

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM
GEODÉZIE A KARTOGRAFIE

SPECIALIZACE
INŽERNÝRSKÁ GEODÉZIE



DIPLOMOVÁ PRÁCE
KOMPLEXNÍ MĚŘICKÉ PRÁCE PRO LEGALIZACI
STAVBY (VODNÍHO DÍLA)

Vedoucí práce: Dr. Ing. Zdeněk Skořepa
Katedra speciální geodézie

Květen 2023

Bc. Jakub Beck

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bc. BECK Jméno: Jakub Osobní číslo: 486133
Zadávající katedra: Speciální geodézie
Studijní program: GEODÉZIE A KARTOGRAFIE
Studijní obor/specializace: Inženýrská geodézie

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Komplexní měřické práce pro legalizaci stavby (vodního díla)

Název diplomové práce anglicky: Complex surveying for the legalization of construction (waterworks)

Pokyny pro vypracování:

V zájmové lokalitě se pro potřeby měření vybuduje po předchozí rekognoskaci terénu měřická síť (S-JTSK, Bpv) s využitím technologie GNSS (kontrola sítě klasickou geodetickou metodou), výškové připojení na ověřený nivelační bod - výškové rozdíly určeny trigonometricky, zaměření podrobných bodů předmětů měření, vyhotovení GP a DMT (pro legalizaci vodního díla a výpočet kubatur).

Seznam doporučené literatury:

/1/ HAMPACHER, M. - ŠTRONER, M.: Zpracování a analýza měření v inženýrské geodézii. 2. vyd. Praha, ČVUT v Praze 2015.

/2/ SKOŘEPA, Z.: Geodézie 4. Dotisk 1. vydání. Praha, ČVUT v Praze 2017.

/3/ MICHALČÁK, O. - VOSIKA, O. - VESELÝ, M. - NOVÁK, Z.: Inžinierská geodézia I. Praha, Bratislava, SNTL, Alfa 1985.

/4/ Zákon 183/2006 Sb., stavební zákon.

Jméno vedoucího diplomové práce: Dr. Ing. Zdeněk Skořepa

Datum zadání diplomové práce: 20. 2. 2023

Termín odevzdání DP v IS KOS: 22. 5. 2023

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku


Podpis vedoucího práce


Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.


Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)



Abstrakt

Diplomová práce se zabývá geodetickým zaměřením nově vybudovaného rybníka a jeho následnou legalizací v katastru nemovitostí. Součástí je samotné měření podrobných bodů, zpracování měření v programech Groma a Matlab a změření lokality pomocí laserového skeneru. Výstupem jsou výkresy a modely terénu v programech Kokeš a Atlas DMT, výpočty kubatur v různých programech. Pro možnou legalizaci byl vytvořen návrh geometrického plánu v programu Kokeš.

Klíčová slova

Kubatury, geometrický plán, vyrovnání MNČ

Abstract

The diploma thesis deals with the geodetic survey of a newly built pond and its subsequent legalization in the state system. It includes the actual measurement of detailed points, the processing of measurements in the Groma and Matlab programs, and the measurement of the area with a laser scanner. The output is drawings and terrain models of the area in the Kokeš and Atlas DMT, cubic capacity calculation in various programs. For legalization, a geometric plan was created in Kokeš programs.

Keywords

Cubic capacity, geometric plan, adjustment MSE



Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod odborným vedením vedoucího práce Dr. Ing. Zdeňka Skořepy.

Dále prohlašuji, že všechny použité zdroje jsou v seznamu použité literatury.

V Chomutově

.....

Bc. Jakub Beck



Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat vedoucímu diplomové práce Dr. Ing. Zděnkovi Skořepovi za odborné vedení, cenné rady a vstřícnost, kterou mi v průběhu zpracování diplomové práce věnoval. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Josefu Koblasovi a celé firmě Geotis spol. s.r.o. za spolupráci při měření a za rady týkající se praktické geodézie. Díky patří také Ing. Robinu Pflugovi a firmě Gefos a.s. za zapůjčení laserového skeneru a za pomoc se zpracováním. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat všem z řad rodiny a přátel, kteří mě po celou dobu studia podporovali.



Obsah

1. Úvod.....	7
2. Malé vodní nádrže podle ČSN 75 2410	8
3. Geodetické podklady.....	9
4. Nádrž v Pětípsech.....	10
5. Práce v terénu.....	12
5.1. Použité přístroje	12
5.2. Rekognoskace terénu a příprava k měření	13
5.3. Měření	14
5.3.1. První den	14
5.3.2. Druhý den.....	15
5.3.3. Třetí den	15
5.3.4. Čtvrtý den.....	16
5.3.4. Pátý den.....	16
5.3.4. Šestý den	16
5.4. Skenování.....	17
6. Zpracování měření	18
6.1. Zpracování geodetického měření	18
6.2. Ověření výšky nivelačního bodu.....	21
6.3. Zpracování z měření z laserového skeneru	21
7. Výpočetní postupy	23
7.1. Polární metoda	23
7.2. Trigonometrický výpočet výšek.....	24
7.3. Výpočet přesnosti kubatur.....	25
7.4. Výpočet kubatur.....	27
7.4.1. Výpočet v programu Atlas DMT	27
7.4.2. Výpočet v programu Groma.....	28
7.4.3. Výpočet v programu Matlab	29
7.4.4. Výpočet z měření skeneru.....	30
7.4.5. Porovnání výsledků.....	32
8 Geometrický plán.....	32
8.1. Návrh geometrického plánu	32
8.2. Tvorba GP v programu Kokeš	33
9. Zhodnocení programů	34
9.1. Kokeš	34



9.2. Atlas DMT	34
9.3. Groma.....	35
9.4. Cyclone (Register, 3DR).....	35
Závěr	36
Použitá literatura	37
Seznam obrázků	38
Seznam tabulek	39
Seznam příloh	40



1. Úvod

Tato diplomová práce se zabývá geodetickým zaměřením a následnou legalizací nově vybudovaného rybníku v obci Pětipsy nacházející se v Ústeckém kraji.

Hlavním důvodem, proč jsem si toto téma vybral, byla možnost zaměření a zpracování se zkušeným geodetem a také možnost použití různých postupů měření a zpracování, které nám byly prezentovány po dobu celého studia.

Měření bylo prováděno za spolupráce Ing. Josefa Koblasy, který se mnou absolvoval všechna měření.

Úvodní stránky diplomové práce se věnují seznámení s problematikou výstavby malých vodních nádrží a uvedení do situace v obci Pětipsy. Dále jsou popsány geodetické práce v terénu po jednotlivých měřických dnech, cíle měření a použité geodetické přístroje.

Další část je věnována převážně přesnosti, vyrovnání a stabilitě vybudované měřické sítě, přesnosti výpočtu kubatur pomocí trojúhelníkové sítě.

Předposlední část obsahuje postup výpočtu kubatur v programech Atlas, Groma, Matlab a zhodnocení práce s jednotlivými programy. Dále popisuje práci s laserovým skenerem, práci s mračnem bodů a výpočtem kubatur z tohoto mračna.

Poslední část popisuje vytvoření návrhu geometrického plánu pro vložení vodního díla do katastru nemovitostí.



2. Malé vodní nádrže podle ČSN 75 2410

Při návrhu nových nádrží musí být stanoveny vlivy, definovány účely a stanoveny hlavní a vedlejší funkce nádrže. Snahou je, aby byla nádrž víceúčelová. Při návrhu se především posuzuje bezpečnost a spolehlivost, soulad s územně plánovací dokumentací, začlenění do krajiny a do již existujícího vodohospodářského systému, potřeba pro zemědělství a lesnictví. Rozsah podkladů se liší podle důležitosti a předpokládané funkce nádrže.

Příkladem je zjištění zájmu ochrany přírody a krajiny, hydrologické a klimatické údaje, geologické a pedologické průzkumy, zoo a fytocenologické průzkumy a geodetické podklady. Konkrétní průzkumy pro hydrologii obsahují řešení nádrže podle normy ČSN 75 1400, časové průběhy průtokových vln, výpar a jakost vody. Geologické průzkumy zjišťují vlastnosti zemin a jejich podloží. Dále vlivy naplnění nádrže, režim podzemních vod a chemického složení vody a půdy.

Ploché mělké nádrže se hodí k chovu ryb a vodní drůbeže. Hluboké nádrže jsou naopak používané pro akumulaci vody z přilehlého okolí, a to z důvodu malé plochy hladiny a tedy nízkému stupni odpařování vody.

Řešení pomocí sypané hráze se používá v případech, že fyzikálně mechanické vlastnosti zemin nepotřebují další zpevnění. Uspořádání může být přímé, lomené nebo zakřivené.

Převýšení hráze závisí na použité konstrukci hráze a možných přírodních podmínkách jako je teplota či vítr. Dále se také zjišťuje riziko ohrožení při překročení kapacity hráze. U hrází do 6 metrů výšky je vhodná homogenní hráze zvláště pokud je dostatek materiálu v blízkém okolí nebo pokud je nádrž hloubena.

Funkční zařízení hráze se použijí u konstrukcí, které v daných podmínkách a v daných možnostech výstavby zaručí bezpečnost díla, spolehlivý provoz a snadnou údržbu. Funkční zařízení hráze se dělí na přelivy, výpustná zařízení, odběrná zařízení, sdružené funkční objekty, které plní více z výše uvedených funkcí a speciální objekty.

Přelivy zařizují bezpečný odvod vody při povodních. Výpustná zařízení vypouštějí vodu za běžného provozu, jsou dimenzována podle velikosti nádrže. Výškově musí být umístěna tak, aby alespoň jedno umožnilo vypuštění celé nádrže. Výpustná zařízení musí být opatřena dvěma uzávěry. Při výšce hrází do 5 metrů se obvykle používají potrubní výpusti. Odběrná zařízení se zřizují, pokud je voda z nádrže používána



okolními objekty (průmysl, závlaha). Sdružené objekty se navrhnou, pokud je některé místo vhodné pro více funkcí. Speciální objekty se navrhnou podle funkce nádrže a z toho vyplývajících speciálních požadavků, příkladem pro rybolovné nádrže je nutnost schodů a míst pro výlov.

3. Geodetické podklady

Geodetické podklady pro návrh nádrže malého rozsahu, které požaduje projektant: Podklady pro majetkoprávní a územní řešení, tj. katastrální mapa území a mapa zahrnující území vodní nádrže a souvisejících staveb, Podklady pro zpracování projektové dokumentace, tj. mapa zahrnující území vodní nádrže a souvisejících staveb, mapa území hráze, zátopy nádrže a okolí s vrstevnicemi, katastrální mapa území, výsledky přímých měření v terénu a z nich zjištěné profily.

Měření musí být napojeno na geodetické referenční systémy, souřadnicový a výškový stanovený vládním nařízením S-JTSK, Bpv s možným využitím sítí permanentních stanic CZEPOS a body České státní trigonometrické sítě a body České státní nivelační sítě.

V tomto případě byly předány projektantovi výsledky měřických prací z již postavené části vodní nádrže (bez stavebního povolení).

4. Nádrž v Pětipsech

Nově budovaná vodní nádrž se nachází v Pětipsech v okrese Chomutov v blízkosti vodní nádrže Nechranice. Samotná nádrž se nachází na levém břehu řeky Liboc.

Nádrž nebyla budována v souladu se stavebním zákonem, tj. bez projektu, neproběhlo schvalovací řízení na speciálním stavebním úřadě.

Nádrž je budována asi 20 let. Nyní, když by měla být hotova je potřeba ji legalizovat. Je tedy zpětně vypracováván projekt, podle geodetického zaměření vybudované části a okolí, včetně výšek dna blízkých studní, které budou nádrž zásobovat vodou. Výsledná podoba nádrže se tedy ještě může měnit, aby vyhovovala normě ČSN 75 2410 [4], což samozřejmě ovlivní geometrický plán, který bude vypracován. Nyní jsou vybudované dva vtoky a jeden odtok. Dále se čeká na vypracovaný projekt od projektanta, aby se mohly začít řešit majetkoprávní vztahy a případné stavební úpravy.



Obrázek 1 Letecký snímek oblasti Pětipsy [6]



Obrázek 2 Mapa oblasti Pětipsy [8]



Obrázek 3 Mapa menšího měřítka [6]

5. Práce v terénu

5.1. Použité přístroje

GNSS přijímač: Trimble R8, číslo 5606R0144



Sledovací technologie		Trimble R-track
Počet kanálů		24
Sledované družice		GPS
Sledované družice	polohová	10 mm + 1 ppm
	vertikální	20 mm +1 ppm
Váha	Anténa	1,31 kg
	Výtyčka s kontrolerem	3,67 kg

Obrázek 4 Trimble R8 model 1 [1] Tabulka 1 Parametry Trimble R8 model 1

Totální stanice: Trimble S3 2 DR Plus, číslo 93210276



Měření délek	dosah na hranol	1,5 m až 2500 m
	přesnost	2 mm + 2 ppm
Měření směrů	přesnost	2" (0,6 mgon)
Dalekohled	zvětšení	30x
Kompenzátor	typ	dvouosý
	rozsah	5'
Váha		5,25 kg
Pracovní teplota	rozsah	-20°C až 50°C

Obrázek 5 Trimble S3 2 DR [2]

Tabulka 2 Parametry Trimble S3 2 DR

Výtyčka a odrazný hranol Trimble.

Skener: Leica BLK360 G2, s. číslo 2060683



3D přesnost bodů	6 mm na 10 m
Dosah	0,6 m až 60 m
Rychlost skenování	680 000 bodů/s
Hustota skenování	až 5 mm na 10 m
Fotografie	HDR
Rychlost skenu	97 s při max. nastavení
Preregistrace skenů	VIS
Váha	850 g

Obrázek 6 Leica BLK360 G2 [3]

Tabulka 3 Parametry Leica BLK360 G2



5.2. Rekognoskace terénu a příprava k měření

Při rekognoskaci terénu bylo zjištěno, že v blízkosti není vybudovaný žádný bod PPBP. Bylo tedy nutné vybudovat body měřické sítě pomocí technologie GNSS. Kvůli hustému porostu a přístroji, bylo nutné vybudovat body ve vzdálenosti cca 100 m od stavby na travnaté ploše. Body *4001, 4002, 4003* byly stabilizovány ocelovými trubkami a měřeny pomocí GNSS v síti permanentních stanic (CZEPOS). Další body byly vybudovány pomocí polárního metody (*4004, 4005, 4006, 4007, 4008*). Z bodu *4005* byly dále zaměřeny ještě tři rajóny (*4009, 4010, 4011*). Dále byla určena výška blízkého nivelačního bodu *AB-154* (bod 1. řádu), která byla porovnána s nivelačními údaji.

Pozn. Výška nivelačního bodu *AB-154* byla ověřena trigonometrickou nivelací na bod *AB-155* o délce pořadu 270 m.



5.3. Měření

Geodetické měření bylo provedeno v pěti dnech během ledna a února roku 2023. Následné skenování bylo provedeno 27. 4. 2023. Cílem bylo vybudování měřické sítě, zaměření nově budovaného vodní nádrže, pozemku, na kterém byla nádrž vybudována a jejíchž blízkého okolí, související s její operativností. Přesněji výšky vtoků, odtoků a přilehlých šachet. Výsledky výpočtu kubatur z geodetického zaměření byly porovnány s výsledky z provedeného skenování.

5.3.1. První den

Datum: 9. 1. 2023

Lokalita: nově budovaná nádrž v Pětipsech

Teplota: 2 °C

Povětrnostní podmínky: bezvětří

Počasí: polojasno

Během prvního dne byla budována měřická síť pomocí GNSS přijímače Trimble R8, měřeno 2krát po 1 hodině (body 4001,4002,4003) a polární metodou přístrojem Trimble S3 (body 4004,4005,4006,4007,4008,4009,4010,4011). Dále byla síť výškově ověřena porovnáním výškou zaměřeného nivelačního bodu *AB-154* a jeho výškou z nivelačních údajů. Totožnost a neměnost nivelačního bodu byla určena pomocí trigonometrické nivelace z bodu *AB-155* (tam a zpět). Zároveň bylo zaměřeno 38 podrobných bodů převážně rohů okolních staveb pro kontrolu s katastrální mapou.

Č. b.	Y[m]	X[m]	H[m]	Způsob určení
4001	815105,227	1006538,019	273,360	GNSS
4002	815063,279	1006532,161	272,870	GNSS
4003	815039,972	1006519,872	272,500	GNSS
4004	814977,701	1006492,174	271,851	rajón
4005	814927,587	1006487,833	271,378	rajón
4006	814915,736	1006517,979	270,387	rajón
4007	814864,293	1006534,400	269,244	rajón



4008	814869,987	1006533,155	268,835	rajón
4009	814860,635	1006417,073	270,672	rajón
4010	814849,055	1006402,357	270,880	rajón
4011	814887,633	1006447,506	271,235	rajón

Tabulka 4 Souřadnice měřických bodů před vyrovnáním

5.3.2. Druhý den

Datum: 13. 1. 2023

Lokalita: nově budovaná nádrž v Pětipsech

Teplota: 3 °C

Povětrnostní podmínky: slabý vítr

Počasí: zataženo

Z bodu 4005 bylo zaměřeno 236 bodů z oplocené hranice pozemku, stromů v areálu a jeho blízkém okolí a také body uvnitř pozemku a viditelná vrchní hrana budované nádrže. Dále byly zaměřeny svahy kolem pozemku.

5.3.3. Třetí den

Datum: 19. 1. 2023

Lokalita: nově budovaná nádrž v Pětipsech

Teplota: -7 °C

Povětrnostní podmínky: slabý vítr

Počasí: zataženo, občasné sněžení

Z bodu 4007 bylo zaměřeno 162 bodů z dolní hrany nádrže a dna nádrže.



5.3.4. Čtvrtý den

Datum: 20. 1. 2023

Lokalita: nově budovaná nádrž v Pětipsech

Teplota: -6 °C

Povětrnostní podmínky: slabý vítr

Počasí: polojasno, občasné sněžení

Z bodu 4006 bylo zaměřeno dalších 50 bodů hlavně výšek odtoků, vtoků a další místa, kde nebylo měřeno dostatečně hustě.

5.3.4. Pátý den

Datum: 2. 2. 2023

Lokalita: nově budovaná nádrž v Pětipsech

Teplota: 1 °C

Povětrnostní podmínky: slabý vítr

Počasí: zataženo

Z bodu 4005 bylo zaměřeno 17 bodů, které bylo nutné dodatečně zaměřit.

5.3.4. Šestý den

Datum: 27. 4. 2023

Lokalita: nově budovaná nádrž v Pětipsech

Teplota: 10 °C

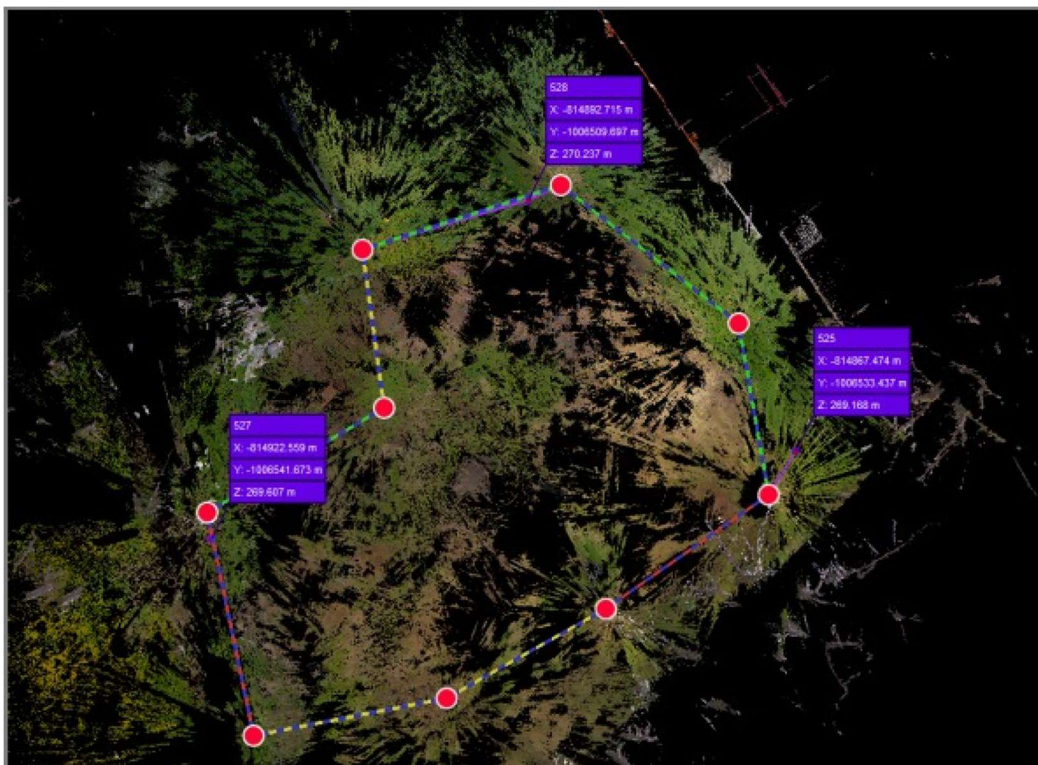
Povětrnostní podmínky: bezvětří

Počasí: jasno

Pomocí Leica BLK360 G2 byl naskenována celá nádrž. Skenování bylo provedeno z 9 stanovišek. Pro transformaci do S-JTSK a Bpv byly nově zaměřeny polární metodou 4 vřícovací body.

5.4. Skenování

Skenování nádrže bylo provedeno pomocí přístroje Leica BLK360 G2. Na čtyřech známých bodech byly rozmístěny černobílé terče, které byly ve zpracování použity pro transformaci mračna bodů do S-JTSK. Měřeno bylo z 9 stanovišek. K dispozici byl tablet s programem Cyclone, který ovládá skener. V menu byla založena zakázka a tablet byl spárován se skenerem. V nastavení byly nastaveny možnosti měření, vše bylo měřeno na nejvyšší nastavení, tedy HDR fotografie a hustota měření 5 mm na vzdálenost 10 m. Na toto nastavení trvalo měření na jednom stanovišku 97 s. Pro lehčí celkové zpracování v počítači je vhodné jednotlivé skeny nahrubo spojit v terénu. Po každém skenu se otevře dialogové okno, kde si vybereme, jaké skeny chceme spojit, z nich se následně vytvoří jedno mračno. Samotné spojování skenů je na hrubo „od oka“, kdy je možné se podívat z vrchu pro urovnání v poloze, z boku pro urovnání ve výšce případně 3D pohled, který mi vyhovoval nejvíce, kvůli možnosti natáčení. Program se snaží na sebe skeny transformovat pomocí technologie VIS, ta funguje na principu hledání shodných bodů mezi skeny. Tato technologie při mém měření nefungovala úplně dobře, především vlivem prostředí, které nemělo dostatek vhodných identických bodů pro správné fungování programu.



Obrázek 7 Rozložení stanovišek skenování



6. Zpracování měření

6.1. Zpracování geodetického měření

Z měření v terénu jsou k dispozici elektronické zápisníky měření.

V programu Geus bylo pro danou lokalitu určeno měřítko zobrazení $m = 0,999900111$ a měřítkový koeficient pro redukci délek z nadmořské výšky $R/(R + H) = 0,99995747$, $R = 6\,381$ km. Výsledný koeficient pro redukci měřených délek je **0,99985759**.

Výchozím bodem pro výpočet měřítka zobrazení byl bod 4005 se souřadnicemi

Y [m]	X[m]	H [m]
814927,587	1006487,833	271,378

Tabulka 5 Souřadnice bodu použité pro opravy

Zápisník byl ve všech dnech měření vyhodnocen v programu Geus.

Pro ověření stability sítě, bylo provedeno měření z volného stanoviště na všechny body sítě. Soubor všech měření (z volného stanoviště + orientace mezi body sítě při podrobném měření) byl následně nahrán do programu Groma, kde bylo provedeno vyrovnání sítě – výsledky vyrovnání viz Příloha X. Síť byla vyrovnána jako volná a způsob připojení pomocí shodnostní transformace za pomoci všech bodů. Byla nastavena základní přesnost měření směru 0,7 mgon a délkového měření 5 mm. Pro vzdálenosti menší jak 90 m, byla nastavena přesnost podle vzorce z literatury [7].

Rovnice 1 přesnost Hz směru na vzdálenosti menší 90 m

$$\sigma_{Hz} = \frac{90 [mgon]}{d},$$

kde d je délka záměry v metrech.

Apriorní směrodatná odchylka jednotková byla nastavena 1.

Aposteriorní směrodatná odchylka jednotková po vyrovnání je 0,87.

Vyrovnané (soustava II) a dané souřadnice (soustava I) byly na sebe dále transformovány pomocí podobnostní transformace. (II → I).

Opravy na identických bodech (všechny bod sítě) jsou důsledkem rozdílnosti tvaru obou sítí, tj. v dané a vyrovnané poloze.

Měřítka transformace je 1,0003224 – 3,2 mm / 100 m.

Výsledky jsou uvedeny v protokolu viz příloha X



Číslo bodu	Zbytková souřadnicová chyba [m]	Mezní hodnota pro ověření zbytkových chyb [m]	Hodnota τ	Vyhovuje
4001	0,021	0,055	3,047	Ano
4002	0,026	0,052	2,853	Ano
4003	0,029	0,050	2,745	Ano
4004	0,013	0,046	2,547	Ano
4005	0,002	0,046	2,520	Ano
4006	0,018	0,046	2,548	Ano
4007	0,008	0,049	2,693	Ano
4008	0,014	0,049	2,673	Ano
4009	0,009	0,051	2,783	Ano
4010	0,012	0,052	2,862	Ano
4011	0,006	0,048	2,635	Ano

Tabulka 6 - Tabulka zbytkových chyb a jejich ověření podle vzorce (4)

Míra ztotožnění vypočtená podle vzorce

Rovnice 2 Výpočet míry ztotožnění

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{\sum vv}{n}},$$

hodnota této míry je 0,017 m.

Ověření polohových chyb po transformaci souřadnic [5]. Tímto výpočtem a porovnáním s mezní hodnotou se staticky ověřují souřadnice, jestli v jejich určování nedošlo k hrubým chybám, viz *tabulka 6*

Nejprve je nutné určit celkovou polohovou souřadnicovou chybu pro celou síť.

Rovnice 3 Výpočet polohové souřadnicové odchylky

$$\sigma_p = \sqrt{2} * \sqrt{\frac{v_{2n,1}^T v_{2n,1}}{2n - 4}},$$

kde n je počet bodů sítě a v vektor souřadnicových rozdílů pro obě souřadnice, které se vypočítají jako rozdíl transformovaných a daných souřadnic.



Dalším krokem je vypočtení koeficientu τ

Rovnice 4 Výpočet koeficientu τ

$$\tau = \mu + \sqrt{\{(n-2) * (\alpha^{-(n-2)^{-1}} - 1)\}},$$

kde μ je vypočteno podle vzorce

$$\mu = \sqrt{\left\{ \frac{\frac{n-2}{n \sum r^2} * (\alpha^{-(n-2)^{-1}} - 1)}{\sum r^2 + nr_i^2} \right\}},$$

do kterého vstupuje

n jako počet bodů sítě, $\sum r^2$ jako suma vzdáleností jednotlivých bodů od těžiště obou sítí (soustava II), r_i jako vzdálenosti bodu od těžiště, α jako riziko testu

V limitě se pro vzrůstající počet n blíží

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \tau = \lim_{n \rightarrow \infty} \mu + \lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt{(n-2) * (\alpha^{-(n-2)^{-1}} - 1)} = 1,74,$$

kde $\alpha = 0,05$, $n = 11$ a $\lim_{n \rightarrow \infty} \mu = 0$

Pokud je $p > \tau \sigma_p$ tak s rizikem menším než 2α nelze hodnotu p vysvětlit náhodnými chybami měření, výsledky viz *tabulka 6*.

Vzhledem ke statistickému ověření sítě, které ukázalo, že rozdíly v souřadnicích jsou způsobeny pouze náhodnými chybami, byly pro všechny výpočty použity původní body měřené sítě.



6.2. Ověření výšky nivelačního bodu.

Pořad trigonometrické nivelace (výškové rozdíly se určují měřených vzdáleností a měřených úhlů, je potřeba určit výšku přístroje a signálu) byl veden obcí Pětipsy podél místní komunikace. Měřeno bylo ze 4 stanovisek, maximální vzdálenost byla 86 m. Na samotné nivelační body AB-154/155 bylo měřeno na hranol bez použití výtyčky, aby se zajistila co nejvyšší přesnost. Měřeno bylo tam i zpět ze stejných stanovisek, která byla označena pro případné další měření v oblasti.

Převýšení tam	4,146 m
Převýšení zpět	-4,141 m
Rozdíl převýšení tam a zpět	0,005 m
Průměrné převýšení	4,144 m
Výška nivelačního bodu AB-154	271,715 m
Výška nivelačního bodu AB-155	275,864 m
Převýšení z nivelačních údajů	4,149 m
Rozdíl převýšení	+0,005 m
Mezní odchylka rozdílu tam a zpět	0,007 m
Mezní odchylka rozdílu převýšení	0,018 m
Výška při připojení	271,714 m

Tabulka 7 Výsledky nivelace

Odchylka mezi měření převýšení tam a zpět nesmí překročit hodnotu (jedné přestavy)

$$0,005 + 0,026d_{Km} [m]$$

Odchylka mezi daným a měřeným převýšením je

$$0,015 + 0,02 * \sqrt{\sum d_{Km}^2} [m]$$

Platí pro trigonometrickou nivelaci.

Měřením byla ověřena výška bodů AB-154 a bylo tedy možné měřením na něj zkontrolovat výšku bodů určeným GNSS přijímačem a totální stanicí.

6.3. Zpracování z měření z laserového skeneru

Pro zpracování byl používán program Cyclone Register 360 (program zapůjčen firmou GEFOS a.s.), který zpracováním navazuje na Cyclone v polním tabletu. Do programu je nutné nahrát data, při importu je možné nastavit, jestli má Cyclone



automaticky vyhledávat černobílé cíle, případně možnost *autocloud* (automatické mračno), který udělá to stejné, co dělal uživatel v tabletu, ale s větším početním výkonem a tím pádem i s lepšími výsledky. Je možné importovat fotografie pro obarvení mračna a nahraná data rovnou filtrovat či klasifikovat do tříd. Po nahrání následuje přesnější spojování skenů, to se provede automaticky, které nejlépe funguje v interiéru. V mém případě bylo nutné ručně upravit jednotlivé skeny, aby na sebe pasovaly, a za použití funkce *optimize* (optimalizovat) upravil nedokonalosti ve spojení, která upraví nedokonalosti ve spojení. V tuto chvíli dostaneme první výsledky, které se týkají přesnosti měření. První je odhadovaná hodnota napojení skenů na sebe, která byla 0,014 m, což je dobrý výsledek pro exteriér. Další hodnoty, které uvidíme jsou překryt mezi dvěma skeny a kvalitu překrytu (obojí v procentech). Obojí vyjadřuje překrytí dvou skenů mezi sebou a tím, například ukazují spojnice stanovisek, kde by bylo vhodné přidat měření. Při zpracování mi program označil dvě spojnice, že by přidal ještě dvě stanoviska. Výsledek si opět zkontrolujeme, třeba možností řezů v různých pohledech. Pokud máme skenovací síť stanovisek uzavřenou, tedy že poslední sken navazuje na první, program síť vyrovná a zpřesní některá napojení pomocí měření na jiných stanoviscích. Tím vyšla hodnota *global error* (přesnost bodů mračna) na 0,008 m. Tato hodnota už udává průměrnou přesnost všech bodů mračna. Pokud nám některé napojení stále nesedí a má nízkou přesnost, je možné ho opravit pomocí funkce *pixel tabs* (pixelové tabulky). Tímto postupem dostaneme mračno bodů v místní soustavě. Pokud chceme mračno georeferencovat potřebujeme vlíčovací body se známými souřadnicemi. V nádrži byly zaměřeny čtyři body a označeny černobílými terči. Ty byly pomocí funkce *set up cloud* (připravit mračno) nalezeny na jednotlivých snímcích a přidány do výpočtu.

Následuje import souřadnic vlíčovacích bodů, které musí být v matematickém systému tedy č. b., -X, -Y, Z. S označenými body se provede georeference, kde je možnost napasovat skeny na terče bez toho, aby se měnily vazby mezi jednotlivými skeny nebo můžeme nechat upravit i vazby, tedy opět vyrovnat. Funkcí *apply control* (aplikace) se georeference provede a změní se *global error*. Protože byly terče zaměřeny přesně totální stanicí, tak jejich zahrnutí do výpočtu hodnotu zlepšilo na 0,005 m. Posledním krokem je export výsledného mračna, které se dá ještě oříznout. Možnosti exportu jsou strukturovaný model a nestruturovaný model. Nestruturovaný model exportuje mračno jako jeden celek, zatímco strukturované mračno otevírá možnost dalších úprav ve spojování jednotlivých mračen v jiných programech.



7. Výpočetní postupy

7.1. Polární metoda

Polární metoda je jedna z nejpoužívanějších způsobů zaměření a výpočtu souřadnic určovaných bodů – z daných bodů se určuje poloha polárními souřadnicemi. Výhodou této metody je, při použití totální stanice, rychlé připojení na síť bodů, vzhledem k nutnosti znalosti souřadnic pouze 2 bodů, snadné a rychlé vyhodnocení, které umí všechny běžně používané geodetické programy. V praxi se používá připojení na více orientací, a to kvůli přesnosti a kontrole.

Souřadnice se počítají pomocí rajónu, je potřeba znát souřadnice dvou bodů, z nichž jeden bod je stanovisko A totální stanice. Z tohoto bodu je zaměřen vodorovný směr na druhý známý bod – orientace (B) a na určovaný bod (P). Zjistí se i vzdálenost mezi stanoviskem a orientací a stanoviskem a určovaným bodem.

Ze souřadnic stanoviska a orientace se vypočte směrnik σ_{AB}

Rovnice 5 výpočet směrniku

$$\operatorname{tg} \sigma_{AB} = \frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}}$$

Z měření vodorovných směrů a vypočteného směrniku se určí orientační úhel o_P

$$o_P = \sigma_{AB} - \psi_{AB} > 0,$$

nakonec je hledaný směrnik α_{AP}

$$\alpha_{AP} = \psi_{AB} + o_P.$$

výsledné souřadnice určovaného bodu jsou

Rovnice 6 výpočet souřadnicových rozdílů a souřadnic bodu P

$$\Delta X_{AP} = s_{AP} * \cos(\alpha_{AP})$$

$$\Delta Y_{AP} = s_{AP} * \sin(\alpha_{AP}),$$

$$X_P = X_A + \Delta X_{AP}$$

$$Y_P = Y_A + \Delta Y_{AP}.$$



Za indikátor přesnosti souřadnic cílového bodu určeného pomocí totální stanice polární metodou slouží směrodatná odchylka polohová

Rovnice 7 výpočet směrodatné odchylky polohové

$$\sigma_{2D} = \sqrt{\sigma_D^2 \sin^2 z + \sigma_{Hz}^2 d_S^2},$$

σ_D je přesnost měřené délky, σ_{Hz} je přesnost měřeného úhlu.

7.2. Trigonometrický výpočet výšek

Metoda je při použití totálních stanic rychlá, početně jednoduchá pro určení výšky určovaného bodu či převýšení mezi dvěma body. Výhodou je také snadná použitelnost na delší vzdálenosti.

Nevýhodou je omezená přesnost měření oproti nivelaci

Rovnice 8 výpočet výšky bodu

$$H_P = H_A + v_A + h - v_P,$$

kde h je převýšení

Rovnice 9 výpočet převýšení

$$h = d_s * \cos(z).$$

Jelikož měření bylo provedeno nejčastěji na vzdálenosti do 100 m a pro téměř vodorovné záměry, není potřeba zavádět opravu ze sbíhavosti tížnic ani z refrakce

$$h = d_s \cos\left(z - \frac{\varphi}{2}\right),$$

kde φ je sbíhavost tížnic v gonech.



7.3. Výpočet přesnosti kubatur

Myšlenkou odvození přesnosti výpočtu kubatur je použití vzorce pro výpočet objemu kolmého trojbokého hranolu.

Rovnice 10 Výpočet objemu trojbokého kolmého hranolu

$$V = P \frac{H_1 + H_2 + H_3}{3},$$

kde P je obsah podstavy, H_i jsou nadmořské výšky vrcholů

Po aplikaci zákona hromadění skutečných chyb získáme vzorec:

$$\varepsilon_V = \frac{1}{3} \varepsilon_P (H_1 + H_2 + H_3) + \frac{1}{3} (\varepsilon_{H_1} + \varepsilon_{H_2} + \varepsilon_{H_3}).$$

Po základních úpravách vzorce a aplikaci zákona hromadění směrodatných odchylek dostaneme:

$$\sigma_V^2 = \frac{P^2}{3} \sigma_H^2 + H^2 \sigma_P^2.$$

V rovnici známe obsah trojúhelníku P , střední výšku hranolu H a směrodatnou odchylku výšek σ_H .

Směrodatnou odchylku obsahu σ_P odvodíme obdobným způsobem ze vzorce pro výpočet obsahu trojúhelníku.

$$2P = y_1(x_3 - x_2) + y_2(x_1 - x_3) + y_3(x_2 - x_1)$$

Po přepočtu na skutečné chyby

$$2\varepsilon_P = \Delta y_{32} \varepsilon_{x1} + \Delta y_{13} \varepsilon_{x2} + \Delta y_{21} \varepsilon_{x3} + \Delta x_{23} \varepsilon_{y1} + \Delta x_{31} \varepsilon_{y2} + \Delta x_{12} \varepsilon_{y3},$$

za předpokladu, že

$$\varepsilon_{x1} = \varepsilon_{x2} = \varepsilon_{x3} = \varepsilon_{y1} = \varepsilon_{y2} = \varepsilon_{y3}.$$

Po úpravách a aplikaci zákona hromadění odchylek

$$\sigma_P^2 = \frac{\sigma_{xy}^2}{4} [(\Delta y_{32}^2 + \Delta x_{23}^2) + (\Delta y_{31}^2 + \Delta x_{13}^2) + (\Delta y_{21}^2 + \Delta x_{12}^2)],$$



kde $(\Delta y_{32}^2 + \Delta x_{23}^2) = s_{23}^2$ stejně tak pro další dva členy.

Po této úpravě dostaneme:

$$\sigma_P^2 = \frac{1}{4} \sigma_{xy}^2 (s_{12}^2 + s_{23}^2 + s_{13}^2),$$
$$\sigma_P = \frac{\sigma_{xy}}{2} \sqrt{\Sigma s^2}.$$

Po dosazení dostaneme celkovou směrodatnou odchylku pro objem jednoho kolmého trojbokého hranolu

Rovnice 11 Přesnost výpočtu objemu trojbokého hranolu

$$\sigma_V^2 = \frac{P^2}{3} \sigma_H^2 + H^2 \frac{\sigma_{xy}^2}{4} \Sigma s^2.$$

S vyčíslenou rovnicí bylo zjištěno, že největší váhu ve výpočtu má hodnota výšek. Z tohoto důvodu byly výšky ve výpočtu redukovány o výšku nejnižšího bodu (266,60). Ověření této teorie bylo provedeno v Matlabu, kde byl vypočítán objem nádrže z naměřených „bezchybných“ souřadnic. Tento objem byl použit jako správná hodnota. Následně byla vygenerována náhodná čísla normálního rozdělení s parametry 0 a směrodatnou odchylkou 0,03 m pro každou iteraci. Tato čísla byla přičtena k naměřeným souřadnicím a objem byl vypočítán znovu.

Směrodatná odchylka objemu byla vypočtena podle (11) pro každý hranol samostatně (247 hranolů) a na konci byly všechny hodnoty sečteny, tím jsme dostali přesnost výpočtu výsledné kubatury, která bere v úvahu přesnost měření. Tento proces byl opakován 500krát a byla vypočtena empirická hodnota směrodatné odchylky (11). Výsledky jsou uvedeny v *tab. 8*

Směrodatná odchylka vypočtená z opakovaných simulací	7,876 m
Směrodatná odchylka podle (11)	6,991 m

Tabulka 8 výsledky testu přesnosti výpočtu kubatur

Výsledky si navzájem odpovídají. Rozdíl vzniká z důvodu jiných vstupů do rovnic. Směrodatná odchylka vypočtená funkcí *std* se vypočítává pouze z výsledků. Výpočet pomocí (11) bere v úvahu, jak odhadovanou přesnost měření, tak samotné měření.



7.4. Výpočet kubatur

Pro výpočet kubatur byly použity programy Groma, Atlas DMT a Matlab. Výsledek je objem celé nádrže až po hranu a poté objem pro určitou výšku hladiny. Nejčastěji se používá pro výpočet trojúhelníková síť, která se vytvoří pomocí Delaunayovi triangulace, teorie je taková, že kružnici opsané bodům jednoho trojúhelníku nenáleží žádný jiný bod. Výsledkem jsou trojúhelníky blízké rovnostranným. U těchto trojúhelníků se zjistí střední výška a následně se vypočítá objem. Takto se vypočítají všechny objemy, výsledný objem je součet. Tato metoda je výhodná pro lokality s členitým terénem. Další možností je výpočet pomocí rastrové sítě. To znamená, že se trojúhelníkovým modelem proloží rastr s volitelnou hustotou bodů a následně se počítá s ním. Následkem toho je zploštění výškových extrémů a zarovnání hran trojúhelníků. Z tohoto důvodu se používá pro rovinatá území a při prezentaci výsledků. Díky volitelnému nastavení hustoty rastru je možné eliminovat ztrátu přesnosti dat, pak ovšem narážíme na výpočetní kapacitu zařízení a nárůst velikosti dat. Od projektanta byla zadána předběžná hladina nádrže ve výšce 268,30 m a maximální hladina ve výšce 268,50 m. Objemy jsou tedy vypočteny k těmto hodnotám a dále je vypočten objem celé nádrže pro případ, že by byl projekt zavrhnut a bylo nutné celé dílo zasypat.

7.4.1. Výpočet v programu Atlas DMT

Pro výpočet kubatur bylo nutné vytvořit model terénu nádrže. Byly tedy vybrány body samotné nádrže, tj. horní hrana, pata, dno. Dále bylo nutné vybrat správné body u odtoku, kde je betonový kryt.

Pro výpočet celkového objemu bylo nutné vytvořit ještě jeden model terénu, ale pouze z bodů horní hrany, vzhledem k tomu, že horní hrana není v celé délce ve stejné výšce a není tedy možné použít výpočet přes jednu rovinu. Pro výpočet byla tedy použita funkce *výpočet objemu*, kde byl jako podkladový model, použit model celé nádrže a jako srovnávací model, model vytvořený pouze z horní hrany.

Pro výpočet kubatury pod určitou hladinou byl použit pouze základní model nádrže. Byla použita stejná funkce, pouze nastavení bylo změněno, byla nastavena výška hladiny. Oba výpočty byly provedeny jak pomocí vygenerované trojúhelníkové sítě, tak pomocí pravidelného rastru o hustotě 0,05 m.

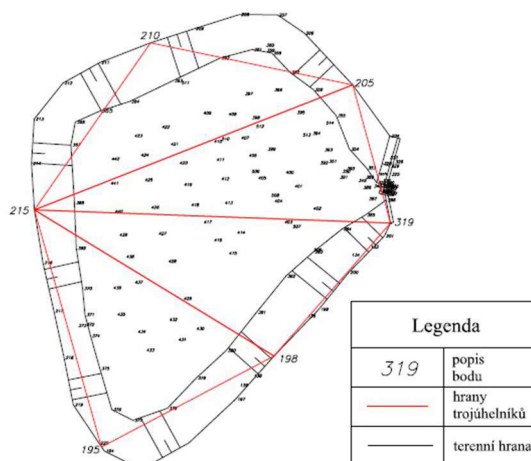
7.4.2. Výpočet v programu Groma

Do programu Groma (verze 12.4) byly nahrány stejné body jako pro modely v Atlasu DMT. Pro výpočet objemu pod zadanou výškou hladiny byla použita funkce *kubatury*. Byla vygenerována trojúhelníková síť a z ní vypočítaný objem.

Pro výpočet objemu celého rybníku bylo zapotřebí vytvořit více rovin a počítat objemy po částech. Přes funkci *vyrovnávací rovina* byla vytvořena rovina ze tří bodů hrany, které tvoří trojúhelník a následně byly do této roviny promítnuty body (ve směru osy Z) nádrže uvnitř počítané části. Objem této části byl vypočten jako rozdíl oproti původním výškám pro určitou část nádrže. Takto byl vypočten objem čtyř částí a dílčí objemy byly nakonec sečteny. Důležitým krokem výpočtu bylo samotné rozdělení na jednotlivé části, které musí na sebe navazovat a zároveň co nejlépe kopírovat hranici mezi body použitými na výpočet roviny, což k povaze rozmístění měřených bodů nešlo zařídit. Dalším aspektem je počet částí, na které má být model rozdělen, samozřejmě čím více jich vytvoříme, tím se budeme lépe přibližovat skutečnému povrchu. Pro výpočet jsem použil rozdělení na 4 části, jejichž zpracování časově odpovídalo celé práci v Atlasu DMT. Roviny byly vyhotoveny z bodů:

Rovina č.1	215, 210, 205
Rovina č.2	215, 205, 319
Rovina č.3	215, 319, 198
Rovina č.4	215, 198, 195

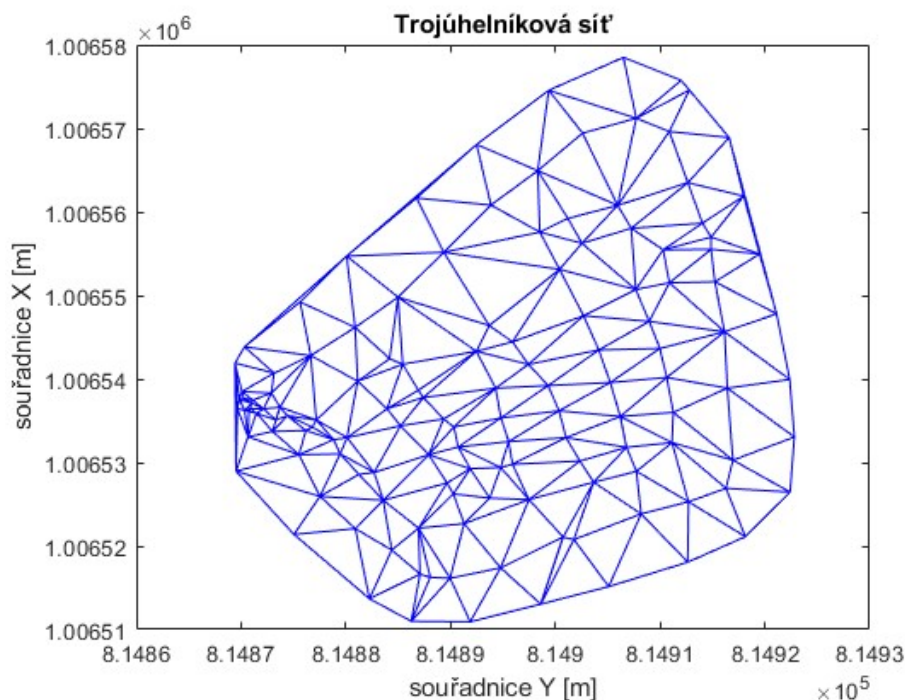
Tabulka 9 Roviny pro výpočet kubatur v Gromě



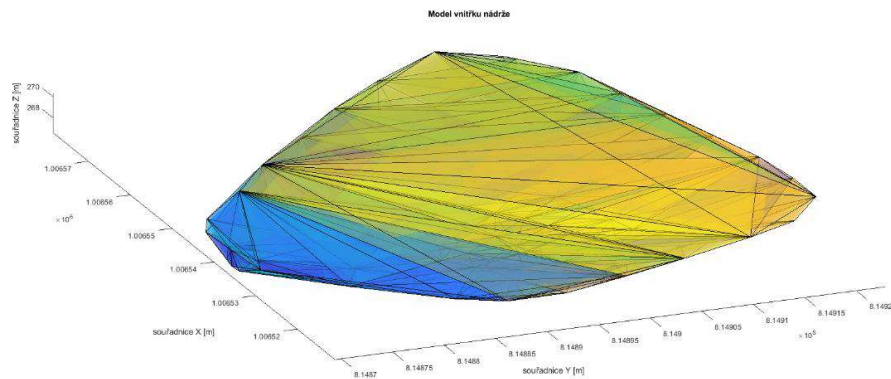
Obrázek 8 Rozdělení na roviny

7.4.3. Výpočet v programu Matlab

Výpočet v Matlabu byl nutný pro simulaci testování výpočtu přesnosti. Do Matlabu byly nahrány souřadnice nádrže a jednotlivé souřadnice byly rozděleny do samostatných proměnných. Výpočet byl proveden pomocí funkce *delaunayTriangulation*, která vytvoří trojúhelníkovou síť tak, aby byly trojúhelníky co nejbližší rovnostrannému trojúhelníku. Pro vytvoření sítě byly použity pouze souřadnice X, Y a souřadnice Z byla následně přidána. Důvod byl takový, že pro náš výpočet bylo nutné vytvořit trojúhelníky, ale funkce *delaunayTriangulation* při zadání souřadnic X, Y, Z vytváří nepravidelné čtyřstěny. Ještě byla testována funkce *delaunay*, ale ta vytvářela obecné trojúhelníky bez pokusu o rovnostrannost. Výsledkem jsou trojúhelníky v podobě indexů bodů např. (12, 55, 68), bylo nutné zaměnit indexy za souřadnice, aby s nimi bylo možné dále pracovat. Obsah trojúhelníku se vypočítá pomocí determinantu a střední výška trojbokého kolmého hranolu byla vypočítána jako průměr výšek. Iteračně se pak vypočítaly všechny objemy a sečetly.



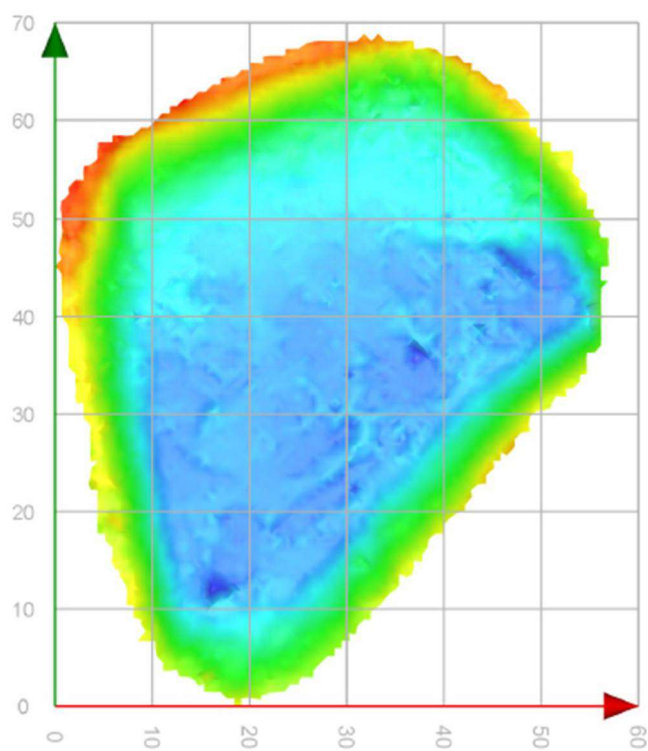
Obrázek 9 Trojúhelníková síť vytvořená Matlabem



Obrázek 10 Síť vytvořená čtyřstěny

7.4.4. Výpočet z měření skeneru

Výpočet byl proveden v programu Cyclone 3DR, do kterého bylo nahráno zpracované mračno z Cyclone Register. Při importu je možné nastavit ředění bodů na libovolný počet. Pro výpočet kubatur bylo nutné oddělit body terénu od ostatních bodů jako je porost, stromy, umělé stavby. Nástrojů je možné použít více. Já jsem vybral funkci *DTM* v sadě *Smart modeling*, která označené mračno rozdělí na body terénu a zbytku. Zároveň vytvoří trojúhelníkovou síť z bodů terénu. Při kontrole bylo vidět, že funkce nepracuje úplně dokonale, kdy v terénu nechávala kusy plotu a domu. V oblasti, která byla potřeba, tedy nádrže, odstranila porost velmi dobře. Vše kolem nádrže bylo odstraněno pomocí *clean/separate* (vyčistit/oddělit). Pro výpočet kubatury pod určitou výškou je možné použít možnost vytvoření roviny, z ní vytvořit pevnou hranici a pomocí funkce *cut and fill* (vyříznout a vyplnit) vypočítat rozdíl roviny oproti dnu. Tento způsob má výhodu, že nemusí být trojúhelníková síť přesně oříznuta. Další možností je *volume from elevation* (objem z výšek), kde je možné nastavit od jaké výšky a s jakým krokem se mají vypočítávat objemy. Nevýhodou je, že tato funkce počítá pod celým objektem a je tedy nutné mít oblast správně oříznutou. Pokud chceme počítat objem celého výkopu je možné po importu bodového mračna použít funkci *stockpile* (zásoby), která po vyznačení oblasti oddělí terén, spočítá trojúhelníkovou síť a pomocí rovin vypočítá celkový objem, jak výkopu, tak násypu. Mezi další funkce, které lze použít k výstupu, je možnost hypsometricky odlišit výšky a svažitosti.



Obrázek 11 Nádrž značená hipsometrií



Obrázek 12 Mračno bodů



7.4.5. Porovnání výsledků

Výsledky jsou uvedeny v *tab 10*. Výsledky z jednoho souboru měření (geodetického) vycházejí v rozmezí vypočítané přesnosti objemu. Z praktického hlediska se hodnoty liší zanedbatelně, kdy rozchod výsledků do 10 % je brán jako normální. Rozdíl z měření totální stanicí a laserovým skenerem je maximálně 4,1 %.

Rozdíl je ve výsledku celkového objemu určeného pomocí Gromy, kde výpočet je závislý na počtu vytvořených rovin. I v tomto případě výsledek vyhovuje, rozdíl je 8.6 %.

Rozdílné výsledky jsou u měření skenerem, toto se očekávalo, vzhledem k použití skeneru spíše pro vnitřní prostory. Navíc byla hustota bodů zredukována z důvodu porostu v nádrži. Posledním faktorem bylo rozlišení horní hrany v měření totální stanicí a skenerem, tyto body nebyly ztotožněné z důvodu nezávislosti výpočtu.

	Celkový objem [m ³]	Objem k hladině 268,30 [m ³]	Objem k hladině 268,50 [m ³]
Atlas DMT – troj. síť	4593	1218	1717
Atlas DMT - rastr	4594	1218	1717
Groma	4232	1212	1713
Matlab	-	1211	1713
Skener	4711	1245	1790

Tabulka 10 Porovnání výsledků výpočtu kubatur

8 Geometrický plán

8.1. Návrh geometrického plánu

Pro legalizaci této stavby je nutné vytvořit dva geometrické plány (GP). První GP se zabývá řešením majetkových vztahů. Bylo by tedy nutné koupit/směnit pozemky, na kterých se nádrž/hráz nachází a nejsou v majetku majitele nádrže. Druhý GP se vypracuje po vyřešení majetkových vztahů, k vložení nádrže a hráze do katastru nemovitostí.

V této diplomové práci byl vypracován pracovní návrh druhého zmíněného geometrického plánu. V čase psaní diplomové práce nebyl znám projekt nádrže, podle kterého by mohly být některé části nádrže/hráze přepracované a tím by se změnila podoba



geometrického plánu pro majetkoprávní vyrovnání i geometrického plánu pro vložení nádrže. Z tohoto důvodu byl vypracován pouze návrh geometrického plánu, který neobsahuje údaje ZPMZ v podobě, který se odevzdává na příslušný katastrální úřad. Jedná se o pracovní verzi, která řeší vložení nádrže/hráze do katastrální mapy, vytvoření nových parcel, změnu stávajících a jejich výměru a změnu kultur. V návrhu se vyskytují body, které nebyly v terénu zaměřeny či vytyčeny (průsečíky, body z KN). Tyto body by se v terénu po schválení návrhu musely vytyčit. Z tohoto důvodu k nim nejsou vedeny ve výkresu kóty druhého kontrolního měření (typicky oměrné míry).

8.2. Tvorba GP v programu Kokeš

Aby bylo možné vytvářet v programu Kokeš geometrické plány, je nutné vlastnit také rozšíření *GEPLAN*, který přidá nezbytné funkce.

Nejprve je nutné nahrát v terénu zaměřené body, podle kterých bude vytvořen nový GP. Stejně tak je nutné nahrát stávající stav katastrální mapy, který je běžně ve formátu .vfk. Když máme nahrané oba soubory, můžeme začít zpracovávat. Jednotlivé dotčené body musí být označeny, musí se zkontrolovat, jestli zaměřené body nejsou totožné s body v platné katastrální mapě v mezích přesnosti dosavadního geometrického a polohového určení. Pokud některý zaměřený bod splňuje výše uvedené, pracujeme dále již se stávajícím bodem katastrální mapy. Pro body 3. třídy přesnosti je tato vzdálenost 14 cm. Jednotlivé body se popíší jejich čísla a spojí se linií (nový stav KN). Tyto linie budou mít nyní kolizi s liniemi stávajícího stavu. Je potřeba si spočítat průsečíky těchto kolizí a přidělit jim čísla. Tyto body je nutné přidat jako body linie nového KN, jinak s nimi Kokeš nebude počítat a bude hlásit chybu. Dalším krokem je odstranění linií stávajícího KN, které při novém stavu KN zaniknou. Mezi body je nutné doložit druhé měření, např. pásmem, jehož měřené oměrné míry se vloží mezi jednotlivé body. Dále se vloží nové znaky kultur a vygenerují parcelní čísla. To je vše, co se týká grafického výstupu. Z grafického výstupu se pomocí funkce *GEPLAN* spustí vyplnění výpočetních tabulek. Po kontrole těchto tabulek se spustí výpočet výměr nových a změn všech dotčených parcel. Nastaví se parametry výstupů a vygenerují se tabulky nových výměr, výkaz dosavadního a nového stavu a případně výkaz BPEJ.

Návrh je v příloze č.11



9. Zhodnocení programů

9.1. Kokeš

Program byl vybrán kvůli tomu, že to je program, který se ve firmě Geotis pro tyto účely používá. Pracovním formátem výkresu je .vyk, který umožňuje slučování bodů, linií a ploch do vrstev. Exportem je možné vytvořit výstupy typu .dgn, .dxf. Další výhodou jsou, při použití správné technologie, přednastavené bodové znaky a linie, které se používají hlavně pro výkresy geometrického plánu. Funkce *GEPLAN*, která počítává výměry z grafického vstupu je taktéž velmi nápomocná. Nevýhodou je stále nutný zásah do výpočetních tabulek.

9.2. Atlas DMT

Atlas byl vybrán na základě toho, že to je jediný program pro vytvoření DMT z klasického geodetického měření, se kterým jsem se při výuce setkal. Ze souřadnic měřených podrobných bodů byla vyhotovena trojúhelníková síť, která reprezentuje samotný model. Trojúhelníky byly dále opraveny např. odstranění obalových trojúhelníků, přidáním hran mezi body, kde je program sám nevygeneroval a odstraněním bodů nepotřebných pro konkrétní model. Dále byly použity možnosti pro lepší prezentování výsledků konkrétně vytvoření vrstevnic, změna barev trojúhelníků pomocí priorit. Pro prezentaci výsledků byla použita funkce *3D pohledy*, kde je možnost pro následný tisk změnit úhel pohledu, umístění světla, připojení podstavce. Samotná tvorba modelu je, po počátečním poznání nástrojů a zjištění všech funkcí, jednoduchá. Výpočet kubatur je po vytvoření modelu také jednoduchý, kdy jde “pouze“ o nastavení modelu, ze kterého se bude kubatura počítat.



9.3. Groma

Výpočet kubatur při jedné výšce, ke které je kubatura počítána, je jednoduchý. Je nutné nahrát soubor se souřadnicemi a program dokáže vygenerovat trojúhelníkovou síť a vypočítat kubaturu. Co se týče výpočtu s členitou horní hranou, tak pro ten není Groma přizpůsobena. Nepočítá s ním, proto bylo nutné zkusit najít způsob, jak to provést. Výpočet bylo nutné ručně rozdělit na dílčí části a vypočítat body promítnuté na jednotlivé roviny. Nevýhodou oproti Atlasu DMT je chybějící grafické rozhraní a s ním související úpravy.

9.4. Cyclone (Register, 3DR)

Práce s programy Cyclone pro mě byla nová zkušenost. Program 3DR, ve kterém jsem zpracovával mračno, má mnoho možností úprav a následných výpočtů s bodovým mračnem. Vzhledem k množství funkcí a občas nešťastného zařazení do určité skupiny pracovních nástrojů se dá v rozhraní rychle ztratit a něco pokazit. Dále mi u funkcí chyběl popis, co ta funkce dělá a jak to dělá, případně nějaké nastavení výpočtu a výstupů. Kromě samotných možností prací s mračnem je příjemná funkce *report*, která vygeneruje zprávu s grafickými i výpočetními výstupy.



Závěr

Tato diplomová práce se zabývá geodetickým zaměřením nové budované vodní nádrže v Pětipsech. Grafickými výsledky je model terénu z programu Atlas DMT, výkres z programu Kokeš stejně tak, jako návrh geometrického plánu. Dalším výstupem je výpočet kubatur s výstupy z programů Atlas, Groma, Matlab, Cyclone. Výpočtem byla kubatura určena pro předpokládanou výšku hladiny 268,30 m ve výškovém systému Bpv. Pro případ, že by musela být nádrž zrušena a zasypána byla vypočtena celková kubatura výkopu. Zpracování kubatur z geodetického měření z testovacích programů je z mého pohledu nejjednodušší v programu Atlas DMT a to zejména z kvůli grafickému rozhraní. Pokud máme už vybrané souřadnice tak Groma nabízí nejrychlejší výpočet. Při porovnání měření totální stanicí a laserovým skenerem je výhodou totální stanice jednodušší zpracování a možnost zaměření potřebných bodů v okolí. Výhodou skeneru je rychlost prací v terénu, vyšší hustota naměřených bodů a komplexnější výsledky, které mohou být použity pro další účely.



Použitá literatura

- [1] [Positioning Solutions \[online\]. \[cit. 2023-05-08\]. Dostupné z:
https://positioningsolutions.com/blogs/product-info/trimble-r8-series-gps-gnss-receivers-compared-a-buyers-guide-positioning-solutions](https://positioningsolutions.com/blogs/product-info/trimble-r8-series-gps-gnss-receivers-compared-a-buyers-guide-positioning-solutions)
- [2] [Topografi.it \[online\]. \[cit. 2023-05-08\]. Dostupné z:
http://www.topografi.it/strumenti/prodotto/trimble-s3/](http://www.topografi.it/strumenti/prodotto/trimble-s3/)
- [3] [Leica Geosystems \[online\]. \[cit. 2023-05-08\]. Dostupné z: https://shop.leica-geosystems.com/ca/leica-blk/blk360/buy](https://shop.leica-geosystems.com/ca/leica-blk/blk360/buy)
- [4] [ČSN 75 2410 \(752410\) Malé vodní nádrže. 04/2011. 2011.](#)
- [5] [KUBÁČEK, Lubomír. Confidence regions in Helmert transformation. Bratislava: Institute of the Theory of Measurement, Slovak Acad. Sci., Bratislava, 1966.](#)
- [6] [Mapy.cz \[online\]. \[cit. 2023-05-15\]. Dostupné z:
https://mapy.cz/zakladni?x=15.6252330&y=49.8022514&z=8](https://mapy.cz/zakladni?x=15.6252330&y=49.8022514&z=8)
- [7] [MICHALČÁK, Ondrej. INŽINIERSKA GEODÉZIA 1. Bratislava: Alfa, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1985.](#)
- [8] [Základní mapa ČR 1:10 000. 1:10 000. https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/.](https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/)



Seznam obrázků

Obrázek 1 Letecký snímek oblasti Pětipsy [6].....	10
Obrázek 2 Mapa oblasti Pětipsy [8]	11
Obrázek 3 Mapa menšího měřítka [6]	11
Obrázek 4 Trimble R8 model 1 [1]	12
Obrázek 5 Trimble S3 2 DR [2]	12
Obrázek 6 Leica BLK360 G2 [3].....	12
Obrázek 7 Rozložení stanovisek skenování.....	17
Obrázek 8 Rozdělení na roviny.....	28
Obrázek 9 Trojúhelníková síť vytvořená Matlabem.....	29
Obrázek 10 Síť vytvořená čtyřstěny	30
Obrázek 11 Nádrž značená hipsometrií	31
Obrázek 12 Mračno bodů	31



Seznam tabulek

Tabulka 1 Parametry Trimble R8 model 1.....	12
Tabulka 2 Parametry Trimble S3 2 DR.....	12
Tabulka 3 Parametry Leica BLK360 G2.....	12
Tabulka 4 Souřadnice měřických bodů před vyrovnáním.....	15
Tabulka 5 Souřadnice bodu použité pro opravy	18
Tabulka 6 - Tabulka zbytkových chyb a jejich ověření podle vzorce []	19
Tabulka 7 Výsledky nivelace.....	21
Tabulka 8 výsledky testu přesnosti výpočtu kubatur.....	26
Tabulka 9 Roviny pro výpočet kubatur v Gromě.....	28
Tabulka 10 Porovnání výsledků výpočtu kubatur	32



Seznam příloh

Příloha č.1 Fotografie z terénu	41
Příloha č.2 Protokol GNSS měření	42
Příloha č.3 Protokoly z programu Atlas	43
Příloha č.4 Protokoly z programu Groma, výpočty objemů	45
Příloha č.5 Protokoly Groma vyrovnání a transformace.....	46
Příloha č.6 Skript Matlab, výpočet objemu nádrže a přesnosti výpočtu	50
Příloha č.7 Protokol ze programu Cyclone Register 360	51
Příloha č.8 3D Pohled - celý pozemek	
Příloha č.9 Měřická síť	
Příloha č.10 Místní situace	
Příloha č.11 Návrh geometrického plánu	
Příloha č.12 Vrstevnicový plán	



Příloha č.1 Fotografie z terénu

Pohled od stanoviště 4008



Pohled od stanoviště 4006





Příloha č.2 Protokol GNSS měření

PROTOKOL GNSS (RTK) MĚŘENÍ

Zakazka: petipsy0712gps

Meril:

Datum: 06.12.2022

Přístroj: Trimble R8, fw: 2.32, vyr. c.: 4629119198

Trimble Survey Controller SW: 11.40

Verze protokolu: 4.95

Souradnicový systém: Použit transformační modul zpsněné globální transformace Trimble 2018 verze 1.0 schváleny CUZK pro měření od 1.1.2018

Zona: Krovak_2018

Soubor rovinne dotransformace: KG2018

Vertikální transformace

Model kvazigeoidu: CR2005

POUZITÉ A MĚŘENÉ BODY

Císlo bodu	Y	X	Z	Presnost	PDOP	Sit*	Pocet Antena	Datum	Zacatek	Doba	Kod bodu	
			XY Z	Z		sat. vyska; od**	mereni	mereni[s]				
RTCM0072	852063.796	1010482.564	400.223					07.12	11:47	NaN		
4001	815105.183	1006538.006	273.121	0.007	0.010	1.39	8	1.80	SZ	09.12	11:43	26
4002	815063.239	1006532.153	272.659	0.015	0.020	1.39	8	1.80	SZ	09.12	11:45	24
4003	815039.939	1006519.866	272.320	0.018	0.024	1.72	8	1.80	SZ	09.12	11:46	20
a4001	815105.271	1006538.031	273.336	0.013	0.018	1.35	7	1.80	SZ	09.12	12:53	22
a4002	815063.319	1006532.169	272.821	0.010	0.014	2.25	7	1.80	SZ	09.12	12:54	31
a4003	815040.004	1006519.877	272.414	0.018	0.022	2.43	7	1.80	SZ	09.12	12:56	22

* Bod meren na: 1 VRS = Trimble VRS NOW CZ

2 = TOPNET

3 RTK = CZEPOS RTK a RTK3;

3 RTK3-MSM = CZEPOS RTK3-MSM;

3 PRS = CZEPOS RTK-PRS;

3 FKP = CZEPOS RTK-FKP;

3 MAX = CZEPOS VRS3-MAX;

3 iMAX = CZEPOS VRS3-iMAX;

3 MAXG = CZEPOS VRS3-MAX-GG;

3 iMAXG = CZEPOS VRS3-iMAX-GG;

3 CMR = CZEPOS VRS3-iMAX-GG_CM;R;

3 CMR+ = CZEPOS VRS3-iMAX-GG_CM;R+;

4 = GEOORBIT

5 = ostatni

** Vyska anteny merena od: FC = fazoveho centra; SZ = spodku zavitu; SN = strelu narazniku

Hodnoty PDOP oznacene * jsou mimo nastavenou toleranci: 7.00

Hodnoty s RMS oznacene # jsou mimo nastavenou toleranci: 40.00

Body oznacene ! NoFix ! pred cislem bodu nebyly pri mereni Fixovany!



ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra speciální geodézie
Diplomová práce

```
A[0] = 0.00
-----
2493.65
***** WOBJEM - výpočet objemu prostorového
útvary *****
06-05-2023 13:19
Hraniční body :
197 >> 198 >> 199 >> 200 >> 201 >>
319 >> 386 >> 322 >> 323 >> 334 >>
335 >> 328 >> 204 >> 205 >> 206 >>
207 >> 208 >> 209 >> 210 >> 211 >>
212 >> 213 >> 214 >> 215 >> 216 >>
217 >> 218 >> 219 >> 220 >> 194 >>
195 >> 196 >> 197
Metoda výpočtu : trojúhelníková síť

Hlavní model :
"H:\DP\JAKUB\JAKUB\MODEL\RYBNIK_POCATEK\RYBNIK_
POCATEK"
Srovnávací rovina : 268.50
VÝSLEDNÝ OBJEM :
V[+] = 343.43
V[-] = -2060.87
V[+] + V[-] = -1717.44
abs(V[+]) + abs(V[-]) = 2404.29

CELKOVÁ PLOCHA :
A[+] = 547.03
A[-] = 1946.55
A[0] = 0.00
-----
2493.59

POVRCH MODELU :

Hlavní m. S[celk] = 2556.83
Srovnávací m. S[celk] = *****

Hlavní m. S[celk] = 2556.83
Srovnávací m. S[celk] = *****

***** WOBJEM - výpočet objemu prostorového
útvary *****
06-05-2023 13:18
Hraniční body :
197 >> 198 >> 199 >> 200 >> 201 >>
319 >> 386 >> 322 >> 323 >> 334 >>
335 >> 328 >> 204 >> 205 >> 206 >>
207 >> 208 >> 209 >> 210 >> 211 >>
212 >> 213 >> 214 >> 215 >> 216 >>
217 >> 218 >> 219 >> 220 >> 194 >>
195 >> 196 >> 197
Metoda výpočtu : trojúhelníková síť

Hlavní model :
"H:\DP\JAKUB\JAKUB\MODEL\RYBNIK_POCATEK\RYBNIK_
POCATEK"
Srovnávací rovina : 268.30
VÝSLEDNÝ OBJEM :
V[+] = 462.40
V[-] = -1681.13
V[+] + V[-] = -1218.72
abs(V[+]) + abs(V[-]) = 2143.53

CELKOVÁ PLOCHA :
A[+] = 643.28
A[-] = 1850.31
A[0] = 0.00
-----
2493.59

POVRCH MODELU :
```



Příloha č.4 Protokoly z programu Groma, výpočty objemů

[98] VÝPOČET KUBATUR

Název : Hladina 268.30

Srovnávací rovina: 268.30

Bod 1	Výška	Bod 2	Výška	Bod 3	Výška	objem	plocha	povrch
194	269.20	195	269.47	377	267.71	9.1	18	19
.								
.								
.								
.								
194	269.20	220	269.23	377	267.71	1.8	4	4

Kubatura : -1211.8 m³

Plocha promítnutá do roviny: 2510 m²

Plocha povrchu : 2583 m²

[98] VÝPOČET KUBATUR

Název : Hladina 268.50

Srovnávací rovina: 268.50

Bod 1	Výška	Bod 2	Výška	Bod 3	Výška	objem	plocha	povrch
194	269.20	195	269.47	377	267.71	5.4	18	19
.								
.								
.								
194	269.20	219	269.31	220	269.23	0.0	0	0

Kubatura : -1713.8 m³

Plocha promítnutá do roviny: 2510 m²

Plocha povrchu : 2583



Příloha č.5 Protokoly Groma vyrovnání a transformace

POLOHOVÉ VYROVNÁNÍ SÍTĚ

=====

Lokalita:

Datum :

Etapa :

PŘIBLIŽNÉ SOUŘADNICE:

=====

Bod	Y	X	Char	Délek	Směrů
4001	815105.2270	1006538.0190	Volný	2	2
4002	815063.2790	1006532.1610	Volný	0	0
4003	815039.9720	1006519.8720	Volný	0	0
4004	814977.7010	1006492.1740	Volný	0	0
4005	814927.5870	1006487.8330	Volný	4	4
4006	814915.7360	1006517.9790	Volný	3	4
4007	814864.2930	1006534.4000	Volný	2	2
4008	814869.9870	1006533.1550	Volný	0	0
4009	814860.6350	1006417.0730	Volný	0	0
4010	814849.0550	1006402.3570	Volný	3	3
4011	814887.6330	1006447.5060	Volný	0	0
5000	814936.3410	1006489.8310	Volný	10	10

MĚŘENÉ DÉLKY:

=====

Stanovisko: 4001

Cíl Délka [m] m [mm] váha

4002 42.3150 5.08 0.0387
4003 67.7350 5.14 0.0379

Stanovisko: 4005

Cíl Délka [m] m [mm] váha

4001 184.5750 5.37 0.0347
4002 142.7640 5.29 0.0358
4003 116.8400 5.23 0.0365
4004 50.3033 5.10 0.0384

Stanovisko: 4006

Cíl Délka [m] m [mm] váha

4004 67.1540 5.13 0.0379
4005 32.4058 5.06 0.0390
4008 48.1930 5.10 0.0385

Stanovisko: 4007

Cíl Délka [m] m [mm] váha

4005 78.5690 5.16 0.0376
4006 53.9757 2.55 0.1533

Stanovisko: 4010

Cíl Délka [m] m [mm] váha

4005 116.0613 5.23 0.0365
4009 18.7090 5.04 0.0394
4011 59.3786 5.12 0.0382

Stanovisko: 5000

Cíl Délka [m] m [mm] váha

4002 133.8390 5.27 0.0360
4003 107.8796 5.22 0.0368
4004 41.4410 5.08 0.0387
4005 8.9747 5.02 0.0397
4006 34.9072 5.07 0.0389
4007 84.7080 5.17 0.0374
4008 79.2510 5.16 0.0376
4009 104.9990 5.21 0.0368
4010 123.5550 5.25 0.0363
4011 64.5124 5.13 0.0380

MĚŘENÉ SMĚRY:

=====

Stanovisko: 4001

Cíl Směr m [cc] váha

4003 282.73290 7.00 0.0204
4002 291.18380 7.00 0.0204

Stanovisko: 4005

Cíl Směr m [cc] váha

4002 79.91126 7.00 0.0204
4003 82.34306 7.00 0.0204
4001 82.47530 7.00 0.0204
4004 94.52080 7.00 0.0204

Stanovisko: 4006

Cíl Směr m [cc] váha

4004 125.12735 7.00 0.0204
4005 176.13275 7.00 0.0204
4007 319.66275 7.00 0.0204
4008 320.39190 7.00 0.0204



Stanovisko: 4007

Cíl	Směr	m [cc]	váha
4006	119.66090	7.00	0.0204
4005	140.37900	7.00	0.0204

Stanovisko: 4010

Cíl	Směr	m [cc]	váha
4009	42.44176	7.00	0.0204
4011	45.02490	7.00	0.0204
4005	47.31836	7.00	0.0204

Stanovisko: 5000

Cíl	Směr	m [cc]	váha
4002	79.51050	7.00	0.0204
4003	82.04860	7.00	0.0204
4004	96.40390	7.00	0.0204
4010	249.92900	7.00	0.0204
4009	251.26020	7.00	0.0204
4011	254.45620	7.00	0.0204
4005	285.73380	7.00	0.0204
4007	335.27220	7.00	0.0204
4008	336.82720	7.00	0.0204
4006	359.77250	7.00	0.0204

PARAMETRY SÍTĚ:

Počet bodů v síti : 12
 Počet bodů, na nichž jsou měřeny směry: 6
 Počet měřených délek : 24
 Počet měřených směrů : 25
 Způsob připojení sítě : Helmertova transformace

VYROVNANÉ DÉLKY:

Stanovisko: 4001

Cíl	Délka	Oprava	ms	Eps
	[m]	[mm]	[mm]	[mm]
4002	42.3124	-2.56	3.84	
4003	67.7351	0.09	4.05	

Stanovisko: 4005

Cíl	Délka	Oprava	ms	Eps
	[m]	[mm]	[mm]	[mm]
4001	184.5729	-2.09	3.67	
4002	142.7690	4.98	3.42	
4003	116.8385	-1.48	3.49	
4004	50.3092	5.87	2.60	

Stanovisko: 4006

Cíl	Délka	Oprava	ms	Eps
	[m]	[mm]	[mm]	[mm]
4004	67.1518	-2.20	3.14	
4005	32.4051	-0.63	1.23	
4008	48.1978	4.80	3.21	

Stanovisko: 4007

Cíl	Délka	Oprava	ms	Eps
	[m]	[mm]	[mm]	[mm]
4005	78.5692	0.18	2.29	
4006	53.9741	-1.56	1.95	

Stanovisko: 4010

Cíl	Délka	Oprava	ms	Eps
	[m]	[mm]	[mm]	[mm]
4005	116.0617	0.43	3.26	
4009	18.7047	-4.32	4.01	
4011	59.3819	3.23	3.98	

Stanovisko: 5000

Cíl	Délka	Oprava	ms	Eps
	[m]	[mm]	[mm]	[mm]
4002	133.8376	-1.37	3.43	
4003	107.8809	1.31	3.51	
4004	41.4411	0.14	2.80	
4005	8.9715	-3.15	0.85	
4006	34.8991	-8.02	1.34	
4007	84.7061	-1.89	2.49	
4008	79.2570	5.99	3.49	
4009	105.0007	1.66	4.12	
4010	123.5526	-2.39	3.24	
4011	64.5110	-1.44	3.92	

Průměrná střední chyba vyrovnané délky [mm]: 3.19

VYROVNANÉ SMĚRY:

Stanovisko: 4001

Cíl	Směr	Oprava	m	Eps
	[g]	[cc]	[cc]	[cc]
4003	282.73332	4.21	7.29	56.57
4002	291.18338	-4.21	7.29	-56.57

Stanovisko: 4005

Cíl	Směr	Oprava	m	Eps
	[g]	[cc]	[cc]	[cc]
4002	79.91089	-3.73	4.70	
4003	82.34294	-1.19	5.95	
4001	82.47597	6.70	6.77	33.35
4004	94.52062	-1.77	5.98	



Stanovisko: 4006

Cíl	Směr	Oprava	m	Eps
[g]	[cc]	[cc]	[cc]	
4004	125.12752	1.66	7.31	
4005	176.13279	0.43	7.39	
4007	319.66313	3.79	6.83	
4008	320.39131	-5.88	7.21	-62.81

Stanovisko: 4007

Cíl	Směr	Oprava	m	Eps
[g]	[cc]	[cc]	[cc]	
4006	119.66100	0.99	6.42	
4005	140.37890	-0.99	6.42	

Stanovisko: 4010

Cíl	Směr	Oprava	m	Eps
[g]	[cc]	[cc]	[cc]	
4009	42.44199	2.28	7.51	140.64
4011	45.02436	-5.40	6.65	
4005	47.31867	3.12	6.77	

Stanovisko: 5000

Cíl	Směr	Oprava	m	Eps
[g]	[cc]	[cc]	[cc]	
4002	79.50956	-9.42	5.55	-20.31
4003	82.04936	7.64	5.86	
4004	96.40396	0.60	6.50	
4010	249.92822	-7.76	5.41	
4009	251.26155	13.49	5.30	26.42
4011	254.45560	-5.97	6.48	

4005	285.73386	0.57	7.55	
4007	335.27153	-6.68	6.30	
4008	336.82816	9.60	6.54	37.65
4006	359.77229	-2.07	7.23	

Průměrná střední chyba vyrovnaného směru [cc]: 6.57

VÝSLEDKY VYROVNÁNÍ:

Počet nadbytečných měření	: 22
Základní střední chyba m0 apriorní [cc]:	1.00
Základní střední chyba m0 aposteriorní [cc]:	1.08
m0 aposteriorní / m0 apriorní	: 1.08
Interval spolehlivosti	: 0.70 - 1.30

VYROVNANÉ SOUŘADNICE:

Bod	Y	X	my	mx	mxy
			[mm]	[mm]	[mm]
4001	815105.2056	1006538.0296	3.16	1.63	2.52
4002	815063.3017	1006532.1635	2.97	1.05	2.23
4003	815039.9575	1006519.8438	3.03	1.38	2.35
4004	814977.7115	1006492.1668	2.69	0.78	1.98
4005	814927.5892	1006487.8342	0.94	0.71	0.84
4006	814915.7227	1006517.9884	1.16	0.99	1.08
4007	814864.3026	1006534.3951	2.07	1.37	1.76
4008	814869.9762	1006533.1635	2.85	1.67	2.34
4009	814860.6322	1006417.0678	2.61	2.74	2.68
4010	814849.0689	1006402.3655	2.13	2.10	2.12
4011	814887.6414	1006447.5139	2.61	2.47	2.54
5000	814936.3364	1006489.8277	1.03	0.67	0.87

Střední souřadnicová chyba mxy [mm]: 2.04



[67] TRANSFORMACE SOUŘADNIC

Identické body:

Bod I	I. Y	I. X	Bod II	II. y'	II. x'
4001	815105.227	1006538.019	4001	815105.206	1006538.031
4002	815063.279	1006532.161	4002	815063.301	1006532.162
4003	815039.972	1006519.872	4003	815039.958	1006519.844
4004	814977.701	1006492.174	4004	814977.711	1006492.167
4005	814927.587	1006487.833	4005	814927.589	1006487.834
4006	814915.736	1006517.979	4006	814915.723	1006517.989
4007	814864.293	1006534.400	4007	814864.302	1006534.396
4008	814869.987	1006533.155	4008	814869.978	1006533.163
4009	814860.635	1006417.073	4009	814860.634	1006417.068
4010	814849.055	1006402.357	4010	814849.068	1006402.366
4011	814887.633	1006447.506	4011	814887.639	1006447.513
5000	814936.341	1006489.831	5000	814936.336	1006489.828

Transformační parametry:

Typ transformace: Podobnostní (4 parametry)

Rotace : 0.0001

Měřítko : 1.000032243458 (3.2 mm/100m)

Souřadnice těžiště:

Soustava Y X

I. 814941.454 1006492.697

II. 814941.454 1006492.697

Souřadnicové opravy na identických bodech:

Bod	vY	vX
4001	0.016	-0.014
4002	-0.026	-0.002
4003	0.011	0.027
4004	-0.011	0.007
4005	-0.002	-0.001
4006	0.014	-0.011
4007	-0.007	0.003
4008	0.011	-0.009
4009	0.003	0.008
4010	-0.010	-0.006
4011	-0.004	-0.005
5000	0.005	0.003

Střední souřadnicová chyba klíče m0: 0.009



Příloha č.6 Skript Matlab, výpočet objemu nádrže a přesnosti výpočtu

```
clc;
clear all;
format long;

M=[. . . . . ]

for l=1:500
    sigmax=0.03;
    sigmay=0.03;
    sigmaz=0.03;
    objem=0;
    objem0=1211.78512733501;
    presnost=0;

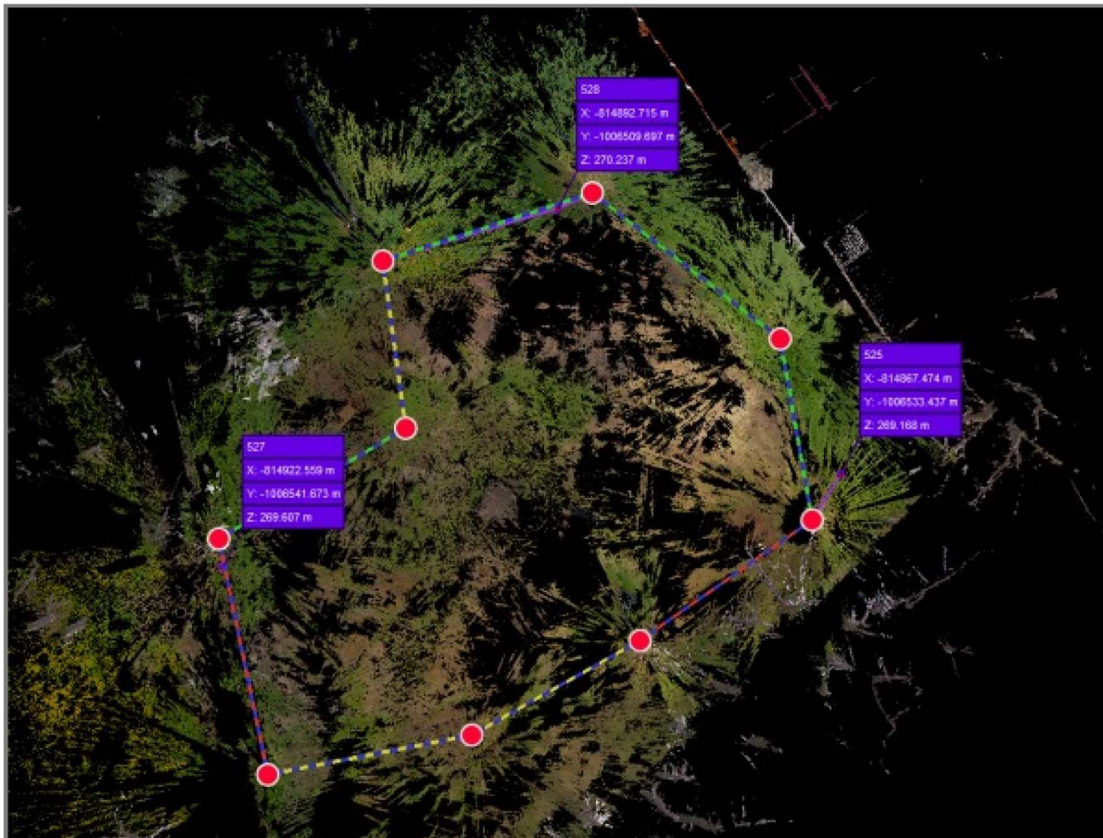
X =M(:,1)+sigmax*(randn(length(M),1));
Y =M(:,2)+sigmay*(randn(length(M),1));
Z =M(:,3)-266.60+sigmaz*(randn(length(M),1));

%%vytvareni trojuhelniku
%DT = delaunay(X,Y)
DT = delaunayTriangulation(X,Y)
for i=1:length(DT.ConnectivityList) %zamena matice indexu za matici
odpovidajicich hodnot
    for j=1:3
        y(i,j)= Y(DT.ConnectivityList(i,j));
        x(i,j)= X(DT.ConnectivityList(i,j));
        z(i,j)= Z(DT.ConnectivityList(i,j));
    end
end
end
%% vypocet objemu
for k=1:length(DT.ConnectivityList) %matice pro vypocet plochy podstav
determinantem
    mat=[x(k,1),y(k,1),1;x(k,2),y(k,2),1;x(k,3),y(k,3),1];
    P(k)=det(mat)/2;
    dH(k)=(z(k,1)+z(k,2)+z(k,3))/3; %stredni vysky hranolu
    V(k)=P(k)*(dH(k));
    objem=objem+V(k);
    delkavtroj(k)=sqrt(abs((x(k,2))-x(k,1))^2+(y(k,2)-
(y(k,1)))^2))+sqrt(abs((x(k,3))-x(k,1))^2+(y(k,3)-
(y(k,1)))^2))+sqrt(abs((x(k,2))-x(k,3))^2+(y(k,2)-(y(k,3)))^2));
    presnostP(k)=(P(k)^2)/3*(sigmaz^2);
    presnostH(k)=dH(k)^2*(sigmax^2/4)*(delkavtroj(k)^2);
    presnost_celkem(k)=presnostP(k)+presnostH(k);
    presnost=presnost+presnost_celkem(k);
end
end
celkovy_V=-objem;
celkem_V(1)=-objem
rozdil(1) = objem0-celkovy_V;
celkova_presnost=sqrt(presnost);
end
smer_odch=std(celkem_V)
%triplot(DT)
%tetramesh(DT,'FaceAlpha',0.3);
```



Příloha č.7 Protokol ze programu Cyclone Register 360

Cyclone REGISTER 360 PLUS



Error Results for Bundle 1

Setup Count:	9
Link Count:	9
Strength:	82 %
Overlap:	29 %
Cloud to Cloud	0.015m
Bundle Error	0.015m

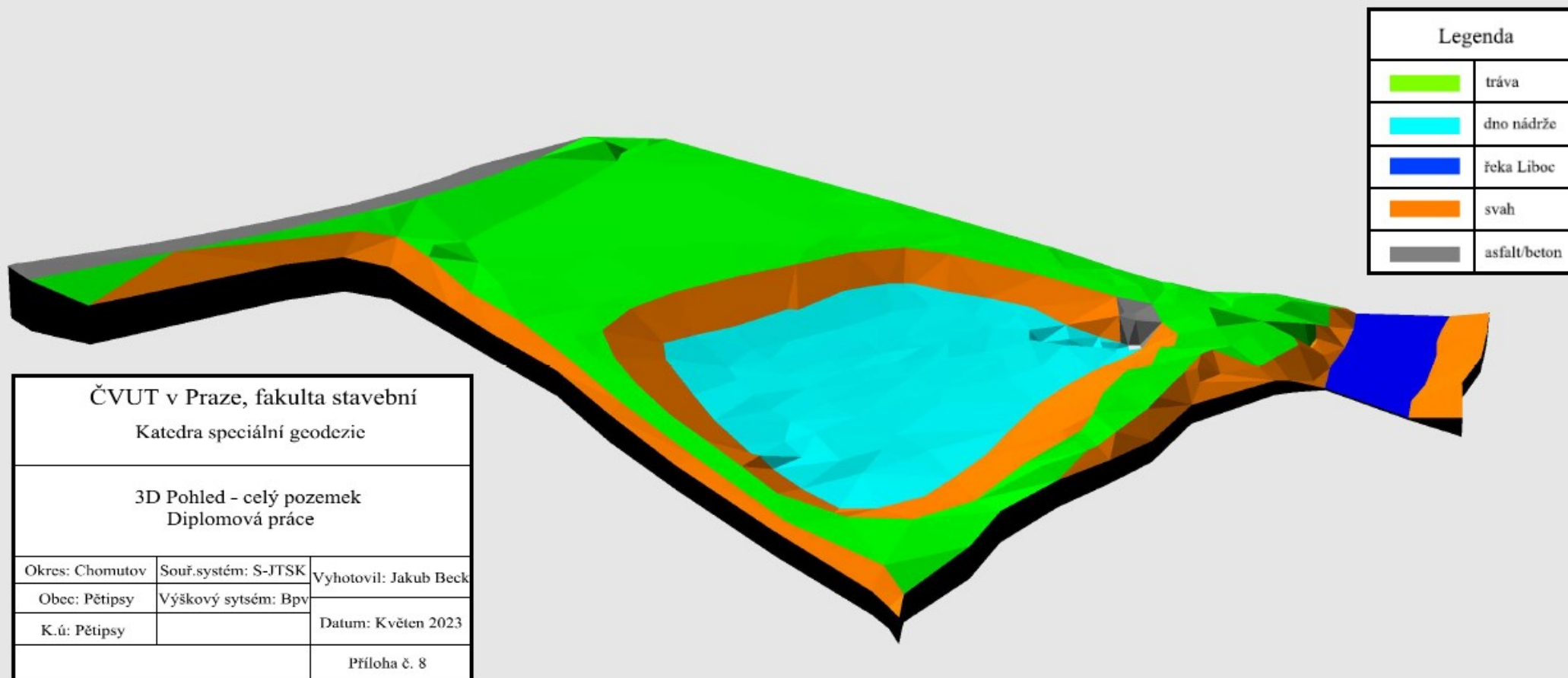
Bundle Name	Setup	Label	Error
-------------	-------	-------	-------



	Rybník Beck- Setup 001	Rybník Beck- Setup 002	Rybník Beck- Setup 003	Rybník Beck- Setup 004	Rybník Beck- Setup 008	Rybník Beck- Setup 009	Rybník Beck- Setup 010	Rybník Beck- Setup 007	Rybník Beck- Setup 006
Rybník Beck- Setup 001		Green				Yellow			
Rybník Beck- Setup 002	Green		Green						
Rybník Beck- Setup 003		Green		Green					
Rybník Beck- Setup 004			Green						Red
Rybník Beck- Setup 008					Red		Yellow		
Rybník Beck- Setup 009					Red	Green			
Rybník Beck- Setup 010	Yellow				Green				
Rybník Beck- Setup 007					Yellow				Yellow
Rybník Beck- Setup 006					Red		Yellow		

Bundle 1	Rybník Beck- Setup 001	528	0.004 m
	Rybník Beck- Setup 002	528	0.004 m
	Rybník Beck- Setup 004	525	0.003 m
	Rybník Beck- Setup 009	527	0.006 m

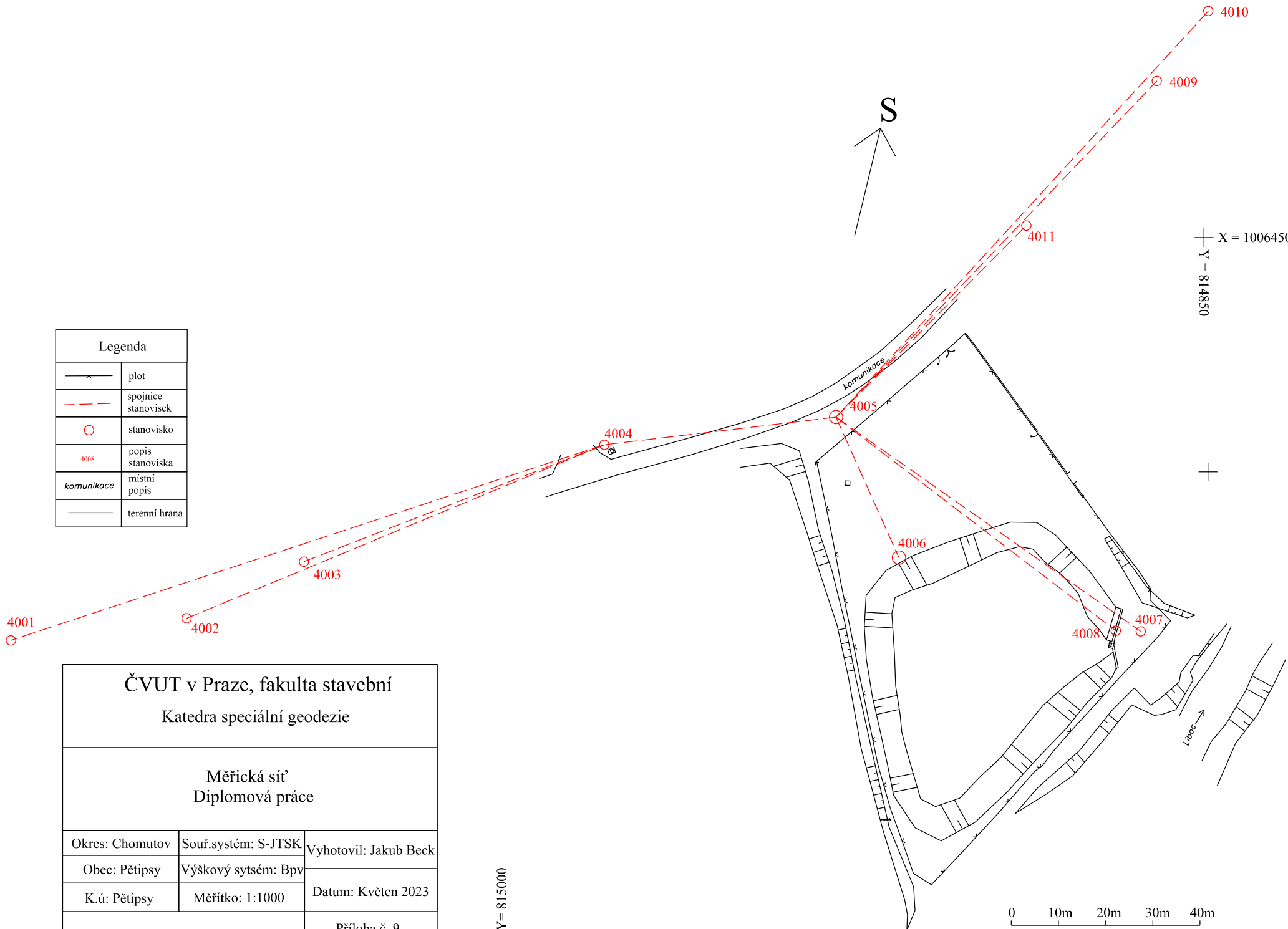
Link Name	Setup 1	Setup 2	Overlap	Abs. Mean Error
Link 1	Rybník Beck- Setup 001	Rybník Beck- Setup 002	21 %	0.011 m
Link 2	Rybník Beck- Setup 002	Rybník Beck- Setup 003	30 %	0.013 m
Link 3	Rybník Beck- Setup 003	Rybník Beck- Setup 004	50 %	0.014 m
Link 4	Rybník Beck- Setup 008	Rybník Beck- Setup 009	14 %	0.020 m
Link 5	Rybník Beck- Setup 009	Rybník Beck- Setup 010	45 %	0.014 m
Link 6	Rybník Beck- Setup 001	Rybník Beck- Setup 010	48 %	0.018 m
Link 7	Rybník Beck- Setup 007	Rybník Beck- Setup 008	24 %	0.018 m
Link 8	Rybník Beck- Setup 006	Rybník Beck- Setup 007	18 %	0.018 m
Link 9	Rybník Beck- Setup 006	Rybník Beck- Setup 004	9 %	0.012 m



Legenda	
	tráva
	dno nádrže
	řeka Libec
	svah
	asfalt/beton

<p>ČVUT v Praze, fakulta stavební Katedra speciální geodzie</p>		
<p>3D Pohled - celý pozemek Diplomová práce</p>		
Okres: Chomutov	Souř.systém: S-JTSK	Vyhotovil: Jakub Beck
Obec: Pětipsy	Výškový sytsém: Bpv	
K.ú: Pětipsy		Datum: Květen 2023
		Příloha č. 8

Legenda	
	plot
	spojnice stanovisek
	stanovisko
	popis stanoviska
	místní popis
	terénní hrana



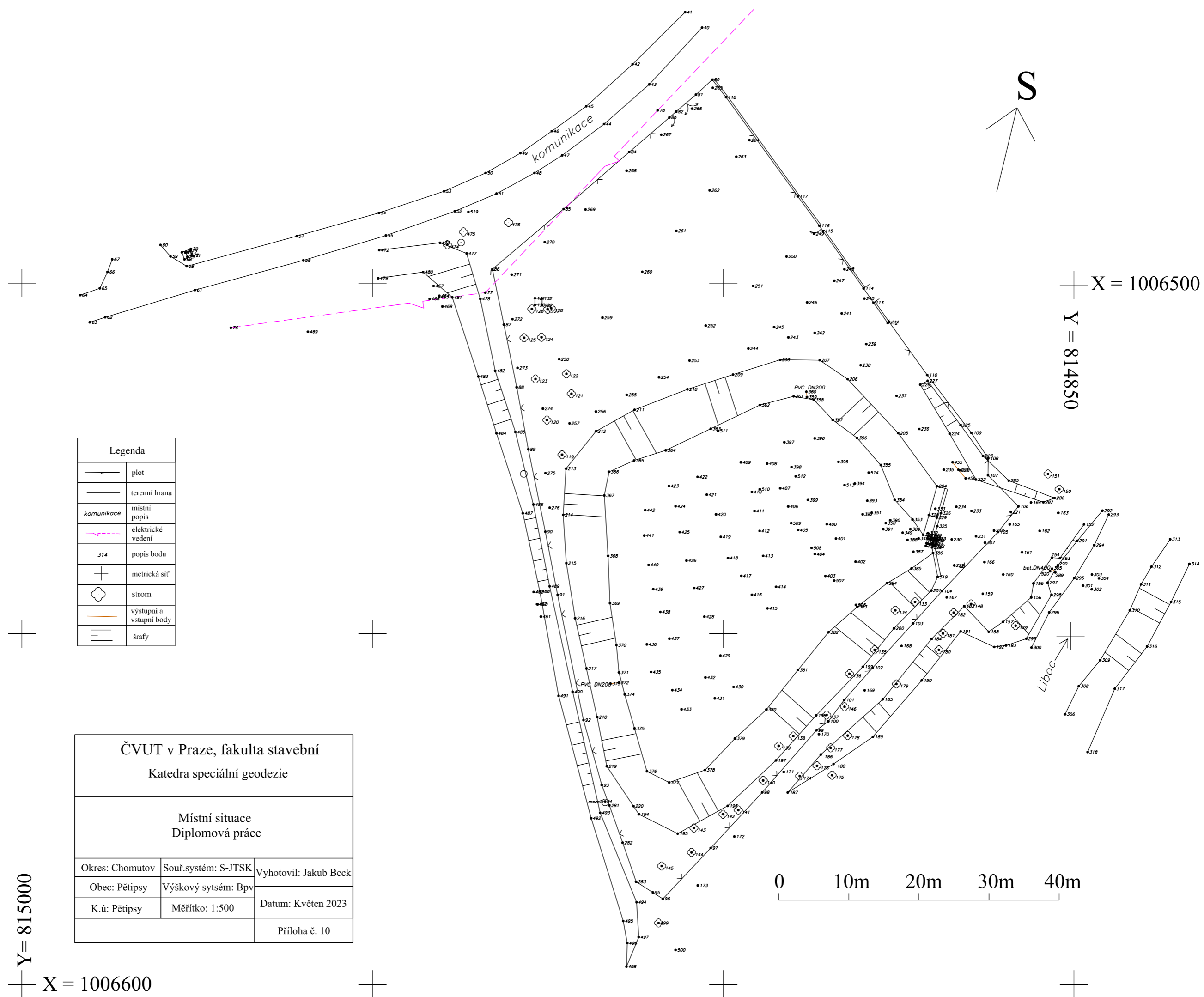
ČVUT v Praze, fakulta stavební
Katedra speciální geodzie

Měřická síť
Diplomová práce

Okres: Chomutov	Souř.systém: S-JTSK	Vyhotožil: Jakub Beck
Obec: Pětipsy	Výškový sytsém: Bpv	
K.ú: Pětipsy	Měřítko: 1:1000	Datum: Květen 2023
		Příloha č. 9

Y = 815000
X = 1006600

0 10m 20m 30m 40m



Legenda	
	plot
	terenní hrana
<i>komunikace</i>	místní popis
	elektrické vedení
314	popis bodu
	metrická síť
	strom
	výstupní a vstupní body
	šrafy

<p>ČVUT v Praze, fakulta stavební Katedra speciální geodezie</p>		
<p>Místní situace Diplomová práce</p>		
Okres: Chomutov	Souř.systém: S-JTSK	Vyhotovil: Jakub Beck
Obec: Pětipsy	Výškový sytsém: Bpv	Datum: Květen 2023
K.ú: Pětipsy	Měřítko: 1:500	
<p>Příloha č. 10</p>		

Y = 815000
X = 1006600

X = 1006500
Y = 814850

0 10m 20m 30m 40m

VÝKAZ DOSAVADNÍHO A NOVÉHO STAVU ÚDAJŮ KATASTRU NEMOVITOSTÍ

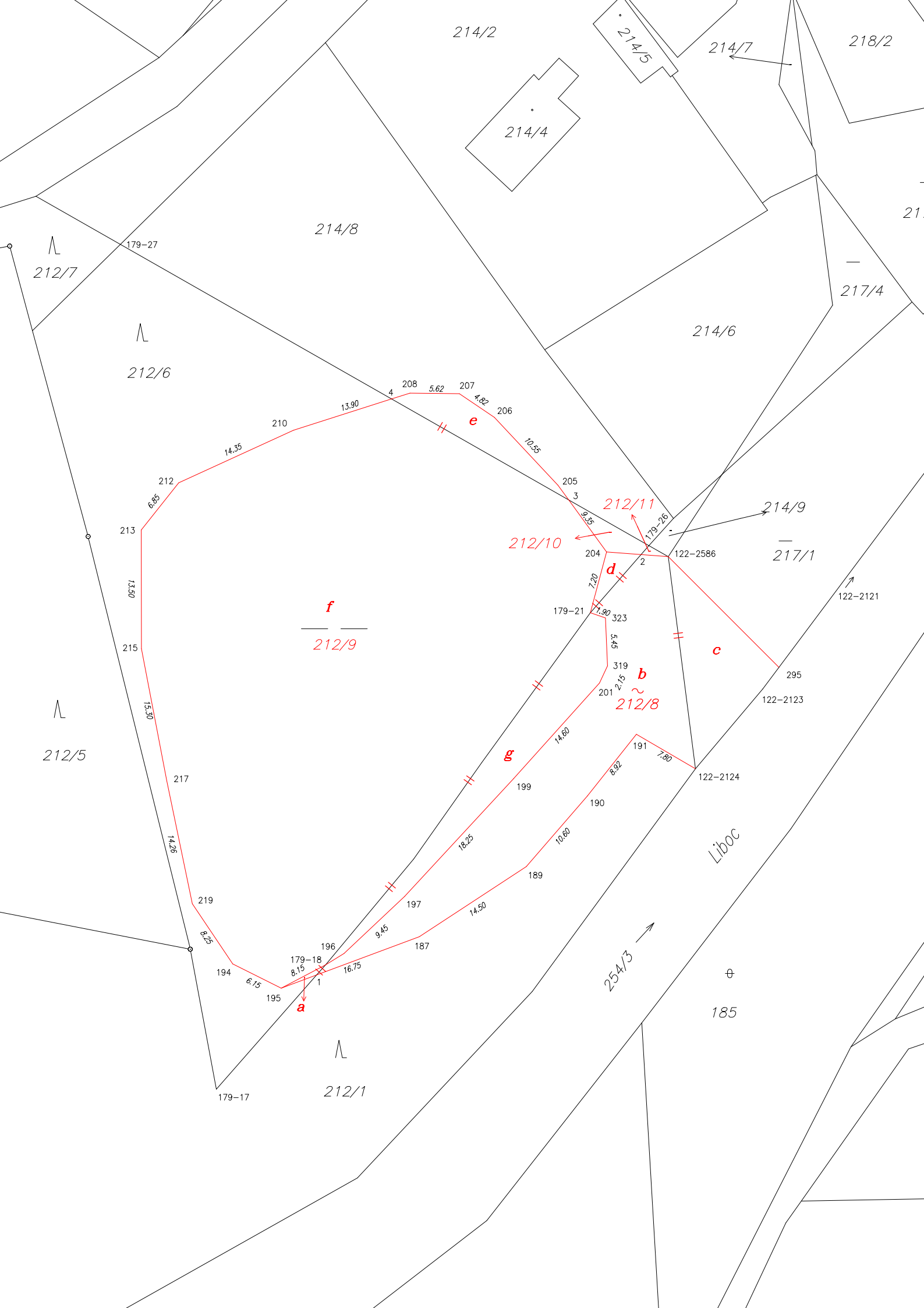
Dosavadní stav			Nový stav												
Označení pozemku parc. číslem	Výměra parcely		Druh pozemku Způsob využití	Označení pozemku parc. číslem	Výměra parcely		Druh pozemku Způsob využití	Typ stavby Způsob využití	Způsob určení výměry	Porovnání se stavem evidence právních vztahů					
	ha	m ²			ha	m ²				Díl přechází z pozemku označeného v katastru nemovitostí	dřívější poz. evidenci	Číslo listu vlastnictví	Výměra dílu		Označení dílu
		ha	m ²			ha	m ²			ha	m ²				
212/1	82	85	lesní poz	212/1	76	94	lesní poz		0	212/1		1	76	94	
				212/8	5	78	zast. pl.	vod. dílo hráz ohr	0	212/1 212/6 217/1		1 282 1	4 16 1	29 33	b d+a c
212/6	32	10	lesní poz	212/11		2	lesní poz		0	212/1		1		2	
				212/6	9	04	lesní poz		2	212/6		282	9	04	
214/8	12	07	ostat.pl. manipulační pl.	212/9	24	94	vodní pl. nádrž umělá		2	212/1 212/6 214/8		1 282 282	1 22 24	60 73 94	g f e
				212/10		17	lesní poz		0	212/6		282		17	
217/1	10	78	vodní pl. zamokřená pl.	214/8	11	46	ostat.pl. jiná plocha		2	214/8		282	11	46	
	1	37	80		1	37	80								

Příloha č.11 - Návrh geometrického plánu

GEOMETRICKÝ PLÁN pro <i>vyznačení vodního díla</i>	Geometrický plán ověřil úředně oprávněný zeměměřický inženýr:	Stejnopis ověřil úředně oprávněný zeměměřický inženýr:
	Jméno, příjmení:	Jméno, příjmení:
	Číslo položky seznamu úředně oprávněných zeměměřických inženýrů:	Číslo položky seznamu úředně oprávněných zeměměřických inženýrů:
	Dne: Číslo:	Dne: Číslo:
Náležitostmi a přesností odpovídá právním předpisům.	Tento stejnopis odpovídá geometrickému plánu v elektronické podobě uloženému v dokumentaci katastrálního úřadu.	
Vyhotovitel:	Katastrální úřad souhlasí s očíslováním parcel.	Ověření stejnopisu geometrického plánu v listinné podobě.
Číslo plánu:		
Okres: <i>Chomutov</i>		
Obec: <i>Pětipsy</i>		
Kat. území: <i>Pětipsy</i>		
Mapový list: <i>Žatec 5-3/13, 11</i>		
<small>Dosavadním vlastníkům pozemků byla poskytnuta možnost seznámit se v terénu s průběhem navrhovaných nových hranic, které byly označeny předepsaným způsobem:</small>		

Seznam souřadnic (S-JTSK)

Číslo bodu	Souřadnice pro zápis do KN		kód kv.	Poznámka
	Y	X		
1	814902.47	1006576.99	3	dolní hrana hráze
2	814865.60	1006529.26	7	horní hrana hráze
3	814873.83	1006523.06	3	horní hrana nádrže
4	814893.95	1006511.59	3	horní hrana nádrže
187	814890.80	1006572.64	3	dolní hrana hráze
189	814878.65	1006564.69	3	dolní hrana hráze
190	814871.70	1006556.66	3	dolní hrana hráze
191	814866.14	1006549.67	3	dolní hrana hráze
194	814912.01	1006575.75	3	horní hrana nádrže
195	814906.50	1006578.50	3	horní hrana nádrže
196	814899.37	1006574.55	3	horní hrana nádrže
197	814892.48	1006568.07	3	horní hrana nádrže
199	814880.08	1006554.71	3	horní hrana nádrže
201	814870.33	1006543.84	3	horní hrana nádrže
204	814869.52	1006528.96	3	bet.schodiště
205	814875.05	1006521.39	3	horní hrana nádrže
206	814882.26	1006513.69	3	horní hrana nádrže
207	814886.25	1006510.99	3	horní hrana nádrže
208	814891.87	1006510.93	3	horní hrana nádrže
210	814905.10	1006515.15	3	horní hrana nádrže
212	814918.14	1006521.12	3	horní hrana nádrže
213	814922.41	1006526.46	3	horní hrana nádrže
215	814922.37	1006539.94	3	horní hrana nádrže
217	814919.50	1006554.96	3	horní hrana nádrže
219	814916.59	1006568.90	3	horní hrana nádrže
295	814849.94	1006542.06	7	dolní hrana hráze
319	814869.42	1006541.90	3	horní hrana nádrže
323	814869.65	1006536.46	3	bet.schodiště
179-17	814913.87	1006589.97	3	doč.stabil.-kolík
179-18	814901.46	1006575.85	3	horní hrana nádrže
179-21	814871.36	1006535.87	3	bet.schodiště
179-26	814864.72	1006528.25	3	doč.stabil.-kolík
179-27	814924.78	1006494.03	3	doč.stabil.-kolík
122-2121	814805.87	1006483.20	7	doč.stabil.-kolík
122-2123	814851.77	1006544.51	7	doč.stabil.-kolík
122-2124	814859.41	1006553.58	7	dolní hrana hráze
122-2586	814862.52	1006529.50	7	horní hrana hráze



214/2

214/5

214/7

218/2

214/4

214/8

212/7

217/4

212/6

214/6

179-27 210 13.90 208 5.62 207 4.82 206 10.55

212 213 13.50 215 15.30 217 14.25 219 8.25

14.35 212

205 3 212/11 179-26 214/9 217/1 122-2586

212/10

212/9

d

212/8

c

212/5

g

Liboc

217

199 14.60 319 5.45 201 2.75

254/3

185

219 194 6.15 195 179-18 8.15 196 16.75 187 9.45 197 18.25 189 14.50 190 10.80 191 8.92 192 7.80

a

212/1

179-17

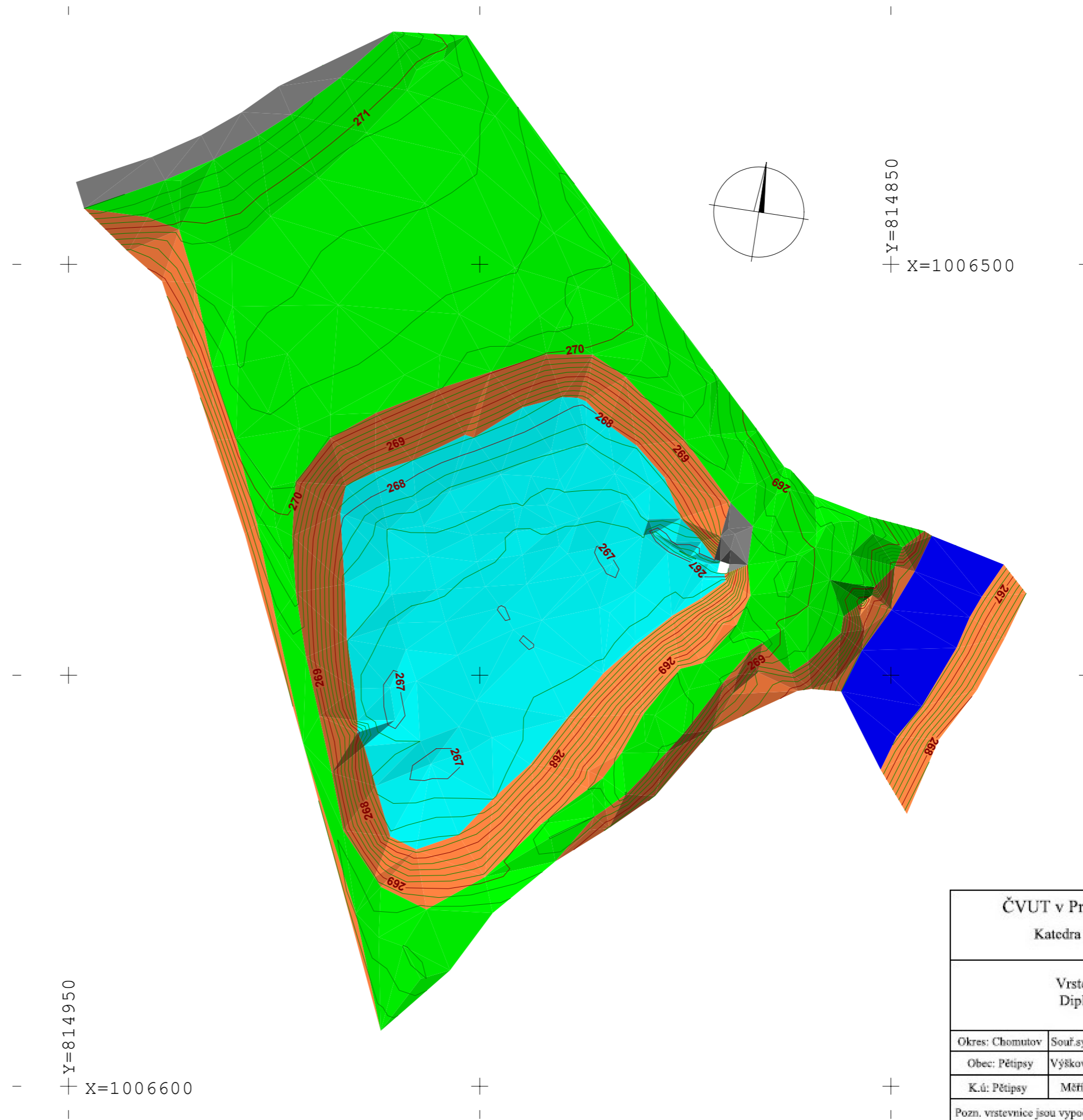
122-2121

122-2123

122-2124

Výpočet výměr parcel (dílů)

Číslo skupiny	Dané parcely nebo skupiny		Počítané výměry									
	Číslo parcely	Výměra m ²	Číslo		1. výpočet		2. výpočet		Průměr m ²	Vyrovnání výměry m ²	Konečná výměra m ²	
			listu mapy	parcelní	kód způs. určení výměry	Výměra m ²	kód způs. určení výměry	Výměra m ²				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
č. zakázky:						k.ú. Pětipsy				list katastrální mapy: Žatec 5-3/13		
										list katastrální mapy: Žatec 5-3/11		
						Vyrovnání dílů čísl. určené výměry :						
	do skup.	č. 1	5-3/13	e 214/8	2	61				61		61
	do skup.	č. 2	5-3/13	f 212/6	2	2273				2273		2273
	do skup.	č. 3	5-3/13	g 212/1	2	160				160		160
1	214/8	1207	5-3/11	212/9	2	2494				2494		2494
			5-3/11	214/8	2	1146				1146		1146
			5-3/13	díl "e" do 212/9		z vyrov.				61		61
2	212/6	1207							1207			1207
		3210	5-3/13	212/6	2	904				904		904
			5-3/13	díl "a" do 212/8	2	2				2		2
			5-3/13	díl "d" do 212/8	0	14				14		14
			5-3/13	díl "f" do 212/9		z vyrov.				2273		2273
			5-3/13	212/10	0	18				18	-1	17
3	212/1	3210							3211	-1		3210
		8285	5-3/13	212/1	0	7694				7694		7694
			5-3/13	díl "b" do 212/8	0	429				429		429
			5-3/13	díl "g" do 212/9		z vyrov.				160		160
			5-3/13	212/11	0	2				2		2
4	217/1	8285							8285			8285
		1078	5-3/13	217/1	0	945				945		945
			5-3/13	díl "c" do 212/8	0	133				133		133
		1078							1078			1078
						Sestavení parcel z dílů :						
			5-3/13	212/1		díl "b"	ze	skupiny	č. 3			429
			5-3/13	212/6		díl "a"	ze	skupiny	č. 2			2



Legenda	
	tráva
	dno nádrže
	feka Liboc
	svah
	asfalt/beton
	vrstevnice
	hlavní vrstevnice
297	výška vrstevnice

ČVUT v Praze, fakulta stavební Katedra speciální geodzie		
Vrstevnicový plán Diplomová práce		
Okres: Chomutov	Souř.systém: S-JTSK	Vyhotovil: Jakub Beck
Obec: Pětipsy	Výškový sytsém: Bpv	Datum: Květen 2023
K.ú: Pětipsy	Měřítko: 1:500	
Pozn. vrstevnice jsou vypočteny po 0,2 m		Příloha č. 12