a zdrojem. Pokud je zvoleno větší množství bodů, než je minimální nutný počet, dochází při transformaci k vyrovnání metodou nejmenších čtverců.

Pro polynomickou transformaci 2. stupně je nutná znalost alespoň 6 bodů. Rovnice pro výpočet této transformace vypadají následovně:

$$\begin{aligned}
 x' &= ax^2 + by^2 + cxy + dx + ey + f \\
 y' &= gx^2 + hy^2 + ixy + jx + ky + l
 \end{aligned} \tag{4.24}$$

Do těchto rovnic vstupuje celkem 12 neznámých. Tyto neznámé jsou v lineárním vztahu, je tedy možné přejít k výpočtu vyrovnání. Vektor neznámých lze zapsat:

$$x = (a \dots l)^T \tag{4.25}$$

Matice plánu má následující tvar:

$$A = \begin{pmatrix} x_1^2 & y_1^2 & x_1y_1 & x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots \\ x_n^2 & y_n^2 & x_ny_n & x_n & y_n & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_1^2 & y_1^2 & x_1y_1 & x_1 & y_1 & 1 \\ \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_n^2 & y_n^2 & x_ny_n & x_n & y_n & 1 \end{pmatrix} \tag{4.26}$$

Vektor měření l lze následně zapsat:

$$l = (x'_1, \dots, x'_n, y'_1, \dots, y'_n)^T \tag{4.27}$$

4.3. Projektivní transformace

Vyrovnané neznámé jsou následně získány z rovnice (4.22). Výpočet koeficientů lze zjednodušit rozdelením matice plánu A. Ta má po zjednodušení tvar:

$$A = \begin{pmatrix} x_1^2 & y_1^2 & x_1y_1 & x_1 & y_1 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n^2 & y_n^2 & x_ny_n & x_n & y_n & 1 \end{pmatrix} \quad (4.28)$$

Matice neznámých jsou dvě, a to:

$$\begin{aligned} x_1 &= (a \ b \ c \ d \ e \ f)^T \\ x_2 &= (g \ h \ i \ j \ k \ l)^T \end{aligned} \quad (4.29)$$

Odpovídající vektory měření jsou následně ve tvaru:

$$\begin{aligned} l_1 &= (x'_1, \dots, x'_n)^T \\ l_2 &= (y'_1, \dots, y'_n)^T \end{aligned} \quad (4.30)$$

Následný výpočet probíhá dle vzorce (4.22). Stejný výpočet lze aplikovat i pro polynomické transformace vyšších řádů. Z toho důvodu, že v programu ArcMap je možnost volby i polynomické transformace 3. stupně, je zde uveden její tvar:

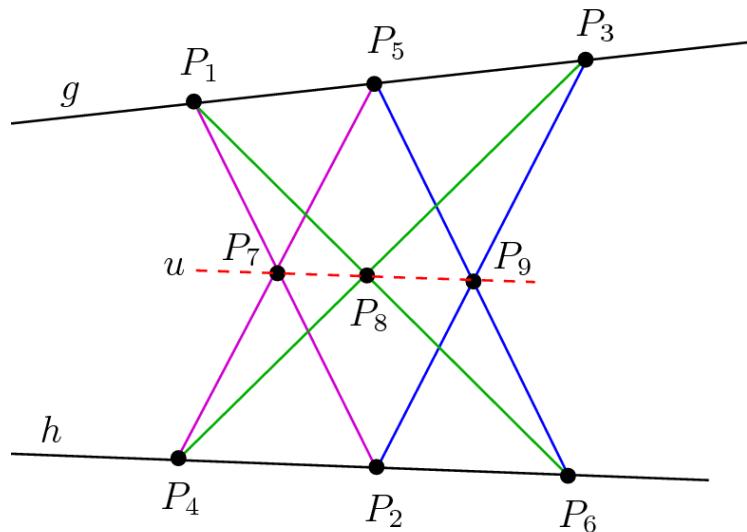
$$\begin{aligned} x' &= ax^3 + by^3 + cx^2y + dxy^2 + ex^2 + fy^2 + gxy + hx + iy + j \\ y' &= kx^3 + ly^3 + mx^2y + nxy^2 + ox^2 + py^2 + qxy + rx + sy + t \end{aligned} \quad (4.31)$$

Při použití této transformace je minimální počet vlícovacích bodů 10.

4.3 Projektivní transformace

Projektivní transformace, nazývaná též kolineární, je vhodným kandidátem pro georeferencování při znalosti souřadnic rohů mapového listu. Pro výpočet je potřebná znalostí 4 identických bodů. Při větším množství již dochází k vyrovnaní. Projektivní transformace je často využívána ve fotogrammetrii. Transformace není konformní, ani nezachovává rovnoběžnost přímek. Jedním ze základů projektivní transformace je Pappova věta⁶ (obrázek č. 4.1, zdroj [43]).

⁶Pokud body P_1 až P_6 leží střídavě a dvou přímkách g a h , budou i body P_7 až P_9 ležet na jedné přímce.



Obrázek 4.1: Pappova věta

Obecně lze transformaci pomocí matic zapsat:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (4.32)$$

Po roznásobení mají rovnice tvar:

$$\begin{aligned} x' &= \frac{ax + by + c}{gx + hy + 1} \\ y' &= \frac{dx + ey + f}{gx + hy + 1} \end{aligned} \quad (4.33)$$

Následně lze přejít k vyrovnání a jsou získány vyrovnané veličiny.

4.4 Křivková a vyrovnávací transformace

Křivková transformace (spline transformation) a vyrovnávací transformace (adjust transformation) při georeferencování ztotožní identické body nezávisle na jejich rozmístění. Důsledkem toho může docházet k výrazným deformacím. Křivková transformace využívá pro výpočet matematicky generované křivky, zatímco vyrovnávací transformace kombinuje polynomické transformace s interpolačními technikami.

Příprava dat

5.1 Tvorba 3D modelu Strakonického hradu

Tvorba 3D modelu Strakonického hradu probíhala v programu SketchUp, který vyvinula americká společnost Last Software. Velkou výhodou tohoto programu je to, že umožňuje vytvořený objekt propojit s libovolným softwarem GIS a umístit jej v prostoru.

Software SketchUp byl poprvé představen na trhu v roce 2000, kdy sklidil velké úspěchy a zájem významných firem. V tomto roce také vyhrál ocenění *Best New Products or Services*. V roce 2006 je program koupen společností Google, která jej rozšiřuje a vylepšuje některé funkce. V roce 2012 je SketchUp koupen společností Trimble, která s Googlem stále spolupracuje a společně se podílí na rozvoji služby SketchUp 3D Warehouse, která v sobě obsahuje několik existujících komponent z celého světa. Tato skutečnost umožňuje při vytváření 3D modelů používat již existující textury a objekty (stromy, dopravní značky aj.). [44] [45]

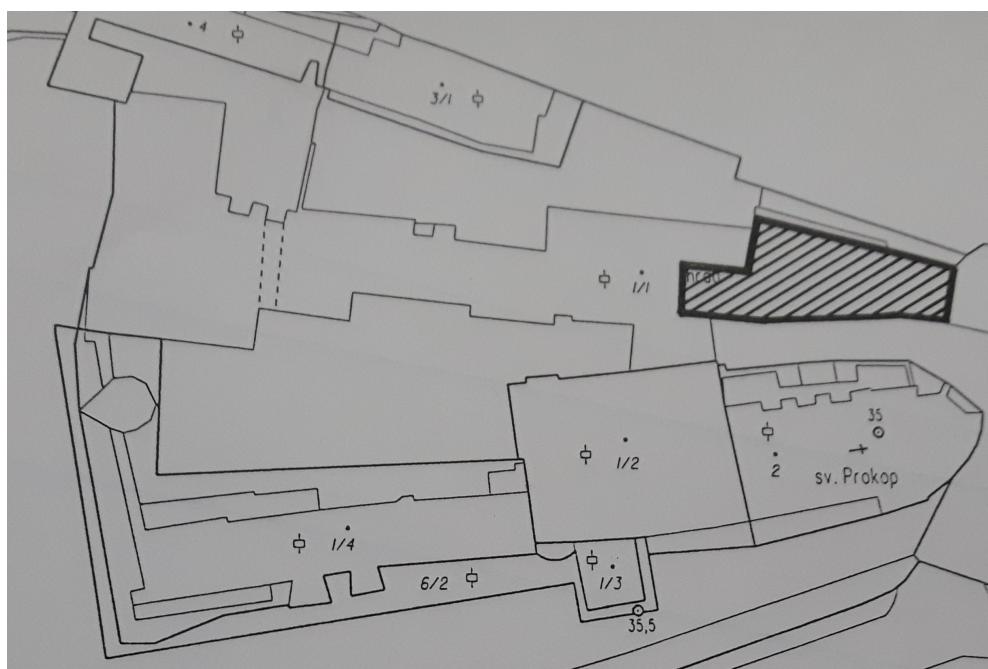
5.1.1 Zpracování

Při tvorbě 3D modelu se vycházelo z půdorysu. Jednotlivé části hradu byly vytvářeny základními funkcemi programu SketchUp. Program je velmi intuitivní a uživatelsky přívětivý. Z toho důvodu, že se jedná o rozsáhlou stavbu, byl objekt značně generalizován.

Dílčí části Strakonického hradu byly vytvářeny lomenými čarami a oblouky. Z toho důvodu, že se nejedná o stěžejní část této práce, nebyly detailněji vyhotoveny některé části objektu a místo toho byly vloženy textury, které tyto objekty již obsahují. Při volbě textur se vycházelo z fotografií pořízených autorkou. Fotografování za účelem získání textur a lepší představy při samotném modelování bylo prováděno v období od ledna do května roku 2019.

Fotografování v tomto poměrně velkém časovém rozmezí bylo zapřičiněno z několika důvodů. Hlavní vliv na fotografování měly restaurátorské práce,

5. PŘÍPRAVA DAT



Obrázek 5.1: Půdorys Strakonického hradu

neboť je hrad v rozsáhlé rekonstrukci. Dalším činitelem bylo počasí a povětrnostní podmínky. V neposlední řadě má vliv i časové období, kdy je fotografování prováděno. U částí hradu, kde je znatelná vegetace, se počkalo na jaro na hlavní vegetační období, aby nebyly fotografie mdlé.

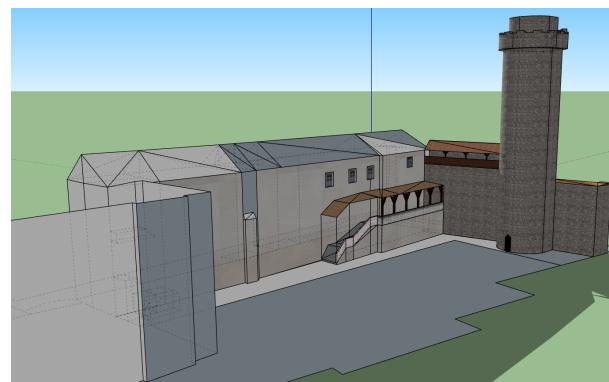
Velká výhoda softwaru SketchUp je ta, že lze projekt geolokalizovat. Geolokalizace vzniká jednoduchou volbou *File → Geo-location → Add location ...*. Model byl publikován na webovou stránku 3D Warehouse pomocí volby funkce *File → 3D Warehouse → Share Model ...*. Zároveň byla vytvořena krátká animace, ve které byla snaha zachytit model z několika různých pohledů. Tato animace je součástí příloh a byla publikována na server YouTube, který v současné době spadá také pod společnost Google a prezentuje se jako dceřiná společnost této firmy.

Při zpracování byla nejprve v modelu vytvořena gotická věž Rumpál (obr. č. 5.2), která je nejspíš nejvýraznější ikona hradu. Následně bylo vymodelováno II. hlavní nádvoří (obr. č. 5.3). Poté byl vytvořen kostel sv. Prokopa s ním související I. hlavní nádvoří (obr. č. 5.4). Na obrázku č. 5.5 lze vidět výsledný model, na obrázku č. 5.6 je zobrazen tento model včetně textur. Na obrázku č. 5.7 je již finální podoba hradu se všemi detaily.

5.1. Tvorba 3D modelu Strakonického hradu



Obrázek 5.2: Gotická věž Rumpál

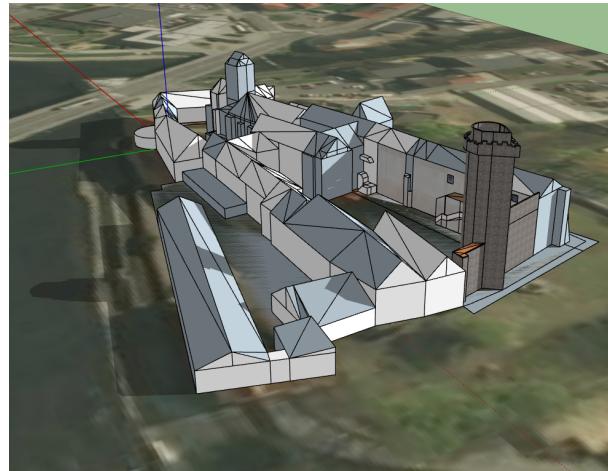


Obrázek 5.3: II. hlavní nádvoří Strakonického hradu



Obrázek 5.4: I. hradní nádvoří a kostel sv. Prokopa

5. PŘÍPRAVA DAT



Obrázek 5.5: Vytvořený model hradu



Obrázek 5.6: Model Strakonického hradu doplněný o textury



Obrázek 5.7: Výsledný 3D model Strakonického hradu

5.1.2 Prezentace výsledků z programu SketchUp

Výsledný model byl publikován na stránku 3D Warehouse, která slouží jako úložiště modelů vytvořených v programu SketchUp a jejich sdílení se všemi uživateli internetu. V rámci stránky lze vyhledat a následně stáhnout do svého projektu již vytvořený libovolný objekt. 3D Warehouse v současné době nabízí možnost volby z několika různorodých kategorií, kromě stavebních objektů je možné stáhnout model zvířat, lidí, nábytku či jídla.

SketchUp nabízí i možnost tvorby animace modelu, kdy jsou postupně voleny jednotlivé scény a program z nich vytvoří krátké video. Model je rozsáhlý a při nasnímání hradu ze všech významných pohledů vzniklo video o 40 scénách. Takto obsáhlé video nešlo publikovat ve formátu *avi*, bylo tedy vytvořeno ve formátu *mp4*. Zároveň byla vytvořena i kratší animace, která byla exportována ve formátu *avi*. Vzniklá videa byla nahrána na server YouTube, kde jsou volně ke zhlédnutí.

5.2 Zpracování kartografických podkladů

Zpracování kartografických podkladů probíhalo v softwaru ArcGIS od společnosti ESRI, která se zabývá vývojem softwaru pro práci s geografickými informačními systémy. Zakladatelem společnosti byl Jack Dangermond. ArcGIS je primárně určen pro práci s prostorovými daty, jejich tvorbou, správou či analýzu.

Před samotným zpracováním byla zapotřebí příprava prostředí a mapového okna v programu ArcMap. Nejprve byla vytvořena geodatabáze *Otava.gdb*. Geodatabáze je interní formát společnosti ESRI, který slouží k ukládání a manipulaci s prostorovými daty. Velkou výhodou je to, že všechny soubory jsou uloženy v jednom adresáři. Pro geodatabázi lze nastavit i defaultní souřadnicový systém, pro databázi *Otava.gdb* byl zvolen S-JTSK Krovak East North (EPSG: 5514).

Pro mapový dokument byla zvolena možnost ukládání relativní cesty zdrojových dat. Relativní cesta byla nastavena z toho důvodu, že zpracování probíhalo na více počítačích.

5.2.1 Georeferencování

Císařské povinné otisky stabilního katastru a Státní mapa odvozená byly zapůjčeny od Českého úřadu zeměřického a katastrálního ve formátu JPG ve formě rastrových dat. Tato data bylo nutné zgeoreferencovat⁷ za využití znalosti transformace.

Pro georeferencování posloužila jako podkladová data katastrální mapy, jež jsou k dispozici online prostřednictvím WMS služby poskytnuté ze serveru ČÚZK. Jako vlícovací body byly u prvního rastru voleny přednostně

⁷Proces umístění rastru do známého souřadnicového systému

5. PŘÍPRAVA DAT

takové body, u kterých se předpokládá již zmíněná stabilita a neměnnost. U dalších rastrů byly vlícovací body voleny s ohledem na klad mapových listů a plynulou návaznost se sousedními rastry. Vzhledem k měřítku mapových podkladů byl požadavek na maximální hodnotu směrodatné odchylky 2,5 m. Pro kvalitněji zgeoreferencovaná data byly vlícovací body voleny rovnoměrně rozmištěné po celém rastru a byla snaha o dosažení nadbytečného množství, aby při transformaci docházelo k vyrovnaní MNČ.

5.2.2 Tvorba mozaiky

Zpracovaná data bylo potřeba vhodně uložit a zobrazit jako celek. Za tímto účelem byl v geodatabázi vytvořen nový objekt - mozaika. Zgeoreferencované listy byly následně do mozaiky nahrávány funkcí *Add Raster To Mosaic Dataset*.

Vzhledem k tomu, že každý z použitých mapových podkladů obsahoval mimorámové údaje, bylo nutné rastry oříznout. Za tímto účelem byla v rámci geodatabáze vytvořena polygonová vrstva. V této vrstvě byl pro každý mapový podklad vytvořet maskovací polygon, který přesně ohraňuje oblast z každého listu. Polygon byl pojmenován podle rastru, který ohraňuje, toto označení je dále využito jako propojovací klíč.

Pro přiřazení ořezového polygonu k danému rastru byla v rámci mozaiky použita funkce *Modify/Import Footprints or Boundary*, v níž byla definována polygonová vrstva a propojovací klíč. Výsledné hranice zgeoreferencovaných listů lze vidět na obrázku č. 5.8.

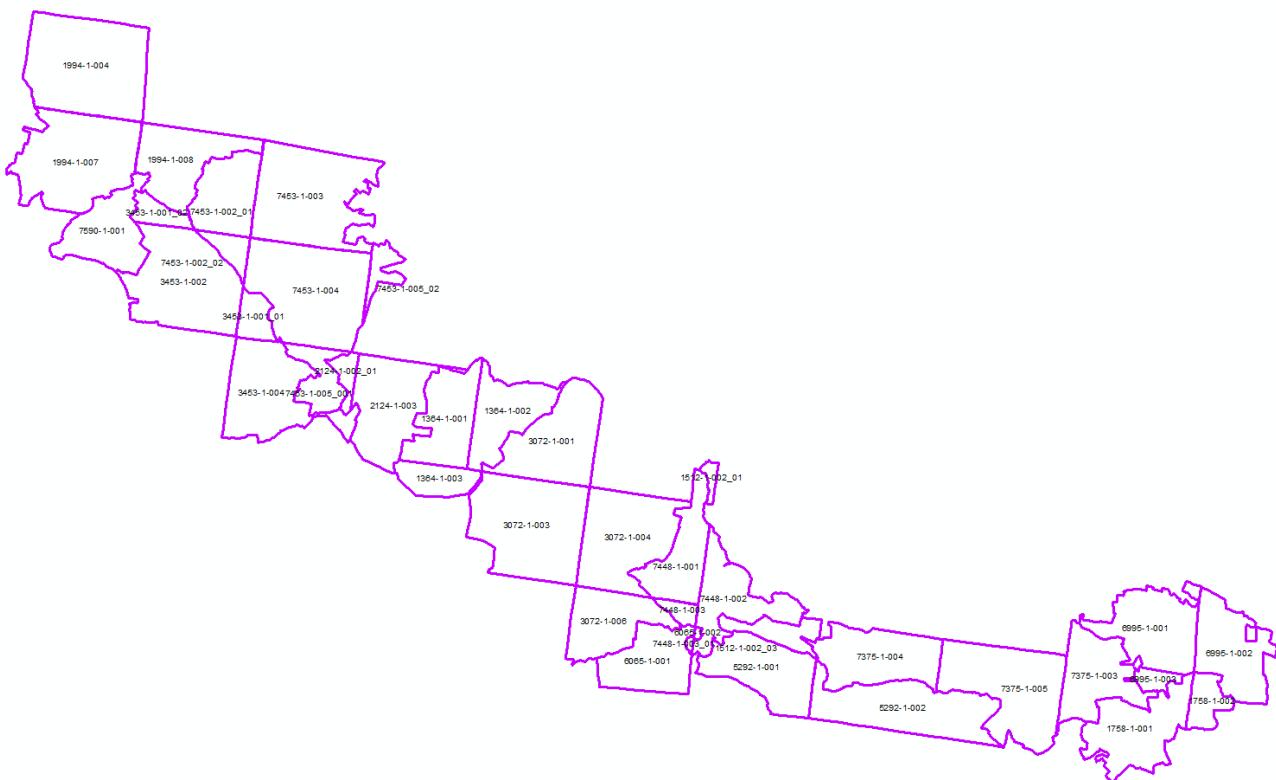
5.2.3 Vektorizace

Pro následné zpracování byly vybrané objekty z map CPO zvektorizovány, což znamená, že byly převedeny z rastru na vektor. Vektorizace byla prováděna ručně a byly vektorizovány budovy, které byly dále rozdělovány na spalné a nespalné, lesy a řeka.

Pro vektorizaci byly vytvořeny nové polygonové vrstvy, do nichž byly objekty ukládány. Tvorba objektů probíhala za pomoci funkce *Create Features* v liště *Editor*.

5.3 Modelování krajiny

Základ pro modelování byl vytvořen v programu ArcMap, následné zpracování probíhalo v softwaru ArcPro. Do funkce pro vymodelování krajiny byly na vstupu výškové kóty, vrstevnice a břehovka.



Obrázek 5.8: Hranice zgeoreferencovaných listů CPO

5.3.1 Vektorizace vrstevnic

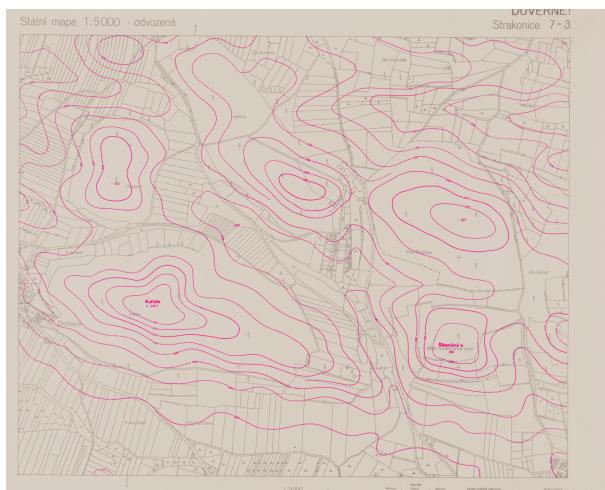
Vrstevnice pro tvorbu 3D modelu byly převzaty z SMO-5. Před samotnou tvorbou bylo nutné rastry samostatně zpracovat, neboť pro vektorizaci sloužila nadstavba ArcScan, která dokáže pracovat pouze s rastry, které jsou definovány právě dvěma barvami.

Pro zpracování rastrů posloužil program IrfanView, který je nejčastěji využíván k prohlížení obrázků, zvuků či videa. Program je pro nekomerční účely ke stažení zdarma. Podporuje velké množství grafických formátů, není paměťově náročný, dokáže měnit počet barev a přebarvovat grafické vstupy a umožňuje konverzi rastrů. Program byl přeložen do několika jazyků, včetně češtiny.

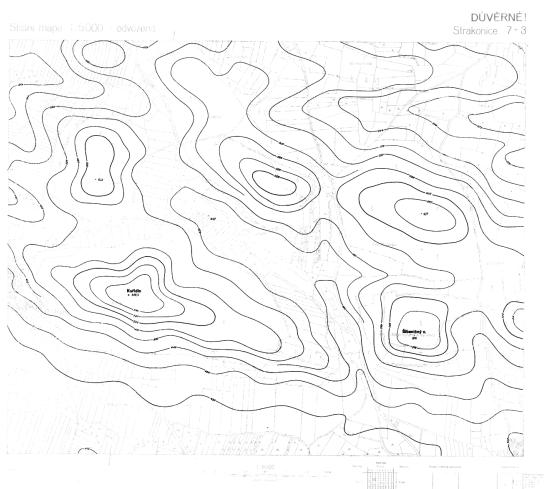
Při přebarvení byla zkopírována složka se zgeoreferencovanými SMO-5 a ty byly poté upraveny pro vektorizaci. Nejprve byla snížena barevná hloubka na 16 bitů, aby při volbě barvy byl sejmout odstín vrstevnic. Funkcí *Replace Color – Replace source color* byly ručně vybírány pixely znázorňující vrstevnice, které byly následně přebarveny na růžovou, aby byl výrazný kontrast se zbylými pixely rastru. Poté byla snížena barevná hloubka na 2 bity, čímž vznikl černobílý rastr.

Tím, že byly používány soubory vzniklé při georeferencování, nebylo zapo-

5. PŘÍPRAVA DAT



Obrázek 5.9: Předpřipravený přebarvený rastr pro vektorizaci



Obrázek 5.10: Zpracovaný 2bitový rastr

třebí tyto rastry opětovně georeferencovat. Rastry načtené v ArcMapu byly reklassifikovány na 2 hodnoty – bílá a černá. Před zpracováním je nutné aktivovat nadstavbu ArcScan. Aktivace se nachází pod volbou *Customize – Extensions*. Zároveň byla vytvořena liniová vrstva se dvěma atributy, nadmořskou výškou a délkou.

Při spuštění nadstavby ArcScan je možnost smazání nežádoucích objektů (tiráž, chybné přebarvení atd.). K tomu slouží funkce *Raster Cleanup*. Funkce nabízí mnoho možností jak zpracovat rastr v prostředí ArcGIS. V této práci byla použita pouze možnost *Guma*, při níž byly nežádoucí prvky vymazány.

ArcScan nabízí 3 možnosti vektorizace, a to ruční, automatickou a po-

loautomatickou. Nejprve byla vyzkoušena automatická vektorizace. Při automatické vektorizaci bylo nutné nastavit parametry vektorizace (maximální tloušťku linie, míru vyhlazení, metodu řešení průsečíků, atd.) a zvolit barvu vrstvy. Zároveň bylo možné nastavit i styl generování vrstevnic, ten byl zvolen *Contour*. Pro vyhledání co nejoptimálnějšího výsledku byly parametry několikrát měněny. Přesto nebyl výsledek postačující, mezi vrstevnicemi byly často mezery a zvektorizovaly se i objekty, které bylo následně nutné vymazat.

Z důvodu nespokojenosti s automatickou tvorbou byla vyzkoušena poloautomatická tvorba vrstevnic. Pro poloautomatickou tvorbu byla použita funkce *Vectorization Trace*, která dokáže rozpoznat buňky, které na sebe navazují a vytvoří z nich linii. Poloautomatická tvorba probíhala současně s ruční, neboť na některých místech docházelo k tomu, že nenavazovala žádná buňka a bylo zapotřebí ručně přichytit linii na buňky, v jejichž směru vrstevnice pokračovala.

Po vektorizaci vrstevnic byla vytvořena bodová vrstva obsahující výškové kóty. Kóty byly přejímány z SMO-5 spolu s výškami. Zároveň byla vytvořena liniová vrstva *brehovka*, do níž byl zvektorizován břeh řeky s odhadem nadmořské výšky.

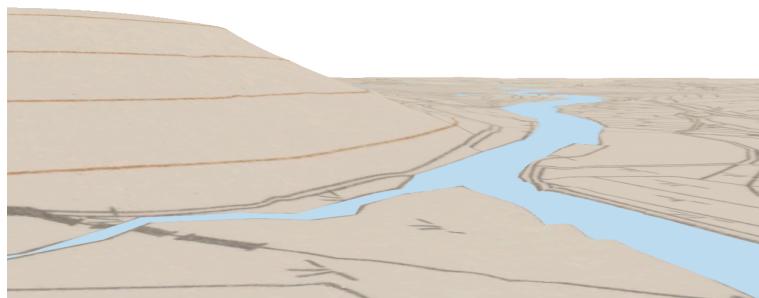
5.3.2 Topo to raster

Funkcí *Topo to raster* byla vytvořena barevná hypsometrie zadaného území. Do funkce vstupovala vrstva s výškovými kóty (*PointElevation*), vrstevnice (*Contour*), ohraničující polygon pro modelování (*Boundary*) a břehovka (*Contour*). Funkce nabízí mnoho dalších vstupů, je zde možnost nahrání vodního toku, útesu či pobřeží. Při modelování bylo vyzkoušeno několik různorodých vstupních dat, přesto zmíněný způsob se jevil jako nejsprávnější a téměř bezchybný.

5.3.3 3D model krajiny

V programu ArcMap lze pro přibližnou představu vygenerovat stínovaný povrch terénu pomocí funkce *Hillshade*. Pro tvorbu 3D modelu posloužil program ArcGIS Pro. Jedná se o nově vytvořený software, jehož hlavním cílem je zjednodušení práce. Narození od ArcMap umožňuje v rámci aplikace pracovat s několika mapovými okny současně.

V softwaru ArcGIS Pro byla vytvořena lokální scéna, do níž byla nahrána vrstva vzniklá funkcí *Topo to raster*. Tato vrstva nahradila defaultní vrstvu v záložce *Elevation Surfaces*, díky čemuž bylo možné vizualizovat vytvořený model krajiny. Do programu byla nahrána i polygonová vrstva řeky a mozaika s georeferencovanými rastry SMO-5. Na obrázku č. 5.11 lze vidět ukázku vizualizace vytvořeného 3D modelu.



Obrázek 5.11: Vizualizace krajiny v softwaru ArcGIS Pro

5.4 Procedurální modelování

Jedná se o automatický způsob vytváření 3D modelů. Jednotlivé objekty jsou generovány z jednoduchých komponent dle předepsaných pravidel. Například model stromu má komponenty listy a větve, pravidla definují geometrii rozvětvování a parametry obsahují informace o hustotě listů, maximální tloušťce větve apod. Tímto způsobem lze pro stromy definovat různá pravidla a předpisy, čímž lze docílit toho, že vzniknou různorodé druhy stromů a na vytvořeném polygonu bude vygenerován les. [46]

5.4.1 CityEngine

CityEngine vytvořil Pascal Mueller. V roce 2011 jej odkoupila společnost Esri, která program přejmenovala na Esri CityEngine. Jedná se o software, který umožňuje z 2D geografických dat vytvořit 3D simulaci. Program podporuje mnoho formátů, včetně geodatabáze ArcGIS. Vytvořený model je možné publikovat a sdílet prostřednictvím ArcGIS Online. [47]

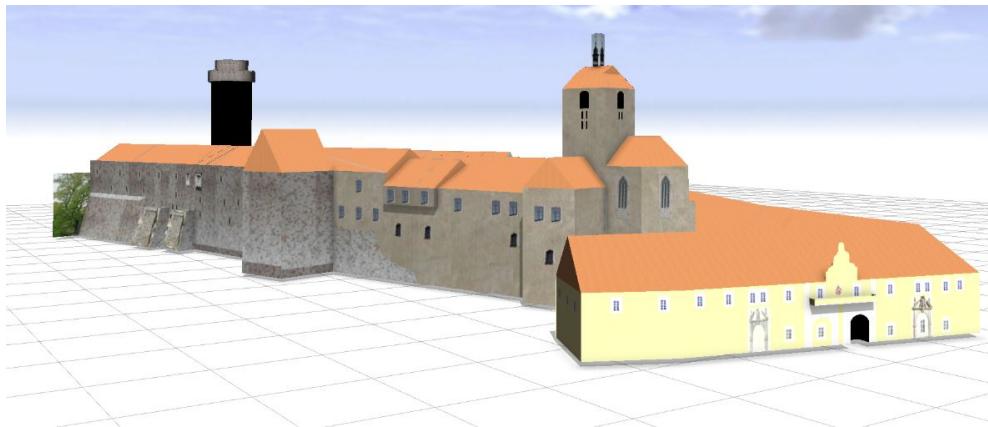
5.4.2 Modelování

Pro modelování v programu CityEngine byl založen projekt. Tento projekt má defaultně nastavené složky (assets, data, maps, models, rules, scenes, scripts). Před samotnou tvorbou bylo nutné nahrát do složky *rules* pravidla pro procedurální modelování, která sestavil Pavel Tobiáš. Do složky *assets* byly nahrány textury, které také vytvořil Pavel Tobiáš. Do složky *maps* byl vložen raster vytvořený v programu ArcMap funkcí *Topo to raster*. Do složky *data* byly importovány zvektorizované shapefile a do složky *models* byl vložen vytvořený generalizovaný 3D model Strakonického hradu.

Při importu modelu nabízí CityEngine několik různých formátů, ve kterých lze model nahrát. Vzhledem k tomu, že se jedná o velký a členitý objekt, docházelo při nahrání k mnoha komplikacím. Nejvýraznější komplikace byla

5.4. Procedurální modelování

s texturami, které v některých formátech zcela chybely či se zobrazily na jiných místech. Nejkvalitněji byl model zobrazen po importu ve formátu *.kmz*, kde ačkoliv není i po několika úpravách vykreslena textura Rumpálu, je vizualizace modelu v CE nejuspokojivější.



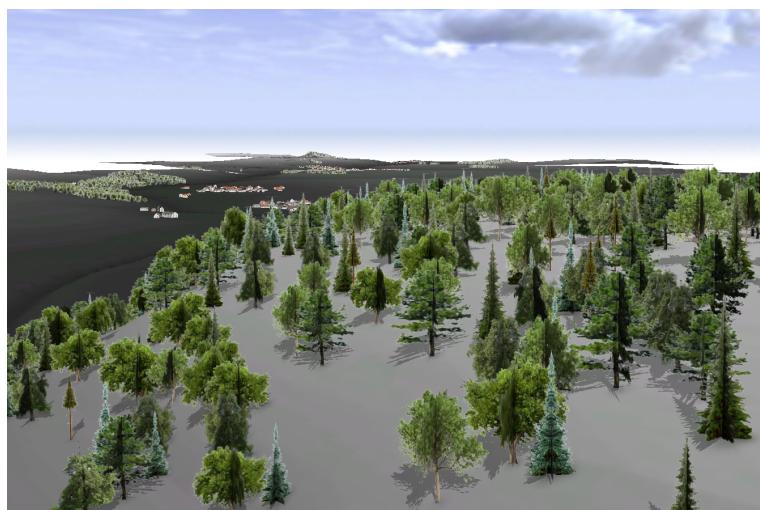
Obrázek 5.12: Strakonický hrad v prostředí CityEngine ve formátu KMZ



Obrázek 5.13: Strakonický hrad v prostředí CityEngine ve formátu DAE

U nahraných vektorizovaných vrstev bylo potřeba provést drobné úpravy, neboť při generování stromů byl na polygonu lesu vždy vytvořen pouze jeden strom. V programu ArcMap byly funkcií *Create Random Points* vygenerovány náhodné body s minimálním rozestupem 5 m.

Pro následné modelování byly k jednotlivým vrstvám přiřazeny soubory s pravidly. Vygenerované objekty byly funkcií *Allign shapes to terrain* umístěny na terén, čímž se zabránilo tomu, aby se objekty vznášely ve vzduchu. Vytvořené modely byly na závěr publikovány prostřednictvím ArcGIS Online.



Obrázek 5.14: Vygenerovaný les - Kněží hora u Katovic

5.5 Publikování výsledků na internetu

Vytvořené modely, mozaiky a vybrané vrstvy byly publikovány na server ArcGIS Online, odkud byla následně vytvořena webová mapová aplikace. Sdílení probíhalo funkcí *Share as service*. Byla vytvořena 2D mapová aplikace a 3D mapová aplikace.

2D mapová aplikace obsahuje vrstvu s rastry povinných císařských otisků a SMO-5. Zároveň byla vytvořena bodová vrstva obsahující fotografie různých míst. Mapová aplikace byla doplněna o možnost volby podkladových map, sdílení, měření vzdálenosti a tisku mapy.

3D mapová aplikace obsahuje exportované modely z programu CityEngine, generalizovaný model Strakonického hradu a podkladovou vrstvu císařských povinných otisků. Aplikace je rozšířena o widgety s možností volby podkladové mapy, sdílení aplikace, měření vzdálenosti a tisku mapy.

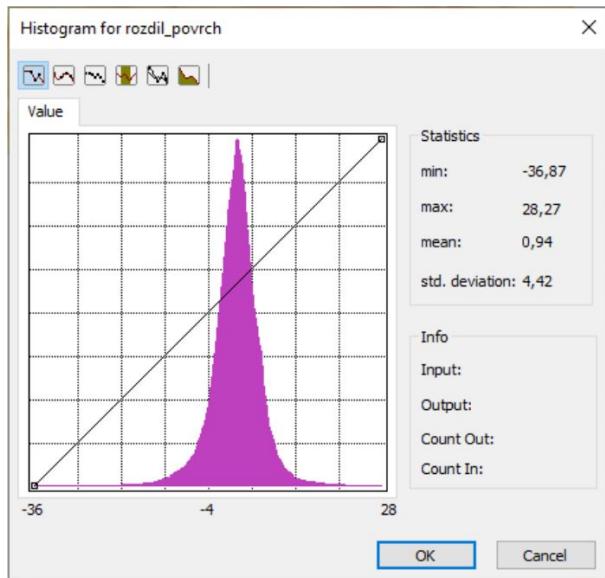
5.6 Porovnání výškopisu

V rámci práce byl vytvořený model krajiny porovnáván s produktem od ČÚZK DMR 5G. DMR 5G byl získán z prohlížecí služby Esri ArcGIS Server [48], z níž byl pro danou oblast vyexportován ve formátu *tiff*. Vyexportovaný soubor byl následně v programu ArcMap oříznut přesnou hranicí oblasti funkcí *Extract by mask*.

Vytvořený rastr modelu krajiny a oříznutý rastr DMR 5G byly mezi sebou porovnány funkcí *Raster Calculator*. Do funkce byl vložen rozdíl vytvořeného povrchu a staženého povrchu. Výsledný rastr znázorňoval rozdíl obou výšek. Rastr s rozdílem je součástí příloh. Na obrázku č. 5.15 lze vidět histogram

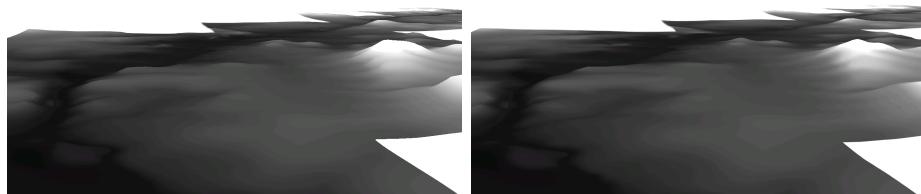
5.6. Porovnání výškopisu

rozdílů. Maximální rozdíly byly 36 m, tato výrazná výchylka je zřejmě způsobena místy, kde nebyla k dispozici data. Z histogramu je patrné normální rozdělení a průměrný rozdíl 1 m. Lze tedy vytvořený model krajiny považovat za kvalitní.



Obrázek 5.15: Histogram rozdílu nadmořských výšek

Oba modely byly také porovnávány vizuálně mezi sebou. Dle obrázku č. 5.16 je patrné, že až na výjimky jsou modely téměř totožné.



Obrázek 5.16: Vlevo model krajiny vytvořený z dat SMO-5, vpravo DMR 5G

Prezentace na webových stránkách

I přes znalost značkovacího jazyka HTML byla webová stránka vytvářena online přes stránku Wix. Stránka Wix nabízí možnost bezplatného webhostingu, případně placené verze, pokud uživatel nechce na svých webových stránkách zobrazit reklamy či chce využít jiných prémiových služeb. Velkou výhodou tohoto webu je interaktivní tvorba, která umožňuje vytváření webových stránek i těmi, kteří se s programováním či skriptováním nikdy nesetkali. Mnoho uživatelů může i uvítat to, že editor je v češtině.

Wix nabízí před tvorbou několik šablon rozdělených dle účelu stránky či tématu stránky. Šablony jsou k dispozici zdarma či prémiové za příplatek. Stránka nabízí vkládání celé řady objektů, od videí, obrázků, zvuků až po databáze či ikony souvisejícími se sociálními sítěmi.

6.1 Objekty webových stránek

6.2 Vzhled stránek

6.3 Fotodokumentace

Diskuze

V současné době je velký zájem o historii a její porovnání s aktuálním stavem. Tato skutečnost lze vidět i na vyhotovených pracích. Za zmínku jistě stojí diplomová práce od Adély Dykastové [17], která zpracovávala historické mapové podklady a modelovala objekty pro město Kadaň. V této práci byla zvolena rozsáhlejší oblast, a to oblast středního Pootaví, tedy od Horažďovic po Strakonice. Tato oblast má, stejně jako město Kadaň, bohatou historii. Zpracování podkladových dat probíhalo obdobným způsobem, rastry byly georeferencovány na podkladech katastrálních map, aby při následné vizualizaci ve webových mapových aplikacích nebyly výrazné rozdíly. Vzhledem k malé oblasti mohla Adéla Dykastová vektorizovat objekty více typů a porovnávat jejich vývoj v rámci různých časových období. V případě rozšíření této práce by tato možnost byla zajisté vítána. Mohl by být porovnán vývoj krajiny, jak se změnil podíl orné půdy, lesů a luk na úkor zástavby. Při takto vytvořených prvcích by bylo následně také možné vypočítat koeficient ekologické stability, jenž udává poměr stabilních a nestabilních ekosystémů. Pomocí tohoto koeficientu lze zhodnotit, zda je území hojně využívané a přírodní struktury jsou narušené, či se jedná o přírodní krajинu s nízkou intenzitou využití člověkem.

V práci byla zadána oblast modelována z dat SMO-5, stejný způsob tvorby využila i Adina Slívová ve své diplomové práci [16], v níž se zaměřila na oblast historického údolí Slap. Ve své práci narazila na několik problémů týkajících se špatně přiřazené nadmořské výšce vrstevnice či chybějícímu přesnému umístění výškové kóty. Rastry použité pro tuto práci naštěstí žádný obdobný problém neobsahovaly, přesto byla při vektorizaci zvýšená obezřetnost. V rámci této práce byly vyzkoušeny všechny způsoby tvorby vrstevnic, aby byl vybrán ten nejefektivnější, neboť bylo nutné zvektorizovat vrstevnice pro velké území. Nejvhodnější způsob byla poloautomatická tvorba vrstevnic. Při automatické tvorbě byly zvektorizovány i objekty, které s vrstevnicemi nemají nic společného a tyto objekty bylo nutné následně důkladně prozkoumat a odstranit.

Součástí výstupů této práce jsou i mapy měst, kterými Otava protéká. O výstupy této práce projevila zájem Šmidingerova knihovna ve Strakonicích,

7. DISKUZE

se kterou se momentálně jedná o možnosti vystavení map v prostorách vstupní haly knihovny na Strakonickém hradě.

Součástí práce byla tvorba generalizovaného 3D modelu Strakonického hradu. Jedná se o rozsáhlý a členitý komplex. Objekt bylo při tvorbě nutné generalizovat nejen z časových důvodů, ale také z paměťových nároků programu City Engine. Tento program má při nahrávání komplikovaných staveb problémy se zobrazením textur. Tento problém se nevyhl ani Strakonickému hradu, u nějž se přes několik oprav nepodařilo vykreslit texturu hradní věže Rumpál. Navíc bylo nutné odstranit textury z jižní strany hradu, které při publikování do softwaru CityEngine byly náhodně rozmístěny po celém objektu.

Vytvoření konkrétního objektu dodá oblasti na autentičnosti. Dle mapových podkladů se v oblasti nachází více významných budov, ať už se jedná o kostely či o zámek Střelu. Součástí práce by do budoucna mohlo být rozšíření o vytvořené 3D modely těchto významných staveb.

Při publikování dat ze softwaru CityEngine docházelo k problému s umístěním objektů. Přestože objekty v programu CityEngine měly totožné půdorysy s podkladovou mapou, po publikování jsou objekty zhruba o 10 m posunuté. Na vině bude zřejmě vnitřní transformace, neboť surová data jsou ve formátu S-JTSK Krovak East North a ArcGIS Online data zobrazuje v systému WGS 84. Tento problém byl konzultován s vedoucím práce, ale bohužel se jej nepodařilo odstranit.

Neopomenutelnou součástí práce byl také sběr historických fotografií a jejich porovnání s aktuálním stavem. Velké množství fotografií znázorňuje Strakonice, za uvážení by jistě stálo důkladnější prozkoumání archivů zbylých měst a rozšíření fotodokumentace o tyto fotografie.

Přestože tvorbu práce doprovázely různé komplikace, podařilo se splnit cíl práce a prezentovat výstupy prostřednictvím webové stránky. Webová stránka je na pohled čistá a přehledná, jako velké plus vidět možnost porovnání dobových fotografií s aktuálním stavem, navíc mnoho z použitých fotografií není veřejně dostupných.

Velký důraz při práci byl kladen na samostatnost. Veškeré historické podklady od stavebních plánů hradu po sběr historických fotografií byl získán autorkou. Zároveň bylo pro potřebu fotodokumentace nutné získat aktuální snímky, které si autorka také sama obstarala. Získání aktuálních fotografií výrazně ztěžovaly restaurátorské práce, při nichž byly po určitou dobu části hradu zakryty lešením.

Práce se sama o sobě zabývá velmi širokým tématem a zahrnuje velké území. Práci lze považovat za kvalitní zdroj při zpracování v prostředí ArcMap, neboť softwaru ArcMap je věnována velká část díla. Detailněji jsou popsány transformace, které se používají v ArcMapu při georeferencování. Velkým přínosem je také snaha o propojení několika různých softwarů a objektů z nich vypublikovaných.

Závěr

Hlavním cílem práce byla vizualizace území v údolí řeky Otavy v okolí Strakonic, doplnění o vytvořený objekt Strakonického hradu a sběr historických fotografií. Všechny výstupy byly následně prezentovány na vytvořených webových stránkách.

Stěžejní část práce spočívala v georeferencování císařských povinných otisků stabilního katastru. Vzhledem k velikosti oblasti bylo nutné zgeoreferencovat celkem 59 rastrů. Je zde nutné podotknout, že se jedná o počet rastrů, nikoliv katastrálních území. Zgeoreferencované rastry byly následně ořezány a ukládány do vytvořené geodatabáze. Georeferencování bylo náročné, neboť bylo nutné kontrolovat nejen střední chybu, ale také návaznost jednotlivých listů, zejména návaznost vodního toku. Po zpracování císařských povinných otisků stabilního katastru byly stejným způsobem zgeoreferencovány rastry SMO-5.

Z podkladů císařských povinných otisků byly zvektorizovány vodní toky, budovy a lesy. Tato vrstva následně posloužila pro generování objektů v softwaru CityEngine, kde byla aplikována pravidla procedurálního modelování. Z rastrů SMO-5 byly zvektorizovány vrstevnice a výškové kóty, které byly dále využity pro modelování krajiny. Vytvořená krajina byla porovnána s existujícím modelem krajiny DMR 5G.

Pro autentičnost byl vytvořen 3D model Strakonického hradu v programu SketchUp, který doplnil vytvořené modely krajiny. Model byl vytvářen generalizovaný a velké množství dílčích částí bylo vkládáno ve formě textur.

Výsledky ze softwaru CityEngine, ArcMap a ArcGIS Pro byly publikovány na server ArcGIS Online, kde byly pro interaktivní prohlížení vytvořeny webové mapové aplikace. Zároveň byla pro prezentování výsledků vytvořena webová stránka obsahující nejen výstupy, ale také stručnou historii měst a vytvořenou srovnávací fotodokumentaci.

Literatura

- [1] Elektronický meteorologický slovník. [online], [cit. 11.4.2019]. Dostupné z: <http://slovnik.cmes.cz/hesla>
- [2] Slavík, L.; Neruda, M.: *Voda v krajině*. Ústí nad Labem: Fakulta životní prostředí UJEP, 2007.
- [3] Horník, S.; Cháběra, S.; Kříž, H.; aj.: *Základy fyzické geografie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1982.
- [4] Šobr, M.: Hydrografie povodí: Úkol 5. [online], [12.2.2019]. Dostupné z: <https://www.natur.cuni.cz/geografie/fyzgeo/sobr/pedagogicka-cinnost/metody-ve-fg-i/hydrografie-povodi/hydrografie-zadani/view>
- [5] Pokorná, D.; Zábranská, J.: *Hydrologie a hydropedologie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2008, ISBN 978-80-7080-707-1.
- [6] Veverka, B.; Zimová, R.: *Topografická a tematická kartografie*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2008, ISBN 978-80-01-04157-4.
- [7] Hromádka, F.; Pažourek, J.; Busta, J.: *Mapování*. Brno: Vysoké učení technické, 1980.
- [8] Cajthaml, J.: *Analýza starých map v digitálním prostředí na příkladu Müllerových map Čech a Moravy*. Praha: ČVUT, 2012, ISBN 978-80-01-05010-1.
- [9] Hybášek, J.: *Topografická a tematická kartografie - učební texty*. Brno: Vysoké učení technické, 1993.
- [10] Bláha, J. D.: *Vybrané okruhy z geografické kartografie*. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně, 2017, ISBN 978-80-7561-092-8.

LITERATURA

- [11] Voženílek, V.: *Metody tematické kartografie - Vizualizace prostorových jevů*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011, ISBN 9788024427904.
- [12] Dai, S.; Li, J.; Zuo, S.; aj.: *Landscape-Scale Simulation Analysis of Waterlogging and Sponge City Planning for a Central Urban Area in Fuzhou City, China*. 2017, ISBN 9780784481042. Dostupné z: http://gisersqdai.top/mycv/files/201602.pdf?fbclid=IwAR01ZR1cIuBzxVbEEL6d4PlxxFukzPaFqskBT6_WUkHyvGapTPGxtmDz2g
- [13] Abdalla, R.; Tao, C. V.; Li, J.: A GIS-supported 3D approach for flood risk assessment of the Qu'Appelle River, Southern Saskatchewan. 2006. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/240295475_A_GIS-supported_3D_approach_for_flood_risk_assessment_of_the_Qu'_Appelle_River_Southern_download
- [14] Brixius, L.: *Google SketchUp Workshop*. Elsevier Inc., 2011, ISBN 978-0-240-81627-2.
- [15] Mach, R.; Petschek, P.: *Visualization of Digital Terrain and Landscape Data*. Springer, 2006, ISBN 978-3-540-30490-6.
- [16] Slívová, A.: 3D model historického údolí Vltavy v oblasti přehravní nádrže Slapy. [online], [cit. 11.3.2019]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/77624>
- [17] Dykastová, A.: Analýza a vizualizace vývoje zástavby města Kadaně. [online], [cit. 25.3.2019]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/67900>
- [18] Plavcová, T.: Soubor tématických map města Benešova a jeho okolí. [online], [cit. 11.5.2019]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/77342>
- [19] Oberfalcer, E.: *Po vlnách řeky Otavy*. Svazek měst a obcí okresu Strakonice, 2015, ISBN 978-80-260-8901-8.
- [20] Oberfalcer, E.: *Encyklopédie měst a obcí okresu Strakonice*. Svazek měst a obcí okresu Strakonice, 2013, ISBN 978-80-260-5042-1.
- [21] Voda na Zemi. [online], [cit. 11.2.2019]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/07-voda.html
- [22] Pokorná, D.: *Hydrologie a hydropedologie*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2008, ISBN 978-80-7080-707-1.

- [23] Sušice. [online], [cit. 15.3.2019]. Dostupné z: <http://www.susice-sumava.cz/>
- [24] Historie obce Žichovice. [online], [cit. 11.3.2019]. Dostupné z: <http://www.zichovice.cz/historie-obce/>
- [25] Muškaření na Šumavě. [online], [cit. 8.4.2019]. Dostupné z: <https://www.muskareni-sumava.cz/pstruhovy-revir-otava-6/otava-jez-rabi-zichovice-2/>
- [26] Hrad Rabí. [online], [cit. 11.3.2019]. Dostupné z: <http://www.hrad-rabi.cz/>
- [27] Městské muzeum Horažďovice. [online], [cit. 20.3.2019]. Dostupné z: <https://www.muzeumhd.cz/index.php/zamek-v-horazdovicich/velky-sal/>
- [28] Kamenný most v Písku. [online], [cit. 8.4.2019]. Dostupné z: <https://www.jiznicedechy.cz/turisticke-cile/22-kamenny-most-v-pisku>
- [29] Písek: Oficiální turistický portál města Písek. [online], [cit. 8.4.2019]. Dostupné z: <http://www.pisek.eu/>
- [30] Věda a technika v pozadí: Rýžování zlata. [online], [cit. 1.4.2019]. Dostupné z: <https://edu.techmania.cz/cs/veda-v-pozadi/958>
- [31] SHP v České republice. [online], [cit. 5.4.2019]. Dostupné z: http://www.svornik.cz/?page_id=1407
- [32] of the Austro-Hungarian Empire, S. O.: Legend for Franciscan Cadastral Maps 1824. [online], [cit. 22.4.2019]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Legend_for_Franciscan_Cadastral_Maps_1824.jpg
- [33] Mapování. [online], [cit. 10.4.2019]. Dostupné z: <http://pepa.fsv.cvut.cz/~mapovani/web/index.html>
- [34] Český úřad zeměměřický a katastrální. [online], [cit. 10.4.2019]. Dostupné z: <https://www.cuzk.cz/Uvod.aspx>
- [35] Petr, T.: Bakalářská práce: Vývoj státní mapy 1:5000 - odvozené. [online], [cit. 18.4.2019]. Dostupné z: https://theses.cz/id/ikbcqz/bc_-_SM05.pdf
- [36] spol. s r. o., H.: Ortofotomap.cz. [online], [cit. 22.4.2019]. Dostupné z: <http://www.ortofotomap.cz/>
- [37] Fotohistorie. [online], [cit. 15.4.2019]. Dostupné z: <http://www.fotohistorie.cz/Default.aspx>

LITERATURA

- [38] Šumava. [online], [cit. 15.4.2019]. Dostupné z: <http://www.sumava.cz/>
- [39] Skořepa, Z.: *Geodézie 4.* Česká technika, 2014, ISBN 978-80-01-05481-9.
- [40] ArcGIS Desktop. [online], [cit. 2.5.2019]. Dostupné z: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/>
- [41] Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí. [online], [cit. 2.5.2019]. Dostupné z: <https://www.vugtk.cz/slovnik/index.php>
- [42] Tvorba datového modelu Crigingerovy mapy v ArcGIS. [online], [cit. 14.5.2019]. Dostupné z: http://maps.fsv.cvut.cz/diplomky/2008_BP_Malimankova_Tvorba_datoveho_modelu_Crigingerovy_mapy_v_ArcGIS.pdf
- [43] Pappova věta. [online], [cit. 14.5.2019]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Pappova_v%C4%9Bta
- [44] Bethany: Everything You Need To Know About Sketchup. [online], March 12, 2018, [cit. 17.4.2019]. Dostupné z: <https://www.scan2cad.com/cad/everything-about-sketchup/>
- [45] online SketchUp: Web o SketchUpu - rady a tipy. [online], [cit. 17.4.2019]. Dostupné z: <https://onlinesketchup.cz/blog/google-prodal-sketchup-spolecnosti-trimble/>
- [46] Strachota, P.: Procedurální modelování. [online], [cit. 20.5.2019]. Dostupné z: http://saint-paul.fjfi.cvut.cz/base/sites/default/files/POGR/POGR2/06.proceduralni_modelovani.pdf
- [47] ARCDATA PRAHA: Desktopový GIS - Produkty. [online], [cit. 14.5.2019]. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/produkty/arcgis/desktopovy-gis>
- [48] Prohlížecí služba ESRI ArcGIS Server - Analýza výškopisu. [online], [cit. 14.5.2019]. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/dmr/>

Seznam použitých zkrátek

Bpv Balt po vyrovnání

ČMeS Česká meteorologická společnost

ČÚZK Český ústav zeměměřický a katastrální

DIBAVOD Digitální báze vodohospodářských dat

DMR 5G Digitální model reliéfu 5. generace

EPSG European Petroleum Survey Group – databáze obsahující kódy zemských elipsoidů, geodetických dat, zeměpisných a kartografických souřadnicových systémů, měrných jednotek apod., každý souřadnicový systém má unikátní kód

ESRI Environmental Systems Research Institute - jeden z největších světových producentů software GIS

GIS Geografický informační systém

HTML Hypertext Markup Language

JPG Joint Photographic Experts Group

MNČ Metoda nejmenších čtverců

SHP Stavebně historický průzkum

SÚRPMO Státní ústav pro rekonstrukce památkových měst a objektů

S-JTSK Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální

WMS Web Map Service

Obsah přiloženého CD

readme.txt.....	stručný popis obsahu CD
grafy.....	složka obsahující výsledné grafy
rastry.....	složka obsahující testované rastry
rozklad.m.....	skript na výpočet rozkladu RGB barev
LaTex.....	zdrojová forma práce ve formátu LATEX
text	text práce
└ DP_Pasovska_Petra_2019.....	text práce v PDF