

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**FAKULTA STAVEBNÍ
STUDIJNÍ PROGRAM GEODÉZIE, KARTOGRAFIE
A GEOINFORMATIKA**



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

3D MODEL TOKU STARÉ VLTAVY

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D.

Katedra geomatiky

květen 2019

Josef Pudil



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Pudil** Jméno: **Josef** Osobní číslo: **469551**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra geomatiky**
Studijní program: **Geodézie a kartografie**
Studijní obor: **Geodézie, kartografie a geoinformatika**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

3D model toku staré Vltavy

Název bakalářské práce anglicky:

3D model of historic Vltava river

Pokyny pro vypracování:

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

doc. Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D., Katedra geomatiky FSv

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **18.02.2019** Termín odevzdání bakalářské práce: **26.05.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

doc. Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Abstrakt

Bakalářská práce se zaměřuje na vytvoření 3D modelu staré Vltavy za podkladu státní mapy odvozené 1:5 000. Zpracováno bylo celé území Vltavy. Zpracování probíhalo v ArcMap 10.5, kde došlo k vektorizaci, vložení výškových bodů a vytvoření skriptu v prostředí python. Následně v ArcGIS Pro byla vytvořena 3D lokální scéna.

Abstract

Bachelor thesis is focused on creating 3D model of the old Vltava River with a backround of the State map derived 1:5 000. The whole territory of the Vltava River was processed. Processing was done in ArcMap 10.5, where vectoriztion and insertion of height points were done. Next the script was created in python environment. Finally local 3D scene in ArcGIS Pro was done.

Klíčová slova

Vltava, SMO5, vektorizace, 3D model, trojúhelníková síť, stará Vltava, Státní mapa odvozená 1:5 000

Key words

The Vltava River, vectorization, 3D model, triangular network, State map derived 1:5 000

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma zpracování 3D modelu staré Vltavy zpracoval samostatně a uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s právními předpisy.

V Praze dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Zde bych chtěl poděkovat vedoucímu práce doc. Ing. Jiřímu Cajthamlovi Ph.D. za věnovaný čas, připomínky a rady ke zpracování. Velké díky také patří mé rodině, která mi byla ohromnou oporou po celou dobu studia.

Obsah

Úvod	7
1. Popis lokality.....	8
1.2 Historie Vltavy.....	8
1.2 Současnost Vltavy.....	8
1.2.1 Lipno	9
1.2.2 Hněvkovice	9
1.2.3 Kořensko	9
1.2.4 Orlík	9
1.2.5 Kamýk.....	9
1.2.6 Slapy	9
1.2.7 Štěchovice	10
1.2.8 Vrané.....	10
2. Podklady.....	11
2.1 Mapový podklad státní mapa odvozená 1:5 000.....	11
2.2 Podélný profil střední Vltavy	12
2.3 Výškové kóty a vrstevnice	13
2.4 Data ArcČR 500.....	13
3. Zpracování dat.....	14
3.1 Nastavení programu ArcMap 10.5.....	14
3.2 Vektorizace	15
3.3 Vkládání výškových bodů z podkladu	17
3.4 Vytvoření skriptu, zpracování všech podrobných bodů.....	18
3.5 Výpočet nepravidelné trojúhelníkové sítě TIN	25
3.6 Tvorba 3D modelu	30
4. Porovnání současné a staré Vltavy.....	34
Závěr	35

Úvod

Cílem bakalářské práce je zvektorizovat tok Vltavy dle mapových listů SMO5 o rozměrech 2,5 x 2 km, od pramene Teplé Vltavy u vesnice Kvilda až k Šítkovskému jezu v Praze. Jedná se o délku přibližně 430 km. Jako další cíl je vložení výškových bodů, z podélného profilu střední Vltavy, kde se jedná o území od železničního mostu v Českých Budějovicích až po Šítkovský jez v Praze. Dále byly nalezeny veškeré lomové body, kterým byla potřeba přidělit výška, aby mohlo dojít k výpočtu TINu, a následně vyhotovení 3D modelu, na který byly nalepeny mapové listy SMO5. Práce je zpracována v rámci projektu NAKI DG18P02OVV037 „Vltava – proměny historické krajiny v důsledku povodní, stavby přehrad a změn ve využití území s vazbami na kulturní a společenské aktivity v okolí řeky“.

Teoretická část se skládá z popisu lokality, kde nejdříve bude popsána historie toku Vltavy a následně současný stav. Dále budou popsány použité podklady, které jsou především mapy SMO5 a podélný profil střední Vltavy.

Praktická část bude popisovat zpracování v programu ArcMap 10.5 od společnosti ESRI, na který má ČVUT licenci. Dále 3D vytvoření bude probíhat v programu ArcGIS Pro, v kterém také dojde k porovnání současné Vltavy a staré Vltavy.

V závěru proběhne shrnutí a zhodnocení náročnosti práce a zhodnocení programů ArcMap a ArcGIS Pro.

1. Popis lokality

1.2 Historie Vltavy

Řeka Vltava je nejdelší řekou České republiky pramenící přibližně 5,5 km východně od vesnice Kvilda a vlévající se do Labe v Mělníku. Vltava byla využívána již v historických dobách k cestování a k přepravě nákladu. Pro splavování řeky lodmi musely proběhnout úpravy toku (prohlubování, usměrnění), ovšem řeku bylo nutné neustále udržovat.

Za vlády Ferdinanda I. došlo k odstranění nejzrádnějších balvanů a skalisek, které nejvíce ohrožovaly plující lodě. Vznikaly nové propusti na jezích a koňské potahy vozící lodě proti proudu. V roce 1640 vzniklo Altmannovo panorama, což byl barevný pohledový plán na Vltavu. Plán nechal vyhotovit strahovský opat Kryšpín Fuk, jenž chtěl upravit řeku pro lodní plavbu. Panorama vyhotovil malíř David Altmann z Edinburgu. Panorama bylo od Svatojanských proudů až k pražskému Karlovu mostu, jednalo se o slepování papírových pruhů o délce 2700 mm a šířce 290 mm. Hlavní cíl byl zobrazení překážek plavby (veškeré jezy, víry, ostrovy, balvany).

Roku 1724 vynalezl inženýr a malíř Jan Ferdinand Schor novou metodu odstraňování skalisek, kdy kolem skalisek byly vyskládány pytle s jílem a z prostoru se odčerpala voda a následně bylo možné skaliska odstřelit střelným prachem.

Další úpravy probíhaly v letech 1776 až 1777; došlo k budování hrází a prolamování jezů. Výrazné úpravy probíhaly v 19. století, kdy byly opět odstraňovány skaliska pod hladinou, zpevňovány břehy a budovány propusti.

Vltavská kilometráž byla zvolena po druhé světové válce od Mělníka proti proudu. [4]

1.2 Současnost Vltavy

V současné době se na Vltavě nachází celkem 9 přehrad: Lipno I. (v nadmořské výšce 725,6 m), Lipno II. (563,4 m n. m.), Hněvkovice (370,1 m n. m.), Kořensko (353,6 m n. m.), Orlík (353,6 m n. m.), Kamýk (284,6 m n. m.), Slapy (270,6 m n. m.), Štěchovice (219,4 m n. m.) a Vrané (200,1 m n. m.), které se nazývají Vltavská kaskáda [5]

1.2.1 Lipno

Lipno I. je svou rozlohou největší vodní plochou v Česku. Zadrží až 306 milionů m^3 vody. Aktuálně slouží k rekreaci, pro vodní sporty a jako zdroj výroby elektřiny. Hráz byla postavena v letech 1952 až 1959. O deset kilometrů dále se nachází vyrovnávací nádrž Lipno II.

1.2.2 Hněvkovice

Vodní nádrž Hněvkovice byla vybudována v letech 1980 až 2010. Jedná se o nejnovější přehradu Vltavské kaskády. Hráz se nachází u města Týn nad Vltavou. Zadrží 21 milionů kubíků vody a byla zbudována jako zdroj technologické vody pro elektrárnu Temelín. Plavební komora se nachází u pravého břehu, o rozměrech 45 x 6 m se spádem 19 m.

1.2.3 Kořensko

Vodní nádrž Kořensko vznikla v letech 1986 až 1991 jako ochrana před odpadními vodami z jaderné elektrárny Temelín a nadměrným oteplování říční vody. Nachází se pod ústím Lužnice do Vltavy. Plavební komora je v provozu od roku 2000 s rozměry 45 x 6 m

1.2.4 Orlík

Hráz Orlíku byla vystavěna v letech 1954 až 1966, přičemž došlo k zatopení sedmi vesnic a osad. Orlík je přehrada s největším objemem z Vltavské kaskády a dokáže zadržet až 720 milionů kubíků vody.

1.2.5 Kamýk

Přehrada Kamýk byla vystavěna v letech 1957 až 1962 pro vyrovnání kolísavého odtoku z elektrárny Orlík. Nachází se u obce Kamýk nad Vltavou. Slouží také jako ochrana před povodněmi.

1.2.6 Slapy

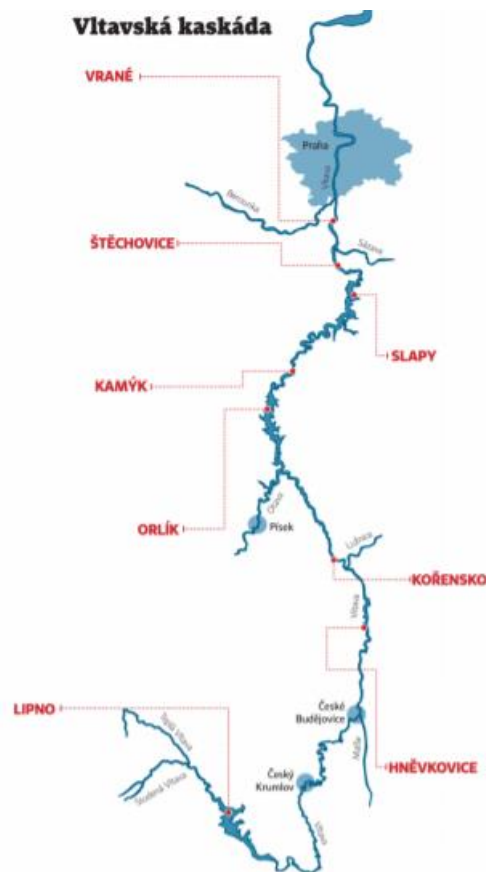
Přehrada Slapy byla vystavěna v letech 1949 až 1955. Hráz je založena na skalním podloží. Hráz dosahuje délky 260 m a hloubky 60 m. Jedna z jejích funkcí je ochrana před povodněmi, další výroba elektřiny i rekreace.

1.2.7 Štěchovice

Vodní nádrž Štěchovice byla postavena v letech 1938 až 1944. Hlavním cílem je regulace odtoku vody ve Vltavě. Nachází se zde plavební komora, v níž je spád až 20 m. Uvnitř vodní nádrže se nachází vodní elektrárna Štěchovice. Vodní nádrž se nachází na kilometrāži 84,4 km proti proudu toku Vltavy.

1.2.8 Vrané

Vodní nádrž Vrané byla vybudována v letech 1930 až 1936. Jsou zde dvě plavební komory protahující vodní cestu po Vltavě až k přehradě Štěchovice pro větší lodě. Na pravém břehu je postavena vodní elektrárna.

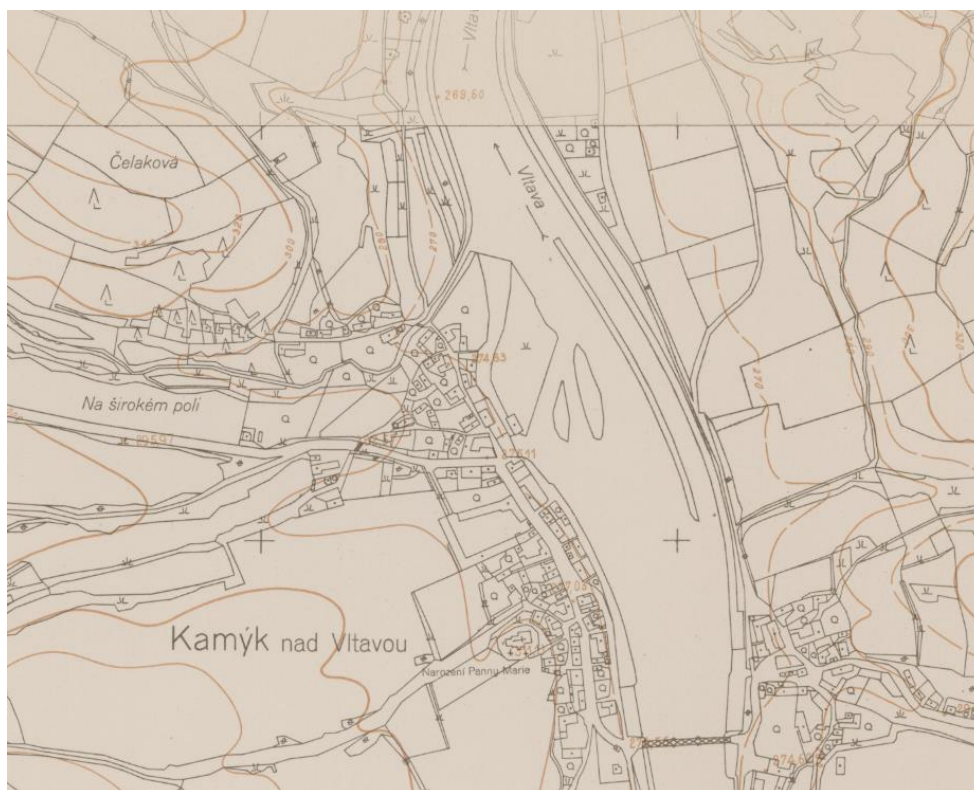


Obr 1. Ukázka Vltavské kaskády [6]

2. Podklady

2.1 Mapový podklad státní mapa odvozená 1:5 000

Pro vytvoření vektorového modelu Vltavy byly použity georeferencované mapy SMO-5 (státní mapy odvozené 1:5 000) v systému S-JTSK. Mapové dílo bylo vydáváno od roku 1950 a navazovalo na tvorbu Státní mapy hospodářské. Jako první probíhalo odvozování polohopisu z katastrálních map, výškopis nejvíce z topografických map v systému S-1952. Polohopis zobrazoval hranice pozemků, hranice katastrální území, budovy, dopravní síť, elektrická vedení a vodstvo. V popisu nebyly zobrazovány parcelní čísla, ale byly zobrazovány místní názvy a mimorámové údaje. Výškopis byl zobrazován vrstevnicemi, výškovými kóty a šrafy. Nyní mapy slouží jako podklady pro tvorbu polohopisu účelových map velkých měřítek nebo pro tvorbu polohopisu základní mapy ČR 1:10 000. Území bylo rozděleno na mapové listy o rozměrech 2,5x2km, každý zobrazoval plochu 5km². Použité zobrazení je Křovákovo konformní kuželové v obecné poloze, které je definováno na Besselově elipsoidu. [1]



Obr 2. Ukázka mapy SMO-5 – obec Kamýk nad Vltavou

2.2 Podélný profil střední Vltavy

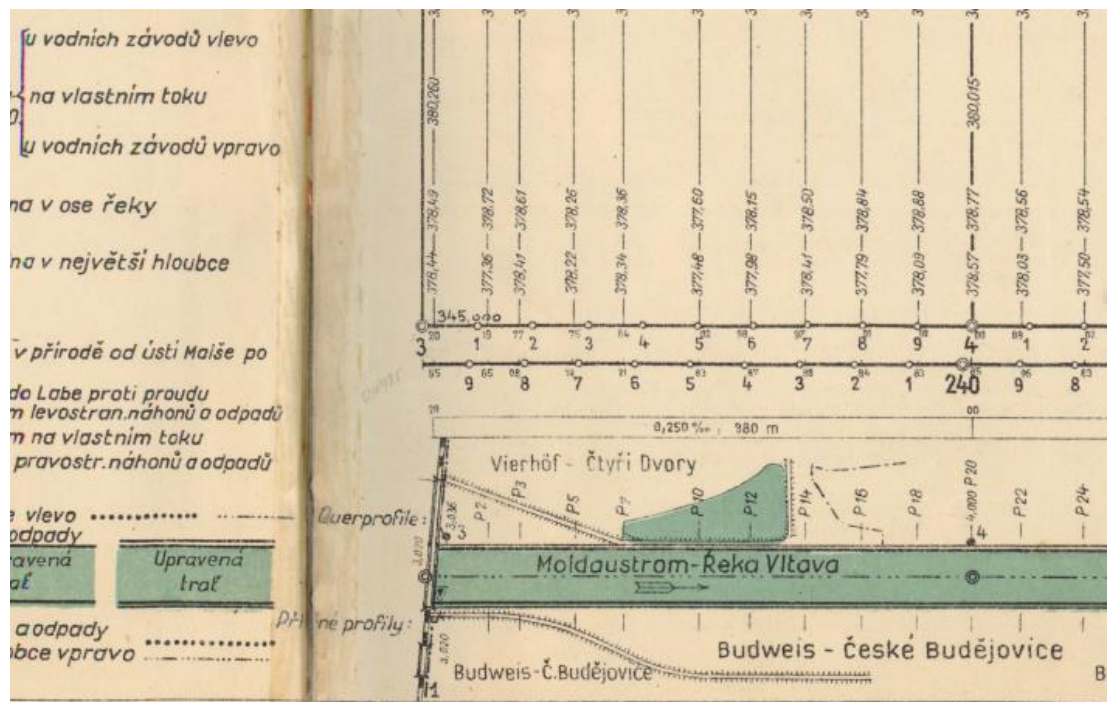
Pro vytvoření výškového bodového pole bylo zvoleno měření z roku 1940, které vytvořil Ústav hydrologický a hydrotechnický Praha Podbaba, ředitelství pro stavbu vodních cest Praha.

Jedná se o podélný profil od železničního mostu v Českých Budějovicích k Šítkovskému jezu v Praze. Je rozdělen do dvou částí podrobného podélného profilu Vltavy IV A a IV B. Podrobné profily mají měřítko pro délky 1:10 000 pro výšky 1:200

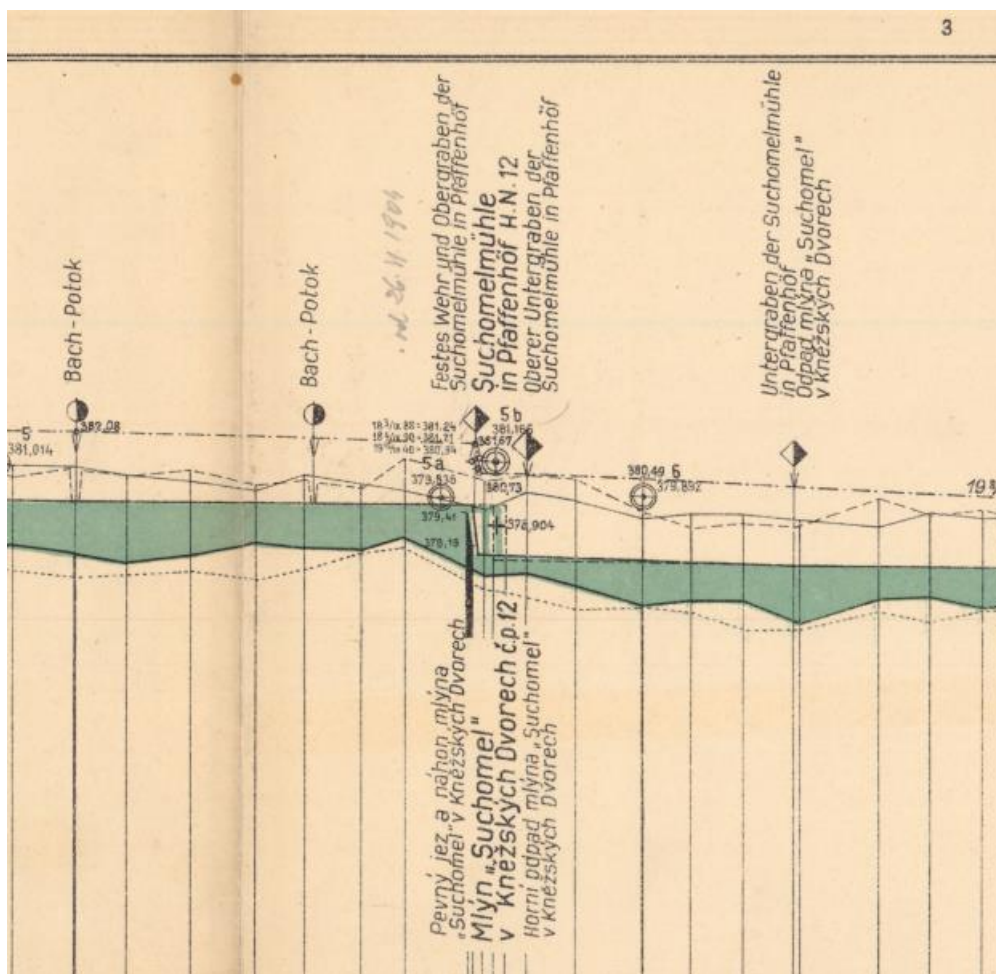
Podélný podrobný profil Vltavy IV A se nachází v místech od železničního mostu v Českých Budějovicích k ústí Lišnického potoka. (3,020 – 99,625 km).

Podélný podrobný profil Vltavy IV B se nachází v místech od ústí Lišnického potoka k Šítkovskému jezu v Praze. (99,625 – 190,555 km).

V podélném profilu byla nadmořská výška hladiny toku, která bylo měřena po maximálně 1 km vzdálenosti. V horní části byly zobrazeny názvy přítoků, mlýnů, jezů, aby mohlo dojít k lepší identifikaci, kde se body nacházejí.



Obr 3. Ukázka podélného profilu spodní části [2]



Obr 4. Ukázka podélného profilu Vltavy mlýnu Suchomel [2]

2.3 Výškové kóty a vrstevnice

Výškové kóty a vrstevnice pocházejí z předchozí práce na projektu NAKI, kde vrstevnice vznikaly automatickou vektorizací a následnými úpravami. O výškové kóty se jednalo v rozmezí do 7 km od vzdálenosti Vltavy, aby došlo k zpřesnění TINu. Vrstevnice se nacházely v oblasti maximálně 7,5 km od toku Vltavy.

2.4 Data ArcČR 500

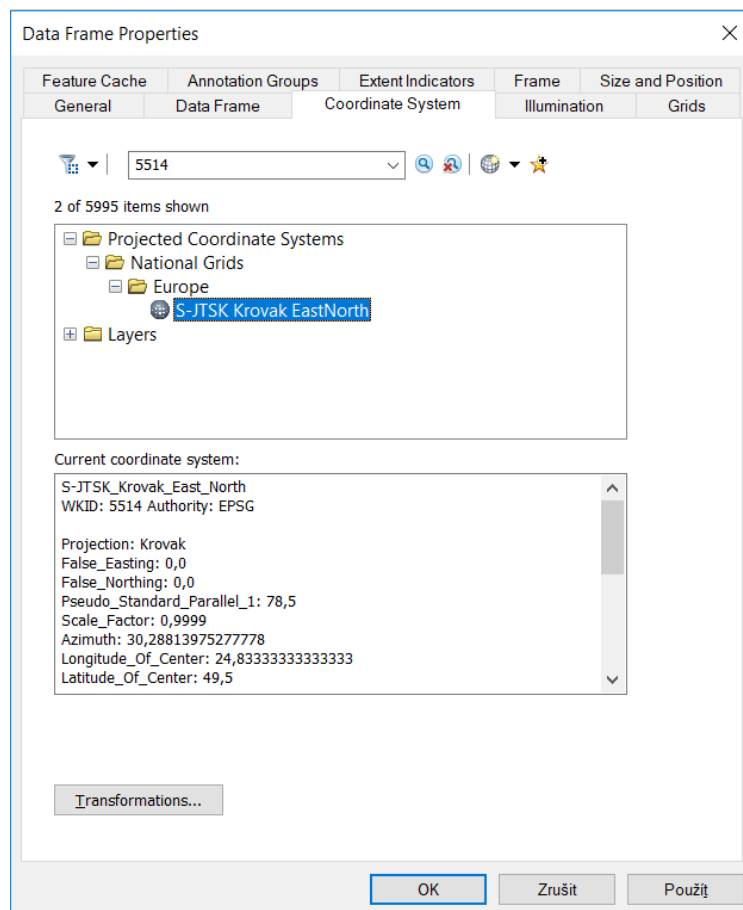
Jedná se o digitální vektorovou databázi v měřítku 1:500 000. V jejím obsahu jsou geografické informace o České republice, u kterých byla použita pouze plošná vrstva vodní plochy, a digitální model reliéfu k porovnání mezi současným stavem a vypočteným z TINu.[3]

Podklady byly poskytnuty vedoucím bakalářské práce doc. Ing. Jiřím Cajthamlem, Ph.D.

3. Zpracování dat

3.1 Nastavení programu ArcMap 10.5

V programu ArcMap musel být nastaven souřadnicový systém S-JTSK (EPSG 5514), který se nastaví přes pravé tlačítko v mapě – Data frame properties – Coordinate system, a zde je zadán EPSG kód 5514. Dále byl spuštěn Snapping, neboli dochycování, v němž bylo nastaveno Edge snapping, neboli dochycování na lomové prvky linií nebo polygonů.

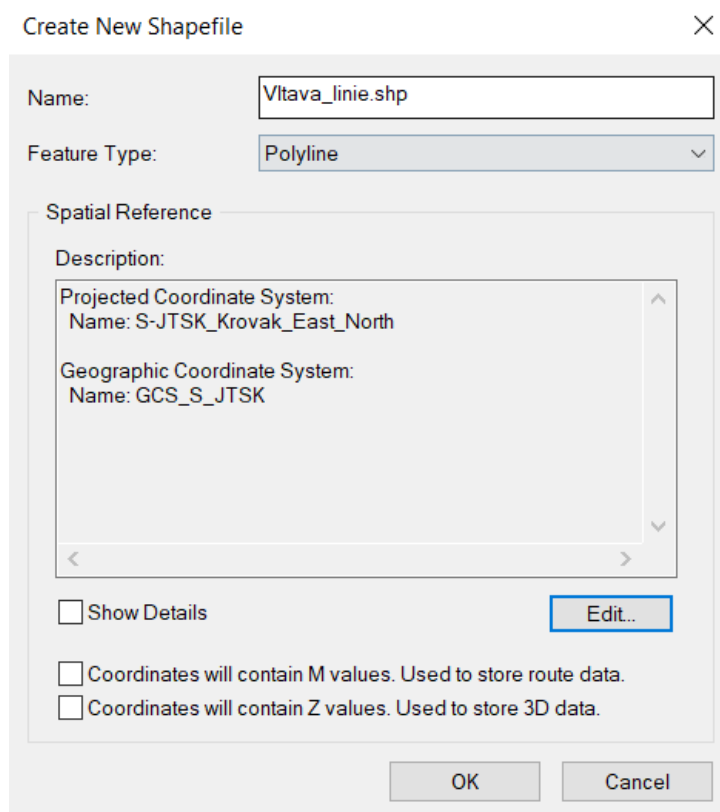


Obr 5. Nastavení souřadnicového systému

Jako další byla nahrána do programu ArcMap georeferencovaná mozaika SMO-5, u které se muselo nastavit v Image Properties – Symbology – Stretch type – none a odškrtnout Apply gamma stretch z důvodu, aby došlo k načítání rastrů se stejnou barevností, a zároveň, bylo vypnuto zobrazení rámu jednotlivých listů.

3.2 Vektorizace

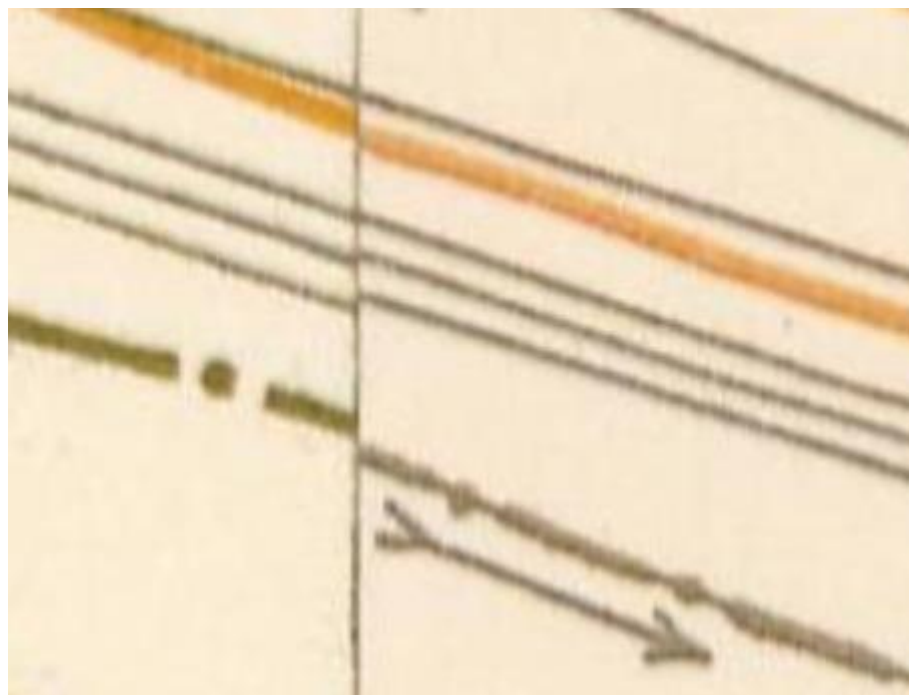
Jako první bylo potřeba vytvořit vrstvu `Vltava_linie.shp` v Catalogu pravým tlačítkem `New – Shapefile`, u které bylo nastaveno `Feature type – Polyline` a přes tlačítko `Edit` byl nastaven souřadnicový systém dle kódu `EPSG 5514` na `S-JTSK_Krovak_East_North`. Shapefile soubor byl zvolen kvůli tomu, že služba lze otevřít i v jiných systémech a také z důvodu rychlého vykreslování a možnosti editace.



Obr 6. Vytvoření shapefilu linie

Následně byla přidána vrstva do prostředí mapy ArcMap a byla spuštěna editace linie v Table of contents kliknutím pravého tlačítka na linii – *Edit features – Start editing*, následně se zobrazil editační panel, ve kterém bylo spuštěno poslední okno *Create features*, v němž se vybrala vrstva linie a poté v dolní části Construction tools byla vybrána linie.

Dále začala vektorizace od severní části mozaiky Praha Modřany až po pramen Vltavy, který se nachází východně od vesnice Kvilda. U vektorizace vznikaly pouze menší problematiky jako například špatné navazování georeferencované mozaiky na sebe.



Obr 7. Ukázka návaznosti listů

Bod byl vložen přibližně do středu přechodu listů a následně byl další bod zachycen opět na následujícím mapovém listu s odstupem přibližně 40 m ve skutečnosti. Tato vzdálenost byla kontrolována přes funkci *measure* v základní liště ArcMap, u níž se zvolí počáteční bod a následně funkce od něj měří vzdálenost.

V oblasti jižních Čech muselo dojít k mírnému ztmavení rastru, jelikož byla viditelnost krajů Vltavy velmi nízká, aby nedocházelo ke špatné vektorizaci. Ztmavení se nastavilo ve vlastnostech rastru, přičemž v Symbology bylo nastaveno Stretch type Standart deviations a n nastaveno na 5.

Průběh vektorizace musel být velmi často ukládán přes editační panel – Editor – Save edits, jelikož ArcMap měl často problémy z důvodu náročnosti mozaiky na grafickou paměť počítače. Ukládání probíhalo většinou po 2 km intervalech. Ty jsou zobrazovány při tvoření linie v levém dolním rohu ArcMapu.

U vektorizace byly ignorovány větší zátoky z důvodu dalších výpočtů, které probíhaly po délce linie a byla u nich potřeba, aby byla délka linie na obou březích Vltavy přibližně stejná. Také proběhla vektorizace veškerých ostrovů uvnitř Vltavy za účelem nejlepšího zobrazení řeky.

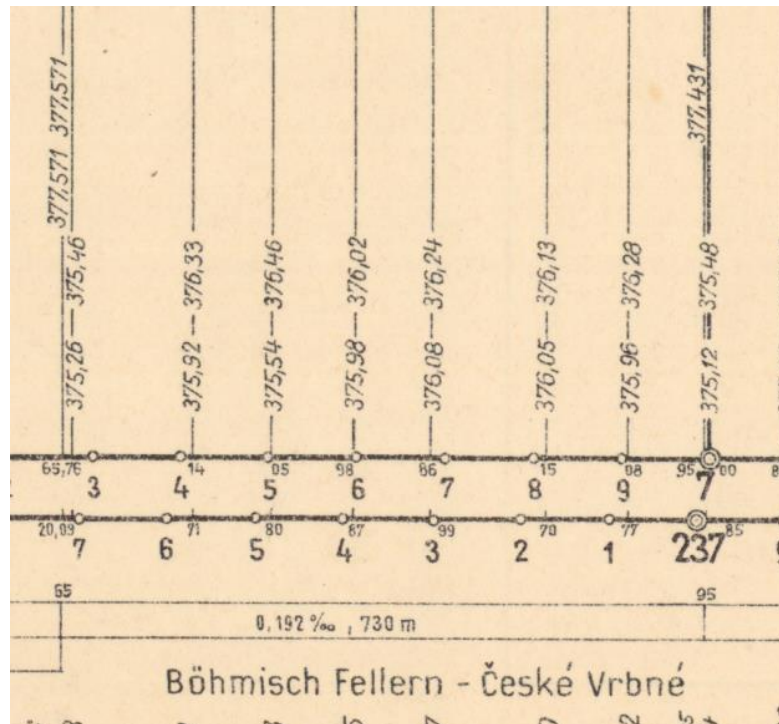
3.3 Vkládání výškových bodů z podkladu

Vkládání bodů probíhalo opět přes vytvoření nového shapefilu s názvem `Body_vltava.shp`, u kterého bylo nastaveno Feature type – point a souřadnicový systém byl nastaven dle kódu EPSG 5514.

Po vytvoření bodové vrstvy byl do atributové tabulky přidán atribut `NadmorskaVy`. Přes atributovou tabulku, v níž se rozklikly možnosti a následně *Add field*, ve které bylo nastaveno Name – `NadmorskaVy` a type `double`, do které byla vkládána nadmořská výška na vlastním toku vyčtená z podélného profilu střední vltavy [2]. Body byly vkládány od železničního mostu v Českých Budějovicích až po Šítkovský jez v Praze. Před začátkem vkládání bodů byla potřeba nastavit Snapping na Edge Snapping, který se zachytával na linii, a ne pouze na její konce.

Nalezení bodů probíhalo identifikací v podélném profilu a následně nalezení v mapách SMO-5 sloužící jako podklad pro vektorizaci. Jako první byl nalezen bod pod železničním mostem v Českých Budějovicích vložený přes *Create features*. Byl vybrán shapefile `Body_vltava.shp` a v *Construction tools* byl vybrán `point`. Bylo nutné body vkládat na již zvektorizovanou Vltavu a na oba břehy. Atributový prvek se vkládal v editačním panelu, kde se zvolilo `attributes` a do prvku `NadmorskaV` byla vložena výška vyčtená z podkladu [2].

Občas nalezení bodu bylo komplikované v mapách SMO5 a určení polohy bodu probíhalo přes funkci *measure* uprostřed toku Vltavy, kde byla odměřena vzdálenost, která byla uvedena v podélném profilu v metrech s průměrným sklonem v procentech.



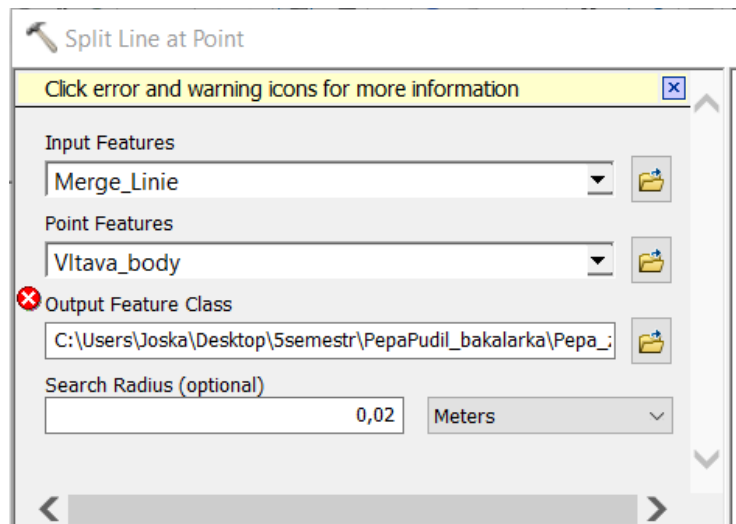
Obr 8. Ukázka vzdálenosti dvou bodů a sklon v procentech

Při větších potížích nalezení bodu došlo k posunu k dalšímu dobře identifikovatelnému bodu například jezu, či mostu nebo přítoku. Následně docházelo opět k určení bodů zpětně přes funkci *measure* s kontrolou z druhého směru. Výsledný počet výškových vložených bodů byl 840. Body byly od sebe vzdálené maximálně 1000 m.

3.4 Vytvoření skriptu, zpracování všech podrobných bodů

Před vytvořením skriptu došlo k mírným úpravám dat, nejdříve byla spojena *Vltava_linie.shp* do jedné nepřerušované linie, přes funkci *Merge*, do které se vložila pouze *Vltava_linie* a v *enviroments* byl nastaven *output coordinates same as input*, z čehož byl vytvořen shapefile *Merge_Linie.shp*.

Následně proběhlo spuštění funkce *Split Line at Point* pracující na principu protínajících se prvků. Vstupem do funkce byl *Merge_Linie.shp* a bodová vrstva *Vltava_body.shp* za účelem určení jednotlivých linií mezi dvěma body. *Search radius* byl nastaven na 0,02 m a byl vytvořen shapefile *split_line_podle_bodu.shp*.



Obr 9. Ukázka nastavení Split line at point

Dále bylo do `split_line_podle_bodu.shp` atributové tabulky vloženo pole s názvem `vzdalenost` a `Feature type – double`, do kterého byla vypočtena vzdálenost linie jednoho bodu až po konečný v každém úseku. Úsek se spočítal přes kliknutí pravým tlačítkem na `vzdalenost` v atributové tabulce – `Calculate geometry – Property length units – meters`.

Následně byly linie a body rozděleny na 2 části – levý a pravý břeh, který vedl od železničního mostu v Českých Budějovicích po Šítkovský jez v Praze. Kvůli dalším výpočtům podrobných bodů a směru linií, veškeré prvky v linii levého břehu jsou označeny na konci názvu 1, pravý břeh je označen 2 na konci. Z `split_line_podle_bodu.shp` vznikly dva liniové prvky `linie1` a `linie2` a z `Vltava_body.shp` body `body1` a `body2` vstupující do skriptu.

```

1 import arcpy, sys, math
2
3 linie = r"C:\Users\Joska\Desktop\5semestr\PepaPudil_bakalarka\Dopracovani\linie1.shp"
4 body = r"C:\Users\Joska\Desktop\5semestr\PepaPudil_bakalarka\Dopracovani\body1.shp"
5 podrobne = r"C:\Users\Joska\Desktop\5semestr\PepaPudil_bakalarka\Dopracovani\podrobne1.shp"
6 koncove = r"C:\Users\Joska\Desktop\5semestr\PepaPudil_bakalarka\Dopracovani\koncove11.shp"
7 koncove2 = r"C:\Users\Joska\Desktop\5semestr\PepaPudil_bakalarka\Dopracovani\koncove12.shp"
8
9 arcpy.env.workspace = r"C:\Users\Joska\Desktop\5semestr\PepaPudil_bakalarka\Dopracovani"
10
11 seznam = []
12 seznamID = []
13 sloupce = arcpy.Describe(linie)
14 geometrie = sloupce.ShapeFieldName
15 poradi = 0
16 radky = arcpy.SearchCursor(linie)
17 for radek in radky:
18     seznam.append([])
19     prvek = radek.getValue(geometrie)
20     IDlinie = radek.getValue('FID')
21     seznamID.append(IDlinie)
22     cast = prvek.getPart(0)
23     for bod in cast:
24         seznam[poradi].append([bod.X, bod.Y])
25     poradi = poradi+1
26 del radky
27
28 pocet_linii=len(seznam)
29 for i in range(0,pocet_linii):
30     pocet=len(seznam[i])
31     vzdalenost=0
32     radky2 = arcpy.da.InsertCursor(podrobne, ["SHAPE@XY", "vzdalenost"])
33     for poradi in range(1, (pocet-1)):
34         bod = (seznam[i][poradi][0], seznam[i][poradi][1])
35         vzdalenost=vzdalenost+math.sqrt((seznam[i][poradi][0]-seznam[i][poradi-1][0])2+
36         (seznam[i][poradi][1]-seznam[i][poradi-1][1])2)
37         radky2.insertRow([bod, vzdalenost])
38     del radky2
39

```

Obr 10. Skript výpočtu podrobných bodů část 1.

```

40
41 for i in range(0,pocet_linii):
42     pocet=len(seznam[i])
43     radky2 = arcpy.da.InsertCursor(koncove, ["SHAPE@XY", "IDlinie"])
44     bod = (seznam[i][0][0], seznam[i][0][1])
45     radky2.insertRow([bod, seznamID[i]])
46     del radky2
47
48 for i in range(0,pocet_linii):
49     pocet=len(seznam[i])
50     radky2 = arcpy.da.InsertCursor(koncove2, ["SHAPE@XY", "IDlinie"])
51     bod = (seznam[i][pocet-1][0], seznam[i][pocet-1][1])
52     radky2.insertRow([bod, seznamID[i]])
53     del radky2
54

```

Obr 11. Skript výpočtu podrobných bodů část 2.

Do skriptu byly importovány jako první knihovny arcpy, která umožňuje provádět geografické analýzy, práci s daty a automatizaci v prostředí python. Dále byla importována knihovna sys poskytující přístup k proměnným používaných nebo udržovaných funkcí. Poslední byla importována knihovna math, která umožňuje spouštět matematické funkce potřebné při výpočtech.

Jako další byly nadefinovány cesty k datům, s nimiž se bude dále pracovat. Jedná se o linie1.shp, body1.shp, podrobne1.shp, což jsou body, které by měly vzniknout na každém lomu linie1.shp. Koncove11.shp určují body počáteční

linie, tudíž by měly být identické s body1, až na finální konec linie. `Koncove12.shp` budou vytvořené vždy na konci každé linie a opět budou totožné `body1.shp` kromě prvního bodu.

Do skriptu byl dále nahrán workspace, kam se jakákoliv vytvořená data mají případně ukládat. Dále byly vytvořeny dva seznamy – seznam a SeznamID, s kterými se bude dále pracovat.

Funkce `arcpy.describe(linie)` vrátí datový typ, sloupce v atributové tabulce, ID, aby se mohlo s každým prvkem linie počítat jednotlivě. Počet prvků v linii nám vypíše funkce `arcpy.searchcursor(linie)`, což se uloží do proměnné `radky`. První for cyklus uloží do proměnné `cast` jednu část linie, do proměnné `IDlinie` uloží prvek právě FID stejné linie. Následně do seznamu nahraje souřadnice jednotlivých bodů `x` a `y` na dané linii.

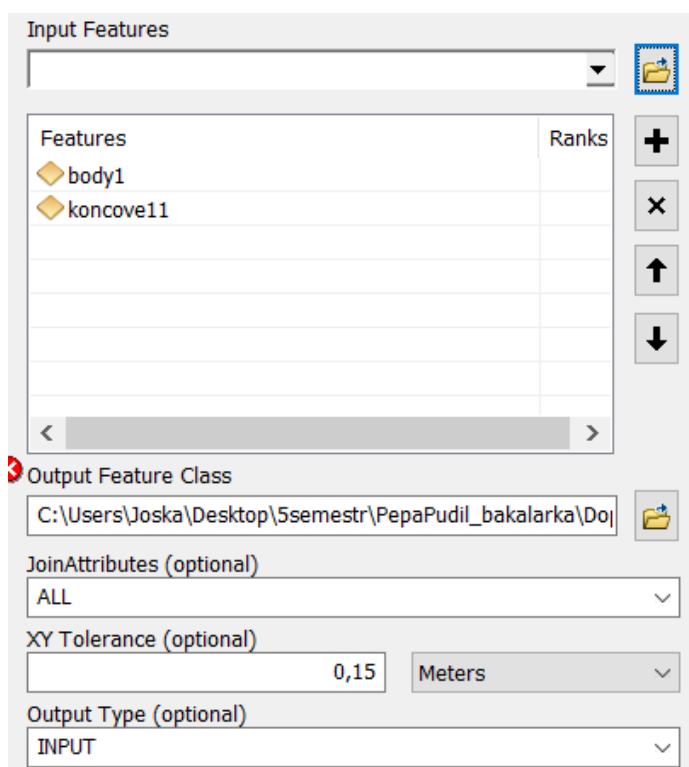
Funkce `len(seznam)` vloží do proměnné `pocet_linii` počet linií, který se vkládá do for cyklu na řádce 29, v němž bylo uvedeno, v jakém rozsahu chceme, aby for cyklus probíhal, tedy od 0 do počtu linií. Funkce `len(seznam[i])` udává kolik lomových bodů je na dané linii, která je brána z for cyklu. Vzdálenost byla nadefinována na 0, jelikož první výchozí hodnota je 0. Dále bylo nadefinováno, aby se do `podrobne1.shp` vložil bod o souřadnicích `x,y` a do atributu `vzdalenost` vypočtenou hodnotu. Další for cyklus byl definován v rozmezí od 1 do `pocet-1` z důvodu, aby nebyl nahrán počáteční a koncový bod linie, které je potřeba vytvořit dále do samostatné vrstvy. Poté byly nadefinovány body vstupující do výpočtu vzdálenosti a byl zapsán vzorec pro výpočet vzdálenosti (1). Vždy je k vzdálenosti připočtena předešlá vypočtená vzdálenost, aby určovala vzdálenost od počátku linie po linii.

$$\text{Výpočet vzdálenosti: } vzdalenost = \sqrt{(X_i - X_{i-1})^2 + (Y_i - Y_{i-1})^2} \quad (1)$$

Následující for cyklus vyhledává počáteční bod každé linie a vždy bod uloží do proměnné `koncove11.shp`. Také vytvoří proměnnou v atributové tabulce `IDlinie`, do které uloží počáteční FID.

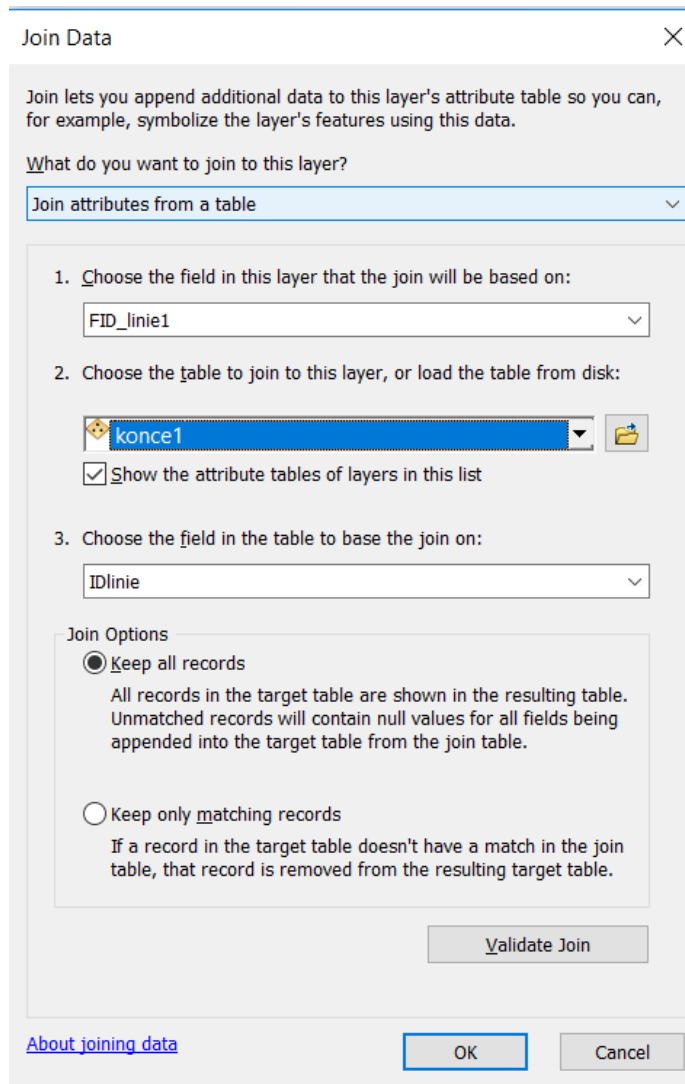
Poslední for cyklus vyhledává koncový bod každé linie a vždy bod uloží do proměnné `koncove1.shp`, také vytvoří proměnnou v atributové tabulce `IDlinie`, do které uloží počáteční FID. Dále byl vytvořen skript, kde byly veškeré prvky nahrazeny 2 na konci, kde se jednalo o pravý břeh.

Dále probíhalo zpracování dat vytvořenými skripty. Jako první bylo potřeba do `koncovy11.shp` a `kocovy12.shp` nahrát hodnotu výšky, jelikož nyní měly pouze hodnoty IDlinie. Nahrání výškových hodnot se provedlo přes funkci *intersect*, která vyhledá stejné prvky, jaké jsou vloženy do funkce, a následně převede atributové vlastnosti obou shapefilu. Vytvoří výsledný shapefile, ve kterém je definovaný ID_linie i NadmorskaVy. Do funkce *intersect* byly vloženy prvky `koncove11.shp` a `body1.shp`, do druhého intersectu `koncove12.shp` a `body1.shp`, což nadefinovalo počáteční a koncovou výšku každé linie a byly vytvořeny shapefilu `koncel.shp` a `pocatky1.shp`



Obr 12. Nastavení intersect

Následující krok bylo provedení funkce *Intersect* mezi vrstvu `linie1` a `podrobny1`, jelikož byla potřeba, aby k dalším výpočtům měly podrobné body definováno ID_linie. V příštím kroku proběhl join k podrobným bodům, byly přidány informace z `koncel` a `pocatky1` k `podrobny1.shp` přes informaci ID_linie. Funkce Join se provádí pravým tlačítkem na vrstvu `podrobny1` Joins and relates – Join – kde bylo nastaveno FID_linie1 a v druhém `koncel` a následně byla zvolena IDlinie.



Obr 13. Ukázka funkce Join data

Posledním krokem bylo dopočítání výšky veškerých bodů na základě vzdálenosti od počátku a převýšení mezi počátkem a koncovým bodem. Předtím však byla data exportována do `Vysledek_podrobnych1`.

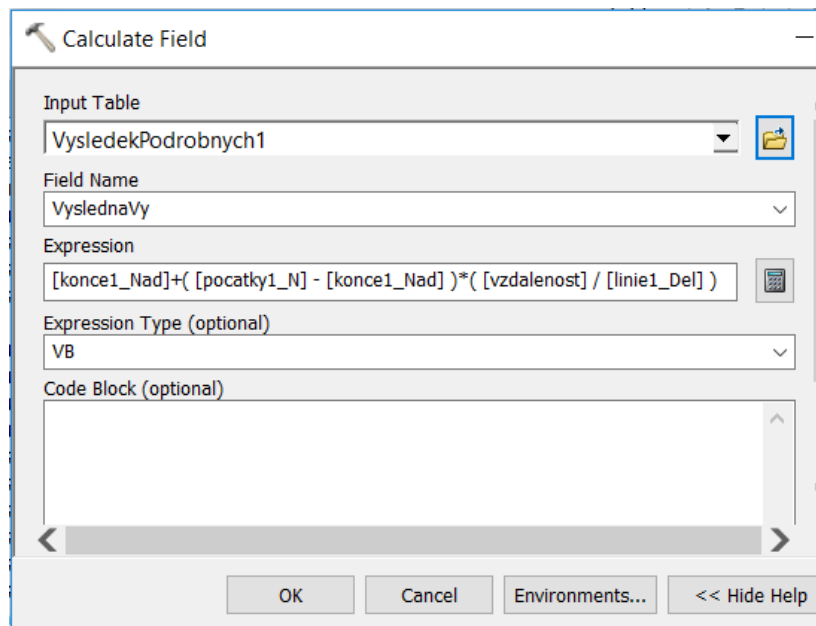
$$\text{Dopocítání výšky: } VyslednaVy = H_p + (H_k - H_p) * \frac{vzdalenost}{DelkaLinie}$$

$$H_p = \text{výška počátku}$$

$$H_k = \text{výška konce}$$

vzdalenost = vzdálenost bodu od počátku linie

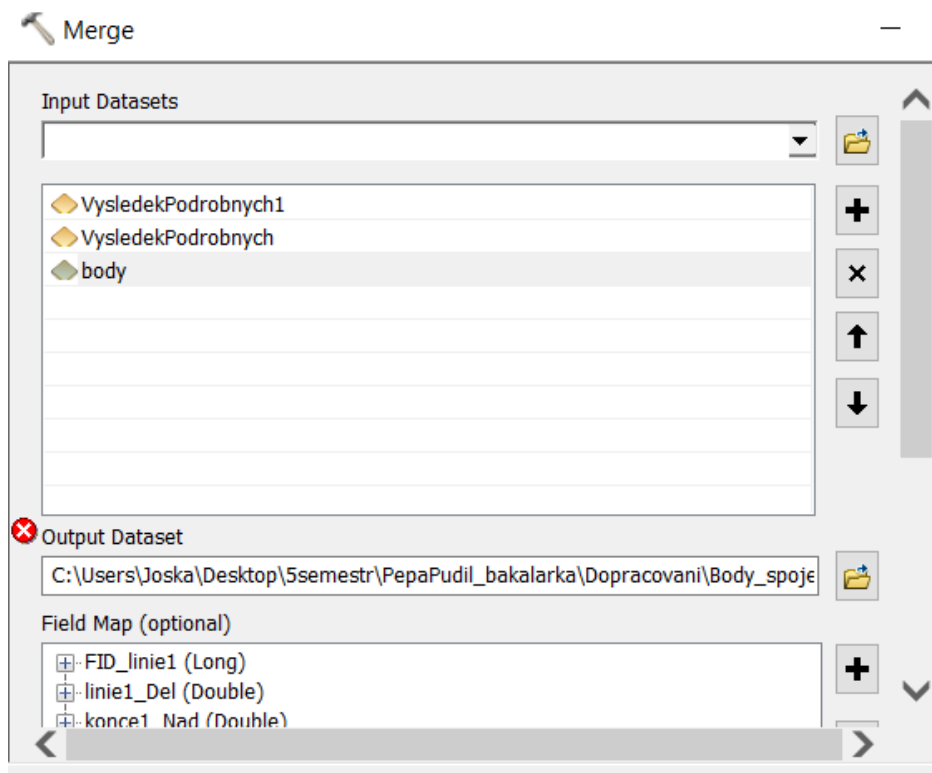
DelkaLinie = celková délka linie



Obr 14. Výpočet výšky podrobných bodů.

Dále proběhlo přidání do atributové tabulky `Vltava_body.shp` pole s hodnotou `VyslednaVy`. Hodnot byla spočtena pouze z `VyslednaVy = NadmorskaVy`, aby byly k rozeznání ve finální bodové vrstvě `body`, z kterých u hodnot výpočet probíhal. U ostatních pak bude `NadmorskaVy` rovna 0, protože výpočet neprobíhal. Následně proběhla funkce *Merge*, která spojila vrstvy `VysledekPodrobnych1.shp`, `VysledekPodrobnych2.shp` a `body`, což je vrstva `Vltava_body` do jedné nazvané `Body_spojene_i_vysky.shp`.

Ve výsledném bodovém shapefilu se nacházelo 16075 bodů s přiřazenou výškou pro následné výpočty triangulačního povrchu nepravidelné sítě.



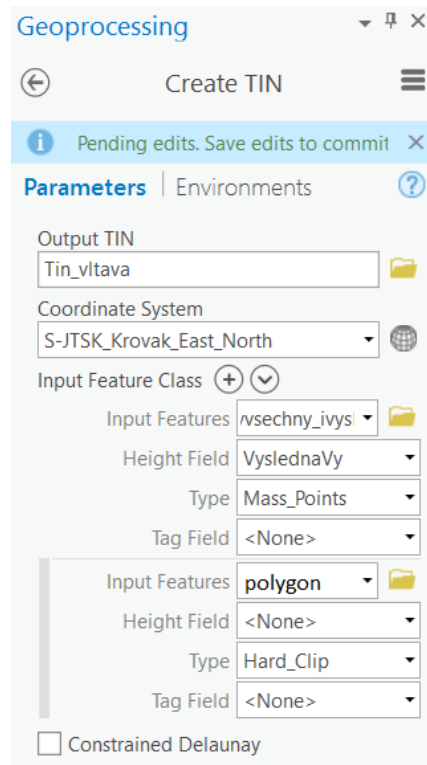
Obr 15. Výsledné sloučení bodů funkcí merge

3.5 Výpočet nepravidelné trojúhelníkové sítě TIN

Další práce probíhaly již v programu ArcGIS Pro, v kterém je lepší vizualizace 3D objektů a jsou v něm poměrně rychlejší operace, což se týká základních funkcí, tak i funkcí náročnějších jako například *Create TIN*, z několika desítek tisíc bodů.

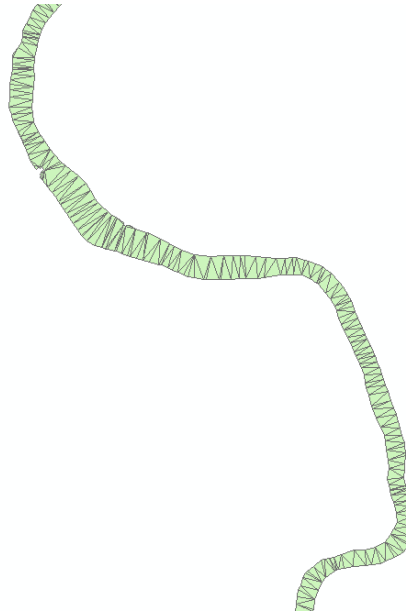
Nejprve byl vytvořen nový projekt blank, ve kterém se dále vytvořila new map. Do programu byla nahrána data *Body_spojene_i_vysky.shp*, *vyskovekoty.shp*, *vrstevnice.shp* a *vltava_linie.shp* a také klad map SMO-5, z kterých byly vybrány listy, v kterých se nachází kóty a vrstevnice pro výpočet nepravidelné trojúhelníkové sítě.

První výpočet proběhl pouze s *Body_spojene_i_vysky.shp* přes funkci *create TIN*, kde hard clip byl nastaven jako polygon Vltavy a mass points byly nastaveny *Body_spojene_i_vysky.shp*



Obr 16. Nastavení funkce Create Tin

Po vytvoření TINu, došlo k vytvoření trojúhelníkové sítě přes funkci, která zobrazila veškeré trojúhelníky s informací o stoupání v procentech a směr natočení trojúhelníku z funkce *aspect*. S těmito trojúhelníky bylo dále pracováno v porovnání 3D modelu staré a dnešní Vltavy.

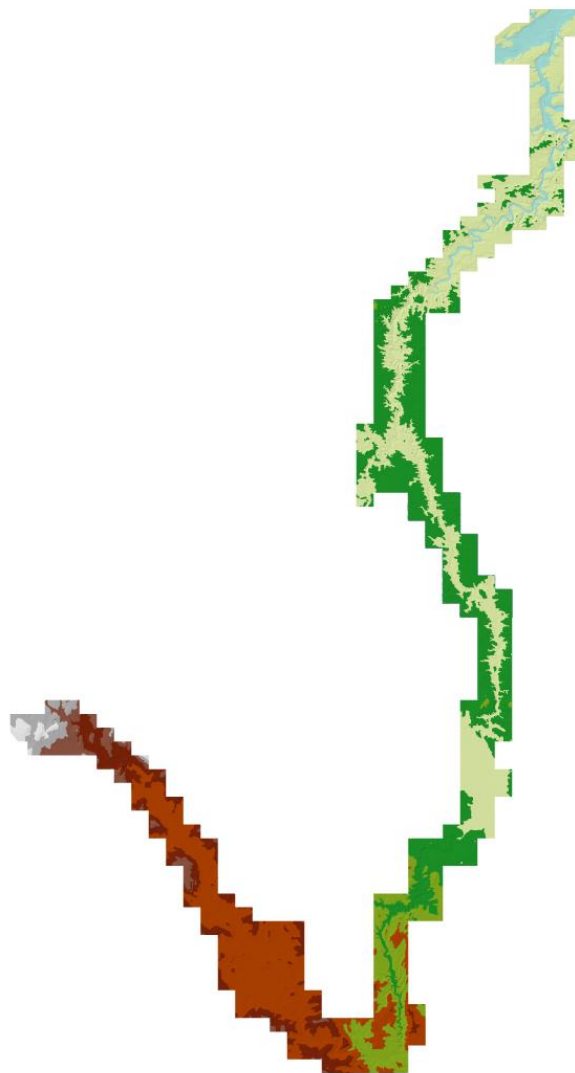


Obr 17. Ukázka nepravidelných trojúhelníků

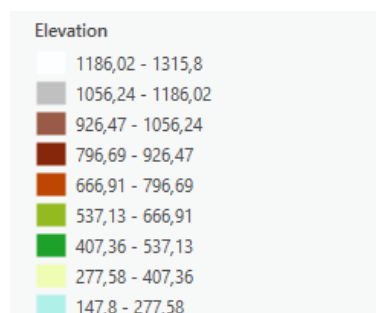
Jako další krok byl vypočten TIN z výškových kót, vrstevnic a podrobných bodů. Ovšem u výškových kót byly smazány výšky přesahující 1400 m.n.m., které se ve výškových kótách vyskytovaly a vrstevnice byly ořezány bufferem, neboli obalovou zónou zvektorizované Vltavy o šířce 20m. Jelikož byly body na Vltavě považovány za přesnější, než automaticky vytvořené vrstevnice. Ořez proběhl přes funkci *erase*, neboli odmazat.

Do funkce *create TIN* byly vloženy *Vyskove_koty.shp*, *Vrstevnice_final_orezane_bufferem.shp*, *vsechny_body_i_vysky.shp* a jako *hardclip* byl zvolen *klad_smo5.shp*. *Vyskove_koty* byly nastaveny jako *mass points* a výšková hodnota nastavena na *Z*, *vrstevnice* byly nastaveny jako *soft line* a u výšková hodnota nastavena na *Z*. Poslední výškovou hodnotu udávaly *vsechny_body_i_vysky*, které byly vypočteny v předešlých kapitolách.

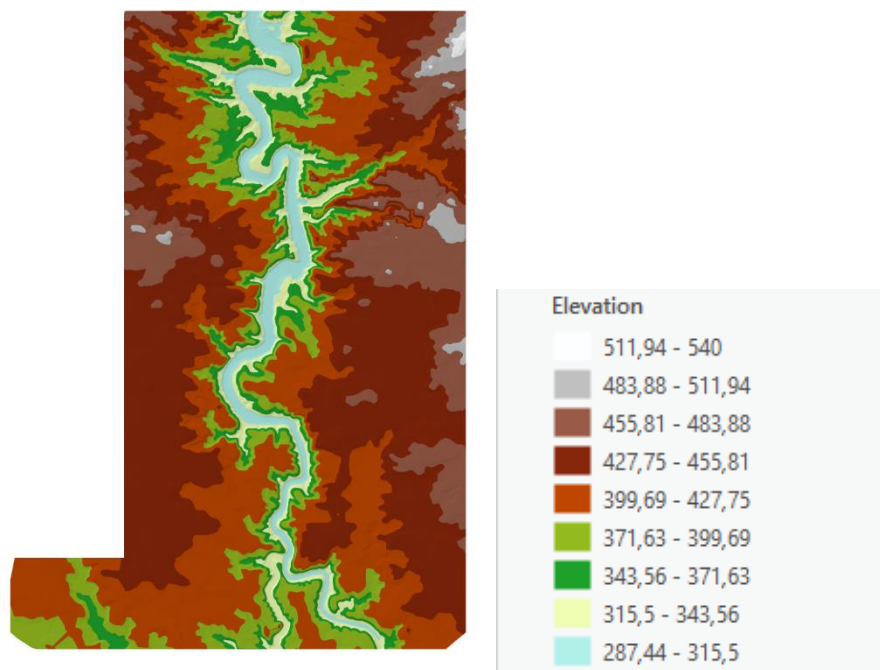
Ovšem s takto velkou oblastí nešlo v 3D *local scene* pracovat a program neustále přestával pracovat a zobrazoval chybové hlášky. Proto došlo k zúžení výběru dat a byly vytvořeny 2 TIN soubory, *cast1* a *cast2*, ve kterých se pracovalo již lépe. Výpočet probíhal stejně jako je uvedeno výše, s rozdílem *hardclipu*, který byl nastaven pouze na části území výběrem mapových listů SMO-5. Ukázky *Tincast1* a *Tincast2* budou uvedeny v obrázcích níže.



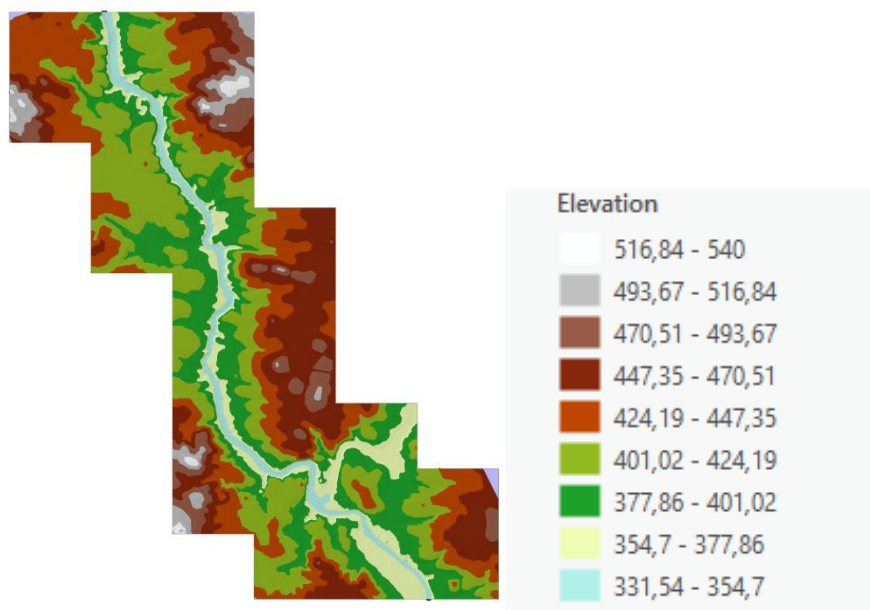
Obr 18. Vytvořený TIN celého území Vltavy



Obr 19. Legenda Obr 18.



Obr 20. Tincast1 s legendou

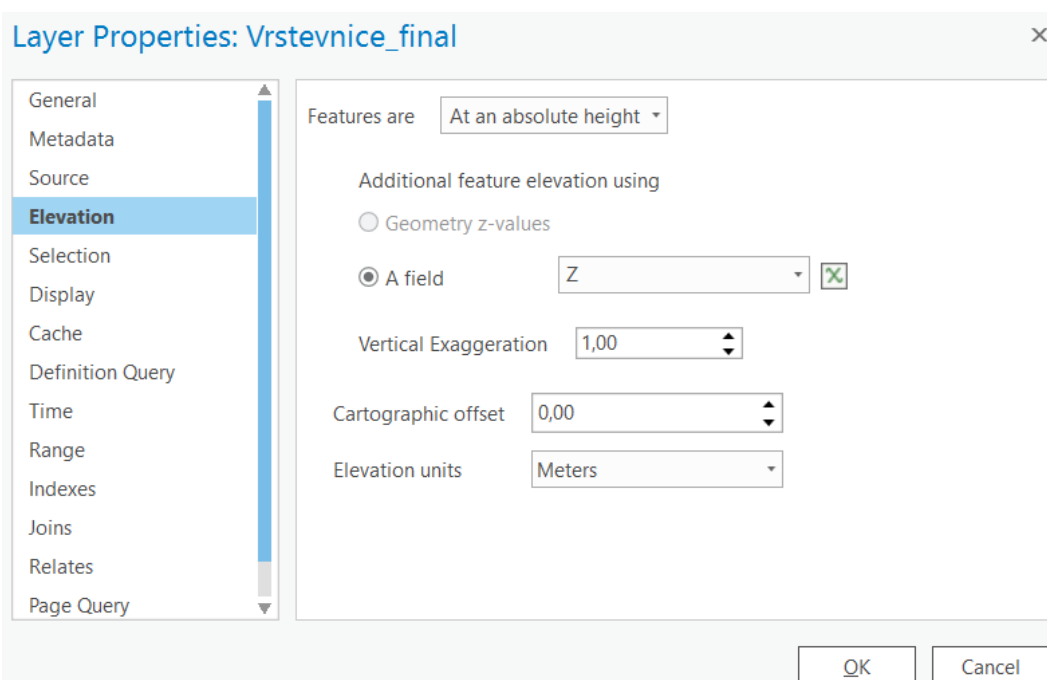


Obr 21. Tincast2 s legendou

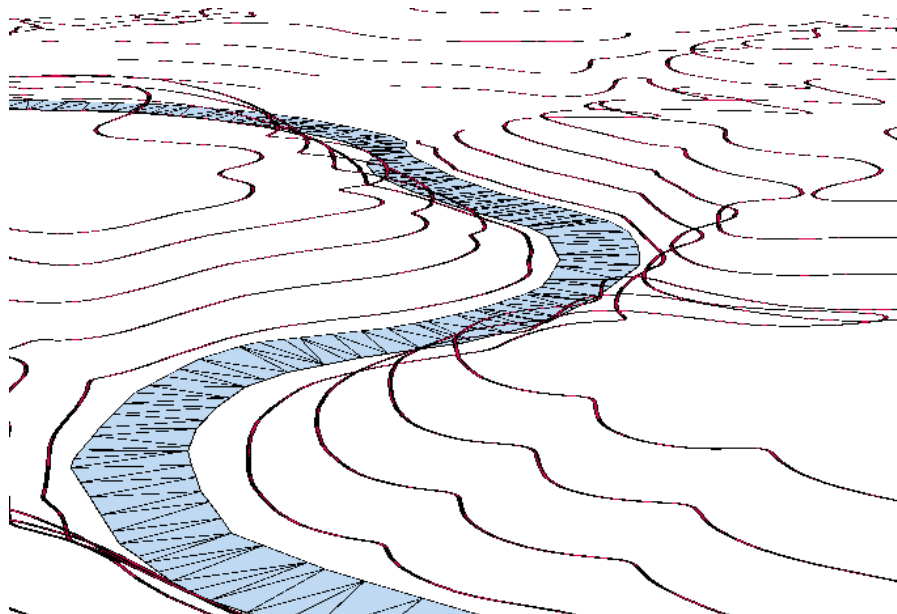
3.6 Tvorba 3D modelu

3D model vznikal v programu ArcGIS Pro v prostředí local scene. Jako první byla vložena do 3D layers trojúhelníková síť do, která byla vytvořena z Tinu, který byl pouze na území Vltavy z bodů `vsechny_body_i_vysky`. Následně byl vložen Tin, který byl dán do položky Elevation surfaces, `surface1`, a u trojúhelníkové sítě se nastavilo v properties – Elevation – features are on custom elevation surface, Custom surface byl zvolen `surface1`.

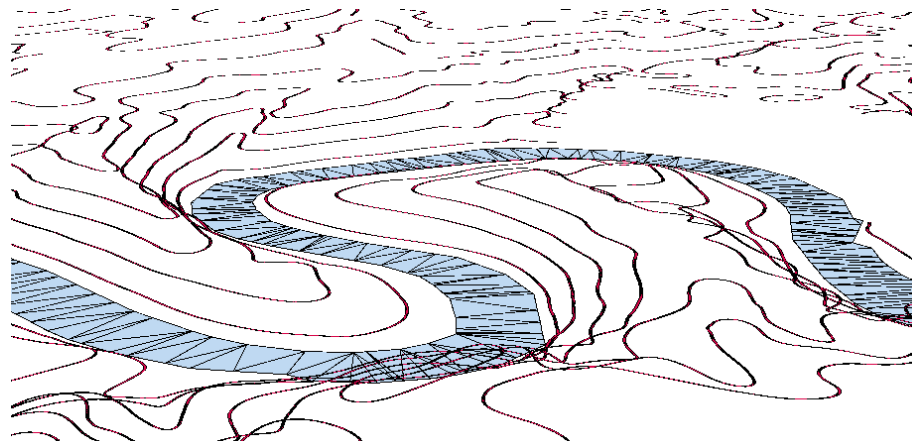
Další vloženou vrstvou byly automaticky vytvořené vrstvenice, které zobrazovaly okolí toku řeky (obr. 23, obr. 24). U vrstvenic byl nastaven v Elevation – Features are at absolute height, Additional feature elevation using a field – Z



Obr 22. Nastavení Elevation



Obr 23. Ukázka 3D toku Vltavy s vrstevnicemi 1



Obr 24. Ukázka 3D toku Vltavy s vrstevnicemi 2

Následně proběhlo vytvoření 3D local scene s částí mozaiky (z důvodu náročnosti programu). Do 2D layer byla nahrána mozaika u které se v Elevation nastavilo On the ground. Následně bylo do 2D layer nahráno `linie_cele_vltavy.shp`, u kterého se také zvolilo Elevation On the ground. Do ground byly nahrány `tincast1` a `tincast2`. Následně probíhaly pokusy vytvoření kvalitních ukázek 3D modelu. Ukázky jsou uvedené v Obr. 25 Obr. 26, Obr. 27, Obr. 28.



Obr 25. Ukázka 3D modelu s nalepenou mozaikou SMO-5 část 1



Obr 26. Ukázka 3D modelu s nalepenou mozaikou SMO-5 část 2



Obr 27. Ukázka 3D modelu s nalepenou mozaikou SMO-5 část 3



Obr 28. Ukázka 3D modelu s nalepenou mozaikou SMO-5 část 4

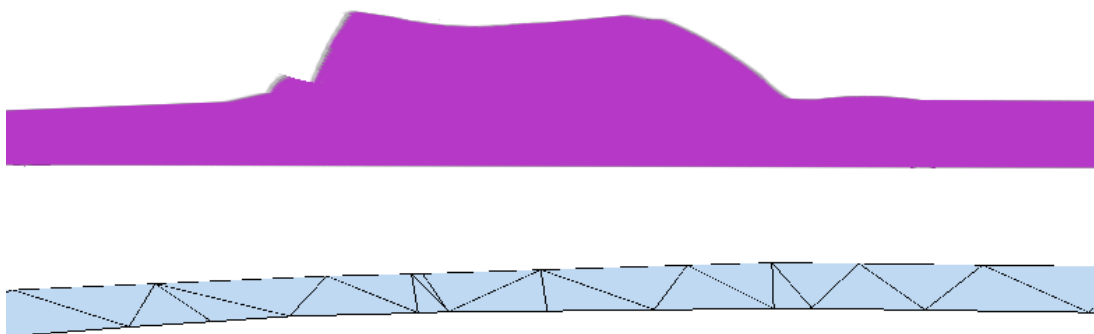
4. Porovnání současné a staré Vltavy

Do již vytvořené local scene, kde byl vložen TIN vypočtený z bodů Vltavy jako surface1 a trojúhelníková síť v 3D layer, byl přidán digitální model reliéfu z dat ArcCR500, a z vodních ploch byly vybrány přehrady ležící na Vltavě. Do surface2 byl vložen digitální model reliéfu a do 3D layer byla vložena vrstva vodních ploch.

Následně probíhala identifikace rozdílů výšek mezi přehradou a starou Vltavou, kde se rozdíly pohybovaly od 12 m do 50 m u přehrady Orlík.



Obr 29. Ukázka vodní nádrže Orlík ku staré Vltavě – rozdíl 50 m.



Obr 30. Ukázka vodní nádrže Orlík ku staré Vltavě – rozdíl 30 m.

Závěr

Vektorizace a vkládání výškových bodů probíhalo bez větších problémů a celkově se v Arcmap 10.5 pracovalo lépe.

Hlavním cílem bakalářské práce bylo vytvoření 3D modelu v ArcGIS Pro. V průběhu zpracování došlo ke komplikacím, jelikož mozaika byla vytvořena pro ArcMap, ne pro ArcGIS Pro. Program neustále padal a špatně se ve 3D local scene pracovalo. Proběhlo zde vytvoření několika scén, které byly následně exportovány do .png souborů. Zpracování se uskutečnilo na menších částech území, kde problémy ArcGIS Pro nebyly tak časté, ovšem i přes to program velmi často přetížil. Největší zklamáním bylo, že program ArcGIS Pro nepovoluje export 3D modelu do pdf, v kterém by se lépe pracovalo.

Ve výsledném porovnání modelu Staré Vltavy a současného stavu Vltavy v místech dnešních přehrad se nacházely rozdíly přibližně 12 m a například u vodní nádrže Orlík je rozdíl až 50 m.

Použité zdroje

- [1] Český úřad zeměměřický a katastrální [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <http://cuzk.cz/>
- [2] Kolektiv, Podélný profil střední Vltavy, 1940, Ústav hydrologický a hydrotechnický Praha Podbaba, ředitelství pro stavbu vodních cest Praha.
- [3] ARCDATA PRAHA: ArcGIS Online – Geografické informační systémy (GIS) [online]. Praha, 2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500>
- [4] ZAJAČÍKOVÁ, Zuzana a Johana LANGEROVÁ. Altmanovo panorama [online]. 2006 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: http://old.nacr.cz/Z-Files/altmanovo_panorama.pdf
- [5] Ekologické centrum Kralupy nad Vltavou [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.eckralupy.cz/index.php>
- [6] Povodí Vltavy [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <http://www.pvl.cz/>

Seznam obrázků

Obr 1.	Ukázka Vltavské kaskády [6]	10
Obr 2.	Ukázka mapy SMO5 – obec Kamýk nad Vltavou	11
Obr 3.	Ukázka podélného profilu spodní části [2]	12
Obr 4.	Ukázka podélného profilu Vltavy mlýn [2]	13
Obr 5.	Nastavení souřadnicového systému	14
Obr 6.	Vytvoření shapefilu linie.....	15
Obr 7.	Ukázka návaznosti listů.....	16
Obr 8.	Ukázka vzdálenosti dvou bodů a sklon v %.....	18
Obr 9.	Ukázka nastavení split line at point	19
Obr 10.	Skript výpočtu podrobných bodů část 1.....	20
Obr 11.	Skript výpočtu podrobných bodů část 2.....	20
Obr 12.	Nastavení intersectu	22
Obr 13.	Ukázka funkce Join data	23
Obr 14.	Výpočet výšky podrobných bodů.....	24
Obr 15.	Výsledné sloučení bodů funkcí merge	25
Obr 16.	Nastavení funkce Create Tin.....	26
Obr 17.	Ukázka nepravidelných trojúhelníků	27
Obr 18.	Vytvořený Tin celého území Vltavy	28
Obr 19.	Legenda Obr 18.....	28
Obr 20.	Tincast1 s legendou.....	29
Obr 21.	Tincast2 s legendou.....	29
Obr 22.	Nastavení Elevation	30
Obr 23.	Ukázka 3D toku Vltavy s vrstevnicemi 1	31
Obr 24.	Ukázka 3D toku Vltavy s vrstevnicemi 2	31
Obr 25.	Ukázka 3d modelu s nalepenou mozaikou SMO5 část 1	32
Obr 26.	Ukázka 3d modelu s nalepenou mozaikou SMO5 část 2.....	32
Obr 27.	Ukázka 3D modelu s nalepenou mozaikou SMO5 část 3	33
Obr 28.	Ukázka 3D modelu s nalepenou mozaikou SMO5 část 4.....	33
Obr 29.	Ukázka vodní nádrže Orlík ku staré Vltavě – rozdíl 50 m.....	34
Obr 30.	Ukázka vodní nádrže Orlík ku staré Vltavě – rozdíl 30 m.....	34

Obsah DVD s přílohami

1. Tato bakalářská práce v digitální podobě (soubor bp-2019-pudil-josef.pdf)
2. Ve složce TINy -TIN celého prostředí Vltavy ve s názvem pudil-josef a tin ve dvou zobrazených zmenšených částech pudil-josef-TINc1, pudil-josef-TINc2.
3. Skripty z prostředí python s názvem pudil_skript1, pudil_skript2
4. Složka s názvem data_pudil_josef ve které se nachází vltava_linie.shp, vsechny_body_i_vysky.shp, Vltava_body.shp
5. Ukázky 3D modelu ve formátu .png ve složce Ukázky