



VYSOKÉ ÚČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODEZIE

INSTITUTE OF GEODESY

**REAMBULACE ÚČELOVÉ MAPY POVRCHOVÉ
SITUACE S VYUŽITÍM MOBILNÍHO MAPOVACÍHO
SYSTEMU**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Mrůzek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR KALVODA, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

| | |
|-------------------------|---|
| Studijní program | B3646 Geodézie a kartografie |
| Typ studijního programu | Bakalářský studijní program s prezenční formou studia |
| Studijní obor | 3646R003 Geodézie, kartografie a geoinformatika |
| Pracoviště | Ústav geodézie |

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

| | |
|-----------------|---|
| Student | Tomáš Mrůzek |
| Název | Reambulace účelové mapy povrchové situace s využitím mobilního mapovacího systému |
| Vedoucí práce | Ing. Petr Kalvoda, Ph.D. |
| Datum zadání | 30. 11. 2018 |
| Datum odevzdání | 24. 5. 2019 |

V Brně dne 30. 11. 2018

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Uživatelské příručky programu GeoStore V6, jeho modulů, nastaveb a utilit.

Metodický pokyn GRID_MP_G11_12_04 - Zaměření plynárenského zařízení a vyhotovení digitální technické mapy v jeho okolí, GasNet, s.r.o.

Metodika ČEZd_ME_0088r01 - Projektová dokumentace, dokumentace skutečného provedení stavby a geodetické zaměření DSPS, ČEZ Distribuce, a. s.

Metodický pokyn pro aktualizaci účelové mapy povrchové situace východních Čech, GEOVAP, spol. s.r.o.

http://www.vugtk.cz/euradin/TB02CUZK002/DOC/Z-OT_TB02CUZK002_MapOO.pdf

VÚGTK. Odborný slovník. Vugtk.cz [online]. © 2005-2012 [cit. 2012-1-16]. Dostupné z: <http://www.vugtk.cz/slovník/>

Citační manažer Citace PRO dostupný z: <https://citace.lib.vutbr.cz/>

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Provedte reambulaci části souborného mapového díla v systému GeoStore V6 kombinací vyhodnocení mračna bodů z mobilního skenovacího zařízení a pochůzky s doměřením totální stanicí a GNSS aparaturou. Využijte databázových informací o původu dat. Porovnejte výhody a nevýhody pořizování a údržby mapy klasickými metodami a mobilním mapováním.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Petr Kalvoda, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Tomáš Mrůzek *Reambulace účelové mapy povrchové situace s využitím mobilního mapovacího systému*. Brno, 2018. 61 s., 11 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Petr Kalvoda, Ph.D.

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce byla reambulace Digitální technické mapy východních Čech v obci Chvojenec, konkrétně aktualizace účelové mapy povrchové situace pomocí dat z mobilního mapovacího systému a následné porovnání s reambulací klasickou metodou.

KLÍČOVÁ SLOVA

reambulace, mobilní mapovací systém, mračno bodů, Digitální technická mapa, účelová mapa povrchové situace

ABSTRACT

Aim of this bachelor thesis was updating the Digital technical map of eastern Bohemia in Chvojenec village, specifically with map updating using data from mobile mapping system and a comparison with map updating in the classic way.

KEYWORDS

map updating, mobile mapping systém, point of clouds, Digital technical map, thematical map of surface situation

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Reambulace účelové mapy povrchové situace s využitím mobilního mapovacího systému* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 19. 5. 2019

Tomáš Mrůzek
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Reambulace účelové mapy povrchové situace s využitím mobilního mapovacího systému* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 19. 5. 2019

Tomáš Mrůzek
autor práce

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat firmě GEOVAP, spol. s r.o. za zadání bakalářské práce. Rovněž děkuji za poskytnuté softwarové vybavení a odborné konzultace při praktickém řešení mé práce.

Dále děkuji svému vedoucímu Ing. Petru Kalvodovi, PhD. za cenné rady a konzultace v průběhu psaní textu bakalářské práce.

V Brně dne: 19. 5. 2019

.....
podpis autora
Tomáš Mrůzek

OBSAH:

| | |
|--|-----------|
| 1. ÚVOD | 10 |
| 2. Technické mapy východních Čech..... | 11 |
| 2.1. Technická mapa | 11 |
| 2.2. Účelová mapa povrchové situace SSVČ..... | 11 |
| 2.2.1. Využitelné vstupy pro ÚMPS | 11 |
| 2.3. Obecné zásady pro tvorbu, aktualizaci a správu ÚMPS | 12 |
| 2.3.1. Načítání vstupních dat..... | 12 |
| 2.3.2. Čištění ÚMPS..... | 12 |
| 2.3.3. Standardní údržba..... | 13 |
| 3. Reambulace mapy | 14 |
| 3.1. Definice reambulace mapy..... | 14 |
| 3.2. Reambulace klasickou metodou..... | 14 |
| 3.3. Reambulace za pomoci MMS | 14 |
| 3.3.1. Mobilní mapovací systém | 14 |
| 3.3.2. Technologie sběru dat | 16 |
| 3.3.3. Zpracování dat..... | 17 |
| 3.3.4. Reambulace za pomoci MMS | 19 |
| 4. Realizace aktualizací výkresu | 20 |
| 4.1. Charakteristika softwaru GeoStore V6 | 20 |
| 4.2. Mapa z databáze..... | 21 |
| 4.2.1. Aplikace ADisplay | 21 |
| 4.2.2. Revize..... | 22 |
| 4.3. 3D prostředí..... | 24 |
| 4.3.1. Trajektorie měření..... | 24 |
| 4.3.2. Připojení mračen bodů | 25 |
| 4.3.3. Půdorysný pohled, 3D pohled, řezy | 27 |
| 4.4. Připojení WMS | 29 |
| 4.5. Vyhodnocování bodů a kresba | 30 |
| 4.5.1. Zadávání bodů..... | 31 |
| 4.5.2. ProjectDraw..... | 33 |
| 4.5.3. Body a kresba v půdorysu | 33 |
| 4.5.4. Body a kresba v řezech | 34 |
| 4.5.5. Body a kresba v 3D okně | 34 |
| 5. Neobvyklé případy a chyby při vyhodnocování | 36 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 5.1. | Doměřování klasickou metodou | 36 |
| 5.1.1. | Navštívení lokality | 37 |
| 5.1.2. | Postup zpracování naměřených dat | 38 |
| 5.2. | Vyhodnocení v prostředí softwaru | 44 |
| 6. | Posouzení přesnosti | 47 |
| 6.1. | Aplikace Detektiv..... | 47 |
| 6.2. | Testování homogenity doměřovacích prací | 49 |
| 7. | Porovnání metod reambulace | 53 |
| 8. | Závěr | 57 |
| | Seznam použité literatury | 58 |
| | Seznam použitých zkratk | 59 |
| | Seznam obrázků a tabulek..... | 60 |
| | Seznam příloh..... | 61 |

1. ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je provedení reambulace účelové mapy povrchové situace v obci Chvojenec s využitím mobilního mapovacího systému a porovnání této metody s reambulací klasickým způsobem.

Obec Chvojenec se nachází na severu Čech severovýchodně od krajského města Pardubice. Zájmové území tvořila uliční čára v celkové délce přibližně 1,4 km, která spojovala severní část obce s jejím středem.

Reambulace byla provedena především pomocí mobilního mapovacího systému (MMS). Byl reambulován stav účelových map dříve vyhotovených v dané oblasti, které jsou vedeny v databázi Technické mapy východních Čech. Naměřená data zpracovaná do bodových mračen jsem získal prostřednictvím firmy Geovap, spol. s.r.o., která mi rovněž poskytla bezplatné využití jejich softwaru Geostore V6. Pomocí tohoto softwaru jsem vyhodnocoval terénní objekty, které jsem porovnával se stavem vedeným v původních účelových mapách. V místech, kde se nový a dosavadní stav lišil, jsem kresbu aktualizoval, případně doplnil, pokud zcela chyběla.

Kvůli místům, kde došlo k „zastínění“ skenovacího paprsku při mapování MMS, bylo nezbytné v dané lokalitě provést doměření klasickými metodami. Pro připojení měření jsem využil pomocnou měřickou síť, kterou jsem si zbudoval technologií globálních navigačních satelitních systémů (GNSS). Polohopis a výškopis podrobných bodů byl změřen tachymetricky a pomocí GNSS. Během doměřování jsem rovněž provedl kontrolu stavu reambulované mapy pomocí MMS porovnáním se skutečností.

Výsledná účelová mapa je vyhotovena ve 3. třídě přesnosti a odpovídá náležitostem, které plynou z Metodického pokynu pro aktualizaci účelové mapy povrchové situace východních Čech, GEOVAP, spol. s.r.o.

2. Technické mapy východních Čech

Technické mapy východních Čech jsou spravovány Sdružením správců východních Čech (SSVČ). SSVČ je účelové sdružení založené pro vzájemnou spolupráci v oblasti digitálních grafických dat, mimo jiné pro jednotnou údržbu účelové mapy povrchové situace. (Metodický pokyn pro aktualizaci ÚMPS VC, 2009)

2.1. Technická mapa

„Technická mapa je, dle zákona č. 200/1994 Sb. (Zeměměřický zákon, § 2 písm. m), mapovým dílem velkého měřítka vedeným na prostředcích výpočetní techniky s podrobným zákresem přírodních a technických objektů a zařízení vyjadřujícím jejich skutečný stav. Technická mapa se dělí na účelovou mapu povrchové situace („ÚMPS“) a inženýrské sítě („IS“).“ (Technická mapa, b.r.)

Náplní mé práce byla reambulace účelové mapy povrchové situace včetně povrchových prvků inženýrských sítí. Samotný průběh inženýrských sítí nebyl předmětem mého šetření.

2.2. Účelová mapa povrchové situace SSVČ

ÚMPS se rozumí interpretace objektů nacházejících se na zemském povrchu nebo nad ním v náplni obvyklé pro digitální technickou mapu města. Náplň a forma dat je dána technickými předpisy jednotlivých účastníků SSVČ v rozsahu jejich maximální náplně. Územní vymezení účelové mapy povrchové situace SSVČ je dáno přibližně prostorem bývalého Východočeského kraje, ale může být rozšířeno i na území vně tohoto prostoru, podle potřeby členů SSVČ. (Metodický pokyn pro aktualizaci ÚMPS VC, 2009)

2.2.1. Využitelné vstupy pro ÚMPS

a) Polohopisy vzniklé přímým měřením geodetickými metodami o střední souřadnicové chybě +/- 0.14 m.

Jedná se převážně o zaměření skutečných vyhotovení staveb, mapových podkladů pro projekty, zaměření uličních čar při doměřování stávajících sítí nebo pro jejich konstrukci z kót. Prostory přímého měření DTMM.

b) Prostory a objekty, které nesplňují přesnost $\pm 0.14\text{m}$, ale lze očekávat přesnost lepší než $\pm 0.6\text{m}$.

Jedná se o přímá měření nezaručené přesnosti, digitalizované starší podklady, digitalizované čáry z katastrální mapy dekadického měřítka (1:1000,2000), přebírané DKM. Využití je pro prostory vnitrobloků, průmyslových areálů, extravilánů. Doplnují prostory přímého měření. (Metodický pokyn pro aktualizaci ÚMPS VC, 2009)

2.3. Obecné zásady pro tvorbu, aktualizaci a správu ÚMPS

Celá kapitola 2.3. vychází ze zdroje (Metodický pokyn pro aktualizaci ÚMPS VC, 2009).

Správa ÚMPS se dělí na tři fáze.

2.3.1. Načítání vstupních dat

Data jsou uložena v relační databázi ORACLE na centrálním serveru u firmy GEOVAP, spol. s r.o. Pardubice. Pro potřebu aktualizací jsou dočasně exportována do aktualizacích DGN výkresů, v nichž se provedou aktualizací změny. Po kontrole a akceptaci aktualizacích změn jsou tyto realizovány správcem ÚMPS v originální databázi.

2.3.2. Čištění ÚMPS

Stanovení podmínek pro změny v poloze prvků při opravách topologie, řešení návazností, duplicitních měření a aktualizacích.

Zásady pro napojování dat z přímého měření:

Správce ÚMPS je bez vědomí správců sítí oprávněn provádět jen takové změny polohy prvků polohopisu u jednoznačně identifikovatelných bodů (využitelných pro kótování), které by způsobily změnu hodnoty kóty k nezměněné poloze sítě o hodnotu maximálně 20 cm. Správce ÚMPS je v tomto případě oprávněn ponechat v procesu řešení oprav, návazností, duplicitních měření a aktualizací dle konkrétních podmínek buď polohu jednoho z původních měření, nebo polohu průměrnou.

Pokud by změna v poloze prvků polohopisu u jednoznačně identifikovatelných bodů (využitelných pro kótování) způsobila změnu hodnoty kóty k nezměněné poloze sítě o hodnotu nad 20 cm, je správce ÚMPS povinen tuto skutečnost oznámit správcům sítí.

2.3.3. Standardní údržba

Vyhotovování a realizace aktualizací DGN souborů.

Úkolem zpracovatele je provést aktualizaci účelové mapy povrchové situace v zájmovém území, např. v okolí nově zaměřované sítě nebo mapového podkladu. Za tím účelem je zpracovateli poskytnut aktualizací DGN výkres a seznam zakázek, jejichž prvky jsou v něm obsaženy. Zpracovatel provede reambulaci zájmového území na jasně vymezeném prostoru definovaném v DGN výkresu elementem. Zpracovatel ručí za to, že ve vymezeném prostoru jsou k datu ukončení měření reálným, co možná nejvěrnějším obrazem zájmového území.

3. Reambulace mapy

3.1. Definice reambulace mapy

„Reambulace mapy je jednorázové vyšetření, zaměření a zobrazení změn předmětů měření a šetření do dané mapy.“ (Slovník VÚGTK, © 2005-2019) Cílem reambulace je aktualizace polohopisných, popisných a případně výškopisných prvků mapy dané oblasti.

3.2. Reambulace klasickou metodou

Klasická metoda vyšetřování změn předmětů měření a šetření se provádí přímo v terénu na základě porovnání výtisku kontrolní kresby se skutečností. Další alternativou pro zjištění změn je ortofotomapa, šikmé snímky nebo jiná fotodokumentace prostoru. Použití tohoto způsobu však nese jisté riziko, protože snímky nemusí zachycovat zcela aktuální stav území. Z tohoto důvodu je dobré si pořídit vlastní fotodokumentaci prostoru. Zaměření zjištěných změn se provádí nejčastěji polární metodou nebo měřením GNSS. Drobné změny se dají vyřešit pomocí pásma. Vyšetřování a zaměření změn často probíhá souběžně, čímž se eliminuje nutnost se vracet na danou lokalitu.

3.3. Reambulace za pomoci MMS

3.3.1. Mobilní mapovací systém

Mobilní mapovací systém (MMS) je tvořen soustavou GNSS přijímače a inerciální měřické jednotky (IMU), spojenou s dopravním prostředkem. MMS může být vybaven i dalšími přístroji například odometrem, magnetometrem, kamerami apod. Výhodou technologie MMS je množství prostorových dat, které lze získat v krátkém časovém úseku. Mračna, která jsem využíval, vznikla díky systému LYNX Mobile Mapper.

Následující popis systému LYNX byl vložen do mé bakalářské práce ze zdroje (Mobilní mapování, b.r.).

„LYNX Mobile Mapper je mobilní mapovací systém kanadské společnosti Optech. Součástí systému je POS LV, který umožňuje určit přesnou polohu a orientaci měřícího vozidla v reálném čase, 2-4 kamery, které snímají měřené okolí a jejichž snímky slouží k

následné identifikaci prvků, a 2 lidary, které provádí samotné skenování.“ V současné době jsou na trhu k dispozici verze Lynx Mobile Mapper V100, V200 a M1.

Technická specifikace lidarů (V200)M

- 360° pokrytí,
- rychlost otáčení až 12000 ot/min,
- výstup až 200.000 pulsů/sec,
- měření až 4 odrazy/puls,
- třída 1. bezpečnosti laserového záření,
- neviditelný svazek paprsků,
- dosah >200 m (při 20% odrazivosti povrchu) >> zaměření pásu o šířce 400 m.

Hlavní výhody systému

- s kvalitním GPS signálem střední chyba prostorové polohy bodů do 5 cm přesnost měření srovnatelná s totálními stanicemi,
- rychlost jízdy při měření od 20 do 120 km/h,
- data v otevřeném formátu LAS podporovaným většinou softwarů pro práci s mračky bodů => možnost volby různých softwarů,
- vysoká hustota bodů,
- vysoká rychlost snímání dat,
- bezpečné pro obsluhu,
- žádné omezení v dopravě,
- měření se může provádět i v noci,
- možno kombinovat s měřením statickým skenerem (ILRIS-36D).

Výkonnost mapování systémem LYNX

- uliční fronta v obci či ve městě až 80 km/den,
- liniové trasy mimo zastavěné oblasti až 100 km/den,
- dálnice a rychlostní komunikace až 120 km/den.“



Obrázek 1 Mobilní mapovací systém LYNX (Mobilní mapování, b.r.)

3.3.2. Technologie sběru dat

Celá část technologie sběru a zpracování dat byla převzata z diplomové práce Ing. Tomáše Cimpla Aktualizace DTMM s využitím mobilního skenovacího systému. (Bc. CIMPL, 2013)

Příprava měření

Operátor spustí přijímání signálu GNSS. Je nutné spustit přijímání ještě před měřením, aby mohlo dojít k inicializaci. Od tohoto okamžiku bude zaznamenávána 3D trajektorie měřicího systému. Záznam trajektorie jízdy je klíčový, protože na ni navazuje výpočet 3D polohy každého skenovaného bodu i výpočet polohy snímků pořízených kamerami. Dále se provede kontrolní spuštění skenerů a kamer. Tím se ověřuje, jestli dochází k ukládání dat ze všech zařízení. Podle kontrolních snímků kamer se upraví jas a kontrast. U skenerů se nastaví frekvence měření a maximální vzdálenost, po kterou se budou odrazy zaznamenávat.

Měření

Sběr dat pomocí MMS se provádí najetím pásů (tzv. strip). Strip je úsek jízdy ohraničený zapnutím a vypnutím skenerů a kamer. Jelikož je měřicí aparatura namířena zpět po směru jízdy, je nutné do některých ulic nejprve nacouvat. Po najetí do ulice, kterou chceme změřit, musíme počkat, až se vlivem předešlé jízdy ustálí charakteristiky přesnosti

určení 3D polohy. Vše sleduje na obrazovce operátor, na jeho pokyn se zároveň se spuštěním měření řidič rozjede a plynulou jízdou se naměří jeden strip.

Rychlost a plynulost jízdy má vliv na hustotu mračna bodů. Čím pomalejší jízda, tím je mračno bodů hustší a naopak. Různá hustota mračna bodů je patrná také při průjezdu zatáčkami. Zde dochází vlivem větší úhlové rychlosti vnějšího skeneru k řídnutí mračna. Naopak skener na vnitřním oblouku dráhy vyprodukuje hustší mračno. Redukce hustoty mračna bodů spolu s odstraněním odrazů od okolní dopravy se provádí v postprocesingu.

V průběhu jízdy kontroluje operátor stále charakteristiky přesnosti určení 3D polohy a tok dat do záznamového zařízení. Pokud dojde k závadě např. zhoršení kvality 3D polohy, je nutno zastavit a počkat až se charakteristiky přesnosti zlepší. Poté se problematický úsek zaměří znovu.

3.3.3. Zpracování dat

Výpočet trajektorie jízdy

Nejprve je nutné spočítat trajektorii jízdy. Pokud se výpočet nezdaří, nelze provádět další výpočty a celé měření se musí opakovat. Trajektorie zaznamenaná mobilním mapovacím systémem je při výpočtu zpřesňována daty získanými ze sítě permanentních stanic GPS nebo ze statického měření na základně. Každá trajektorie má z výpočtu určenou i svou 3D kvalitu. V praxi se vypočtené trajektorie jízd zobrazí ve výkresovém souboru, kde je jejich různá 3D kvalita reprezentována barvami. Při spojování mračen bodů se snažíme části mračen bodů z nepřesnějších trajektorií nahrazovat ekvivalentními částmi mračen bodů určených z přesnějších trajektorií.

Mračna bodů

Výsledkem jsou mračna bodů v souřadnicovém systému UTM. Každý bod z mračna si s sebou nese informace o své 3D poloze (souřadnice XYZ) a GPS čas. Časový údaj se váže k okamžiku, kdy byl bod zaměřen. Spočtená trajektorie jízdy se spojí se surovými daty ze skenerů.

Nyní máme k dispozici surová mračna bodů. Široká ulice se zaměřuje najetím ze dvou směrů (tam a zpět). To znamená, že je složena ze dvou pásů (strip) a každý strip je zaznamenáván oběma skenery. Výsledkem jsou čtyři mračna bodů, která jsou vlivem různých přesností trajektorií a špatnou kalibrací skenerů, vůči sobě lehce posunuta.

Všechna čtyři mračna je nutné spojit v jeden celek. Proces spojování mračen se nazývá matching.

Editace mračen bodů

Ze spojených mračen lze odstranit přebytečné body. Tyto body jsou automaticky řaděny programem na základě hodnot GPS časů. Zastaví-li auto například na semaforech, skenery stále měří a body měřené při zastávce mají podobnou hodnotu GPS času. Dále se odstraňují odrazy od dopravních prostředků, které se pohybují většinou v době měření na komunikaci. Pohybující se vozidlo vytvoří na mračnu bodů snadno detekovatelnou stopu. Jedná se v podstatě o řídký pás bodů nad vozovkou, který se manuálně odstraňuje.

Všechny předchozí operace s daty probíhaly v implicitním souřadném systému UTM. Body si s sebou nesou stále i informaci o GPS čase. Pro vyhodnocování dat se mračna bodů převádí do požadovaného souřadnicového systému. Transformací se ztratí informace o GPS čase, proto se transformace provádí až nakonec.

Kontrola přesnosti

Polohová a výšková přesnost naměřených dat se ověřuje dvěma způsoby. Máme-li v místě měření k dispozici mapu situace v požadované přesnosti, porovnááme souřadnice z mračna bodů se souřadnicemi jednoznačně identifikovatelných bodů mapy. Většinou ale není podkladová mapa v místě měření dostupná. V tom případě se vybrané jednoznačně identifikovatelné body podél trasy zaměří jinou metodou. Jestliže přesnost neodpovídá požadavkům, je možné mračna bodů na jednoznačně identifikovatelné body transformovat.

Práce se spojenými mračny bodů je extrémně náročná hlavně na hardware počítače. Z toho důvodu se mračna rozdělují na menší části. Vyhotoví se přehledka kladu mračen bodů a výstupy se předají k dalšímu zpracování.



Obrázek 2 Mračno bodů ve 3D pohledu

3.3.4. Reambulace za pomoci MMS

Reambulace pomocí MMS se metodicky liší od klasické reambulace zejména ve způsobu zjišťování změn předmětu měření a šetření. Při použití této metody se vyšetřování změn provádí až po samotném měření. Podkladem pro vyhodnocení a zobrazení změn do dané mapy jsou mračna bodů a fotografické snímky.

4. Realizace aktualizačního výkresu

Bakalářskou práci jsem vypracovával v softwaru GeoStore V6, na který mi firma GEOVAP, spol. s r. o. poskytla bezplatnou licenci. Popis práce v tomto softwaru omezím na mnou použité utility nezbytné pro vyhotovení této bakalářské práce. Ostatní funkce softwaru včetně nastavení jejich parametrů jsou podrobně popsány v uživatelských příručkách.

4.1. Charakteristika softwaru GeoStore V6

„GeoStore V6 je moderní GIS systém vyvinutý v technologii Microsoft .NET. Spojuje v sobě nejdůležitější funkce pro tvorbu, aktualizaci a správu geografických dat s pokročilými funkcemi GIS. Může sloužit jako výkonný grafický editor s plnou škálou editačních funkcí obvyklých u CAD nástrojů nebo jako pokročilý desktopový GIS systém.

GeoStore V6 pracuje se souborovými daty v běžně používaných formátech DGN, SHP, DXF, GML. Geografická data mohou být dále čtena a ukládána do SQL databází ORACLE, ORACLE Spatial a MS SQL Server.

GeoStore V6 pracuje při práci s SQL databází v režimu klient/databázový server nebo je schopen práce v režimu klient/aplikační server/databázový server, čímž umožňuje provádět tvorbu a editaci dat prostřednictvím Internetového/intranetového připojení na vzdálených serverech.

GeoStore V6 je systém založený na standardech současné geoinformatiky. Nativním formátem pro uložení dat do SQL databází je WKB (Well Known Binary) standard dle OGC SFS for SQL 1.1. Samozřejmostí je čtení a ukládání geografických dat do souborů podle specifikace GML 1.3. V systému jsou integrovány funkce WMS klienta pro načítání dat z Internetových WMS zdrojů dle standardu OGC WMS 1.3.

GeoStore V6 je programovatelný systém. Hlavní metody a datové struktury jádra systému (objektů resp. tříd) jsou veřejné. To přináší nejvyšší stupeň otevřenosti vůči uživatelům-vývojářům. Ti mohou rozvíjet funkcionalitu systému vlastními moduly a aplikacemi vyvíjenými standardními prostředky technologie .NET.“ (Uživatelská příručka GSV6, b.r.)

4.2. Mapa z databáze

Reambulace se vyhotovuje v rozsahu stanoveném objednavatelem, od toho se také odvíjí množství dat, které se musí převzít od správce databáze. Obvykle se přebírá výřez s přesahem dané lokality, což zajišťuje návaznost na původní mapu. Výřez původní mapy mi byl rovněž poskytnut firmou GEOVAP, spol. s r. o.

4.2.1. Aplikace ADisplay

První činností, kterou jsem se zabýval bylo otevření výřezu mapy z databáze. Prvky z připojeného souboru obsahují atribut RC, ZAKAZKA a MAJITEL charakteristické pro databázi Technické mapy východních Čech. Atribut RC obsahuje popis grafické entity, ZAKAZKA obsahuje číslo zakázky a MAJITEL obsahuje název firmy, kterou byl daný prvek vyhotoven. Tyto atributy umožňují provádět snadné polohové a výškové porovnání mezi jednotlivými prvky, jejich odlišení od nové kresby nebo detekovat ty, které zcela nevyhovují skutečnému stavu. Pro snadnější přehled v grafickém okně jsem využil aplikaci ADisplay. Viz Obrázek 10 Zobrazení celého území podle čísla zakázky.

„Modul ADisplay umožňuje provádět resymbolizaci a zamykání grafických elementů v prostředí GeoStore V6 na základě připojených atributů prvku.

Resymbolizací se rozumí dočasná změna zobrazení grafických prvků – jde pouze o změnu na obrazovce, nikoliv o skutečnou změnu samotných grafických atributů.

Zamykáním se rozumí dočasné znemožnění výběru prvků, jejich modifikace nebo mazání. Zachovává možnost se k nim přitahovat. Jedná se o podobnou funkci, která existuje v možnosti nastavení Povolit výběr v dialogu Vrstvy. Rozdíl je v tom, že zamykat jde podle libovolného negrafického atributu.

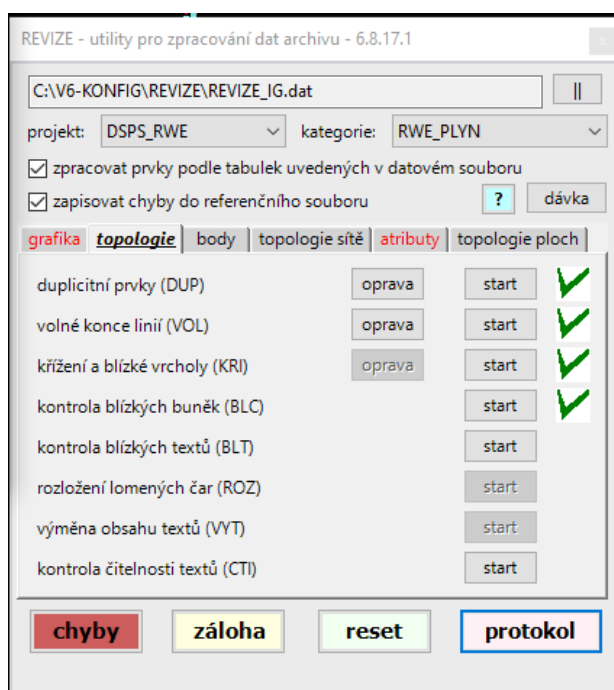
Modul nabízí možnost uložení uživatelského nastavení resymbolizace do souboru XML, otevření uložených kombinací resymbolizace ze souboru XML a načtení defaultní resymbolizace.“ (Uživatelská příručka GSV6, b.r.) Pro moji práci bylo stěžejní odlišit moji kresbu od původní.

4.2.2. Revize

Poskytnutá data z databáze by měla být topologicky a atributově bezchybná, přesto se však provádí předběžná kontrola. To je důležité zejména u starších map. Aplikace, která se zabývá atributovou a topologickou kontrolou v softwaru Geostore V6, je revize.dll.

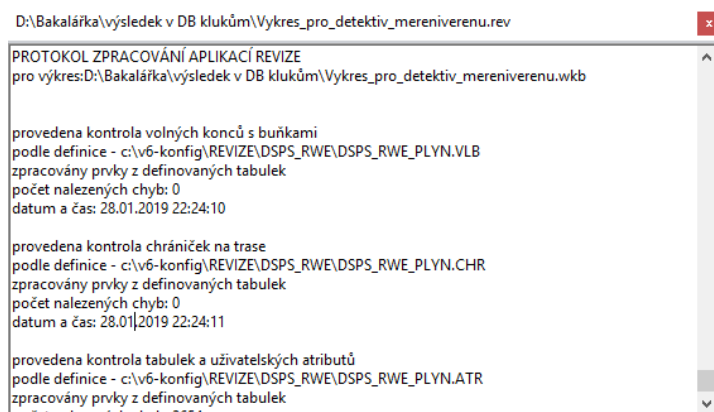
Aplikace Revize slouží ke kontrole obsahu výkresů GeoStore V6 před dalším zpracováním.

V definičních souborech *.dat jsou nadefinovány projekty a kategorie - typy výkresů, ke kterým se vztahují další definiční soubory s pravidly pro kontrolu a opravu. Všechny definiční soubory pro danou kategorii mají jméno stejné jako název kategorie a příponu podle typu úlohy, pro kterou slouží. Také je možné spustit úlohy dávkou tlačítkem „dávka“ v pravé horní části hlavního dialogového okna.



Obrázek 3 Revize

Pro každý výkres se vytvoří PROTOKOL O ZPRACOVÁNÍ APLIKACÍ REVIZE - textový soubor, do kterého se zaznamenává čas, typ spuštěné úlohy a výsledek zpracování. Obsah protokolu lze prohlížet tlačítkem „protokol“ na pravé spodní straně hlavního dialogového okna. Protokol má stejný název jako aktivní výkres a příponu "rev" a je zobrazen v pomocném okně.

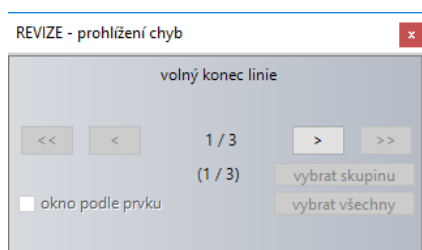


Obrázek 4 Protokol o revizi

Aktivní výkres je možné kdykoliv zálohovat, stačí kliknout na tlačítko „záloha“. Aplikace uloží aktuální stav do souboru se stejným názvem a číselnou příponou (začíná od 1 a každá další záloha má vyšší číslo). Záloha je vhodná u opravovacích úloh u velkých souborů v řádu 100.000 prvků.

Aplikace vyhodnocuje barevně chybové hlášení formou tzv. „semaforů“, pro jejich zrušení lze použít tlačítko „reset“ ve spodní části dialogu.

Pokud se změní barva tlačítka na , je možné po kliknutí prohlížet chybné prvky zjištěné poslední provedenou úlohou v prohlížečím okně. Chyby lze zobrazovat oběma směry po jednom prvku nebo pokud jsou chyby stejného typu (skupiny), lze skákat na další skupinu .

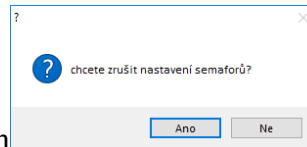


Obrázek 5 Prohlížení chyb

Při spuštění další úlohy, která neobsahuje chyby je tlačítko opět zelené. Na čtyřech záložkách dialogu jsou seřazeny kontrolní a opravné úlohy. Jednotlivé úlohy se aktivují tlačítkem „start“ na příslušném řádku. Pokud se vedle tlačítka objeví zelený symbol odškrtnutí, proběhla úloha bez chyb, pokud se objeví červený křížek, zjistila úloha v aktuálním výkresu chyby (v režimu „oprava“ jsou to chyby, které úloha nebyla schopna automaticky opravit). Pokud je použito tlačítko „oprava“, provádí se kromě kontroly

rovnou také oprava chybných prvků. Funkčnost kontrolních a opravných úloh je popsána níže. Zpracování probíhá v rozsahu celého aktivního výkresu.

Aplikace si hlídá název otevřeného souboru, v případě otevření jiného souboru je uživatel upozorněn při



spuštění libovolné úlohy v REVIZI dotazem . Při kladné odpovědi jsou všechny semaforey vynulovány (zmizí). V opačném případě je ponechán aktuální stav semaforů. Některé chyby umožňují zapsat nevyhovující prvky, příp. body do samostatného WKB souboru. (Revize pro prostředí GeoStore V6, b.r.)

Při závěrečných pracech byl aktualizací výkres opět revidován.

4.3. 3D prostředí


Pro práci s mračny bodů a obecně práci v prostředí 3D je stěžejní aplikace V6_3D.

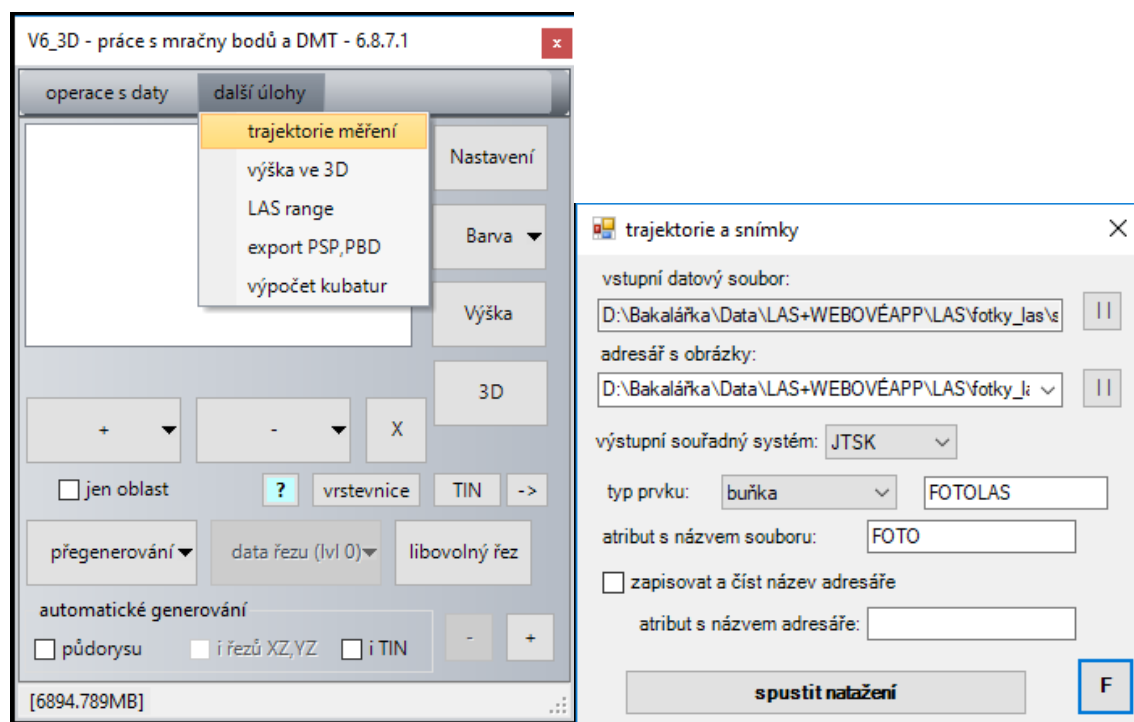
„Aplikace V6_3D slouží k práci s mračny bodů pořízenými pomocí statického nebo mobilního či leteckého laserového skenování v prostředí grafického editoru GeoStore V6. Data lze načíst z textového souboru TXT nebo binárního LAS souboru, které musí obsahovat X, Y a Z souřadnice bodů a dále může obsahovat barvu nebo intenzitu odrazu. Také lze načítat data z datového serveru přes http adresu a to ve formátu GLS. Jako další textový zdroj dat (.xyz) lze zobrazovat digitální modely reliéfu (DMR 5G), povrchu (DMP), atd.“ (Uživatelská příručka aplikace V6_3D pro prostředí GeoStore V6, b.r.)*

4.3.1. Trajektorie měření

Během měření snímá MMS i fotografie okolí, ty se dají použít pro identifikaci naskenovaných objektů. Pro snadnou manipulaci se snímky jsem si vygeneroval klad fotografií prostřednictvím nadstavby „Trajektorie měření“.

Tato nadstavba dokáže vytvářet a také zároveň načítat klad georeferencovaných fotografických záznamů, které jsou pořízené během měření z mobilního mapovacího systému. U prohlížeče 3D VIEWRU lze tyto tzv. přehledné klady fotek jenom inteligentně načítat. V případě, že chceme vytvářet klad fotek, musíme mít k dispozici vstupní datový soubor. Před natažením prvků do výkresu volíme souřadný systém a druh

prvku (text, buňka). V případě vytváření kladu z buněk je potřeba v dialogu vyplnit jméno a atribut buňky. Každá buňka obsahuje v atributu prvku název souboru dané fotky. Pro zobrazení fotek je potřeba vybrat příslušný adresář s obrázky. Příslušné fotky se dají zobrazit aktivačním tlačítkem . (Uživatelská příručka aplikace V6_3D pro prostředí GeoStore V6, b.r.)



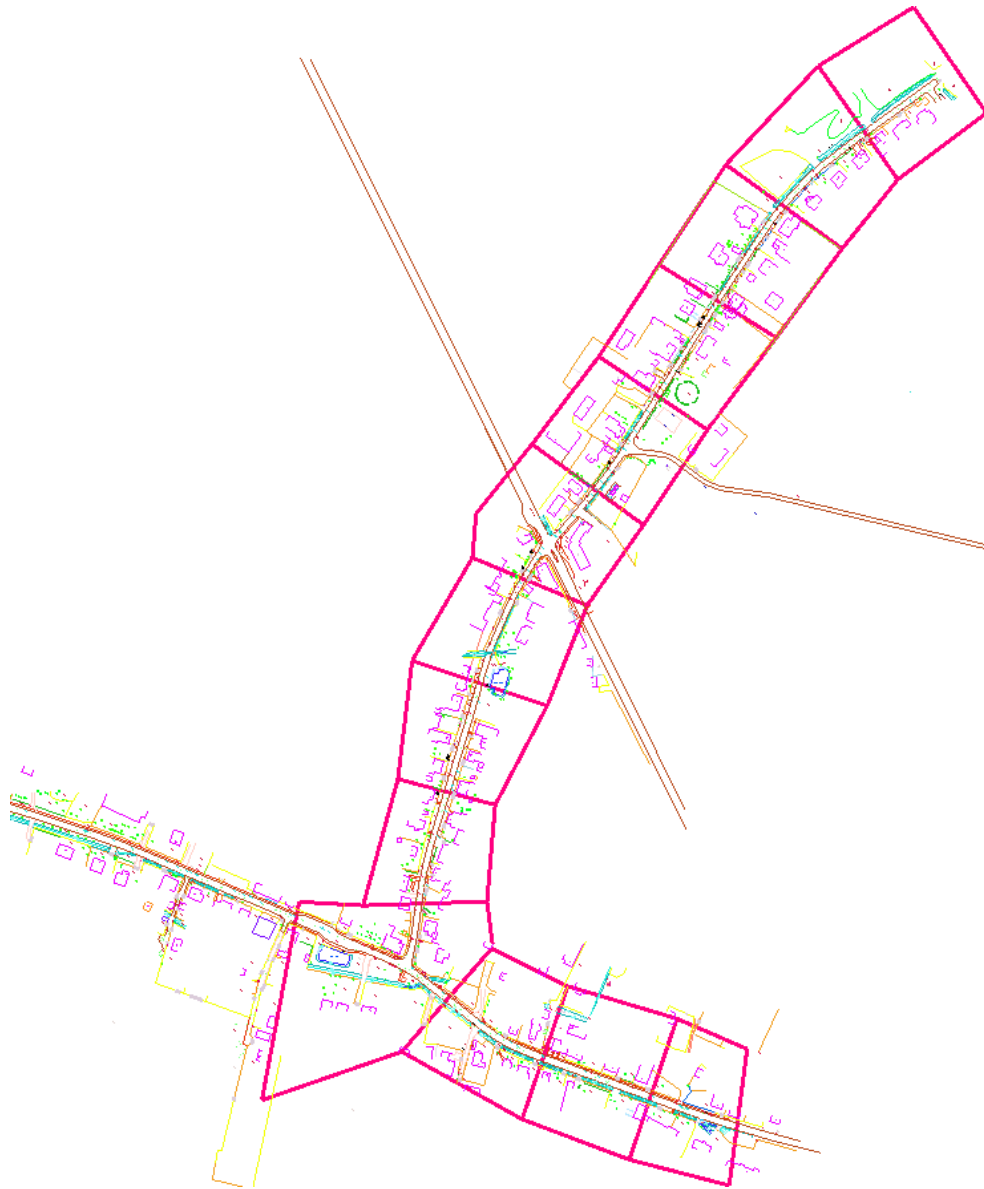
Obrázek 6 Aplikace V6_3D

4.3.2. Připojení mračen bodů

Mračna bodů ve formátu LAS, jsem načítal po souborech obsahující jednotlivé výřezy z celého modelu. Délka jednotlivých výřezů se pohybovala okolo 100 m ve směru uliční čáry. Před načtením mračna je dobré si rozmyslet, zda bude potřeba automatické generování dat nebo jestli bude stačit jeden rastr. Jednorázové vygenerování mračna vytvoří rastr pouze v aktuálním grafickém okně, což značně snižuje zátěž na počítač, ale umožňuje pracovat pouze v relativně malém úseku mračna. Při své práci jsem většinou volil automatické generování, které vytváří nový rastr mračna při každém pohybu grafického okna. V záložce „nastavení“ se dá rovněž nastavit rozsah zobrazení. Většinu bodů jsem vyhodnocoval v nižší části mračna, proto jsem pro své účely často využíval výškové omezení.

Zobrazovaná data lze omezit hodnotou souřadnice Z (výšky). Pomocí nastavení hodnot minimální a maximální výšky lze ze zobrazení vynechat body s výškami menšími než je nastavená minimální hodnota a vyššími než nastavená maximální hodnota. Po načtení dat se do políček minimální a maximální hodnoty nastaví nejmenší a největší hodnota výšky z načtených dat. Je možné také maximální výšku definovat relativně (zobrazeny jsou jen body v rozmezí výšek od nejnižší výšky ve středu okna – maximálně plus zadaná hodnota relativní výšky (+), minimálně minus zadaná hodnota relativní výšky (-)). Zaškrtnutím lze nastavit, v jakých oknech se tato výšková omezení uplatní. V půdorysu (okno 1), řezech (okna 2,3), nebo v libovolném řezu (okno 4). Výškové omezení se zobrazuje ve středu půdorysu, tzn. v osách. Zda budou výšková omezení použita i pro mapování v záložce odečet výšky, je nastaveno v příslušném přepínači viz. parametry pro odečet výšky. (Uživatelská příručka aplikace V6_3D pro prostředí GeoStore V6, b.r.)

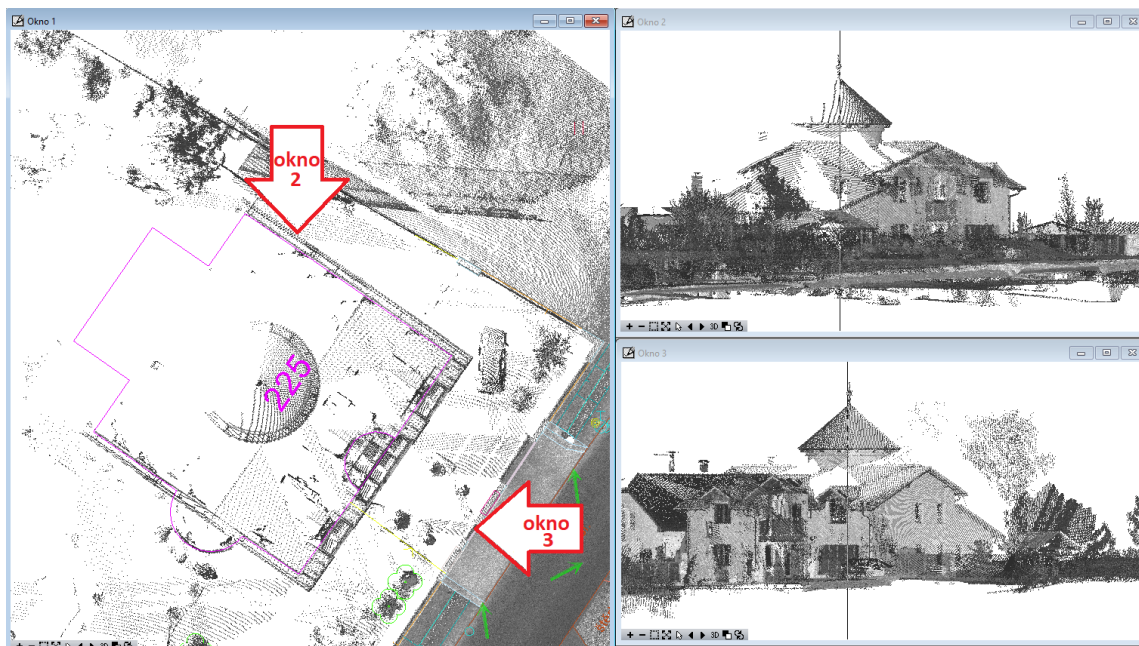
Tlačítkem „+“ a výběrem ve správném adresáři jsem načítal LAS soubory. Limitní množství dat pro bezproblémovou práci je dáno konfigurací počítače. Já jsem si vždy vygeneroval nejvýše dvě mračna, abych nenarušil plynulost chodu softwaru. Po načtení mračen bodů se zhoršila přehlednost původní kresby situace, proto jsem v aplikaci ADisplay.dll zvětšil tloušťky entit.



Obrázek 7 Přehledka mračen bodů

4.3.3. Půdorysný pohled, 3D pohled, řezy

Na vygenerované mračno nejprve nahlížíme v základním půdorysném pohledu v okně 1 nebo v dalších oknech pomocí řezů. Základní řezy se generují pro pohled zepředu a pro pohled zprava.



Obrázek 8 Půdorysný pohled a řezy

Aplikace V6_3D má ještě funkci libovolného řezu, který umožňuje v půdorysném pohledu dvěma body definovat rovinu řezu v libovolném směru. Umožňuje také nastavení šíře jednotlivých řezů pod pojmem hloubka zobrazení v záložce rozsah zobrazení. Další alternativou nahlížení na mračno bodů je 3D pohled.

3D okno otvíráme po kliknutí na tlačítko „3D“ na pravé straně hlavního dialogu. Je v něm zobrazena část mračna a vektorové kresby, která se v okamžiku kliknutí nachází v okně 1 – půdorysu. Po zobrazení mračna a vektoru je možno se v okně pohybovat.

Zájmový bod (střed otáčení)

Je bod, na který se díváme. Je dán středem okna v půdorysu a středem mezi nejvyšší a nejnižší výškou vektoru nebo mračna. Je označen osovým křížem, kde barvy kříže označují směry jednotlivých os X,Y,Z v pořadí RGB- X-R(červená), Y-G(zelená), Z-B(modrá). Jeho souřadnice jsou vypsány v dolním pruhu 3D okna.

– Místo ze kterého se díváme

Kamera je otočená směrem na sever a dolů na zájmový bod.

Pohled na zájmový bod lze ovládat myší. Stisknutím levého tlačítka myši a pohybem se kamera začne otáčet po kouli okolo zájmového bodu. Kolečkem myši lze měnit vzdálenost kamery od zájmového bodu.

-Změna zájmového bodu (středu otáčení)

Spouští se pomocí současného stisknutí klávesy Ctrl + levého tlačítka myši v okně 3D. Podle nastavených parametrů poloha zájmového bodu (středu otáčení) v záložce 3D nastavení hledá nejbližší bod v zadaném směru, do něhož je přesunut střed otáčení. Jeho určení se řídí v dalším nastavení pro 3D okno.

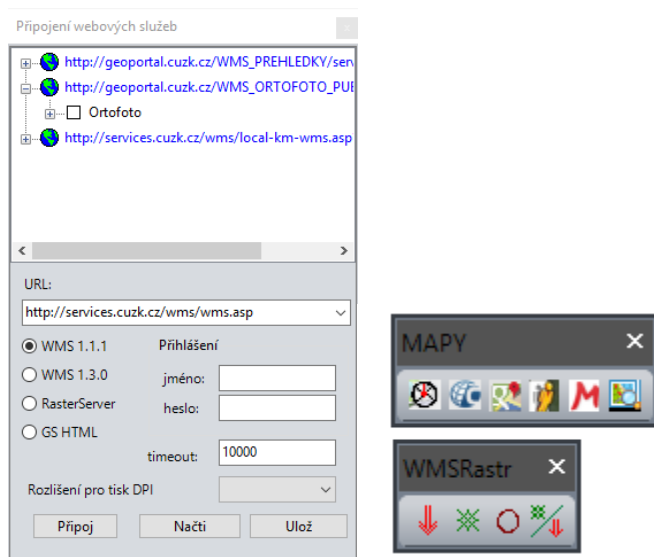
Další možností je posun zájmového bodu myší. Stiskneme pravé tlačítko myši a pohybem myši pohybujeme bodem v prostoru mračna. (Uživatelská příručka aplikace V6_3D pro prostředí GeoStore V6, b.r.)

4.4. Připojení WMS

Během vyhodnocování jsem často využíval služby WMS a internetové aplikace, které mi sloužily ke zjišťování popisných čísel a pro identifikaci naskenovaných objektů nacházejících se mimo záběr snímků z MMS. Jejich propojení se softwarem umožňuje snadné a rychlé použití.

Připojení webových služeb lze nalézt pod nabídkou „soubor“ na hlavním ovládacím panelu. Nejdříve si vybíráme požadované URL a poté si zviditelníme vrstvy, které jsou pro nás důležité. Nástroje WMSRastr poskytují rychlou manipulaci s připojenými rastry.

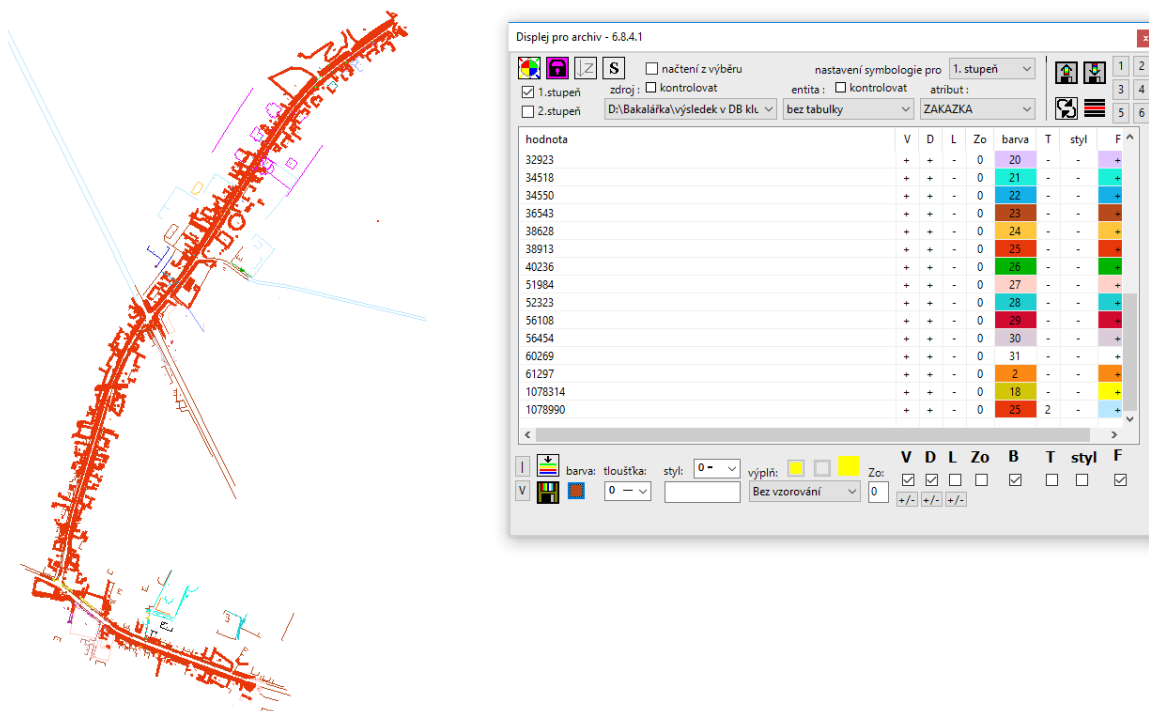
Aplikace MAPY propojuje software s internetovým vyhledávačem a zobrazí zadanou lokaci na patřičné webové stránce. Nabízí přímé propojení s aplikací Maruska KN, nahlížením do KN na stránkách ČUZK, StreetView, Google Maps a Mapy.cz. Osobně jsem nejčastěji používal StreetView a Mapy.cz.



Obrázek 9 Web services

4.5. Vyhodnocování bodů a kresba

Po připojení mračen bodů a použitelných podkladů jsem narazil na problematiku zjišťování změn předmětu měření a šetření. V zadaném území se z největší části jednalo o doplnění chybějící kresby novým mapováním. V následujícím obrázku jsou nové prvky mapy po reambulaci zobrazeny červenou barvou. Viz kapitola Aplikace ADisplay. Zvětšená přehledka nových prvků mapy zobrazena v příloze č. 1 - Přehledka původu prvků mapy.



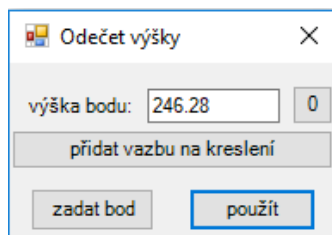
Obrázek 10 Zobrazení celého území podle čísla zakázky

Cílem reambulace byla aktualizace účelové mapy v třetí třídě přesnosti, proto jsem se řídil kritérii přesnosti dle ČSN 01 3410. V místech, kde se původní kresba stýkala s naskenovaným mračnem, jsem provedl pomocí funkce „měření vzdálenosti“ ověření polohové a výškové odchylky. Jednoznačné rozdíly v poloze byly patrné díky mřížce ve výkresu. Aktualizaci kresby jsem provedl i v případech, kdy se odchylky blížily jejich kritériu, tím jsem dosáhl vyšší homogenity reambulované mapy.

Vyhodnocování bodů a kresby v tomto softwaru lze provést v půdorysu, řezech nebo v 3D okně. Nutno podotknout, že je nejbezpečnější využívat všechny způsoby současně. Výhody jednotlivých postupů a jejich provedení rozeberu později.

4.5.1. Zadávání bodů

Pro zadávání bodů včetně výškových kót do kresby slouží tlačítko „výška“ viz Obrázek 6 Aplikace V6_3D. Zobrazí se okno, na kterém jsou možnosti zadávání bodu samostatně nebo připojení vazby na kreslení.



Obrázek 11 Odečet výšky bodů

Umisťovat body a výšky lze pomocí tlačítka „zadat bod“, kdy je spuštěna procedura zadání bodu pomocí myši v okně 1 - půdorysu. Pokud máme synchronizován půdorys s řezy, zobrazí se pozice kurzoru v půdorysu i v řezech jako tenké svislé čáry.

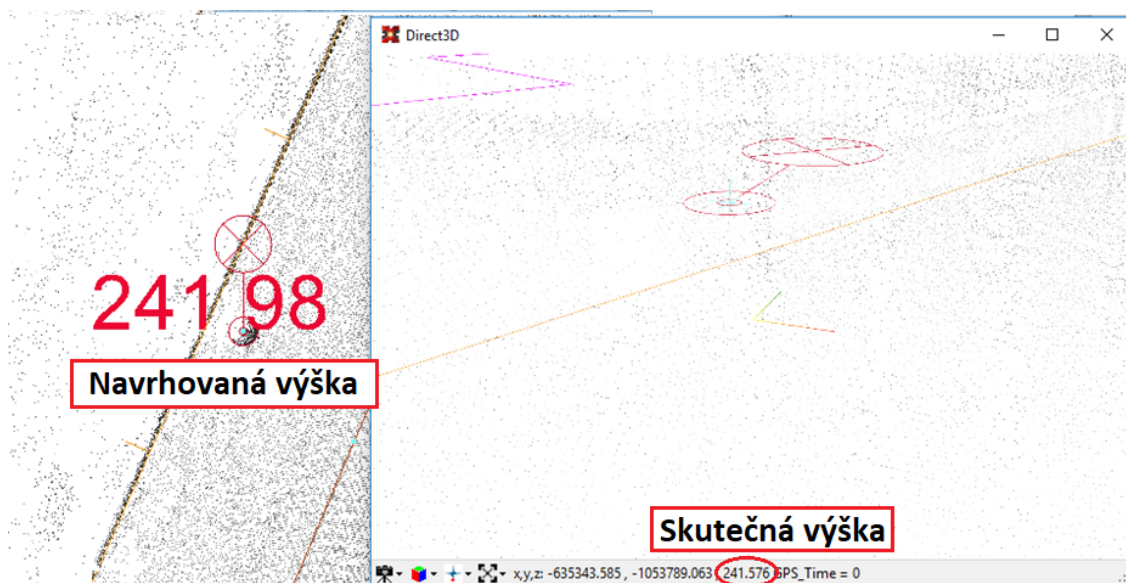
Po zadání bodu je podle nastavení parametrů této záložky v okénku „výška bodu“ vyplněna nalezená výška. Zároveň je v řezech zobrazena poloha odečítaného bodu pro kontrolu navržené výšky.

Zadávání bodu se současným kreslením mapy

Tlačítko „přidat vazbu na kreslení“ funguje jako přepínač s tlačítkem „odpojit vazbu na kreslení“. Práce s nimi umožňuje navázat umístování bodů a výšek na proces pořizování dat z palety Kreslení (kreslení linestringu, umístění buňky, textu, ...) nebo funkcí ProjectDraw.

Pokud je kreslení přidáno, je pokaždé, když je zadán pomocí myši bod v okně půdorysu, proveden odečet výšky z bodů v okolí a předvyplněno políčko s hodnotou výšky. Prvek mapy je v půdorysu zobrazen, ale jeho umístění (včetně bodu a výšky) ještě vyžaduje potvrzení klávesou Enter nebo kliknutím na tlačítko „použít“. (Uživatelská příručka aplikace V6_3D pro prostředí GeoStore V6, b.r.)

Navrženou výšku bodu lze před umístěním do kresby editovat. Toho jsem využil například u umístování buněk veřejného osvětlení nebo stromů se širšími kmeny, kde byla navrhovaná výška zjevně chybná, viz následující obrázek. Chyba navržené výšky je způsobena nedostatečným rozsahem okolí pro vyhledávání výšky. Nastavení „nulové“ výšky způsobí zakreslení pouze bodu bez výškové kóty. Pro potvrzení umístění bodu se využije tlačítko „použít“ nebo klávesa enter.



Obrázek 12 Výška veřejného osvětlení v půdorysu a 3D okně

4.5.2. ProjectDraw

Projekt/Project Draw je základní modul - prostředek sloužící ke kreslení grafických prvků podle grafického datového modelu daného projektu. To znamená, že umožňuje (na základě dat uložených v databázové tabulce GS_ETALON nebo v souboru XML) zvolit objekt ke kreslení podle jeho popisu. Následně ho pak definovanými grafickými atributy zakreslit. Takto zakreslený grafický prvek může současně obsahovat i definovanou cílovou databázovou grafickou tabulku a její databázové atributy. (Uživatelská příručka GSV6, b.r.)

Tuto aplikaci jsem využil při kreslení grafických entit s načteným souborem KOMPLETNI.XML pod adresářem TMO.

4.5.3. Body a kresba v půdorysu

Vyhodnocování bodů a kresby v půdorysu je výhodné u objektů, které mají své hrany a plochy kolmé na vodorovnou rovinu. Tyto objekty se v půdorysném pohledu zobrazují jako množina bodů soustředěná do zřetelných linek.

Před zahájením vyhodnocování bodů v půdorysu se musí provést nastavení odečtu výšky. Nastavení odečtu výšky lze nalézt v parametrech pro funkčnost aplikace V6_3D. Primárně jsem využíval odečítání nejnižší výšky v okolí 10 cm. V praxi se dá využít změna nastavení okolí pro hledání výšky a volba kritéria umístění bodu pro

vyhodnocování náročnějších objektů. Umíst'ování bodů je popsáno v části **Zadávání bodů**.

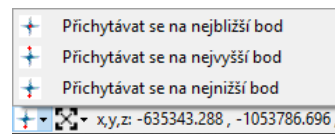
4.5.4. Body a kresba v řezech

Vyhodnocování bodů a kresby v řezech je výhodné u tvorby profilů terénu a komunikací. Při své práci jsem využíval funkci libovolného řezu pro vyhodnocení hran příkopů a výšek vpustí viz kapitola Vyhodnocení v prostředí softwaru. V libovolném řezu se bod vytváří na ose řezu.

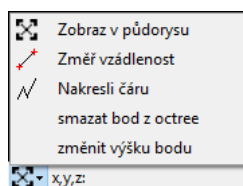
4.5.5. Body a kresba v 3D okně

Vyhodnocování bodů a kresby v 3D okně je výhodné ve zvláště nepřehledných místech, kde je nutné na objekt nahlížet z různých úhlů pro přesnější umístění bodů. Osobně jsem často využíval 3D okno také pro kontrolu polohy a výšek bodů vyhodnocených v půdorysném okně nebo v řezu.

Před zahájením vyhodnocování bodů v 3D okně se musí stejně jako v půdorysném okně provést nastavení odečtu výšky v položce 3D nastavení. Pro určení místa přichytávání na



mračno slouží ikonka v pravém dolním rohu 3D okna. V 3D okně se na rozdíl od půdorysného úchopu pohybujeme po jednotlivých bodech mračna. Pro umístění bodů v 3D okně slouží klávesové zkratky a v případě kreslení ikonka rovněž



v pravém dolním rohu. Jejich použití popisuje manuál pro aplikaci V6_3D.

Měření vzdálenosti, kreslení a vkládání bodů z okna 3D

Po stisknutí klávesy „A“ lze vkládat jednotlivé body, které se automaticky spojují dle přednastavené symbologie. Pokud daný bod chceme zrušit, použijeme tlačítko „Esc“.

V případě, že chceme dané body změřit, aktivujeme funkci „Změř vzdálenost“

Jestliže propojené body chceme zakreslit, aktivujeme funkci „Nakresli čáru“. V případě opětovné vyvolání daných funkcí lze použít klávesu „Enter“.

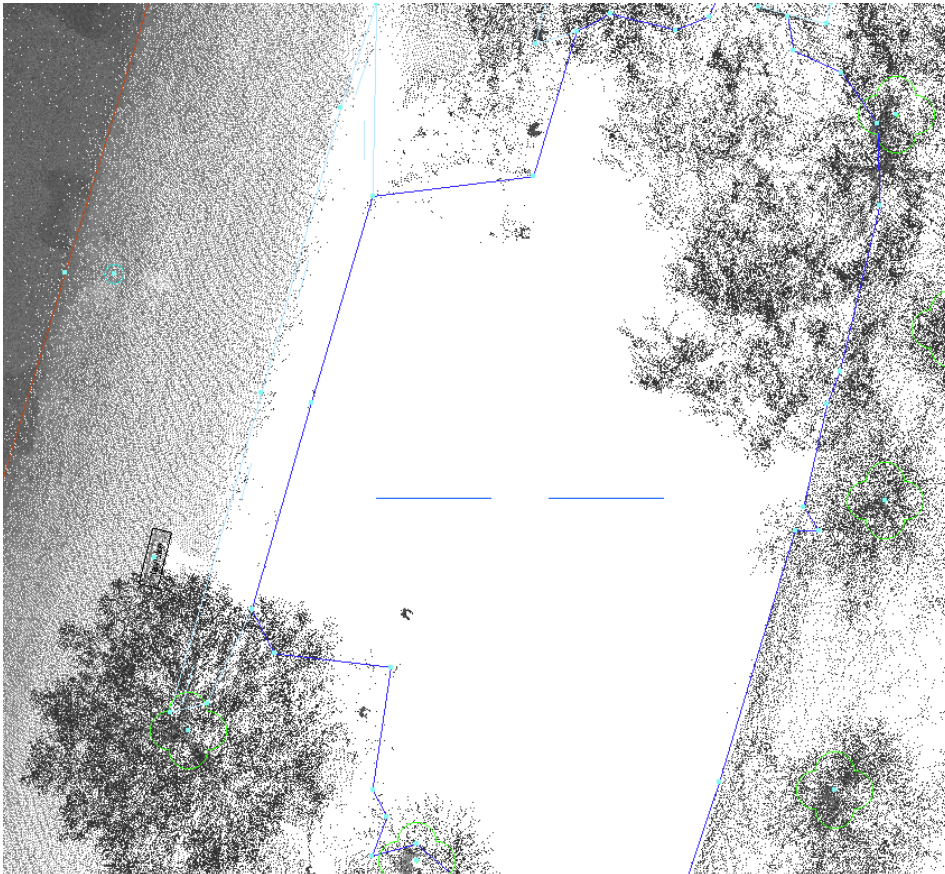
Zájmový bod je možné vložit do WKB výkresu po stisku kombinace kláves „CTRL+v“ (do výkresu se vloží bod se souřadnicemi x,y a k němu příslušná výška). Je to alternativa k běžnému mapování v oknech 1-4. (Uživatelská příručka aplikace V6_3D pro prostředí GeoStore V6, b.r.)

5. Neobvyklé případy a chyby při vyhodnocování

Během vyhodnocování v mračnecích bodů jsem narazil na několik případů, které se nedaly řešit rutině a které by mohly způsobit chybu v reambulované mapě. Rozdělil jsem je na případy, u kterých bylo nevyhnutelné doměřování v terénu a případy, které se dají vyřešit v prostředí softwaru.

5.1. Doměřování klasickou metodou

Při mobilním mapování mohou nastat situace, které nepříznivě ovlivňují naměřená data. Například sněhová pokrývka může zkreslit výšku bodů na terénu a vodní hladina zcela pohlcuje světelné paprsky skeneru. Často se stává, že je skenovaný zájmový objekt „zastíněn“ jiným objektem bližším k trajektorii MMS a nedojde k naskenování zájmového objektu. Takové situace se řeší doměřením v terénu klasickými metodami.



Obrázek 13 Zobrazení vodní hladiny v mračnu

Některé objekty mohou být v mračnu bodů nezřetelné. Z tohoto důvodu je výhodné požívat při vyhodnocování fotografické snímky z MMS (**Trajektorie měření**) nebo webové služby (**Připojení WMS**). I přes identifikaci objektu na fotografii může nastat

problém s jeho rozpoznáním v mračnu bodů, proto je i v této situaci lepší provést měření v terénu.



Obrázek 14 Vodního šoupě na fotografii a v mračnu

V mnou zpracovávané lokalitě bylo několik míst, které vyžadovaly navštívení lokality. Jednalo se nejčastěji o paty hlubších příkopů a vodní hladinu pod břehem nádrže, viz Obrázek 13 Zobrazení vodní hladiny v mračnu.

5.1.1. Navštívení lokality

Po příjezdu na lokalitu jsem vybudoval pomocí metody GNSS pomocné měřické body, na kterých jsem vytvořil měřickou síť. Podrobné body v „zastíněných“ oblastech jsem měřil polární metodou nebo pomocí technologie GNSS. Na vybraných jednoznačně identifikovatelných bodech jsem provedl kontrolní zaměření, jeho vyhodnocení rozeberu v kapitole **Testování homogenity doměřovacích prací**. Při doměření bylo zaznamenáno 95 bodů.

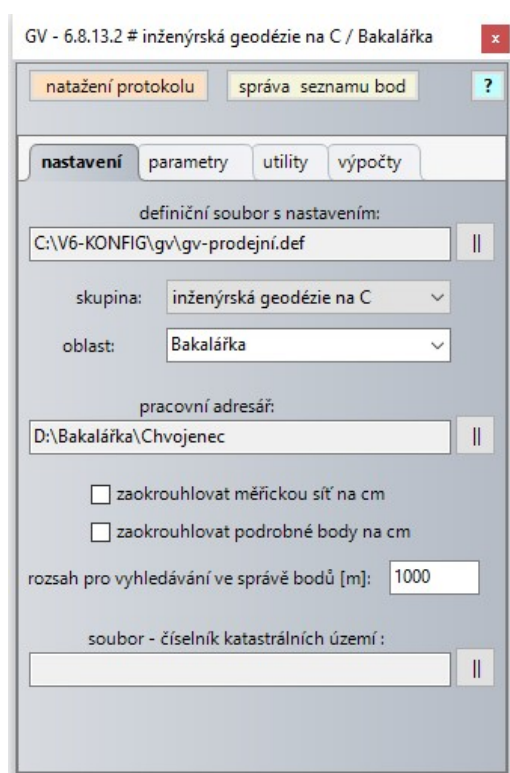
Při příležitosti doměrování jsem provedl vyšetření změn předmětů měření a šetření v terénu na podkladě vytištěné reambulované mapy. Během zjišťování změn jsem odhalil

několik vodovodních šoupat, které jsem při vyhodnocování v mračcích přehlédl. Tyto body byly na místě zaměřeny.

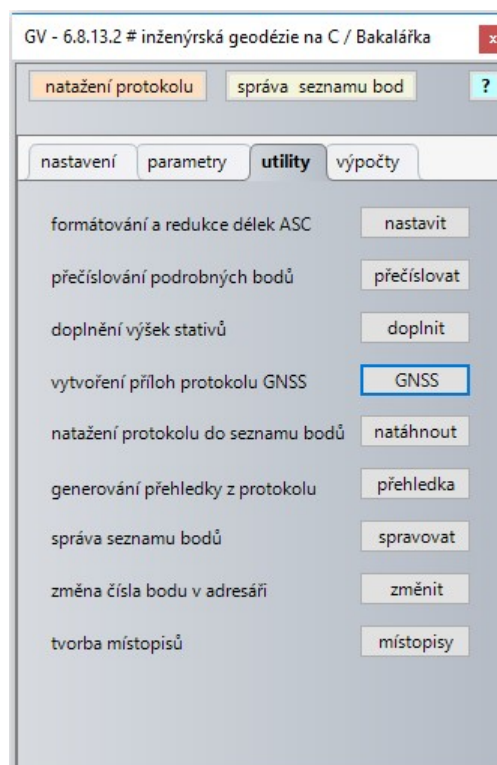
5.1.2. Postup zpracování naměřených dat

Naměřené hodnoty byly zpracovány ve výpočetním softwaru GV platformy Geostore V6. Opět se budu soustředit pouze na mnou použitý postup.

GV spojuje v sobě výhody GIS, CAD software GSV6 pro tvorbu, aktualizaci a správu map a výpočetního modulu umožňujícího výpočty, správu a archivaci polohových a výškových bodových polí (včetně pomocných bodů měřické sítě) a podrobných bodů předmětů měření. (Uživatelská příručka GeoVýpočty GV V6, b.r.)



Obrázek 15 software GV – nastavení



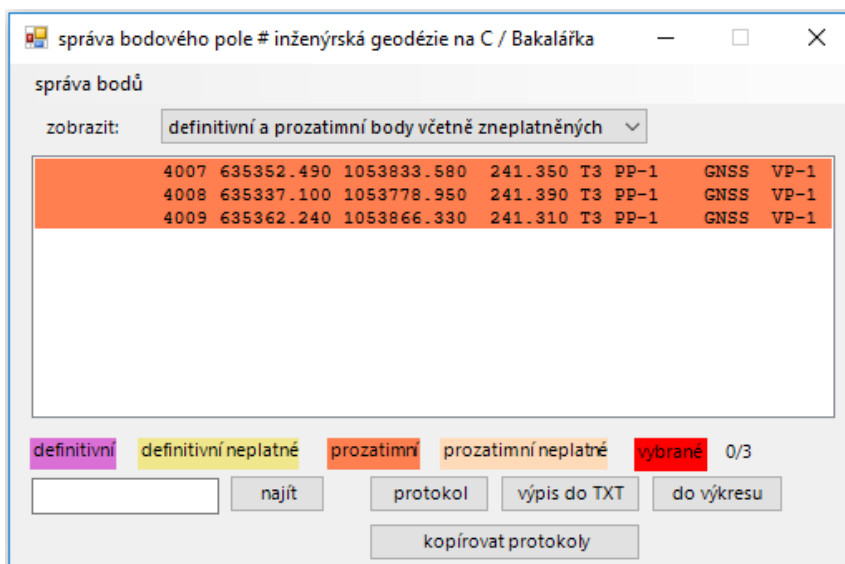
Obrázek 16 software GV – utility

Před zpracováním dat jsem provedl kontrolu připojení GNSS pomocí výsledků nezávislého monitoringu VÚGTK a úpravu protokolu GNSS (RTK) měření pro výpočet v softwaru. Tvar a způsob úpravy protokolu popisuje uživatelská příručka GeoVýpočty GV V6 v kapitole „Zásady úpravy protokolu TRIMBLE *.txt“.

V záložce nastavení se vybírá definiciční soubor, který určuje chování aplikace. Definuje cestu k seznamu bodového pole všech oblastí skupiny, cestu k souboru s kódy a cestu k

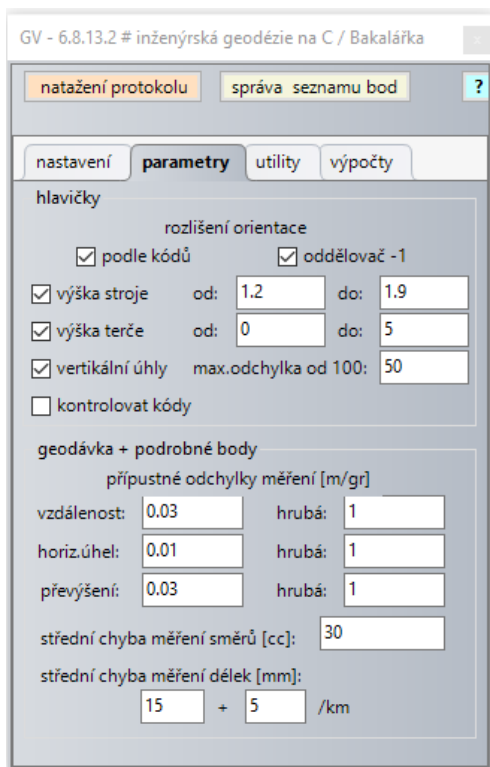
souboru se seznamem kódů bez výšky. Položka „skupina“ a „oblast“ slouží pro efektivní spolupráci a sdílení aktualizací v určité lokalitě. Oblast lze vybrat již zavedenou nebo lze vytvořit novou, tak jako v tomto případě. Nejdůležitějším krokem je správná volba pracovního adresáře, kde máme připravená data na zpracování.

Upravený GNSS protokol se zpracovává pomocí tlačítka „GNSS“ pod záložkou utility. Viz Obrázek 16 software GV – utility. Tato funkce převede původní protokol na úplný včetně příloh 3.3, 4.4 a 4.5 vyžadovaných pro určení bodů měřické sítě ČÚZK. Pomocí tohoto protokolu lze nahrát naměřené body do seznamu bodů, se kterými budeme operovat, nebo lze vytvořit přehledku pro vizuální kontrolu umístění bodů v grafice. Zápis bodů do seznamu se provede pomocí tlačítka „natáhnout“. Správa seznamu bodů umožňuje kontrolu, zda natažení proběhlo v pořádku.

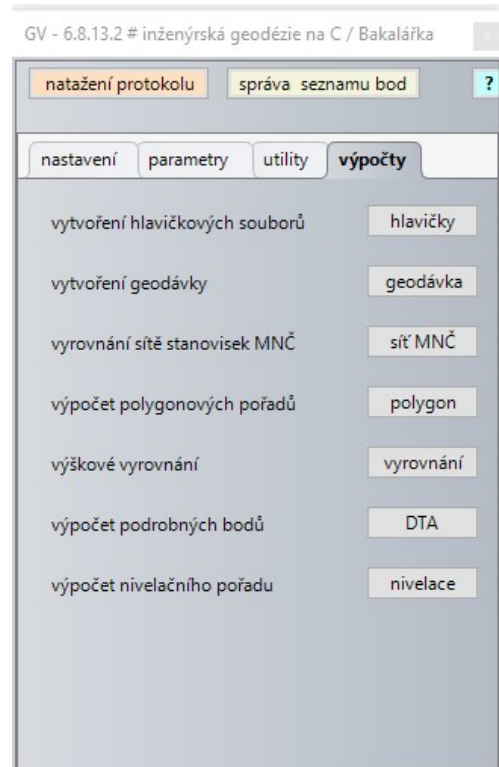


Obrázek 17 Správa seznamu bodů

Výpočtu polární metody předchází volba parametrů a tvorba hlavičkových souborů. Záložka parametry umožňuje provádět kontroly zápisníků měřených úhlů a délek při současném výpočtu tzv. hlaviček nebo kontroly při samotném výpočtu polární metody.

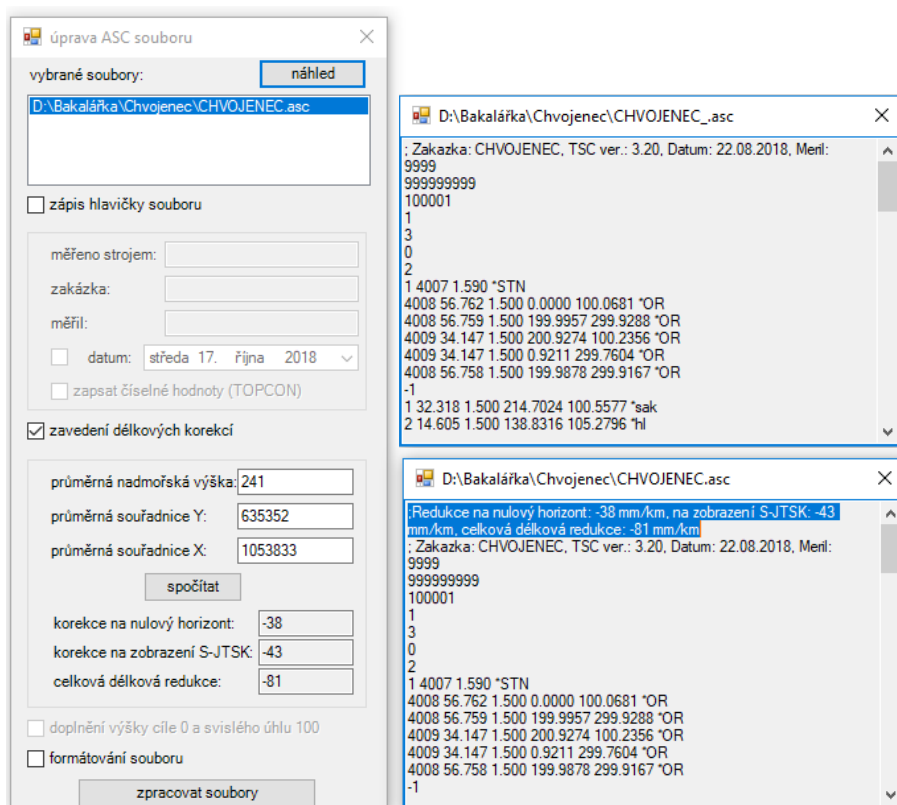


Obrázek 18 software GV - parametry



Obrázek 19 software GV - výpočty

Před tvorbou hlavičkového souboru jsem zavedl matematické redukce délek. V záložce utility tlačítkem „nastavit“ se provede výběr zápisníku a následně se zobrazí tabulka, která umožňuje zavádět korekce i měnit hlavičku zápisníku. Na obrázku níže je zobrazený náhled zápisníku před a po zpracování. Samotné výpočty hlaviček jsou na záložce „výpočty“. Do hlavičkového souboru je zapsáno záhlaví, všechna stanoviška a ty záměry a orientace, které splňují některou ze dvou podmínek rozlišení orientace. U záměr jsou navíc dopočítány vodorovná vzdálenost a převýšení. Současně jsou prováděny zmíněné kontroly.

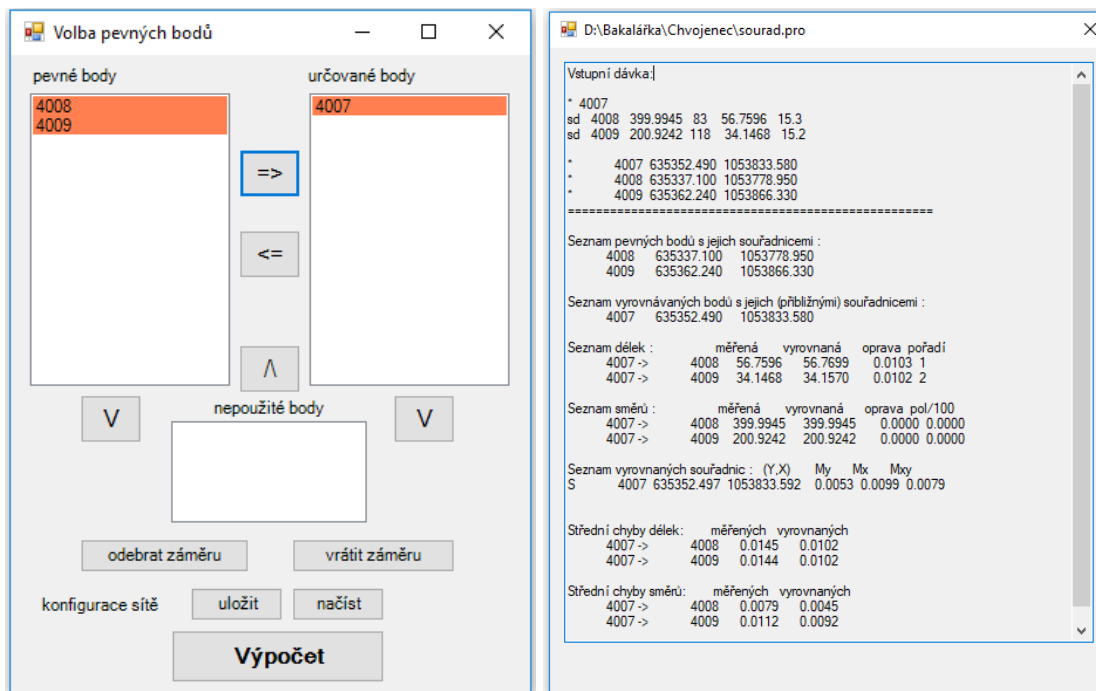


Obrázek 20 software GV – formátování a redukce délek

Hlavičkový soubor slouží k výpočtu geodávky. Tlačítko „geodávka“ provádí automatické vytvoření souboru POLOHOVÁ DÁVKA (DAVKA_1-N.GEO) . Vznikají nové vzestupně číslované varianty. Zároveň vzniká VÝŠKOVÁ DÁVKA (DAVKA.NIV), která je vždy přepisována novou verzí. Vstupem je vybraný HLAVIČKOVÝ SOUBOR (*.HLA). Informace o průběhu zpracování jsou vypsány jako INFORMAČNÍ SOUBOR (DAVKA.INF), který je vždy přepisován novou verzí a zobrazen prohlížečem. Opakovaná měření na jednom stanovišti jsou propojena, opakovaně měřené horizontální úhly a vzdálenosti jsou zprůměrovány. Je prováděna kontrola vzdáleností při opakovaném měření a při měření tam a zpět, kontrola horizontálních úhlů při opakovaném měření. Pokud je odchylka mezi maximální a minimální hodnotou větší než stanovená maximální přípustná odchylka, tak jsou do souboru DAVKA.INF zapsány informace o tomto měření (v případě hrubé chyby je tato informace zvýrazněna hvězdičkami). Potom výpočet pokračuje určením přibližných souřadnic všech neznámých bodů (náhodně vybranými vetknutými polygony a postupnými rajóny). Při výpočtu předběžných souřadnic vetknutými polygony je prováděn test rozdílu mezi spojnicemi počátečního a koncového bodu polygonu z měření a ze souřadnic. Při

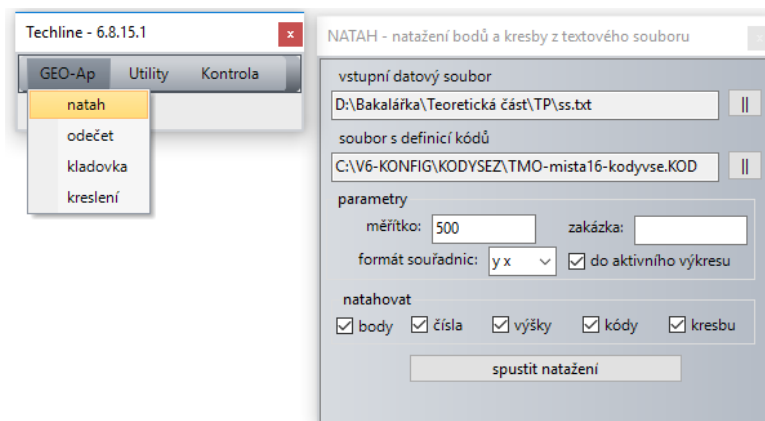
překročení tolerance, která je počítána ze vztahu $0.03 + 0.01 \cdot \text{počet stran polygonu} + 0.01 \cdot \text{délka spojnice v m/1000}$ je o této skutečnosti uživatel informován v průběhu vytváření geodávky (polygon dlouhý 1km o 10 stranách má toleranci 14cm). Pokud nastane skutečnost, že jsou tolerance při výpočtu předběžných souřadnic překročeny, jsou největší chyby v délkách i orientačních posunech počítaných z předběžných souřadnic zapsány i na konci INFORMAČNÍ SOUBOR (DAVKA.INF). Zároveň jsou polygony zobrazovány v aktivním grafickém okně aktivní symbologií. Po dokončení výpočtu je konfigurace sítě zobrazena v grafickém okně v automaticky vytvořeném referenčním výkresu GV_PREHLEDKA.WKB. (Uživatelská příručka GeoVýpočty GV V6, b.r.)

Další položkou vyrovnání sítě stanovisek jsem si ověřil polohu stanoviště s pracovním číslem 4007. Tlačítko „sít' MNČ“ využívá soubory DÁVKA.GEO. Po spuštění se zobrazí tabulka, ve které lze zvolit pevné, určené nebo případně nepoužité body. Tato předvolba slouží pro následné vyrovnání metodou nejmenších čtverců (MNČ). Na obrázku níže je zobrazený protokol výsledků, který mimo vyrovnané souřadnice určeného bodu obsahuje také střední chyby souřadnic, střední chyby délek a střední chyby směrů. Výškové vyrovnání se provádí obdobným způsobem pomocí tlačítka „vyrovnání“ a využívá soubory DÁVKA.NIV. Vyrovnání v mém případě sloužilo pouze jako kontrola konfigurace měřické sítě. Vyrovnané souřadnice nebyly využity.



Obrázek 21 Kontrola umístění stanoviska

Pokud je měřická síť vypočítána a ověřena, spustí se tlačítkem „DTA“ výpočet podrobných bodů. Tato operace vytvoří seznam nových bodů s příponou .DTA, který se natáhne do grafického okna pomocí aplikace „natah“ v modulu Techline. Před spuštěním natažení se nastaví měřítko, formát souřadnic a případně číslo zakázky. Pokud byly použity kódy stejně jako v tomto případě, nesmí se zapomenout zaškrtnout možnosti natahovat kresbu případně samotné kódy. Možnost natáhnutí kresby vynese do výkresu příslušné čáry a mapové značky a natáhnutí kódů zobrazí text kódu. Po vynesení bodů do výkresu jsem doplnil chybějící kresbu. Protokol z polární metody se automaticky vygeneroval s příponou .PTK. Ukázka protokolu je přiložena k této práci. Viz Příloha č. 3 - Protokol polární metoda.



Obrázek 22 Techline- natah

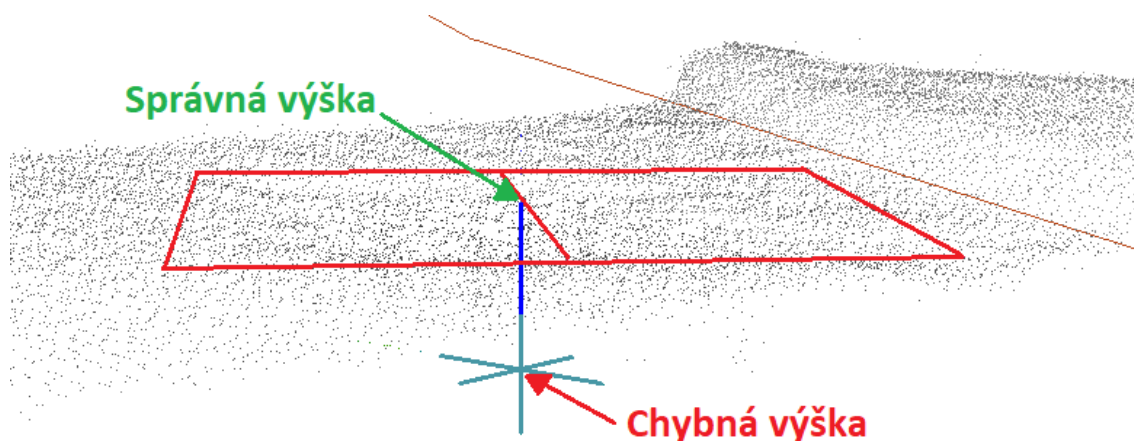
5.2. Vyhodnocení v prostředí softwaru

Všechny problémy s vyhodnocováním bodů není nutné řešit pouze doměřováním v terénu. Týká se to zejména odečítání výšky bodů na některých objektech. Software nabízí několik způsobů, jak se s tím vypořádat.

V části o zadávání bodů jsem se zmínil o funkci odečítání výšky nejnižše položeného bodu, která je nejvíce využívána při běžném vyhodnocování. V případě vložení bodu na kanalizační vpust' by ale došlo k odečtu výšky bodu naskenovaného uvnitř vpusti. Proto jsem tyto situace řešil pomocí funkce libovolného řezu vedeného přes kanalizační mříž. Profil vpusti s vyznačením správného umístění bodu je na následujícím obrázku.

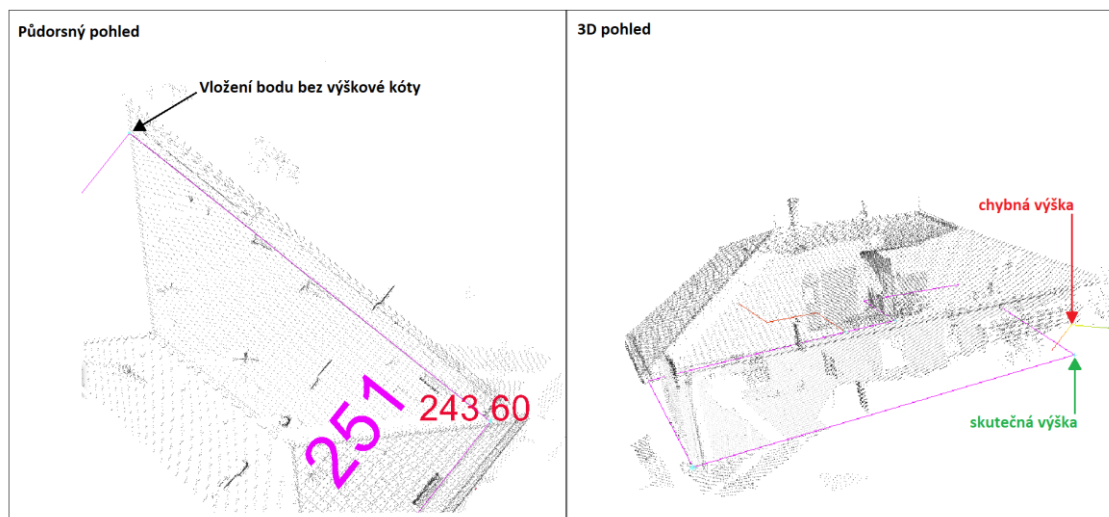


Obrázek 23 Libovolný řez na vpusti



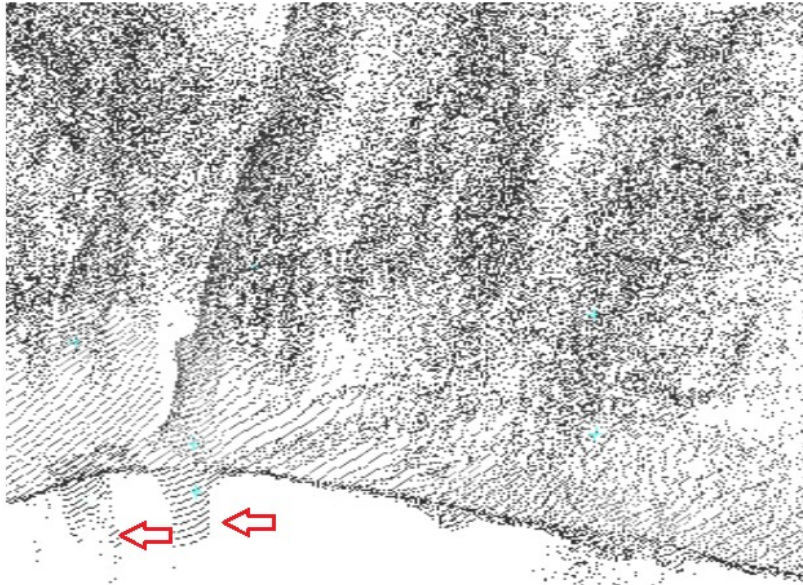
Obrázek 24 Chybná výška vpusti

Další častý případ, se kterým jsem se setkal, bylo zastínění přízemní části objektu. Tento problém jsem řešil dvěma způsoby, buď jsem v nastavení rozšířil okolí pro hledání výšky, nebo jsem navrhovanou výšku ručně odmazal a tím vytvořil bod bez výškové kóty.



Obrázek 25 Chybná výška na budově

Během vyhodnocování objektů poblíž vodní hladiny jsem narazil na chyby výškopisu způsobené falešnými odrazy. Problematiku jsem vyřešil přepsáním navrhované výšky ručně. Správnou výšku jsem odečetl ve 3D okně z bodu na terénu vedle objektu. Situaci dokumentuje následující obrázek.



Obrázek 26 Falešné odrazy pod břehem

Stejným způsobem jsem řešil problém s výškou zmíněného veřejného osvětlení. Viz **Obrázek 12** Výška veřejného osvětlení v půdorysu a 3D okně.

6. Posouzení přesnosti

„Přesnost dat naměřených pomocí MMS se dá ověřit v podstatě dvěma způsoby. První možností je posouzení polohové a výškové přesnosti na základě výsledků dřívější zeměměřické činnosti. Tato metoda se používá pouze v místech, kde je vyhotovená mapa v požadované přesnosti. Kritériem pro použitelnost této metody je kromě přesnosti i dostatek jednoznačně identifikovatelných bodů rovnoměrně rozmístěných po měřené lokalitě. V případě, kdy původní mapa nesplňuje tato kritéria, se volí druhá metoda, která spočívá v zaměření jednoznačně identifikovatelných bodů vyhodnocených z MMS pomocí jiné metody.“ (Bc. CIMPL, 2013)

Mračna, se kterými jsem pracoval, byla vyhotovena se střední souřadnicovou chybou $m_{xy} = 0.08 \text{ m}$ a střední chybou výšky $m_H = 0.12 \text{ m}$ jejichž přesnost byla ověřena firmou GEOVAP, spol. s r. o., proto tento úkon není součástí mé bakalářské práce.

6.1. Aplikace Detektiv

Při doměřování „zastíněných“ míst byly kontrolně zaměřeny jednoznačně identifikovatelné body původně vyhodnocené v mračnu. Na těchto bodech jsem provedl porovnání vzájemné polohy a výšky. Celkově bylo zaměřeno 50 jednoznačně identifikovatelných bodů.

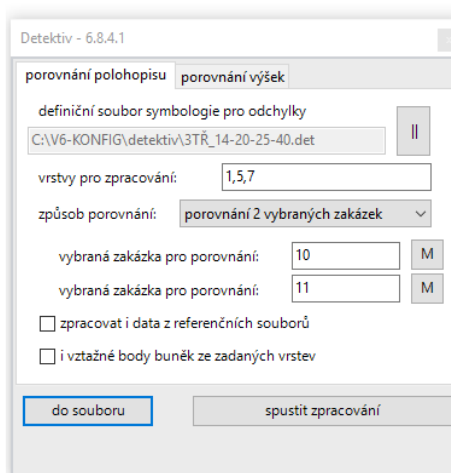
Aplikace pro vyhodnocení odchylek v poloze a ve výšce mezi jednotlivými zakázkami na základě grafiky v softwaru GeoStore V6, se nazývá Detektiv. Tato aplikace využívá negrafických atributů ZAKAZKA k rozlišení porovnávacích souborů viz kapitola Aplikace ADisplay. Definiční soubor ve formátu TXT nese informace o odchylkách a způsobu jejich vyznačení v grafice. Pro mé účely jsem použil definiční soubor pro třetí třídu přesnosti podle ČSN 01 3410.

Pro účel porovnání bodů vyhodnocených z mračna a z doměření jsem byl nucen dočasně přiřadit nový atribut ZAKAZKA entitám získaných z doměření. Změna nebo tvorba atributů se provádí přes nabídku „nástroje“, kde nalezneme správu grafických entit. Způsob porovnání jsem volil mezi dvěma vybranými zakázkami. Při spuštění zpracování se v grafickém okně zobrazí histogram odchylek rozlišený barevně dle vybraného definičního souboru. Pro lepší přehlednost lze vygenerovat tabulku dosažených odchylek do souboru. Z následujícího obrázku je patrné, že aplikace u některých dvojic bodů

vyhodnotila odchylky, které překračují kritérium 3. třídy přesnosti. Při bližší kontrole jsem zjistil, že byla pouze vybrána špatná dvojice bodů. Tato chyba se stává v místech, kde je více bodů u sebe. Aplikace má snahu vyhledávat chybné umístění identických bodů, proto vybírá kritičtější řešení. Pro své účely považuji toto vyhodnocení pouze jako orientační.



| | | |
|--------------------------------------|------------|----|
| | <0.14 | 41 |
| ■ | 0.14 - 0.2 | 1 |
| ■ | 0.25 - 0.4 | 5 |



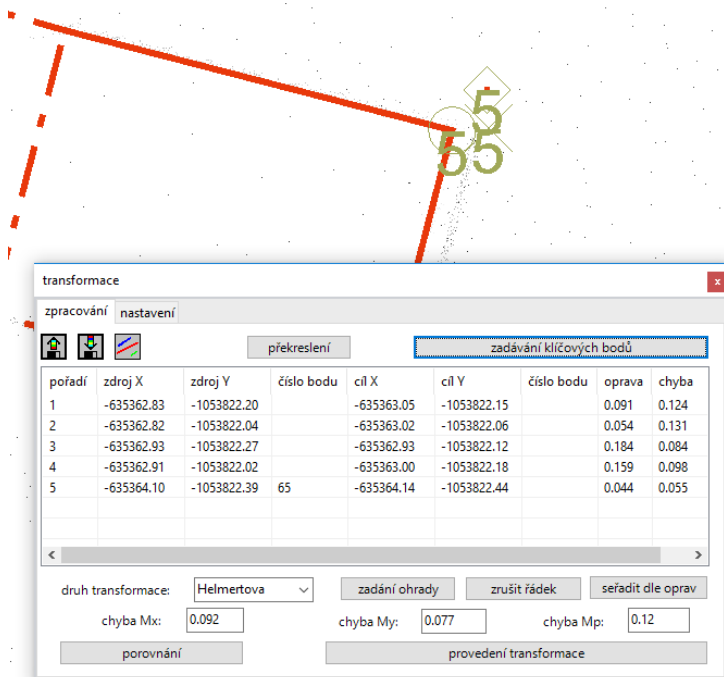
Obrázek 27 Porovnání polohy v aplikaci detektiv

Na identických bodech mračna a původní kresby jsem během zpracování vkládal výškové kóty, viz **Zadávání bodů**. Tyto body jsem použil pro výškové porovnání mezi mračnem a jednotlivými zakázkami. Porovnání odhalilo systematické chyby u některých zakázek, které mohli být způsobeny špatným výškovým připojením nebo nesprávnou výškou signálu. Díky tomuto porovnání jsem eliminoval chyby ve výškových kótách u podezřelých zakázek.

6.2. Testování homogenity doměřovacích prací

Cílem testování homogenity je porovnání souřadnic bodů vypočítaných z doměřovacích prací se souřadnicemi bodů určených z mračen. Výsledky měření považují za homogenní v případě, že vypočítané odchylky vyhovují předem zvoleným kritériím.

Pro vyhodnocení odchylek v poloze a výšce jsem využil aplikaci Transformace v modulu Techline. Tato utilita umožňuje provádět transformace nebo vypisovat protokol o dosažených odchylkách na identických bodech a jejich porovnání s kritériem dle ČSN 01 3410 pro třetí třídu přesnosti. Protokol se generuje poklepnutím na tlačítko „porovnání“.



Obrázek 28 Utilita Transformace

Výsledky z protokolu byly zpracované v programu excel a jsou uvedeny v tabulce níže. Výpočty odchylek a jejich kritérií byly realizovány pomocí vzorců uvedených v ČSN 01 3410 kapitola 5.4 Ověřování přesnosti (ČSN 01 3410, 2014), jejich interpretace pro tento soubor měření je uvedena v následujících vztazích.

Rozdíly souřadnic byly vypočteny pomocí vzorců

$$\Delta X = X_{mračna} - X_{doměřování} ,$$

$$\Delta Y = Y_{mračna} - Y_{doměřování} ,$$

kde $X_{mračna}$, $X_{mračna}$ jsou výsledné souřadnice bodu vyhodnoceného z mračna a $X_{doměrování}$, $X_{doměrování}$ jsou výsledné souřadnice bodu určeného klasickou geodetickou metodou.

Samotné ověření homogenity bylo testováno pomocí výběrové směrodatné souřadnicové odchylky S_{xy} , vypočítané jako kvadratický průměr směrodatných odchylek souřadnic S_x , S_y , které tvoří výběr bodů o rozsahu N .

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{i=1}^N \Delta X^2}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{i=1}^N \Delta Y^2}$$

$$S_{xy} = \sqrt{\frac{S_x^2 + S_y^2}{2}}$$

Hodnotu koeficientu „ k “ považuji rovnu 2, který platí, má-li kontrolní určení z doměření stejnou přesnost jako metoda určení z mračna. Měření považuji za homogenní právě tehdy, když výběrová směrodatná souřadnicová odchylka vyhovuje kritériu

$$S_{xy} \leq \omega_{2N} u_{XY} ,$$

kde u_{XY} je kritérium pro třetí třídu přesnosti a ω_{2N} je koeficient vypočítaný ze vzorce

$$\omega_{2N} = \sqrt{\frac{X_{\alpha}^2(2N)}{2N}} ,$$

kde $X_{\alpha}^2(2N)$ je kritická hodnota rozdělení Chí-kvadrát o $2N$ stupních volnosti na hladině významnosti $\alpha = 5\%$ vypočítaná ze vzorce

$$X_{\alpha}^2(2N; \alpha) \doteq \frac{1}{2} [\sqrt{4 * N - 1} + u(\alpha)]^2 ,$$

kde $u(\alpha)$ je kvantil normované normální náhodné veličiny.

Druhým testem je porovnání polohové odchylky na všech identických bodech určených ze vztahu $\Delta p = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$ s kritériem $|\Delta p| \leq 1,7 * u_{XY}$.

Testování homogenity výšek jsem ověřil porovnáním výběrové směrodatné výškové odchylky S_H s jejím kritériem $S_H \leq \omega_N u_H$ pro body na zpevněném povrchu. Druhým

testem je porovnání hodnoty rozdílů výšek ΔH s jejich kritériem $|\Delta H| \leq 2 * u_H * \sqrt{k}$. Vzorec pro výpočet rozdílů výšek a výběrové směrodatné výškové odchylky je uveden v následujícím vztahu.

$$\Delta H = H_{mračna} - H_{doměřování} ,$$

kde $H_{mračna}$ jsou výsledné výšky bodu vyhodnoceného z mračna a $H_{doměřování}$ jsou výsledné výšky bodu určeného klasickou geodetickou metodou.

$$S_H = \sqrt{\frac{1}{k * N} \sum_{i=1}^N \Delta H^2}$$

u_H je výškové kritérium pro třetí třídu přesnosti a ω_N je koeficient spočítaný podle vztahu

$$\omega_N = \sqrt{\frac{X_{\alpha}^2(N)}{N}} ,$$

kde $X_{\alpha}^2(N)$ je vypočítán jako

$$X_{\alpha}^2(N; \alpha) \doteq \frac{1}{2} [\sqrt{2 * N - 1} + u(\alpha)]^2 .$$

| Souřadnicový systém S-JTSK | | | | | | | | | |
|---|------------|--------|-------------------------------|------------|--------|-------------------|---|-------------------|---|
| Body určené klasickou geodetickou metodou | | | Body určené z bodových mračen | | | Δp [m] | Kritérium $ \Delta p \leq 1,7 * u_{XY}$ | ΔH [m] | Kritérium $ \Delta p \leq 2 * u_H * \sqrt{k}$ |
| Y | X | H | Y | X | H | | | | |
| 635302,76 | 1053712,83 | 243,13 | 635302,79 | 1053712,87 | 243,17 | 0,05 | SPLNĚNO | 0,04 | SPLNĚNO |
| 635301,24 | 1053717,48 | 242,98 | 635301,29 | 1053717,46 | 243,02 | 0,06 | SPLNĚNO | 0,04 | SPLNĚNO |
| 635337,13 | 1053778,94 | 241,41 | 635337,13 | 1053778,89 | 241,42 | 0,05 | SPLNĚNO | 0,01 | SPLNĚNO |
| 635353,26 | 1053790,41 | | 635353,29 | 1053790,46 | 241,35 | 0,06 | SPLNĚNO | | |
| 635364,10 | 1053822,39 | | 635364,13 | 1053822,45 | 241,27 | 0,06 | SPLNĚNO | | |
| 635338,86 | 1053822,49 | 240,98 | 635338,79 | 1053822,45 | 241,18 | 0,08 | SPLNĚNO | 0,20 | SPLNĚNO |
| 635343,64 | 1053807,60 | 241,37 | 635343,67 | 1053807,66 | 241,46 | 0,07 | SPLNĚNO | 0,09 | SPLNĚNO |
| 635343,18 | 1053807,81 | 241,37 | 635343,25 | 1053807,86 | 241,47 | 0,09 | SPLNĚNO | 0,10 | SPLNĚNO |
| 635343,04 | 1053808,04 | 241,36 | 635343,10 | 1053808,10 | 241,45 | 0,09 | SPLNĚNO | 0,09 | SPLNĚNO |
| 635343,99 | 1053811,70 | 241,44 | 635344,06 | 1053811,76 | 241,50 | 0,09 | SPLNĚNO | 0,06 | SPLNĚNO |
| 635344,23 | 1053811,84 | 241,38 | 635344,28 | 1053811,86 | 241,46 | 0,05 | SPLNĚNO | 0,08 | SPLNĚNO |
| 635344,68 | 1053815,63 | 241,25 | 635344,61 | 1053815,73 | 241,30 | 0,12 | SPLNĚNO | 0,05 | SPLNĚNO |
| 635344,72 | 1053814,26 | 241,22 | 635344,73 | 1053814,29 | 241,35 | 0,03 | SPLNĚNO | 0,13 | SPLNĚNO |
| 635335,73 | 1053823,12 | 241,06 | 635335,79 | 1053823,20 | 241,12 | 0,10 | SPLNĚNO | 0,06 | SPLNĚNO |
| 635334,17 | 1053823,56 | 241,04 | 635334,21 | 1053823,61 | 241,15 | 0,07 | SPLNĚNO | 0,11 | SPLNĚNO |
| 635333,58 | 1053823,72 | 241,04 | 635333,65 | 1053823,78 | 241,09 | 0,09 | SPLNĚNO | 0,05 | SPLNĚNO |
| 635331,80 | 1053824,16 | 240,97 | 635331,83 | 1053824,26 | 241,07 | 0,10 | SPLNĚNO | 0,10 | SPLNĚNO |
| 635371,26 | 1053848,73 | | 635371,28 | 1053848,80 | 241,55 | 0,07 | SPLNĚNO | | |
| 635362,25 | 1053866,29 | 241,29 | 635362,27 | 1053866,34 | 241,34 | 0,05 | SPLNĚNO | 0,05 | SPLNĚNO |
| 635356,90 | 1053871,91 | | 635356,95 | 1053871,96 | 241,21 | 0,07 | SPLNĚNO | | |
| 635368,73 | 1053894,26 | 241,25 | 635368,73 | 1053894,33 | 241,31 | 0,07 | SPLNĚNO | 0,06 | SPLNĚNO |
| 635375,66 | 1053914,71 | 241,53 | 635375,66 | 1053914,76 | 241,55 | 0,05 | SPLNĚNO | 0,02 | SPLNĚNO |
| 635376,90 | 1053920,13 | 241,55 | 635376,88 | 1053920,19 | 241,60 | 0,06 | SPLNĚNO | 0,05 | SPLNĚNO |
| 635379,82 | 1053926,69 | 241,55 | 635379,85 | 1053926,72 | 241,61 | 0,04 | SPLNĚNO | 0,06 | SPLNĚNO |
| 635380,40 | 1053930,42 | 241,60 | 635380,39 | 1053930,41 | 241,62 | 0,01 | SPLNĚNO | 0,02 | SPLNĚNO |
| 635379,05 | 1053931,08 | 241,56 | 635379,06 | 1053931,14 | 241,61 | 0,06 | SPLNĚNO | 0,05 | SPLNĚNO |
| 635386,08 | 1053949,28 | 241,71 | 635386,04 | 1053949,29 | 241,73 | 0,04 | SPLNĚNO | 0,02 | SPLNĚNO |
| 635381,62 | 1053950,54 | 241,90 | 635381,64 | 1053950,53 | 241,91 | 0,02 | SPLNĚNO | 0,01 | SPLNĚNO |
| 635400,14 | 1053967,21 | 241,72 | 635400,10 | 1053967,21 | 241,73 | 0,04 | SPLNĚNO | 0,01 | SPLNĚNO |
| 635393,64 | 1053971,37 | 241,81 | 635393,60 | 1053971,34 | 241,77 | 0,05 | SPLNĚNO | -0,04 | SPLNĚNO |
| 635392,99 | 1053971,59 | 241,80 | 635392,91 | 1053971,65 | 241,80 | 0,10 | SPLNĚNO | 0,00 | SPLNĚNO |
| 635402,94 | 1054014,66 | 241,90 | 635402,98 | 1054014,65 | 241,94 | 0,04 | SPLNĚNO | 0,04 | SPLNĚNO |
| 635413,47 | 1054077,01 | 241,91 | 635413,47 | 1054077,05 | 241,97 | 0,04 | SPLNĚNO | 0,06 | SPLNĚNO |
| 635413,81 | 1054077,19 | 241,84 | 635413,84 | 1054077,21 | 241,95 | 0,04 | SPLNĚNO | 0,11 | SPLNĚNO |
| 635413,64 | 1054077,50 | 241,89 | 635413,65 | 1054077,51 | 241,96 | 0,02 | SPLNĚNO | 0,07 | SPLNĚNO |
| 635424,97 | 1054080,07 | 241,86 | 635424,99 | 1054080,07 | 241,91 | 0,02 | SPLNĚNO | 0,05 | SPLNĚNO |
| 635431,23 | 1054076,83 | 242,08 | 635431,26 | 1054076,84 | 242,09 | 0,03 | SPLNĚNO | 0,01 | SPLNĚNO |
| 635432,39 | 1054078,45 | 241,82 | 635432,38 | 1054078,49 | 241,84 | 0,04 | SPLNĚNO | 0,02 | SPLNĚNO |
| 635432,50 | 1054085,11 | 241,63 | 635432,41 | 1054085,13 | 241,67 | 0,09 | SPLNĚNO | 0,04 | SPLNĚNO |
| 635426,46 | 1054088,88 | 241,82 | 635426,46 | 1054088,89 | 241,87 | 0,01 | SPLNĚNO | 0,05 | SPLNĚNO |
| 635356,72 | 1054134,25 | 242,38 | 635356,71 | 1054134,25 | 242,42 | 0,01 | SPLNĚNO | 0,04 | SPLNĚNO |
| 635354,12 | 1054136,27 | 242,37 | 635354,13 | 1054136,28 | 242,43 | 0,01 | SPLNĚNO | 0,06 | SPLNĚNO |
| 635328,70 | 1054152,54 | 242,46 | 635328,66 | 1054152,47 | 242,51 | 0,08 | SPLNĚNO | 0,05 | SPLNĚNO |
| 635320,64 | 1054153,48 | 242,52 | 635320,65 | 1054153,46 | 242,64 | 0,02 | SPLNĚNO | 0,12 | SPLNĚNO |
| 635300,95 | 1054164,24 | 242,66 | 635300,90 | 1054164,19 | 242,70 | 0,07 | SPLNĚNO | 0,04 | SPLNĚNO |
| 635297,14 | 1054164,49 | 242,63 | 635297,16 | 1054164,47 | 242,69 | 0,03 | SPLNĚNO | 0,06 | SPLNĚNO |
| 635162,43 | 1054222,98 | 243,79 | 635162,44 | 1054222,93 | 243,80 | 0,05 | SPLNĚNO | 0,01 | SPLNĚNO |
| 635162,22 | 1054221,02 | 243,72 | 635162,17 | 1054221,00 | 243,74 | 0,06 | SPLNĚNO | 0,02 | SPLNĚNO |
| 635159,16 | 1054221,97 | 243,67 | 635159,12 | 1054221,86 | 243,69 | 0,11 | SPLNĚNO | 0,02 | SPLNĚNO |
| 635161,78 | 1054223,70 | 242,32 | 635161,86 | 1054223,67 | 242,29 | 0,09 | SPLNĚNO | -0,03 | SPLNĚNO |

| | | | | | |
|--|-------|---------|--------------------------------------|-------|---------|
| | [m] | | | [m] | |
| $u(\alpha)=$ | 1,645 | | $u(\alpha)=$ | 1,645 | |
| $\omega_{2N}=$ | 1,115 | | $\omega_N=$ | 1,119 | |
| $u_{XY}=$ | 0,14 | | $u_{XY}=$ | 0,12 | |
| $S_x=$ | 0,03 | | $S_H=$ | 0,05 | |
| $S_y=$ | 0,03 | | | | |
| $S_{xy}=$ | 0,03 | | | | |
| Kritérium $S_{xy} \leq \omega_{2N}$ | 0,16 | SPLNĚNO | Kritérium $S_H \leq \omega_N u_H$ | 0,13 | SPLNĚNO |

Tabulka 1 Výsledky testování homogenity doměřovacích prací

Z tabulky je patrné, že obě zvolená kritéria byla dodržena. Výsledné body z doměření považují za dostatečně homogenní s body určenými pomocí mračen.

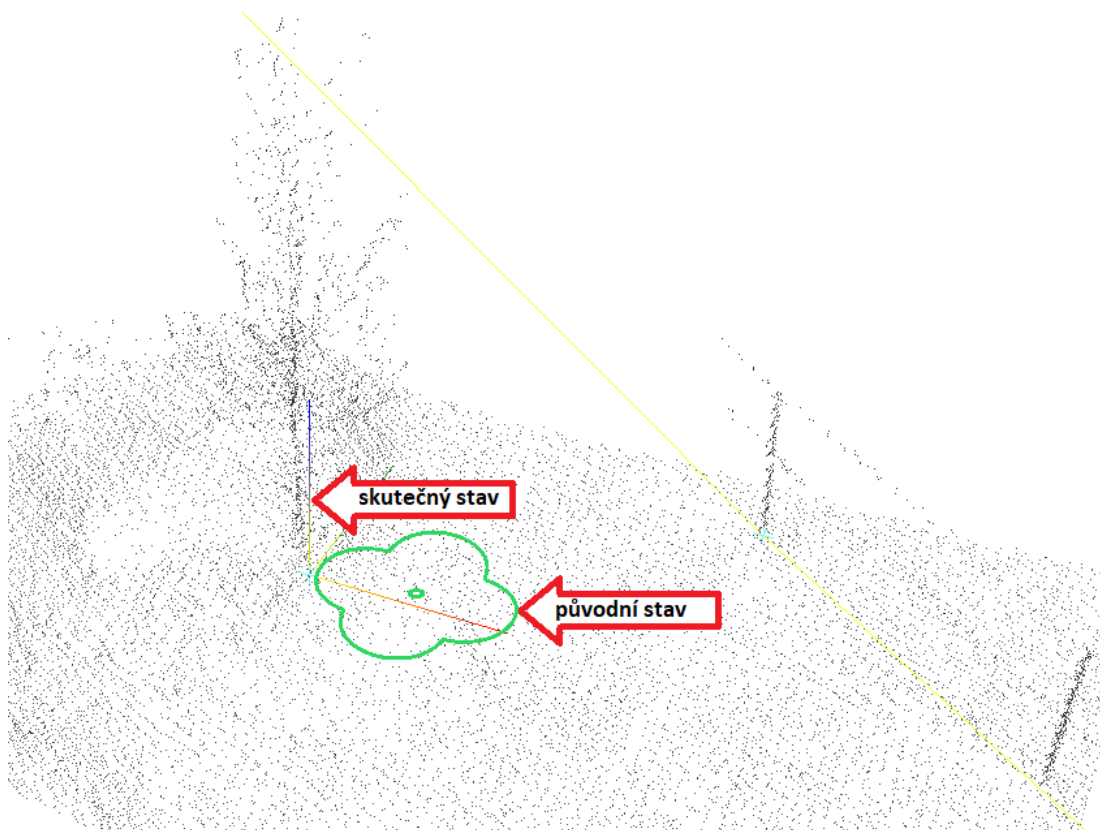
7. Porovnání metod reambulace

Obě metody reambulace mají své výhody a nevýhody. Asi nejzásadnější je problematika šetření změn.

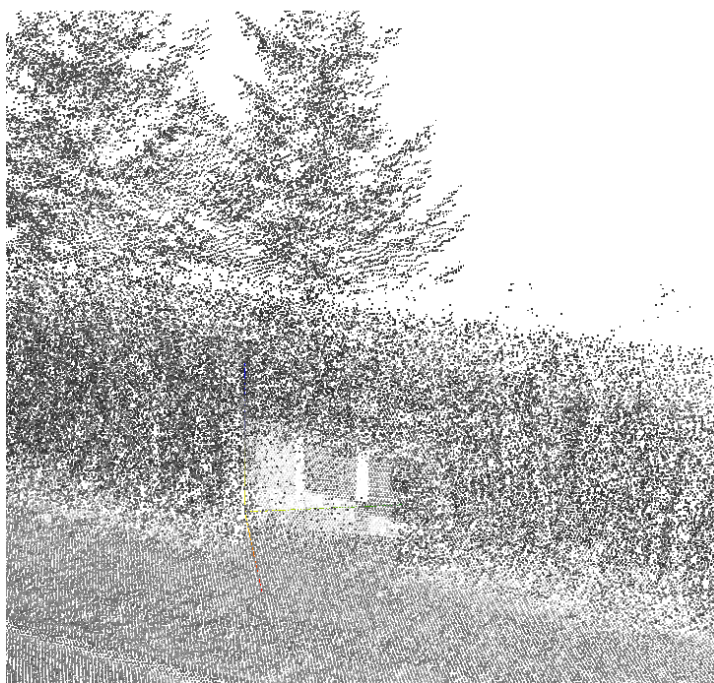
Klasická metoda reambulace v této části vyžaduje přípravy kontrolní kresby před šetřením v terénu. Při nedostatečné pečlivosti může dojít k přehlédnutí změny nebo záměnu blízkých objektů například vysazení nových stromů viz Obrázek 29 Nově vysazené stromy. V databázi Technické mapy východních Čech je možnost získání informace o prvku, která nám řekne jeho stáří. Respektive datum připojení daného prvku do databáze. Toho se dá využít pro identifikaci změn. V místech, kde například proběhla obnova veřejného osvětlení je patrný jeho zachovalejší stav.

Při požití MMS není potřeba vytvářet kontrolní kresbu, protože skenery jednoduše zachytí vše. V bodovém mračnu je většina rozdílů patrná a zpětně dohledatelná. Nadbytečné měření může však představovat i problém. Například v místech, kde se vegetace nachází v blízkosti zájmového objektu, může být velice obtížné identifikovat správné umístění bodu. Nadbytek měření zavádí také ke zbytečné podrobnosti při vyhodnocování v místech, které by mohli být více generalizované. Dalším rizikem jsou již zmíněné „zastíněné“ nebo skryté objekty například vodovodní šoupě ve vzrostlejší trávě.

Během vyhodnocování v mračnu jsem si všiml jistých výhod nebo naopak nevýhod, které ovlivňují plynulost práce. Výhody jsou nejzřejmější na přehledných místech mračna zejména pak při určování obvodu budov, patníků nebo plotů. Na těchto místech je vyhodnocení v mračnu otázkou několika vteřin. Klasická metoda vyžaduje jednotlivé body zaměřit zvlášť nebo může být zcela neproveditelná kvůli špatnému přístupu na požadované místo. Nevýhodou mračen jsou nepřehledná místa, nejčastěji zakryta bujnou vegetací. Na Obrázku (Obrázek 30 Nepřehledné místo mračna) je zachycená rozvodní skříň obrostlá živým plotem. Pro vyhodnocení rohových bodů skříně je potřeba obezřetnost při odečítání výšek.



Obrázek 29 Nově vysazené stromy

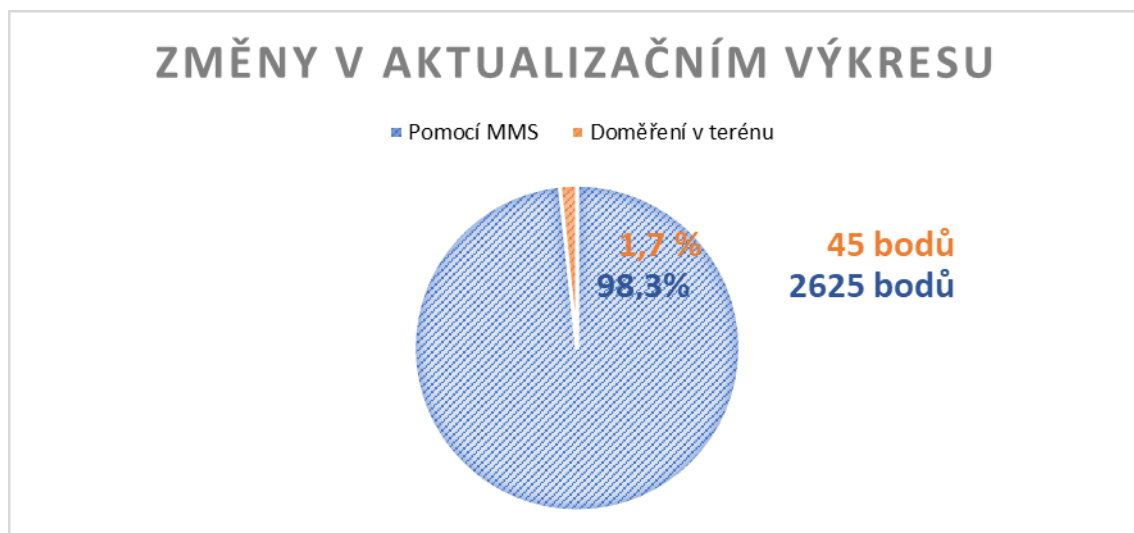


Obrázek 30 Nepřehledné místo mračna

| | Pozemní MMS | Klasický způsob |
|----------|---|--|
| Výhody | <p>Pohodlný a rychlý sběr dat.</p> <p>Možnost sběru dat i v noci.</p> <p>Množství nasbíraných dat.</p> <p>Snadná orientace v bodových mračnecích.</p> <p>Rychlé odhalení změn.</p> <p>Dobře zdokumentovaný stav v okamžiku skenování.</p> | <p>Naměření pouze předmětů zakázky.</p> <p>Generalizace probíhá při měření.</p> <p>Sběr dat v jedné etapě.</p> <p>Léty praxe prověřená metoda</p> |
| Nevýhody | <p>Doměrování zastíněných oblastí.</p> <p>Špatné zachycení objektů pokrytých vodou.</p> <p>Rušivé (nepotřebné) body.</p> <p>Nutnost sjízdné a přístupné komunikace.</p> | <p>Hůře se odhalují objekty, které nebyly zaměřeny.</p> <p>Obtížné měření špatně přístupných míst.</p> <p>Chyby vzniklé špatnou výškou signálu.</p> <p>Časová náročnost sběru dat.</p> |

Tabulka 2 Porovnání metod reambulace

Efektivnost reambulace pomocí MMS si můžeme orientačně představit díky rozsahu doměřovacích prací a díky kontrolnímu zjišťování změn, které odhalilo drobné nedostatky. Množství vyhodnocených bodů v mračnu v porovnání s množstvím bodů doměřených v terénu je zobrazeno v přehledném grafu níže. Jednoznačně identifikovatelné body použité pro ověření homogenity nebyly zahrnuty do porovnání.



Obrázek 31 Graf změn aktualizačního výkresu

Z grafu je patrné, že při tomto typu práce a charakteru lokality bylo použití MMS velmi efektivní a pouze necelá dvě procenta lomových bodů musela být naměřena jinou metodou.

8. Závěr

V reambulované lokalitě se vyskytovalo málo původní kresby a v některých místech zcela chyběla. Proto jsem se většinou zabýval spíše novým mapováním než samotnou aktualizací původní kresby. Přehledka území s vyznačenými novými prvky je v příloze Příloha č. 1 - Přehledka nových prvků mapy.

V minulosti jsem se podílel na reambulaci klasickou metodou JD TM ZK, díky čemuž mám možnost o něco objektivněji posoudit, kterou metodu považuji za příznivější. Práce s mračny bodů byla pro mě zcela novou zkušeností, kterou hodnotím velice kladně. Osobně se domnívám, že nejlepší postup spočívá v kombinaci obou metod, protože, jak jsem už zmínil, obě nesou jistá rizika nebo výhody.

Seznam použité literatury

- BC. CIMPL, TOMÁŠ, 2013. *AKTUALIZACE DTMM S VYUŽITÍM MOBILNÍHO SKENOVACÍHO SYSTÉMU* [online]. Brno [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=76552. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. PETR KALVODA, Ph.D.
- ČSN 01 3410: *Mapy velkých měřítek - Základní a účelové mapy*, 2014. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- Metodický pokyn pro aktualizaci ÚMPS VC*, 2009. GEOVAP, spol. s.r.o.
- Mobilní mapování, b.r. *Webové stránky projektu Quantum 3D* [online]. GEOVAP, spol. s.r.o. [cit. 2019-02-28]. Dostupné z: <http://www.quantum3d.cz/website/topmenu/mobilni-mapovani/>
- Revize pro prostředí GeoStore V6*, b.r. Verze 6.8.7.2. GEOVAP, spol. s.r.o., Pardubice.
- Slovník VÚGTK, © 2005-2019. *VÚGTK.cz* [online]. [cit. 2019-01-30]. Dostupné z: <https://www.vugtk.cz/slovník/>
- Technická mapa, b.r. *Technická mapa* [online]. Pardubice: GEOVAP, spol. s.r.o. [cit. 2019-02-18]. Dostupné z: <http://www.technickamapa.cz/index.html>
- Uživatelská příručka aplikace V6_3D pro prostředí GeoStore V6*, b.r. Verze 6.8.7.1. GEOVAP, spol. s.r.o., Pardubice.
- Uživatelská příručka GeoVýpočty GV V6*, b.r. Verze 6.8.18.1. GEOVAP, spol. s.r.o., Pardubice. Dostupné také z: http://www.geostore.cz/temp/PC/!manualy/GV_manual.pdf
- Uživatelská příručka GSV6*, b.r. GEOVAP, spol. s.r.o., Pardubice.

Seznam použitých zkratek

| | |
|----------------|---|
| MMS | Mobilní mapovací systém |
| GNSS | Global Navigation Satellite System |
| SSVČ | Sdružení správců Východních Čech |
| ÚMPS | Účelová mapa povrchové situace |
| ÚMPS VC | Účelová mapa povrchové situace Východních Čech |
| IS | Inženýrská síť |
| DTMM | Digitální technická mapa města |
| DKM | Digitální katastrální mapa |
| IMU | Inertial measurement unit |
| POS LV | Position and Orientation System for Land Vehicles |
| GPS | Global Positioning System |
| 3D | trojrozměrný |
| UTM | World Geodetic System 1984 |
| GIS | Geografický informační systém |
| SQL | Structured Query Language |
| WKB | Well Known Binary |
| WMS | Web Map Service |
| OGC | Open Geospatial Consortium |
| GML | Geography Markup Language |
| DMR | Digitální model reliéfu |
| DMP | Digitální model povrchu |
| URL | Uniform Resource Locator |
| KN | Katastr nemovitostí |
| ČUZK | Český úřad zeměměřický a katastrální |
| GSV6 | Geostore V6 |
| VÚGTK | Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický |
| RTK | Real-time kinematic |
| MNČ | Metoda nejmenších čtverců |
| JDTM ZK | Jednotná digitální technická mapa Zlínského kraje |

Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1 Mobilní mapovací systém LYNX, (Mobilní mapování, b.r.)

Obrázek 2 Mračno bodů ve 3D pohledu

Obrázek 3 Revize

Obrázek 4 Protokol o revizi

Obrázek 5 Prohlížení chyb

Obrázek 6 Aplikace V6_3D

Obrázek 7 Přehledka mračen bodů

Obrázek 8 Půdorysný pohled a řezy

Obrázek 9 Web services

Obrázek 10 Zobrazení celého území podle čísla zakázky

Obrázek 11 Odečet výšky bodů

Obrázek 12 Výška veřejného osvětlení v půdorysu a 3D okně

Obrázek 13 Zobrazení vodní hladiny v mračnu

Obrázek 14 Vodního šoupě na fotografii a v mračnu

Obrázek 15 software GV – nastavení

Obrázek 16 software GV – utility

Obrázek 17 Správa seznamu bodů

Obrázek 18 software GV - parametry

Obrázek 19 software GV - výpočty

Obrázek 20 software GV – formátování a redukce délek

Obrázek 21 Kontrola umístění stanoviska

Obrázek 22 Techline- natah

Obrázek 23 Libovolný řez na vpusti

Obrázek 24 Chybná výška vpusti

Obrázek 25 Chybná výška na budově

Obrázek 26 Falešné odrazy pod břehem

Obrázek 27 Porovnání polohy v aplikaci detektiv

Obrázek 28 Utilita Transformace

Obrázek 29 Nově vysazené stromy

Obrázek 30 Nepřehledné místo mračna

Obrázek 31 Graf změn aktualizací výkresu

Tabulka 1 Výsledky testování homogenity doměřovacích prací

Tabulka 2 Porovnání metod reambulace

Seznam příloh

Příloha č. 1 – Přehledka původu prvků mapy

Příloha č. 2 – Protokol určení bodů technologií GNSS

Příloha č. 3 – Protokol polární metoda

Příloha č. 4 – Ukázka rozsahu reambulace mapy

Příloha č. 5 – Návod na vyhodnocování bodového mračna v softwaru GSV6

Příloha č. 6 – Reambulovaná mapa (digitální forma)