

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta stavební
Katedra speciální geodézie**

Zaměření části štoly Josef a vytvoření její důlní mapové dokumentace

Measurement of the part of the Josef Mine and Creation of its Map Documentation

Diplomová práce

Studijní program: Geodézie a kartografie
Studijní obor: Geodézie a kartografie

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

Filip Špaček

Praha 2016



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Špaček

Jméno: Filip

Osobní číslo: 381439

Zadávací katedra: Katedra speciální geodézie

Studijní program: Geodézie a kartografie

Studijní obor: Geodézie a kartografie

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Zaměření části štoly Josef a vytvoření její důlní mapové dokumentace

Název diplomové práce anglicky: Measurement of the part of the Josef Mine and Creation of its Map Documentation

Pokyny pro vypracování:

Zaměření vybrané části podzemí Čelina Východ štoly Josef 3D skenovacím systémem.

Zpracování a registrace naměřených dat.

Vytvoření důlní mapové dokumentace zaměřené části.

Seznam doporučené literatury:

Štroner, M. a kol.: 3D skenovací systémy. Česká technika - nakladatelství ČVUT, Praha, 2013, ISBN 978-80-01-05371-3.

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Tomáš Křemen, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 24. 2. 2016

Termín odevzdání diplomové práce: 22. 5. 2016

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“.

25.2.2016

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího diplomové práce Ing. Tomáše Křemena, Ph.D.

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Tomáši Křemenovi, Ph.D. za rady, vstřícný přístup a čas, který mi věnoval během konzultací při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Tomáši Hončoviz z firmy Geotronics Praha, s.r.o. za půjčení skenerů a firmě HSI, spol. s r.o. za zapůjčení licence na nadstavbu DULMAP.

Na závěr bych chtěl poděkovat svojí rodině a přátelům, kteří mě během celého studia podporovali.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá zaměřením zpřístupněných částí oblasti Čelina východ ve štolě Josef a vytvořením jejich důlní mapové dokumentace. Zaměření bylo provedeno metodou laserového skenování. Zpracováním naměřených dat v programu Cyclone byl získán 3D model zaměřené oblasti ve formě mračna bodů, který je v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv. Po liniovém vyhodnocení mračna bodů byla vytvořena mapové dokumentace v nadstavbě DULMAP programu Microstation. Výsledkem práce je základní důlní mapa obsahující vrstvy účelových map.

KLÍČOVÁ SLOVA

Štola Josef, laserové skenování, mračno bodů, registrace, základní důlní mapa

ABSTRACT

The master's thesis describes the measurement of accessible parts of Čelina-East area in Josef Gallery mine and creating of their mapping documentation. The laser scanning method was used for measuring. By processing of the measured data in the Cyclone program, a 3D model was created in the form of a point cloud in the S-JTSK coordinate system and the Bpv height system. A wireframe model was created from the point cloud and used for drawing a map in the DULMAP addon for Microstation. The result of this thesis is a basic mining plan with layers of thematic mining plans.

KEYWORDS

Josef Gallery, laser scanning, point cloud, registration, basic mining plan

Obsah

Úvod.....	8
1. Štola Josef.....	10
1.1. Popis štoly.....	10
1.2. Historie dobývání zlata.....	12
1.3. Štola Josef.....	13
1.4. Výuka a výzkum.....	15
2. Zaměření.....	16
2.1. Technologie 3D skenování.....	17
2.1.1. Dělení skenovacích systémů.....	18
2.2. Použité přístroje.....	19
2.2.1. Trimble TX8.....	19
2.2.2. FARO Focus3D X 130.....	20
2.3. Měření.....	20
2.3.1. Rekognoskace měřeného prostoru.....	20
2.3.2. Skenování.....	21
3. Zpracování měření.....	27
3.1. Registrace skenů - obecně.....	27
3.1.1. Registrace pomocí identických bodů.....	27
3.1.2. Registrace na základě překrytu.....	29
3.2. Vytvoření mračna bodů v programu Trimble RealWorks.....	30
3.3. Úprava dat.....	31
3.3.1. Import dat do programu Cyclone.....	32
3.3.2. Čištění dat.....	33
3.3.3. Modelování identických bodů.....	35
3.4. Registrace.....	37
3.4.1. Popis registrace.....	37
3.4.2. Postup registrace.....	40
4. Důlní mapová dokumentace.....	45
4.1. Základní důlní mapa.....	46

4.1.1 Obsah základní důlní mapy	47
4.2. Účelové důlní mapy.....	49
4.3. Nadstavba DULMAP	50
4.4 Kresba mapy	50
4.4.1 Liniové a bodové vyhodnocení mračna bodů.....	51
4.4.2 Kresba v DULMAPu.....	54
4.4.3 Značky v důlní mapě.....	55
4.4.4 Tvorba výstupů	56
5. Výsledky.....	58
Závěr	60
Použité zdroje.....	61
Seznam obrázků	63
Seznam tabulek.....	65
Seznam příloh.....	66



Úvod

Štola Josef je důlní dílo, které bylo vyraženo v rámci geologického průzkumu zlatonosných ložisek během osmdesátých let 20. století, jehož výsledky přinesly objevení nového ložiska zlata. Po krátké experimentální těžbě však k průmyslovému využívání nikdy nebylo přistoupeno z důvodů negativního dopadu na okolní přírodu a životní prostředí. Štola byla tak na nějaký čas uzavřena. Od roku 2007 zde Centrum Experimentální Geotechniky provozuje výzkumné a výukové centrum nabízející možnost řešení experimentů a výuky v prostředí podzemní štoly.

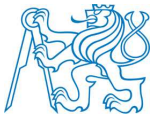
Z důvodů potřeby výuky, kterou ve štole zajišťuje katedra Speciální geodézie na Stavební fakultě, a aktualizace či vzniku dokumentace, kterou o podzemních prostorách vede její provozovatel, zde již bylo v rámci bakalářských a diplomových prací budováno nové důlní bodové pole a zaměřovány některé přístupné části. Zpřístupněné prostory štoly se však stále zvětšují, a tak vzniká prostor pro další práce vedoucí k možnosti jejich využívání a získání jejich mapové dokumentace. Obsahem této diplomové práce je zaměření a vytvoření důlní mapové dokumentace v podobě základní důlní mapy nejnovější zpřístupněné části štoly, kterou je podzemní katedrála a její přilehlé chodby v oblasti Čelina východ.

Základní důlní mapa se vyhotovuje a vede podle vyhlášky č. 435/1992 Sb. Českého báňského úřadu o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem. Tato vyhláška stanovuje odpovědnou osobou za správnost a úplnost vyhotovené dokumentace hlavního důlního měřiče, jehož postavení je pro vyhotovování a vedení dokumentace v mnoha případech rozhodující. Hlavní důlní měřič rozhoduje například o volbě měřítka základní důlní mapy, způsobu vedení dokumentace v digitální formě a také schvaluje převzetí dokumentace vyhotovené jinou organizací. Štola Josef, sloužící dnes jako výukové a výzkumné centrum, již hlavního důlního měřiče nemá. Protože však již byly ve štole vyhotoveny 3 části základní důlní mapy v rámci bakalářských prací studentů Gertrudy Paštěkové (2013), Davida Hanouska (2014) a Elišky Beránkové (2014), bude mapová dokumentace, která je obsahem této práce, vyhotovována tak, aby byla zachována návaznost na stávající dokumentaci. Zásadní rozdíl od stávajících částí



základní důlní mapy bude ve zvolené metodě získání dat pro její vyhotovení. Všechny tři dosavadní části mapy byly vyhotoveny na základě dat získaných klasickými geodetickými metodami pomocí totální stanice. Jako měřicí metoda pro tuto práci bylo zvoleno 3D laserové skenování, a tak bude mapová dokumentace vyhotovena z prostorového modelu. Oproti mapě vyhotovené z naměřených bodů totální stanicí, kdy například hrana počvy je vykreslena z bodů volených tak, aby zhruba vystihovaly její průběh, bude mapa vyhotovovaná z prostorového modelu tento průběh vykreslovat mnohem detailněji. Také řezy, které jsou obsahem základní důlní mapy, se z prostorového modelu budou vyhotovovat přesněji a především jejich počet a umístění budou moci být vhodně zvoleny až při samotném vyhotovování mapy. Aby byl zajištěn jednotný formát a způsob zobrazování obsahu se stávajícími díly mapy, bude pro její vyhotovení také použita nadstavba DULMAP programu Microstatin (dále jen nadstavba DULMAP).

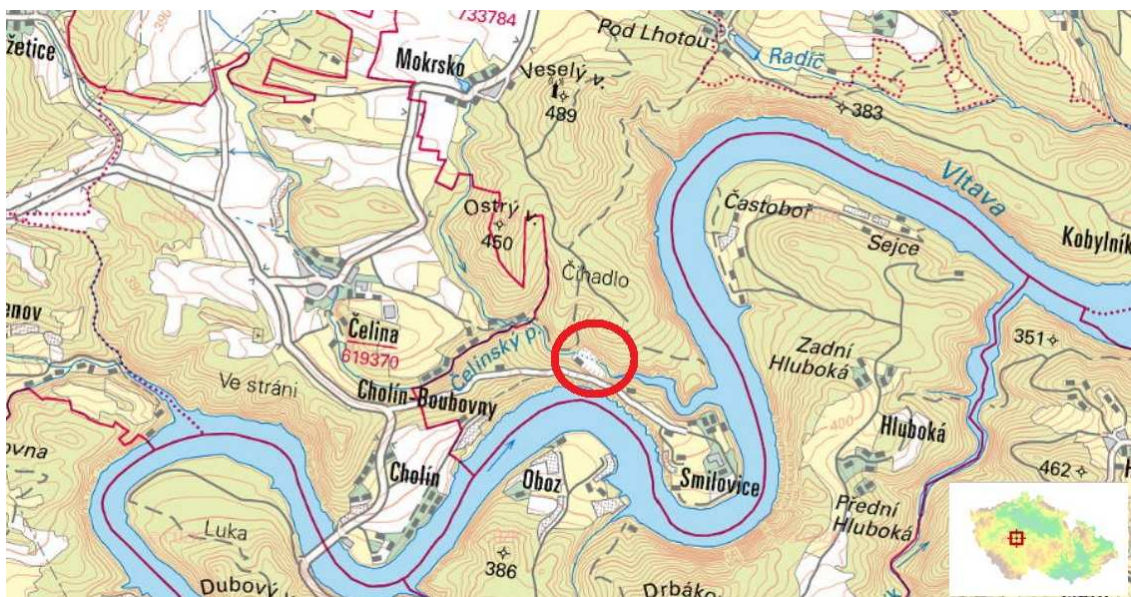
Obsah této práce je rozdělen do 4 kapitol. V první kapitole je popsána štola Josef, její historie týkající se dobývání zlata a současné používání důlních prostor pro výuku a výzkum. Druhá kapitola se věnuje zaměření určené části štoly Josef. Stručně popisuje technologii 3D skenování, která byla pro zaměření použita. Dále potom průběh samotného měření a použité přístroje. Ve třetí kapitole je kompletně popsáno zpracování naměřených dat. Obecně jsou zde uvedeny základní principy využívané při registraci mračen bodů a způsob registrace použité pro získání výsledného mračna z naměřených dat. Poslední kapitola pojednává o tvorbě důlní mapové dokumentace podle vyhlášky č.435/1992 Sb. a jejím obsahu. Je zde popsána nadstavba DULMAP, která byla pro vyhotovení dokumentace použita, a na závěr uveden způsob, jakým byla kresba mapy vyhotovena.



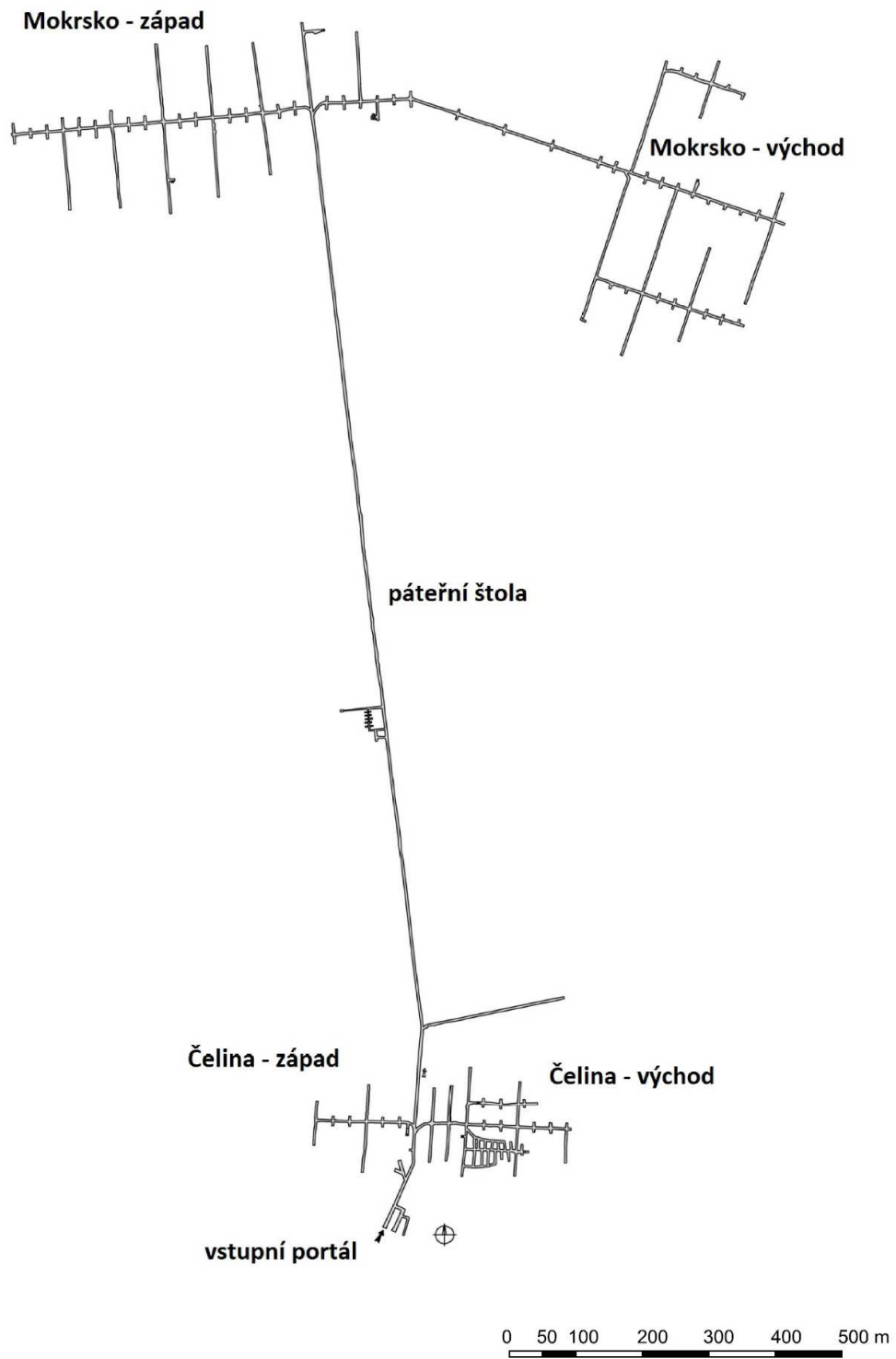
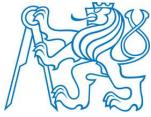
1. Štola Josef

1.1. Popis štoly

Štola Josef se nachází asi 50 km jižně od Prahy, mezi obcemi Čelina a Smilovice na Příbramsku, u Slapské přehrady (Obr. 1). Toto důlní dílo je součástí zlatorudního revíru Psí hory. Horninové prostředí tvoří slabě metamorfované vulkanické a vulkanosedimentární horniny (bazalty, andezity, ryolity, tufy a tufity) pronikáné mladšími intruzivními horninami (granodiority, albitické žuly). Důlní dílo je složeno z oblastí ČELINA a MOKRSKO, které jsou dále rozděleny na západní a východní část. Tyto dvě oblasti jsou spojeny hlavní (páteří) štolou, na kterou navazují v obou oblastech liniová průzkumná díla s četnými rozrážkami. Páteří štola o délce 1835 m prochází pod horninovým masivem Veselého vrchu severozápadním směrem a je na konci propojena 136 m vysokým nevystrojeným větracím komínem s povrchem terénu. Nad páteří štolou se nachází další dvě patra. Celková délka chodeb je 7853 m. Schéma štoly je na obrázku č.2. Výška nadloží se pohybuje v intervalu od 90 do 150 m. Od roku 2007, kdy bylo znovuotevřeno prvních 660 m chodeb, je zde Fakultou stavební Českého vysokého učení technického provozována Podzemní laboratoř Josef [1].



Obr. 1 - Poloha štoly Josef



Obr. 2 - Schéma štoly Josef

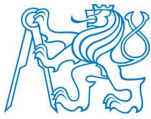


1.2. Historie dobývání zlata

Těžba zlata na našem území začala již za dob Keltů, zejména ve 2. a 1. stol. př.n.l. Keltové získávali zlato z rozsypů a rýžovišť, a vzhledem k prokázané existenci rýžovišť na Čelinském potoce i v náplavech Vltavy u Smilovic (dnes zatopených slapskou přehradou), je pravděpodobné, že jako první těžili v oblasti Psích hor Keltové. Po odchodu keltů zůstala ložiska dlouho nevyužita. Hlavní rozvoj těžby zlata v Psích horách přinesl až středověk. V průběhu 14. století se zlato těžilo z křemenných žil na mnoha místech oblasti pomocí štol a úklonných šachet, jejichž hloubky dosahovaly průměrně 20 m. V blízkosti největší šachty fungovala kovárna na výrobu hornického nářadí a na Čelinském potoce bylo v provozu několik mlýnů na drcení rudy. Zlato se z rozemleté rudy oddělovalo amalgamací. Toto období rozkvětu těžby skončilo na přelomu 14. a 15. století. Hlavními příčinami byly rostoucí provozní náklady, vyčerpání přístupnějších křemenných žil, technické problémy při dolování v hloubkách a politická situace v zemi. Těžba tak byla na několik desetiletí zastavena.

Znovu se začalo dolovat na přelomu 15. a 16. století. Druhá etapa těžby nebyla zdaleka tak významná a trvala velmi krátce. Ze záznamů z horní knihy a zemských desek vyplývá, že těžba opět ustala po polovině 16. století. Bohužel není známo, kolik bylo během obou hlavních období těžby v Psích horách získáno zlata. Víme akorát, že ve zlatonosné oblasti Novoknínska, do které Psí hory patří, byly během středověku vytěženy asi 4 tuny zlata. (Pro představu čtenáře - na území Českého masivu se v průběhu dějin získalo odhadem 100 tun zlata.)

Oblast Psích hor zůstala těžebně nevyužita a nezkoumána od 16. století téměř až do konce 20. století, kdy zde v letech 1977-1980 proběhl rozsáhlý regionální průzkum. Výsledky odhalily možnou přítomnost vzácného zlatonosného zrudnění, a tak byl proveden v letech 1980-1990 podrobný průzkum, jehož součástí bylo geologické mapování, geofyzikální průzkum, průzkum pomocí vrtů z povrchu až do hloubky 300-600 m a báňský průzkum z nově ražené štoly Josef kombinovaný s podzemními vrty. Výsledky průzkumu přinesly objevení nového ložiska (Mokrsko-západ) a celkové zhodnocení zásob zlata v oblasti na 130 tun zlata, což je více, než se vytěžilo na celém území České republiky v



průběhu dobývání zlata. V rámci tohoto průzkumu proběhla v letech 1989-1991 i experimentální podzemní těžba ložiska Čelina. Bylo vytěženo 19 500 tun rudniny, z níž bylo po úpravě v Rudných dolech v Příbrami získáno 21,5 kg zlata. K průmyslové těžbě z důvodů předpokládaného negativního vlivu na životní prostředí nikdy nedošlo. Těžba by totiž musela být prováděna výhradně povrchovým způsobem, což by znamenalo trvalé zásahy do okolní krajiny a k separaci zlata by bylo potřeba použití ekologicky riskantní metody kyanidového loužení. I přes zájem zahraničních těžebních společností se místním obyvatelům a ekologickým organizacím podařilo oblast před těžbou uchránit. Po skončení všech průzkumných prací byly z bezpečnostních důvodů oba přístupové portály do štoly zabetonovány [1].

1.3. Štola Josef

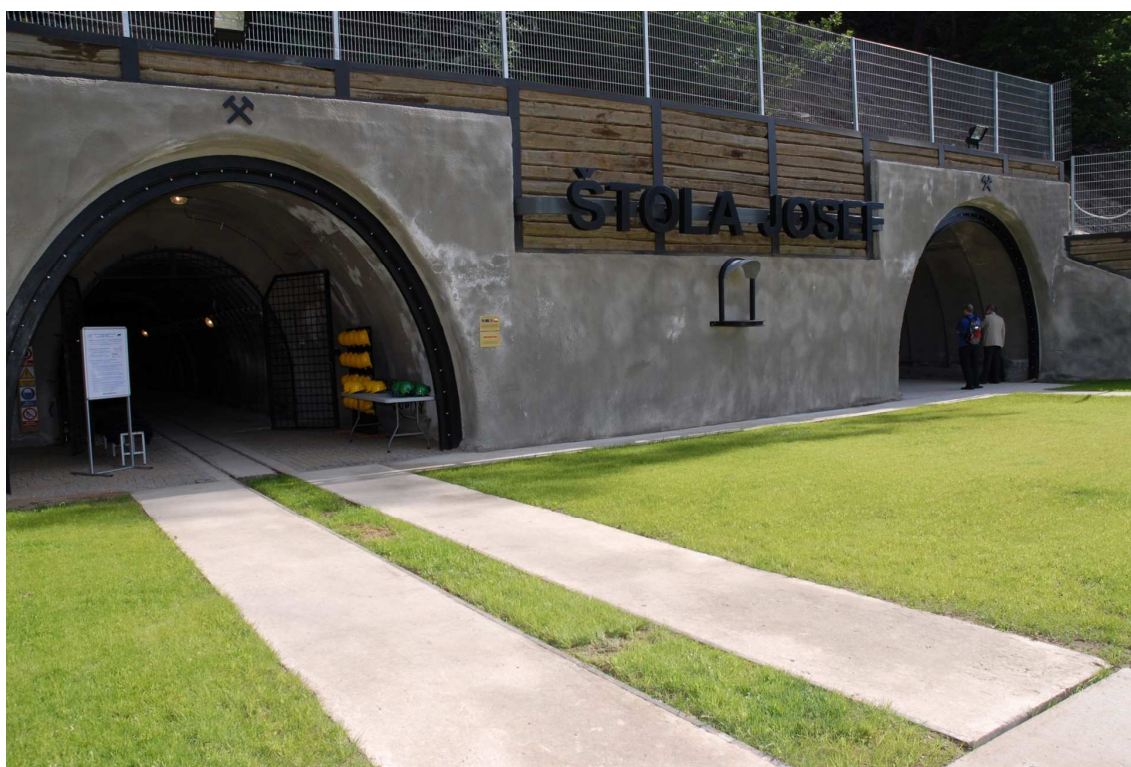
Výzkumné a experimentální pracoviště Fakulty stavební (Fsv) ČVUT se nachází ve štole Josef, která byla vyražena během podrobného průzkumu zlatonosné oblasti Psích hor v letech 1980-1990. Sloužila pro odebírání vzorků a také jako přístup při experimentální těžbě zlata. Po ukončení průzkumu došlo v roce 2000 z bezpečnostních důvodů k zabetonování obou přístupových portálů do štoly. V roce 2003 vznikl na půdě ČVUT nápad na zbudování podzemního vzdělávacího a experimentálního pracoviště. O rok později se ČVUT dohodlo na zprovoznění štoly se společností Metrostav a v roce 2005 společně podepsali smlouvu o zapůjčení štoly pro vzdělávací a výzkumné účely s vlastníkem průzkumného díla Ministerstvem životního prostředí. K prvnímu, ale pouze částečnému znovuzpřístupnění štoly došlo v srpnu 2005. Po kontrole Báňské záchranné služby byl portál opět uzavřen [2].

Definitivní otevření obou vstupních portálů (Obr. 3) a znovuzpřístupnění štoly bylo v roce 2006. Od června roku 2007 zde Centrum experimentální geotechniky (CEG), které je pracovištěm Fsv ČVUT, provozuje výzkumný park Josef nejprve pod názvem Podzemní výukové středisko UEF Josef (Underground educational facility) a v současnosti jako Podzemní laboratoř Josef. Podzemní laboratoř nabízí více jak 5 km zpřístupněných podzemních prostor. Realizují se zde výzkumné projekty, výuka studentů, exkurze pro



odbornou i laickou veřejnost a prezentace produktů a technologií různých firem. Od roku 2010 zde CEG buduje díky dotaci z Operačního programu Podnikání a inovace Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef (Josef Underground Research Centre). Základem tohoto pracoviště se stala zrekonstruovaná budova v areálu důlního díla štoly Josef, která poskytuje technické zázemí a laboratoře jak pro CEG, tak pro soukromé subjekty provádějící zde vlastní výzkum. URC Josef společně s Podzemní laboratoří Josef tvoří jedinečný experimentální a výukový komplex, který je ojedinělý nejen v České republice, ale i v Evropě [3], [4].

Nejnovější zpřístupněnou částí je tzv. podzemní katedrála v oblasti Čelina východ, zůstatek po experimentální podzemní těžbě z roku 1991, která byla otevřena v červnu 2014. Štola Josef slouží v současné době jako významné centrum výuky a výzkumu umožňující provádět různá měření, experimenty a laboratorní zkoušky přímo v autentickém podzemním komplexu. Štolu je možné navštívit i v rámci prohlídek určených pro širokou veřejnost [1].



Obr. 3 - Vstupní portály



1.4. Výuka a výzkum

Podzemní laboratoř Josef je využívána nejen k výuce studentů ČVUT v Praze, ale i studenty Masarykovy univerzity v Brně, Technické univerzity v Liberci a Vysoké školy chemicko-technologické v Praze. Výuka byla zahájena v akademickém roce 2007/2008 a umožňuje studentům zkusit si práci v opravdových podzemních prostorech. Výuka FSV ČVUT je v prostorech Podzemní laboratoře Josef prováděna prostřednictvím Katedry geotechniky, Katedry speciální geodézie a CEG. Díky stálému rozšiřování zpřístupněných oblastí v podzemí se otevírají nové možnosti přesunu výuky do těchto prostor. Například Katedra speciální geodézie sem přesunula již polovinu praktických cvičení předmětu inženýrská geodézie 4. Tyto kroky mají za následek zkvalitnění výuky a zvýšení zájmu studentů o specifické druhy geodetických prací prováděných v podzemí [5].

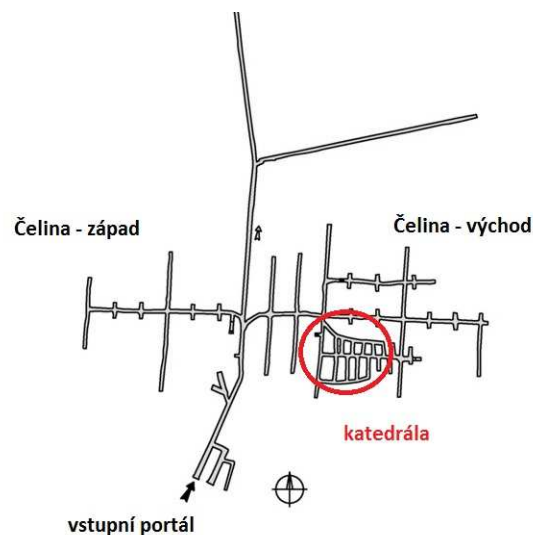
CEG je díky provozování Podzemní laboratoře Josef a URC Josef schopno nabízet prostředí pro vědecké a podnikatelské subjekty jak na domácím, tak zahraničním poli a zároveň se s nimi podílet na nejrůznějších projektech z oblastí podzemního stavitelství, fyzikálního modelování geotechnických problémů a v posledních letech převážně problematiky ukládání radioaktivních odpadů. Mezi nejvýznamnější realizované projekty patří:

- Mock-Up-Josef - vybudování a provoz fyzikálního modelu simulujícího vertikální uložení kontejneru s vyhořelým jaderným palivem, 2011-2015 [1]
- TIMODAZ - zjišťování vlivu tepla na stabilitu ostění, 2006-2010 [1]
- DOPAS - vystavění čtyř experimentálních zátek určených pro konstrukci hlubinného úložiště radioaktivních odpadů v různých geologických podmínkách, 2012-2016 [1]
- FORGE - studium vzniku, chování a migrace plynů v přírodních i inženýrských bariérách hlubinného úložiště, 2009-2013 [1]
- NORM - způsob monitorování plynopropustnosti hornin u podzemních zásobníků nebezpečných látek a plynů, 2009-2010 [1]
- ECNET - vytvoření spolupráce mezi evropskými a čínskými institucemi týkající se znalostí v oblasti jaderné energetiky, 2011-2013 [1]



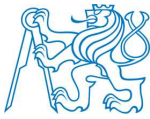
2. Zaměření

Předmětem měření pro vyhotovení důlní mapové dokumentace byla tzv. podzemní katedrála (dále jen katedrála), zůstatek po experimentální podzemní těžbě z roku 1991 a přilehlé chodby v patře 0m a v patrech +20m a +40m. Katedrála se nachází v oblasti Čelina východ (Obr. 4). Zaměření probíhalo 7. března 2016 a bylo provedeno společně s kolegou Bc. Zbyňkem Pražákem, který ve své diplomové práci bude vyhotovovat průlety zaměřovanými prostory. Jako měřická metoda bylo ještě před samotnou rekognoskací zvoleno 3D laserové skenování.



Obr. 4 - Poloha katedrály

Obsahem této kapitoly je dále obecný popis použité metody 3D skenování a dělení skenovacích systémů, stručný popis rekognoskace a samotného zaměření, včetně použitého přístrojového vybavení a způsobu signalizace identických bodů.



2.1. Technologie 3D skenování

Metoda 3D skenování je měřicí metoda, kterou dochází k neselektivnímu sběru prostorových dat, jejichž získání je založeno na prostorové polární metodě s použitím bezhranolového dálkoměru [6]. Výstupním formátem dat získaných 3D skenováním je tzv. mračno bodů, na jehož základě může být vytvořen 3D model zaměřovaného objektu. Díky své rychlosti, přesnosti a komplexnosti si tato metoda našla uplatnění při zaměřování složitých staveb a konstrukcí, interiérů, podzemních prostor, libovolných terénů, historických, archeologických, památkových a dalších objektů. 3D skenování je multidisciplinárním oborem, který se rychle rozvíjí a jehož uplatnění se nachází v stále nových oborech lidské činnosti. Mezi hlavní výhody této rozvíjející se technologie patří [7]:

- přesné zaměření stávajícího stavu s výrazně vyšší produktivitou práce a finančními úsporami
- významné zkrácení práce v terénu a zvýšení bezpečnosti
- měření může probíhat za plného provozu nebo jen s malou odstávkou náročných provozů
- velmi rychlé zpracování digitálních modelů terénu
- zpracování komplexních modelů složitých objektů

3D laserové skenery obecně fungují tak, že laserový svazek je naváděn podle programu na body rastru ve sloupcích a řádcích, přičemž je pro každý bod určen horizontální a vertikální úhel a vzdálenost. Z nich jsou potom určeny souřadnice bodu pomocí prostorové polární metody [7]. Rozestup dvou sousedních bodů rastru je dán tzv. hustotou skenování, což je jeden z parametrů, který zadává uživatel před měřením. Hodnota hustoty skenování se definuje jako poměr vzdálenosti dvou sousedních bodů rastru ke vzdálenosti těchto bodů od přístroje. Např. 10 mm/10 m, což v tomto případě znamená, že body ležící od přístroje ve vzdálenosti 10 m budou mezi sebou v kroku po 10 mm. Body ležící blíže budou mít rozestup menší a obráceně u bodů ležících dále než 10 m se bude rozestup zvětšovat. Hustota skenování je parametr, kterým definujeme, jak moc podrobně chceme měření provést, a taky má zásadní vliv na dobu trvání měření. Mezi



důležitou vlastnost skenovacích systémů patří zorné pole, které je určeno maximálním úhlovým rozdílem krajních výstupních svazků paprsků a je uváděno ve stupních v horizontálním a vertikálním směru (např. 360° x 270°).

Jako většina měřících systémů jsou i skenovací systémy zatíženy různými vlivy ovlivňujícími jejich přesnost. Tyto vlivy lze rozdělit na vlivy vnitřní (chyby skeneru) a vlivy vnější. Mezi vnitřní vlivy patří chyby měření délky a chyby určení vodorovných a zenitových úhlů. Do vnějších vlivů patří tvar a povrch měřeného objektu, jeho okolí a atmosférické podmínky. Pro správné využívání skenovacích systémů je důležité si tyto vlivy uvědomit, podrobněji jsou popsány v [7].

2.1.1. Dělení skenovacích systémů

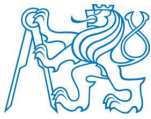
Skenovací systémy je možné dělit podle různých kritérií. Následující dělení je převzato z [7] a [8]. Základní rozdělení je dané umístěním skeneru, a to na skenery umístěné na zemi - terestrické nebo umístěné na letadle - letecké. Dále je uvedeno schematické dělení terestrických systémů.

❖ Dělení podle měřícího principu

- Polární skenery
 - Tranzitní čas
 - Fázový rozdíl
- Skenery se základnou
 - Jedna kamera
 - Dvě kamery

❖ Dělení podle zorného pole

- Kamerový systém
- Panoramatické skenery



2.2. Použité přístroje

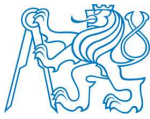
Pro zaměření podzemních prostor v oblasti Čelina východ byly použity dva skenovací systémy, skener Trimble TX 8 (Obr. 5) a FARO Focus3D X 130 (Obr. 6.), které byly zapůjčeny firmou Geotronics Praha.

2.2.1. Trimble TX8

Trimble TX8 (Obr. 5) je pulzní laserový skener s dosahem 120 m, rychlostí měření 1 000 000 bodů za sekundu a zorným polem $360^\circ \times 317^\circ$ s přesností < 2 mm. Volitelně lze nastavit prodloužený dosah až na 340 metrů. Přístroj váží 11 kg a je vybaven laserem třídy 1, který je neviditelný a pro lidské oko bezpečný v souladu s IEC EN60825-1. Dále dvouosým kompenzátorem a barevným dotykovým displejem [9].



Obr. 5 - Trimble TX8



2.2.2. FARO Focus3D X 130

FARO Focus3D X 130 (Obr. 6) je fázový skener s rozsahem 0,6 až 130 m a přesností ± 2 mm. Zorné pole přístroje je $360^\circ \times 300^\circ$ a dokáže měřit s rychlostí 976 000 bodů za sekundu. Rozměry skeneru jsou 240 x 200 x 100 mm a váží 5,2 kg. Dále je přístroj vybaven dvouosým kompenzátorem, dotykovým displejem pro snadné ovládání a integrovaným GPS přijímačem [10].



Obr. 6 - FARO Focus3D X 130

2.3. Měření

2.3.1. Rekognoskace měřeného prostoru

Před samotným skenováním bylo nutné provést rekognoskaci měřeného prostoru a vybudování bodového pole, aby mohlo být výsledné mračno získané skenováním připojeno do státního souřadnicového systému jednotné trigonometrické sítě katastrální (dále S-JTSK) a výškového systému Balt po vyrovnání (dále Bpv). Rekognoskace byla provedena 11. 2. 2016. V rámci rekognoskace byla provedena prohlídka katedrály a přilehlých chodeb v patře 0m a patrech +20m a +40m. Jednotlivá patra jsou spojena schodištěm vybudovaným v šibíku¹ a nalézajícím se v blízkosti katedrály. Vzhledem k členitosti a stáčení chodeb bylo navrženo, že se měření v chodbách bude provádět trojpodstavcovou soupravou a povede se polygonový pořad, jehož sousední stanoviště se budou signalizovat pomocí kulových

¹ Šibík - důlní šachta propojující jednotlivá důlní patra bez vyústění na zemském povrchu



terčů. Jednotlivé patra pak budou spojena překrytovou oblastí a pomocí identických bodů v katedrále, do níž bude ze všech pater měřeno.

Po úvaze o rozmístění stanovisek skenování bylo v katedrále za pomoci techniků z URC Josef osazeno 6 trnů pro uchycení signalizačních terčů (Obr. 7). Tyto body budou součástí důlního bodového pole a budou sloužit jako identické body pro registraci jednotlivých skenů v katedrále a pro finální transformaci do S-JTSK a Bpv.

2.3.2. Skenování

Skenování bylo provedeno 7. 3. 2016 společně s Bc. Zbyňkem Pražákem a vedoucím práce Ing. Tomášem Křemenem. Celkově bylo naměřeno 45 skenů. Měření bylo rozděleno na 4 části, a to na jednotlivá patra 0m, +20m, +40m a na zaměření katedrály. Přístrojové vybavení:

- skener Trimble TX8 (v.č. 94510081)
- skener FARO Focus3D X130 (v.č. LLS071507157)
- 4 x stativ
- 12 x kulové terče pro skenování (průměr 145 mm)
- 2 x kulové terče pro skenování (průměr 198,8 mm)
- 3 x trojnožka
- 6 x signalizační terč

Z důvodů časové úspory a možnosti rozdělení se na dvě měřické čety s využitím obou skenerů bylo měření v patře +40m a katedrále prováděno současně.

část	počet skenů	přístroj
patro 0m	12	FARO Focus3D X130
patro +20m	12	FARO Focus3D X130
patro +40m	18	FARO Focus3D X130
katedrála	3	Trimble TX8

Tab. 1 - Rozdělení měření

Pro skenování katedrály byl zvolen skener Trimble TX8 z důvodu rychlosti skenování při nastavení největší hustoty skenování. Na trny, vybudované během rekognoskace, byly nasazeny signalizační terče (Obr. 8) a natočeny tak, aby směřovaly k prvnímu stanovisku.



Stativ byl hrubě zhorizontován pomocí krabicové libely na trojnožce a po nasazení přístroje byl jemně dohorizontován pomocí elektronické libely. Po založení nového projektu byla nastavena úroveň skenování na „Level 3“, podrobné parametry jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Parametry skenu	Level 3
Max. dosah	120 m
Hustota na 30 m	5,7 mm
Rychlost skenování	1 mil. bodů/s
Doba skenu	10 min
Počet bodů	555 mil.

Tab. 2 - Parametry skenování Trimble TX8

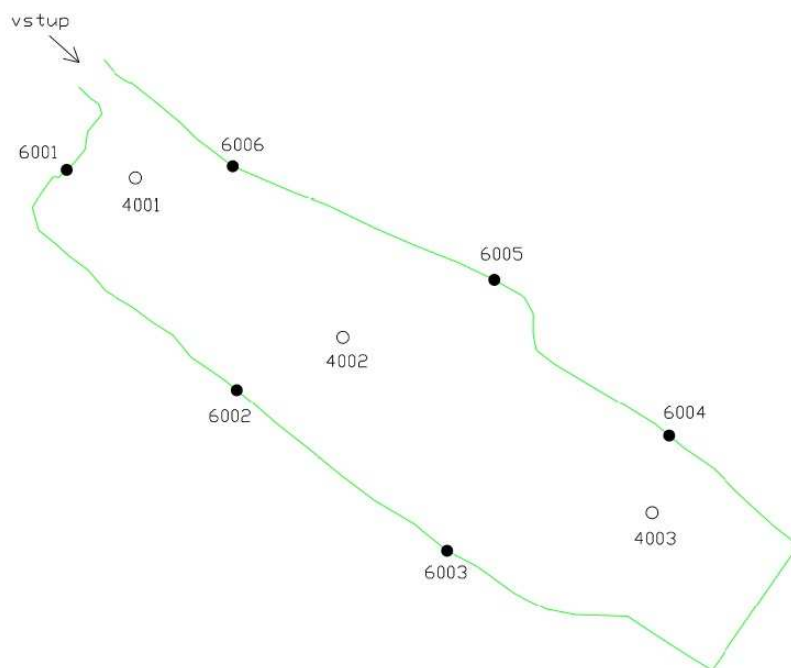


Obr. 7 - Trn pro uchycení signalizačních terčů



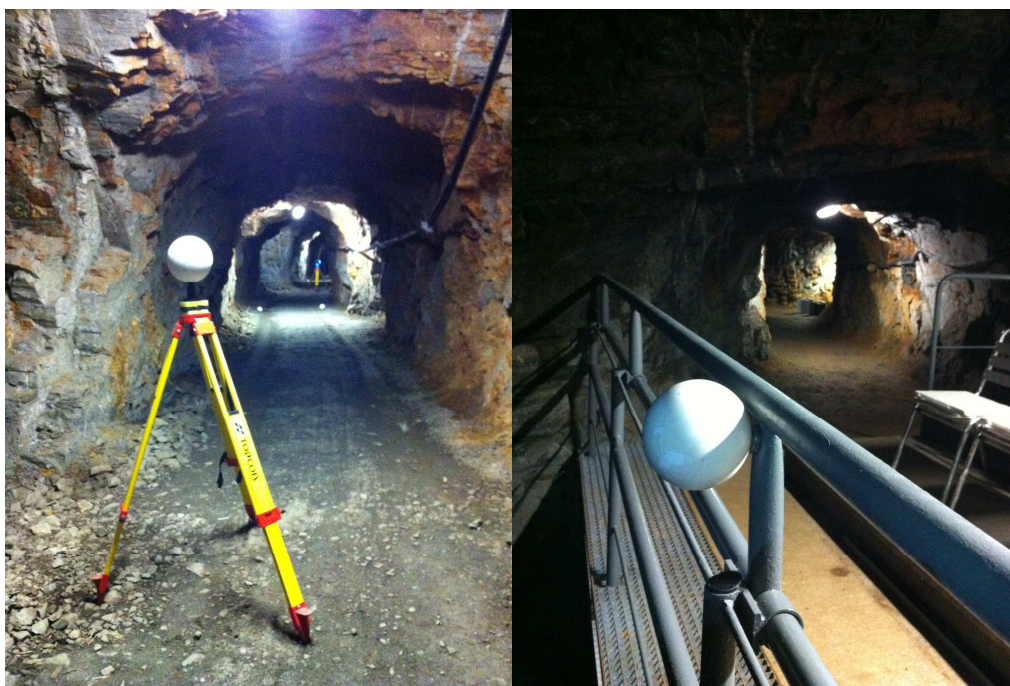
Obr. 8 - Signalizační terč

S tímto nastavením byly v katedrále pořízeny 3 skeny z různých stanovisek (Obr. 9) rozmístěných tak, aby skeny pokryly celý prostor. Zorné pole bylo nastaveno na maximální hodnotu 360° x 317°. Mezi jednotlivými stanovisky bylo vždy zapotřebí natočit signalizační terče kolmo ke směru paprsku vysílaného z dalšího postavení skeneru, aby byla naskenována celá plocha terčů a bylo možné je při zpracování vymodelovat a použít jako identické body pro registraci a transformaci.



Obr. 9 - Schéma rozmístění stanovišek a identických bodů - Katedrála

K naskenování přilehlých chodeb v patrech 0m, +20m a +40m byl použit skener FARO Focus3D X130, který byl zvolen z důvodu snadnější manipulace díky jeho rozměrům a váze. V každém patře byl veden polygonový pořad, na jehož vrcholech bylo stanoviško, ze kterého byl zaměřen sken. Sousední body polygonu byly signalizovány pomocí kulových terčů pro skenování o průměru 198,8 mm na stativěch (Obr. 10). Měření bylo provedeno pomocí trojpodstavcové soupravy. Aby byla zajištěna možnost spojení jednotlivých skenů, byly vždy mezi dvě sousední stanoviška polygonu položeny nebo, pokud to bylo možné, pomocí magnetů připevněny na vhodnou kovovou konstrukci dva kulové terče o průměru 145 mm (Obr. 11). Protože tyto terče budou během zpracování použity jako identické body pro registraci, bylo důležité, aby nedošlo ke změně polohy těchto kulových terčů, dokud nebyla naskenována obě sousední stanoviška.

Obr. 10 Kulový terč $\varnothing 198,8$ mmObr. 11 - Kulový terč $\varnothing 145$ mm, bod 6202

Při skenování s přístrojem FARO Focus byl použit přednastavený profil skenování s úrovní rozlišení 1/8, při které má jeden sken 11.1 mil. bodů. Tato úroveň je výrobcem doporučena jako vhodná pro skenování vnitřních prostor, kde předmět je vzdálen do 10 m, což v případě skenování chodeb platí [11]. Z těchto přednastavených hodnot byla změněna kvalita z 6x na 4x. Podrobně jsou parametry skenování uvedeny v tabulce č. 3.

Parametry skenu	Rozlišení 1/8	Rozlišení 1/8
Kvalita	6 x	4 x
Hustota na 10 m	12,272 mm	12,272 mm
Rychlost skenování	122 tis. bodů/s	122 tis. bodů/s
Doba skenu	8 min	3 min
Počet bodů	11,1 mil.	11,1 mil.
Redukce šumu	2 x	-

Tab. 3 - Parametry skenování FARO Focus3D X130



Během měření byl vyhotovován náčrt se zákresem stanovisek. Aby bylo měření přehledné, byl zaveden následující systém číslování stanovisek a identických bodů.

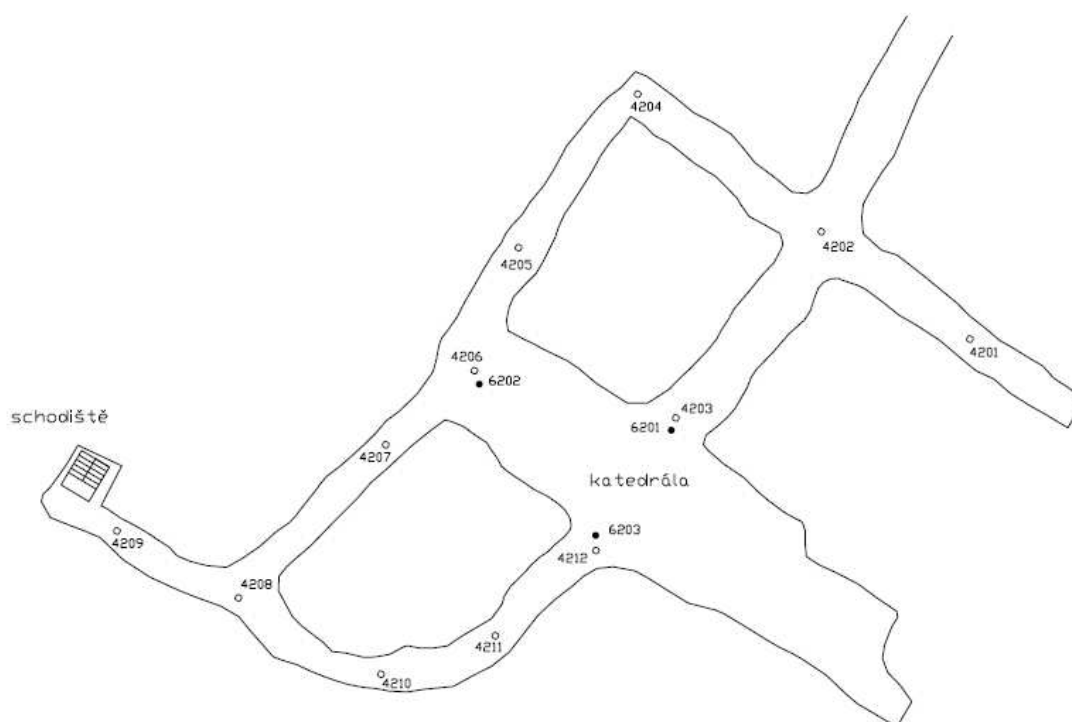
TPCC T - 4 = stanovisko, 5 = identický bod, 6 = bod v katedrále
P - (0,2,4) značí patro
CC - vlastní číslo v rámci patra vždy od 0

Parametr kvalita určuje hodnotu redukce šumu a přesnost měření, má však taky zásadní vliv na dobu pro pořízení jednoho skenu. Vzhledem k účelu, pro které bylo měření prováděno, byla snížena hodnota kvality již u druhého skenu z hodnoty 6 na 4. Tím byla doba měření jednoho skenu zkrácena na 3 min. Hodnota kvality 6 byla znovu použita pouze u stanovisek, u kterých bylo zvoleno jako vhodné změření skenu s větší přesností. Hodnota kvality skenu je uvedena v názvu ScanWorldu v databázi, která je přílohou na DVD.

V každém patře byl veden polygonový pořad tak, aby byly naskenovány všechny přístupné prostory. Některé slepé rozrážky jsou z bezpečnostních důvodů zatím uzavřeny. U těchto případů byla snaha o umístění stanoviska polygonu tak, aby bylo vidět co nejvíce z uzavřené oblasti.

V patře +40m byl polygonový pořad veden od konstrukce, ze které je vidět do katedrály, chodbou okolo schodiště až k východu ze štoly, který je na úbočí Koňského vrchu. V zatáčce, u vrcholu polygonu 4410, je bod bodového pole. Aby bylo možné tento bod použít jako identický bod pro transformaci do S-JTSK a Bpv, bylo další stanovisko 4411 umístěno v blízkosti tak, aby na něm byl bod bodového pole dobře vidět. Schéma s polohou stanovisek je v příloze P3.

V dalším zaměřovaném patře +20m byly 3 kulové terče připevněny pomocí magnetu na zábradlí tak, aby směřovaly do katedrály. Tyto body byly naskenovány i při zaměření druhým skenerem, který byl umístěn dole v patře 0m, a proto bude možné je použít při zpracování jako identické body mezi patrem +20m a katedrálou. Jejich umístění a schéma s polohou stanovisek (Obr. 12) je v příloze P2.



Obr. 12 - Schéma patra +20m

V patře 0m byl polygon veden od katedrály k páteřní štole. Ta již byla Fakultou stavební naskenována, a tak bude možné zde přes překrytovou oblast měření propojit. Z posledního stanoviště 4011 byl naskenován nivelační bod, který bude použit pro transformaci do S-JTSK a Bpv. Schéma patra 0m je v příloze P1.



3. Zpracování měření

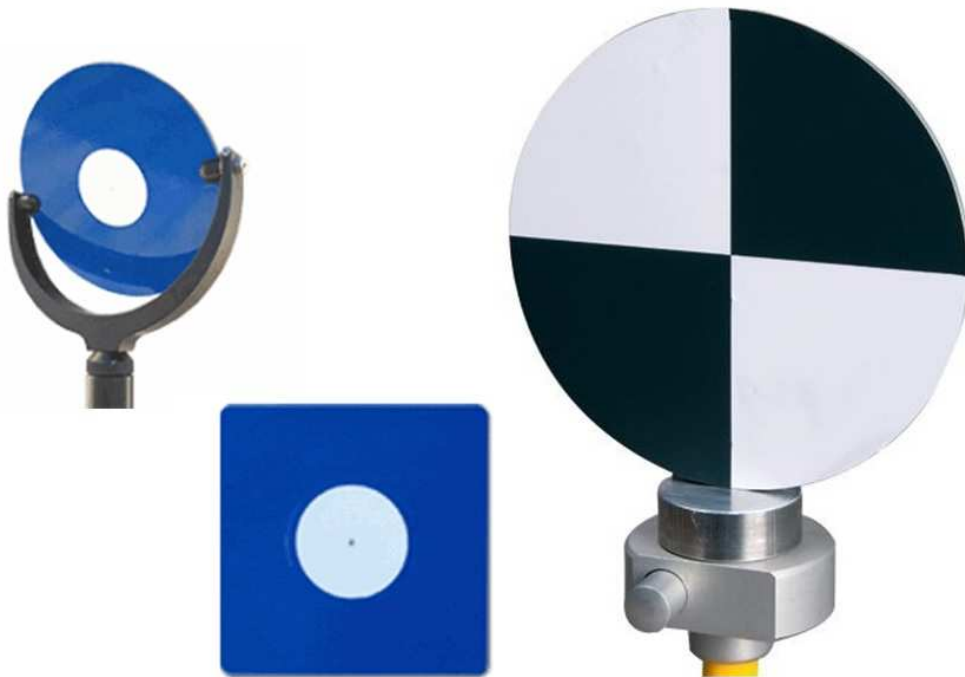
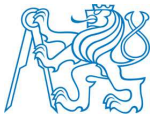
V následující kapitole jsou obecně popsány některé části zpracování naměřených dat z 3D skenování a principy, na kterých fungují. Dále pak podrobně popsán postup zpracování naměřených dat od stažení surových dat z přístrojů, jejich čištění, registrace a transformace výsledného mračna do S-JTSK a Bpv. Veškeré postupy a ukázky uvedené v této kapitole jsou z programu Cyclone, kromě vytvoření mračna bodů a nalezení signalizačních terčů, které bylo uděláno v programu Trimble RealWorks.

3.1. Registrace skenů - obecně

Výsledkem měření 3D skenerem jsou mračna bodů, kde každé mračno je ve vlastní souřadnicové soustavě příslušného skenu. K získání jednoho homogenního mračna je zapotřebí provést tzv. registraci skenů, což znamená transformovat jednotlivé skeny do společné souřadnicové soustavy, a to buď pomocí identických bodů, nebo měřeného překrytu.

3.1.1. Registrace pomocí identických bodů

Jako identické body pro registraci skenů lze využít buď přirozeně signalizované body, jejichž polohu lze modelováním přesně určit a zároveň zaměřit, nebo využít signalizaci umělou. Jako umělé signály se používají kulové terče a různé typy plochých terčů (Obr. 13). Identické body lze využít buď pro spojení jednotlivých skenů, nebo pro transformaci spojeného mračna do zvolené referenční souřadnicové soustavy. Vždy je důležité, aby během měření ze všech stanovisek, ze kterých je příslušný bod vidět, nedošlo ke změně jeho polohy. Rozmyšlení nad signalizací a rozmístěním identických bodů je jeden z kroků prováděných při měření skenovacím systémem, který by měl být proveden před samotným měřením. Správně zvolená a provedená signalizace identických bodů ovlivňuje přesnost spojení jednotlivých mračen, a tak i celkového zpracování.



Obr. 13 - Signalizace identických bodů

Při spojování skenů pomocí identických bodů dochází k výpočtu prostorové transformace. Transformační klíč je určen z dvojích souřadnic identických bodů s vyrovnáním metodou nejmenších čtverců (dále MNČ). Obecně je lineární transformace v trojrozměrném prostoru dána následující rovnicí:

$$\mathbf{X} = \mathbf{M} \cdot \mathbf{R} \cdot \mathbf{x} + \mathbf{T} \quad \text{kde } \mathbf{x}, \mathbf{X} \dots \text{vektory souřadnic}$$

$\mathbf{M} \dots$ matice měřítkových koeficientů
 $\mathbf{R} \dots$ matice rotací
 $\mathbf{T} \dots$ vektor translací

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}, \quad \mathbf{x} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}, \quad \mathbf{T} = \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{pmatrix}, \quad \mathbf{M} = \begin{pmatrix} m_x & 0 & 0 \\ 0 & m_y & 0 \\ 0 & 0 & m_z \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix}$$



Lineární transformace se dělí podle typu použitých měřítek na afinní, podobnostní a shodnostní. Podrobně jsou všechny typy popsány v [7].

3.1.2. Registrace na základě překrytu

Při registraci skenů na základě jejich překrytového území, což je oblast, která je zaměřena na více skenech, se opět využije prostorová transformace. Pro určení transformačního klíče se obvykle používá metoda minimální vzdálenosti povrchů v překrytových oblastech. Tento způsob registrace dokáže dnes již většina programů sloužících pro zpracování dat ze skenování, oproti využití identických bodů však vykazuje nižší přesnost a může i v některých případech selhávat.

Transformační rovnice jsou stejné jako při použití identických bodů, pro jejich výpočet se obvykle využívá ICP (Iterative Closest Point) algoritmus. Tento algoritmus rozdělí body na dvě množiny P a Q a dále pak pracuje tímto způsobem [7]:

- Pro každý bod množiny kP se nalezne nejbližší bod z množiny Q
- Vypočítá se transformační klíč bodů na určené nejbližší body
- Body z množiny kP se přetransformují na takto určenou pozici $= {}^{k+1}P$
- Postup se iteračně opakuje, dokud se hodnota vzdálenosti mezi body v množinách ${}^{k+1}P$ a Q nesníží o méně než zvolenou hodnotu ϵ

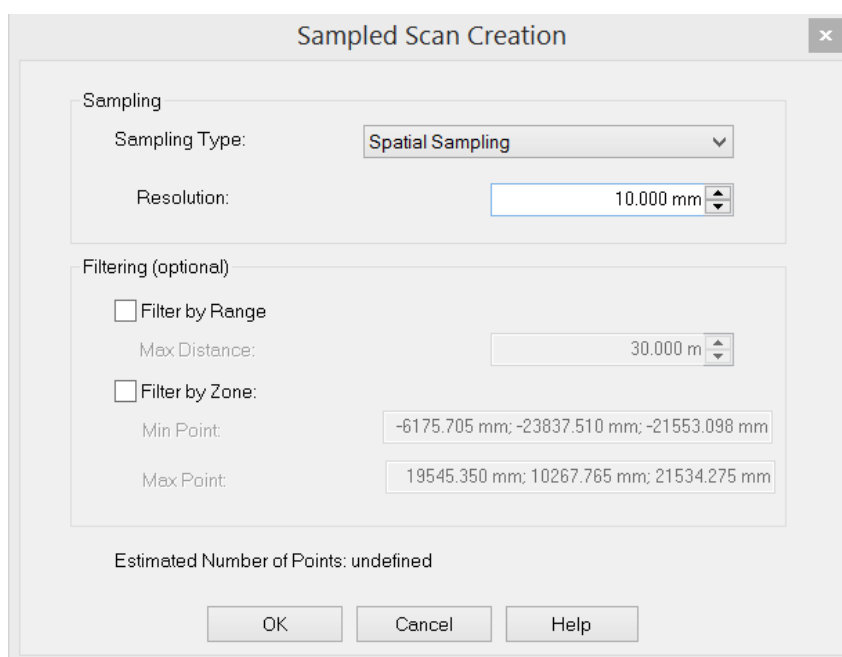
Podrobně je princip ICP algoritmu popsán v [12].



3.2. Vytvoření mračna bodů v programu Trimble RealWorks

Oba použité skenery mají jiné formáty, ve kterých ukládají data. Aby byla data sjednocena do stejného formátu a bylo možné s nimi dále pracovat v programu Cyclone jako s mračny bodů, bylo potřeba je nejdříve naimportovat do programu Trimble RealWorks, ze kterého byly po redukci dat vyexportovány ve formátu .ASC.

Nejprve byl vytvořen nový projekt v programu Trimble RealWorks, do kterého byly postupně naimportovány jednotlivé skeny ve formátu .fls stažené ze skeneru FARO. Program ukládá naimportované skeny do formátu .tzf. Data ze skeneru Trimble TX8 byly ve formátu .rwi, který lze otevřít přímo jako projekt. Při vytváření jednotlivých mračen bodů byla zároveň data redukována na zvolenou hustotu. U obou skenerů byla během měření nastavena jiná hustota skenování, u skeneru FARO to bylo 12,272 mm na 10m a u skeneru Trimble TX8 5,7 mm na 30m. Hustota skenování je závislá na vzdálenosti skenovaných předmětů od skeneru, a proto jsou blízké předměty naskenovány s nadbytečnou hustotou. Aby byl zmenšen objem dat a usnadněno další zpracování, byla hustota při vytváření mračna bodů pomocí funkce *Sampled Scan Creation* (Obr. 14) zvolena na hodnotu 10 mm. Tato hustota je pro zachování přesnosti potřebné pro další zpracování dostačující.

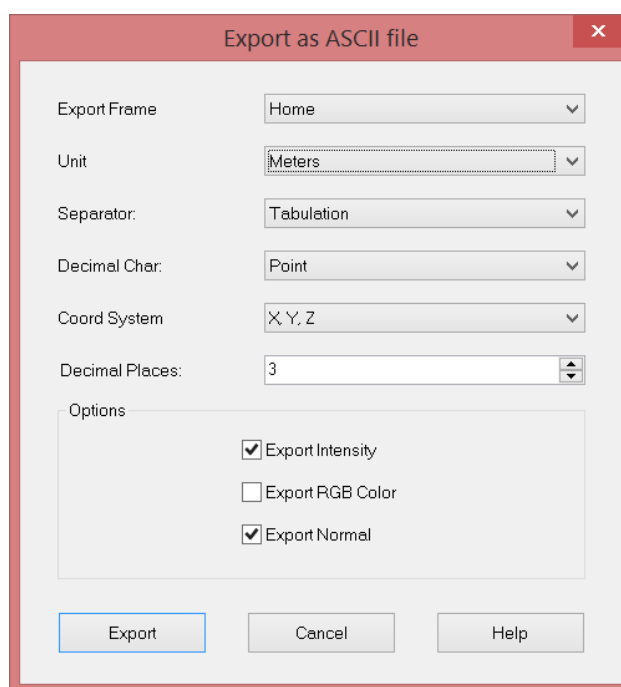


Obr. 14 - Redukce dat na 10 mm



Skeny ze skeneru FARO Focus3D X130 nemají polohu přístroje v počátku souřadnicové soustavy, ale na zvolených hodnotách X, Y a u každého skenu mají jinou hodnotu Z-ové souřadnice. Aby nevznikly během zpracování komplikace zapříčiněné načítáním velkých hodnot souřadnic, byly souřadnice redukovány tak, že byl počátek (poloha skeneru) nastaven na souřadnice $X = 0, Y = 0$.

Po těchto úpravách následoval export dat pomocí funkce *Export as ASCII file* (Obr. 15), kde bylo nastaveno, aby program ukládal sedm údajů o každém bodě. Jsou to souřadnice X, Y, Z [m], intenzita [0,255] a hodnoty normálového vektoru nX, nY, nZ [m].



Obr. 15 - Export dat

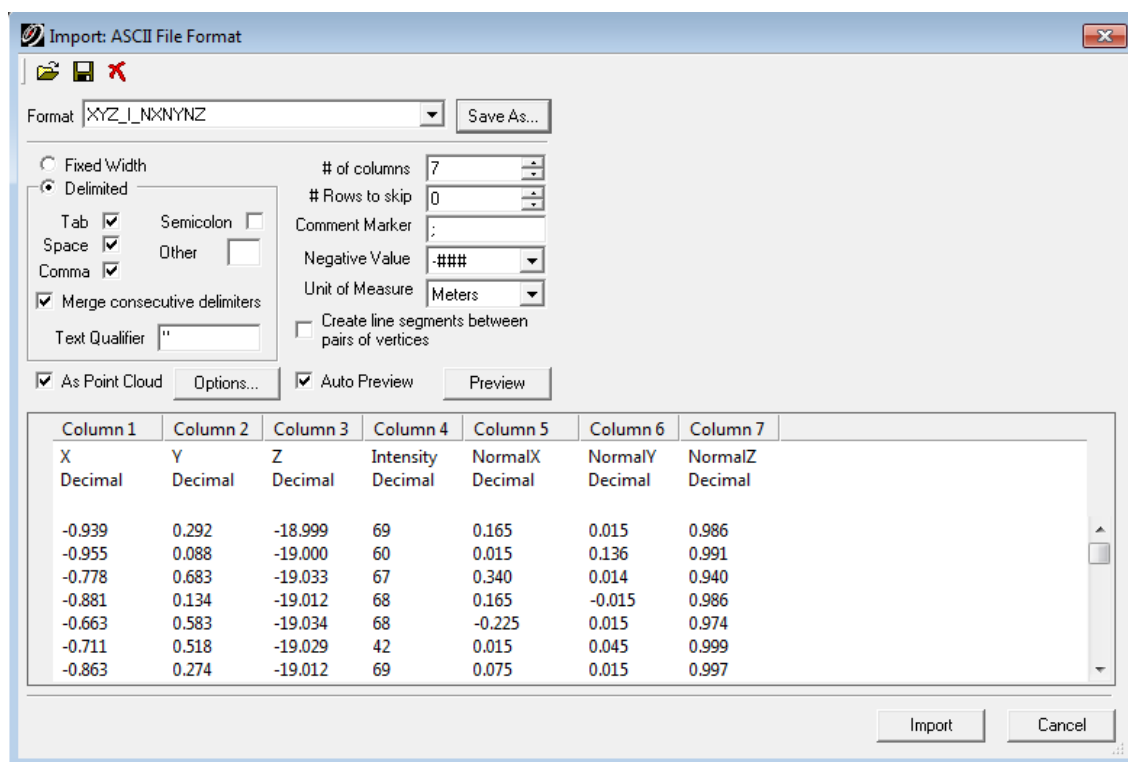
3.3. Úprava dat

Další zpracování proběhlo v programu Cyclone, do kterého byly naimportovány redukovaná mračna. Během úprav byly skeny tzv. očištěny, vymodelovány identické body a vloženy body polygonu pro následnou registraci.



3.3.1. Import dat do programu Cyclone

Program Cyclone pracuje s daty v rámci databází, do kterých se importují jednotlivé mračna bodů v podobě tzv. *ScanWorldů*. Aby bylo zpracování přehledné, byly v programu Cyclone vytvořeny 4 databáze, 3 pro jednotlivé patra a 1 pro katedrálu. Pro import dat byla vytvořena maska odpovídající jejich formátu. Jde o nastavení počtu sloupců s označením, co který sloupec obsahuje, rozsahu hodnot intenzity na použité jednotky a další parametry (Obr. 16). Takto vytvořená maska byla uložena jako "xyz_i_nxnynz.afm" a použita pro import všech mračen. Aby bylo možné mračna naimportovat, bylo ještě potřeba změnit přípony souborů z *.asc* na *.txt*.



Obr. 16 - Import dat v programu Cyclone

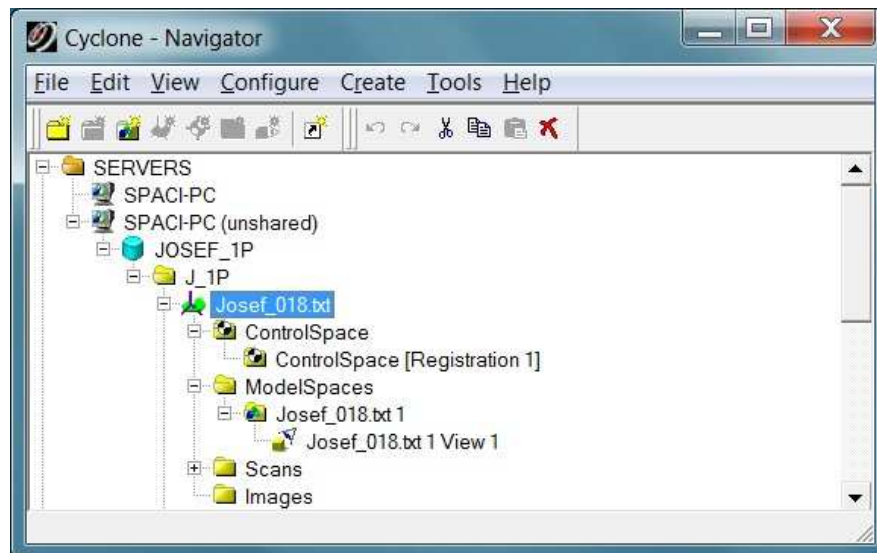
Protože je každý sken ve vlastní souřadnicové soustavě, musí být pro každé mračno vytvořen samostatný *ScanWorld*. Příklad je na obrázku č. 17 a jeho struktura je následující:

- ControlSpace - Obsahuje upravené mračno pro registraci obsahující identické body
- ModelSpace - Slouží pro modelování identických bodů a úpravy mračen
- Scans - Údaje o naskenovaných mračnecích z jednoho stanoviska



- Images - Fotografie pořízené skenerem během měření

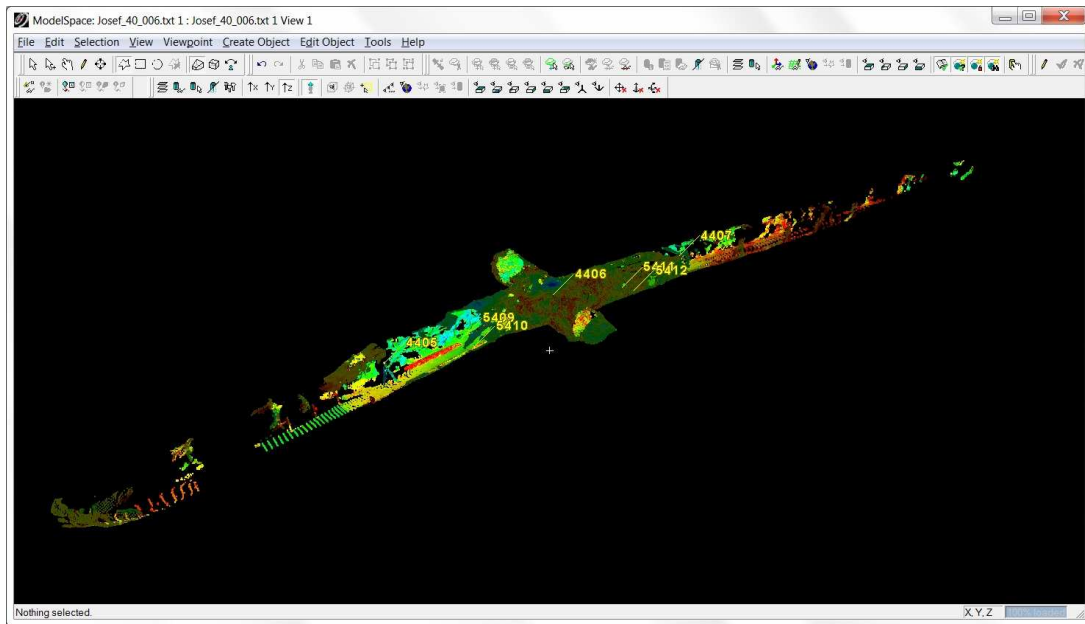
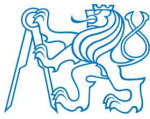
Podrobněji jsou pracovní prostředí a struktura dat popsány v [13].



Obr. 17 - Struktura ScanWorldu

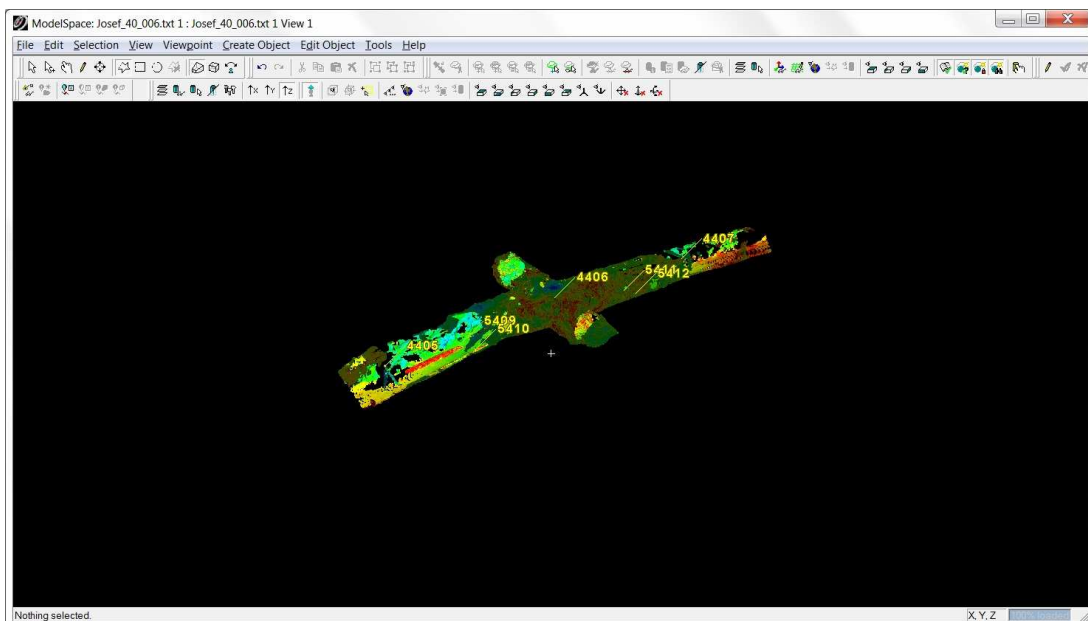
3.3.2. Čištění dat

Během čištění dat byly z jednotlivých skenů odstraněny předměty, které byly naskenovány, ale nejsou součástí skenovaného prostoru, jako například krabice od strojů, osoby a další. Ve skenech z rovných chodeb byly také odstraněny body ležící za překrytovou oblastí se sousedními skeny (Obr. 18 a Obr. 19), protože úhly odrazu těchto vzdálených bodů byly příliš ostré a mohly by mít nižší přesnost a vnést chyby do celkového mračna po registraci.

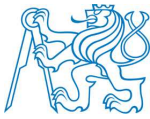


Obr. 18 - Sken před očištěním

Pro odstraňování bodů byla použita funkce výběru *Polygonal Fence Mode* a následné rozkliknutí nabídky pod pravým tlačítkem myši a zvolení *Fence - Delete Inside*.



Obr. 19 - Sken po očištění



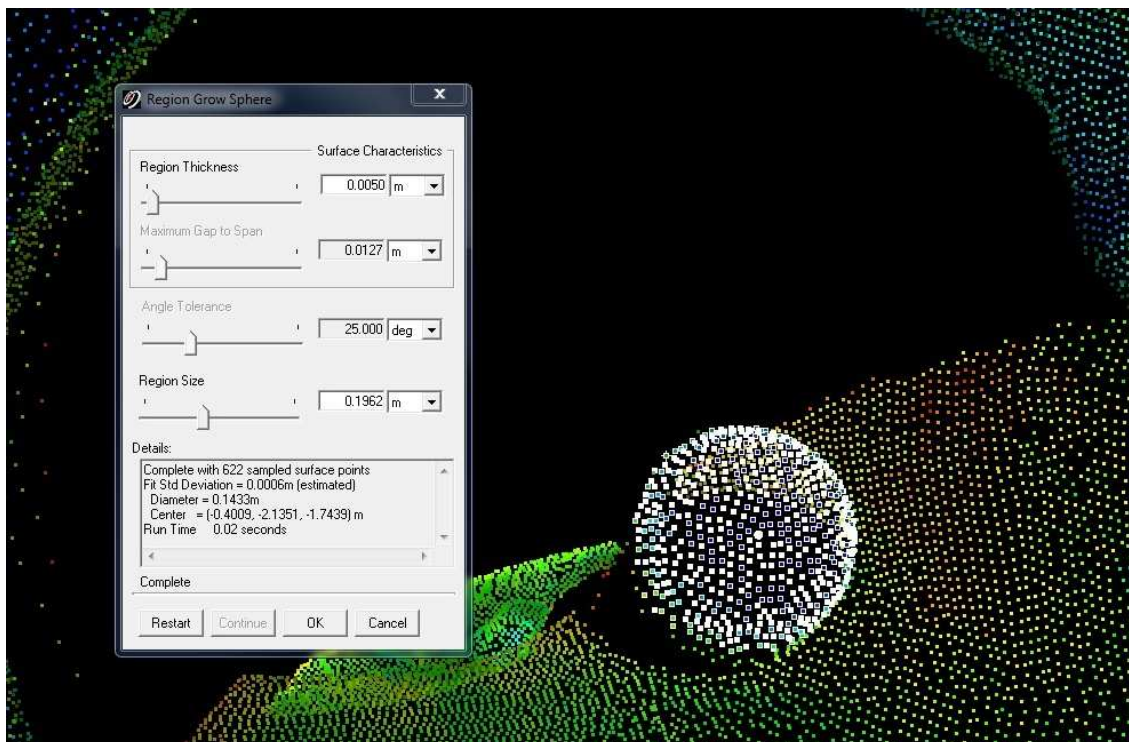
3.3.3. Modelování identických bodů

Aby bylo možné spojit mračna pomocí identických bodů a bodů polygonu, které během měření představovaly kulové terče pro skenování a jsou naskenovány v každém mračnu, je potřeba tyto terče vymodelovat a do jejich středu vložit bod. Program dokáže plochu terče vymodelovat automaticky po označení bodů, které na ní leží. Přesnější určení jejího středu však dosáhneme, pokud známe její průměr. Hodnoty průměrů obou použitých typů kulových terčů byly známy. U menších, které byly pokládány mezi stanoviska, je to 145 mm a větší, které byly použity pro signalizaci bodů polygonu, je to 198,8 mm. Postup pro vymodelování kulových terčů je následující:

- Nastavení průměru kulového terče v záložce *Edit - Object Preferences*, zvolit *Object Type: Sphere* a zadat hodnotu průměru
- Označení bodu ležícího na kouli
- Použití funkce v záložce *Create Object - Region Grow - Sphere* a její potvrzení *OK*
- Po označení vymodelovaného terče vložení čísla identického bodu v záložce *Tools - Registration - Add/Edit Registration Label*

Protože byly modelovány dva typy kulových terčů, bylo nutné hlídat správné nastavení průměru a kontrolovat tuto hodnotu u již vytvořených koulí v tabulce *Object Info*, která se nachází v nabídce po kliknutí pravým tlačítkem myši při označení kontrolovaného terče. Během vytváření terče funkcí *Sphere* se otevře nabídka (Obr. 20), kde je možné pomocí ukazatele *Region Size* měnit maximální vzdálenost bodů ležících na kouli od námi zvoleného bodu. Při změně této hodnoty lze pozorovat vybírání nebo rušení výběru bodů, které budou použity pro proložení terče s námi zadaným průměrem. Díky tomu můžeme jednoduše modelovat kulové terče jen z bodů, které na nich opravdu leží.

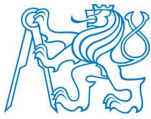
Aby při registraci program automaticky rozpoznal vazby mezi jednotlivými skeny, bylo důležité očíslovat stejné identické body stejnými čísly. Číslování bylo provedeno pomocí funkce *Add/Edit Registration Label*, která se nachází v záložce *Tools - Registration*. Pro číslování bodů byl použit systém popsáný v kapitole 2.3.2.



Obr. 20 - Modelování identických bodů

Tímto způsobem byly kulové terče vymodelovány ve všech mračnecích. Pro získání vzájemných vazeb sousedních bodů polygonu bylo ještě potřeba pomocí funkce v záložce *Create Object - Insert - Vertex* vložit do každého mračna bod tak, aby ležel v místě polohy skeneru během měření. Aby bylo možné do každého skenu vložit bod do polohy skeneru o souřadnicích (0,0,0), musela by být redukována i souřadnice Z na hodnotu 0. Na to však bylo při vytváření mračen bodů v programu Trimble RealWorks zapomenuto, a tak musely být hodnoty Z-tových souřadnic přístroje v jednotlivých skenech zjištěny z projektu v programu Trimble RealWoks v okně *Properties*. Souřadnice polohy přístroje, do kterých byly v příslušných skenech vloženy body a očíslovány, jsou uvedeny v příloze P4.

Jako identické body při zaměření katedrály byly použity signalizační terče nasazené na bodech tvořených trny ve skále. Protože mračna byla vyexportována s hustotou 10 mm a odrazný terč je kružnice o poloměru 3 cm, jsou terče v mračnecích zobrazeny pouze několika body a nelze vymodelovat jejich přesný střed. Souřadnice středů terčů v jednotlivých skenech z měření katedrály tak byly určeny na panoramatických pohledech na mračno (Obr. 21) pomocí funkce pro automatické vyhledávání cílů *Auto-extract Targets* v programu Trimble RealWorks. Vyhledání bylo provedeno na skenech před redukcí dat.



Takto získané body byly vloženy do příslušných skenů a očíslovány. Body a jejich souřadnice jsou uvedeny v příloze P5.



Obr. 21 - Vyhledání černobílých terčů, Trimble RealWorks

3.4. Registrace

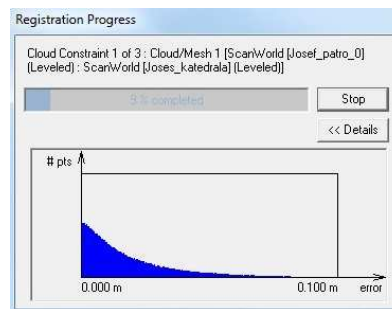
Pro získání výsledného mračna bodů přímo v S-JTSK a Bpv byla registrace rozdělena do dvou bloků. Jako první byly spojeny 3 skeny naměřené v katedrále přístrojem Trimble TX8 pomocí identických bodů. Do druhé a zároveň celkové registrace byl zahrnut již spojený model katedrály, všechny zbývající skeny ze všech pater a sken obsahující body bodového pole se souřadnicemi JTSK a Bpv. V druhém bloku registrace byly jednotlivé vazby mezi skeny získány pomocí identických bodů a jedna vazba vytvořena pomocí překrytového území.

3.4.1. Popis registrace

Pro vytvoření registrace v programu Cyclone musí být v dané databázi založena nová registrace pomocí *Create - Registration*. Při registraci lze spojovat pouze skeny, které obsahuje daná databáze. Při kopírování skenů z jiných databází lze nakopírovat sken jako jeho plnou kopii nebo pouze jako referenci z jiné databáze. Po otevření založené registrace se její průběh skládá z následujících funkcí:



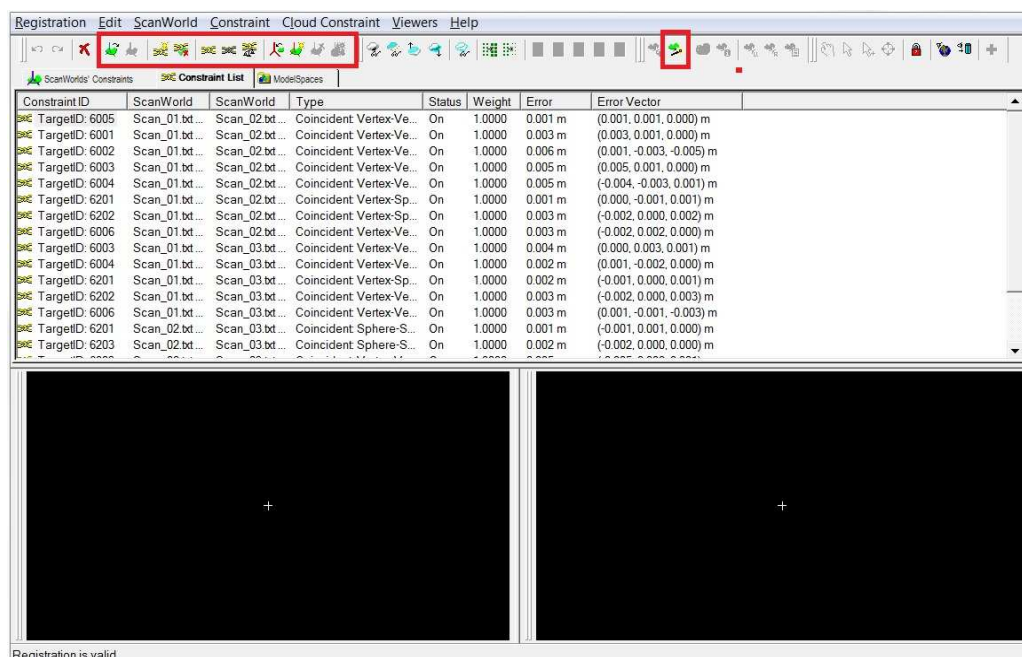
- *Add ScanWorld* - pro přidání skenů, které chceme do registrace zahrnout. Pokud je během měření skenerem zapnutý kompenzátor, jsou naměřené skeny horizontované. Pro zjednodušení výpočtu transformace se u takto naměřených skenů zkontroluje, jestli mají po vložení do registrace v názvu v závorce *Leveled*. Všechny skeny naměřené v této práci jsou horizontované.
- *Set Home ScanWorld* - pomocí této funkce nastavíme tzv. domácí sken, který bude během registrace brán jako výchozí a do jehož souřadnicové soustavy budou ostatní skeny natransformovány.
- *Auto-Add Constraint* - slouží pro automatické načtení vazeb mezi identickými body. Pro jejich kompletní a správné získání je důležité při vytváření identických bodů zachovat jejich číslování v jednotlivých skenech.
- *Cloud Constraints Wizard* - používá se pro získání vazeb na základě překrytového území. Při zvolení této funkce se otevře okno, ve kterém je potřeba zaškrtnout, mezi kterými skeny má vazba vzniknout. Dále se otevře pomocník pro vytvoření vazby a na zobrazených náhledech obou skenů je potřeba označit 3 přibližně totožné body v obou skenech. Pro hrubou kontrolu označení těchto bodů lze otevřít náhled jejich spojení pomocí funkce *Preview*. Vznik vazby je potřeba na závěr potvrdit kliknutím na *Constraint*.
- *Register* - vypočítá registraci. Po spočtení registrace se v záložce *Constraint List* zobrazí celkové chyby a jejich vektory na jednotlivých vazbách. Pokud registrace obsahuje vazby přes překrytové území, tak se během jejího výpočtu zobrazí dialog znázorňující iterace výpočtu, na kterém by při jejím správném vytvoření mělo být vidět, jak se chyby na bodech, přes které je vazba určována, zmenšují a blíží nule (Obr. 22).



Obr. 22 - Výpočet překrytové vazby

- *Registration - Show Diagnostics* - zobrazí protokol o registraci s celkovou její chybou, uvedeny jsou zde použité vazby s chybami a parametry transformací.
- *Registration -View Interim Results* - vytvoří náhled registrovaných skenů, na kterém si lze ověřit jejich správné spojení.
- *Create ScanWorld/Freeze Registration* - uzamkne registraci a vytvoří jeden spojený sken.

Při registraci lze kombinovat použití vazeb identických bodů s vazbami přes překrytové území. V záložce *Constraint List* ve sloupci *Weight* lze jednotlivým vazbám nastavit váhu, se kterou budou do výpočtu registrace zahrnuty. Hodnoty vah se nastavují v rozmezí 0-1 s tím, že 0 znamená, že vazba nebude mít na registraci žádný vliv. Popsané funkce je možné najít pod ikonami zvýrazněnými v obr. 23, který zobrazuje pracovní okno při registraci. Veškeré funkce je pak možné najít v roletových nabídkách v horní části okna.



Obr. 23 - Okno pro registraci

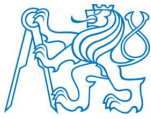
3.4.2. Postup registrace

Pro přehlednost a vzhledem ke zvolenému postupu současného připojení do S-JTSK a Bpv byla registrace rozdělena na dvě části. V první části byly nejdřív spojeny 3 skeny zobrazující oblast katedrály. Pro jejich spojení byly použity pouze vazby z identických bodů tvořené nově zbudovanými body důlního bodového pole v katedrále (6001-6006) a trojicí kulových terčů, které byly v patře +20m umístěny na ochranné zábradlí směrem do prostoru katedrály (6201, 6202 a 6203).

Registrace	Spojované mračna	Průměrná absolutní odchylka [m]
J_K	Scan_01 - Scan_03	0,003

Tab. 4 - Registrace první část

V druhé části registrace, do které vstupují všechny skeny z jednotlivých pater a již spojený sken katedrály, byla použita jedna vazba přes překrytovou oblast a všechny ostatní vazby získány z identických bodů jejich automatickým vyhledáním. Jedná se o propojení 3 vzájemně nezávislých pater a již spojené katedrály. Pro spojení patra 0m s katedrálou byly do prvního skenu polygonového pořadu v patře 0m (*Josef_030*) vloženy body 6001 a 6006, jejichž souřadnice byly získány pomocí funkce pro automatické vyhledávání cílů *Auto-*

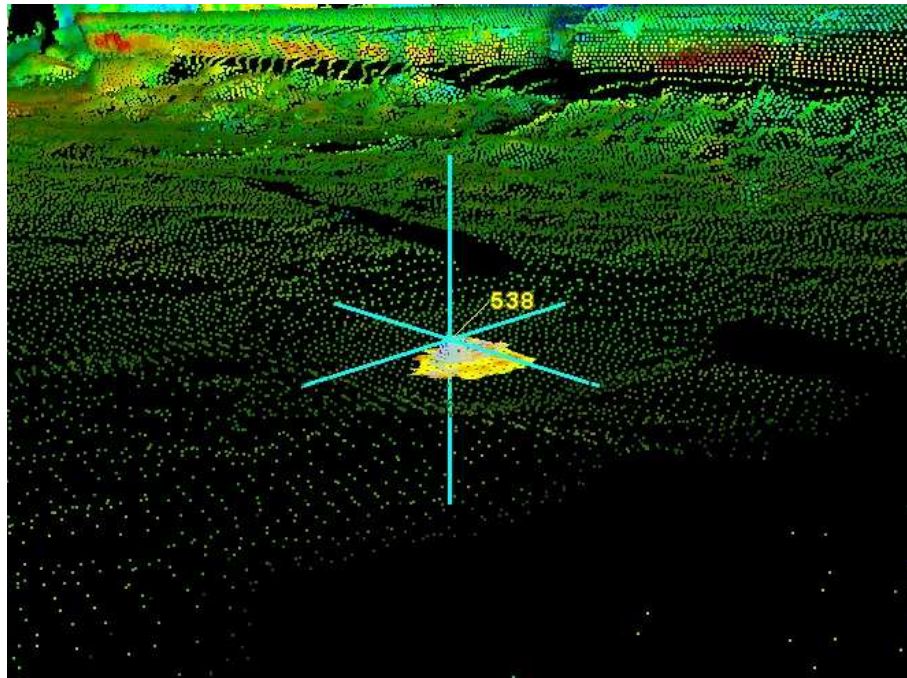
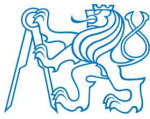


extract Targets v programu Trimble RealWorks na skenech před redukcí dat. Souřadnice těchto bodů jsou součástí přílohy P5. Patro +20m je s katedrálou spojeno pomocí trojice identických bodů (6201, 6202 a 6203), které byly umístěny na ochranných zábradlích v místech průniku chodeb s katedrálou. Spojení patra +40m a katedrály bylo provedeno přes překrytovou oblast, protože nebylo možné mezi první sken polygonu v tomto patře (*Josef_000*) a skeny měřené v katedrále umístit kulové terče.

Sousední skeny v jednotlivých patrech jsou mezi sebou spojeny minimálně 3 identickými body. Mezi sousední stanoviště polygonového pořadu byly vždy umístěny dva identické body tvořené kulovými terči. Třetím bodem pro spojení je sousední bod polygonu, který byl signalizován kulovým terčem na stativu.

Pro připojení do státního souřadnicového systému S-JTSK a výškového systému Bpv byly použity body důlního bodového pole, které nově vybudovali ve svých diplomových pracích Bc. Lukáš Vais a Bc. David Hanousek. Jedná se o 6 bodů v katedrále, jejichž umístění bylo voleno se zamýšleným využitím pro tuto práci. Z důvodu délky polygonových pořadů v patře +40m a patře 0m nebylo vhodné počítat tyto pořady jako volné. Pořady byly zpevněny pomocí dalších bodů důlního bodového pole a určeny jako vetknuté.

V patře +40m byly vymodelovány dva body. První v zatáčce chodby vedoucí od katedrály a směřující k ústí štoly na úbočí Koňského vrchu a druhý bod venku před ústím štoly. K vymodelování těchto bodů na příslušných skenech byla v programu Cyclone pomocí funkce *Fence* vybrána oblast, kde bod leží, a pomocí funkce *Copy Fenced to New ModelSpace* vložena do nového pracovního okna. Po označení všech bodů v novém pracovním okně byl pomocí funkce *Mesh - Create Mesh* v roletové nabídce *Tools* se zaškrtnutou volbou *TIN Meshing* vytvořen trojúhelníkový model. Pro lepší identifikaci bodu bylo změněno po pravém kliknutí na pracovní plochu a vybrání funkce *Edit Color Map* zobrazení barev na *Mode: Elevation Map* s krokem po 5 mm. Na takto vytvořeném modelu byl již jednoznačně identifikován bod důlního bodového pole a vložen do něj *Vertex* (Obr. 24). Při zavírání pomocného pracovního prostředí byla zaškrtnuta volba *Merge into original ModelSpace* pro vložení bodu do původního skenu.



Obr. 24 - Vymodelovaný bod 538

V patře 0m byl polygon veden od katedrály k páteřní štole. Jako koncový bod vetknutého pořadu byl v posledním skenu (*Josef_041*) vymodelován bod základního důlního výškového bodového pole HVB4. Postup vymodelování byl stejný jako při modelování bodů v patře +40m.

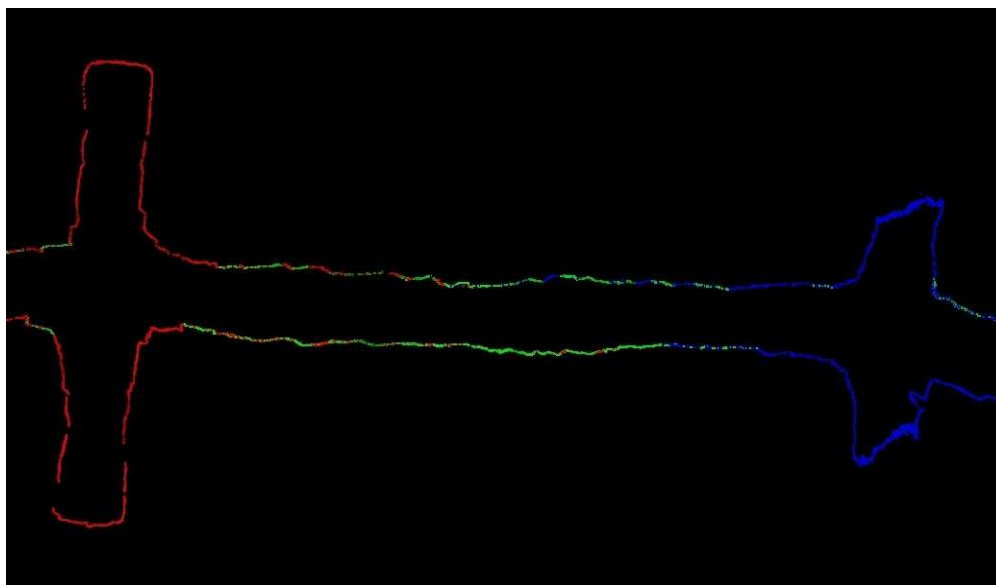
V prostředním patře +20m nebyly během měření signalizovány body bodového pole. Vazby získané z kulových terčů umístěných na zábradlích v tomto patře zajišťují jeho dostatečné spojení s oblastí katedrály.

Do druhé části registrace byl přidán sken (*BODY_SJTSK*) obsahující všechny body použité pro připojení do souřadnicového a výškového systému. Při vkládání bodů bylo pro dodržení matematické orientace os programu Cyclone nutno prohodit souřadnice X a Y a vložit je se záporným znaménkem. Souřadnice Z byla ponechána. Seznam souřadnic a výšek těchto bodů je v příloze P6. Během registrace byl tento sken nastaven jako domácí, čímž bylo zajištěno získání výsledného spojeného mračna v S-JTSK a Bpv. Celkový počet vazeb ve druhé části registrace je 231. Průměrná dosažená odchylka registrace jsou 2 mm, maximální hodnota odchylky je 9 mm. Dosažená přesnost registrace výsledného modelu je pro tvorbu důlní mapy dostačující.

Registrace	Spojované mračna	Průměrná absolutní odchylka [m]
Celina_vychod_JTSK	J_K, Josef_000 - Josef_041, BODY_SJTSK	0,002

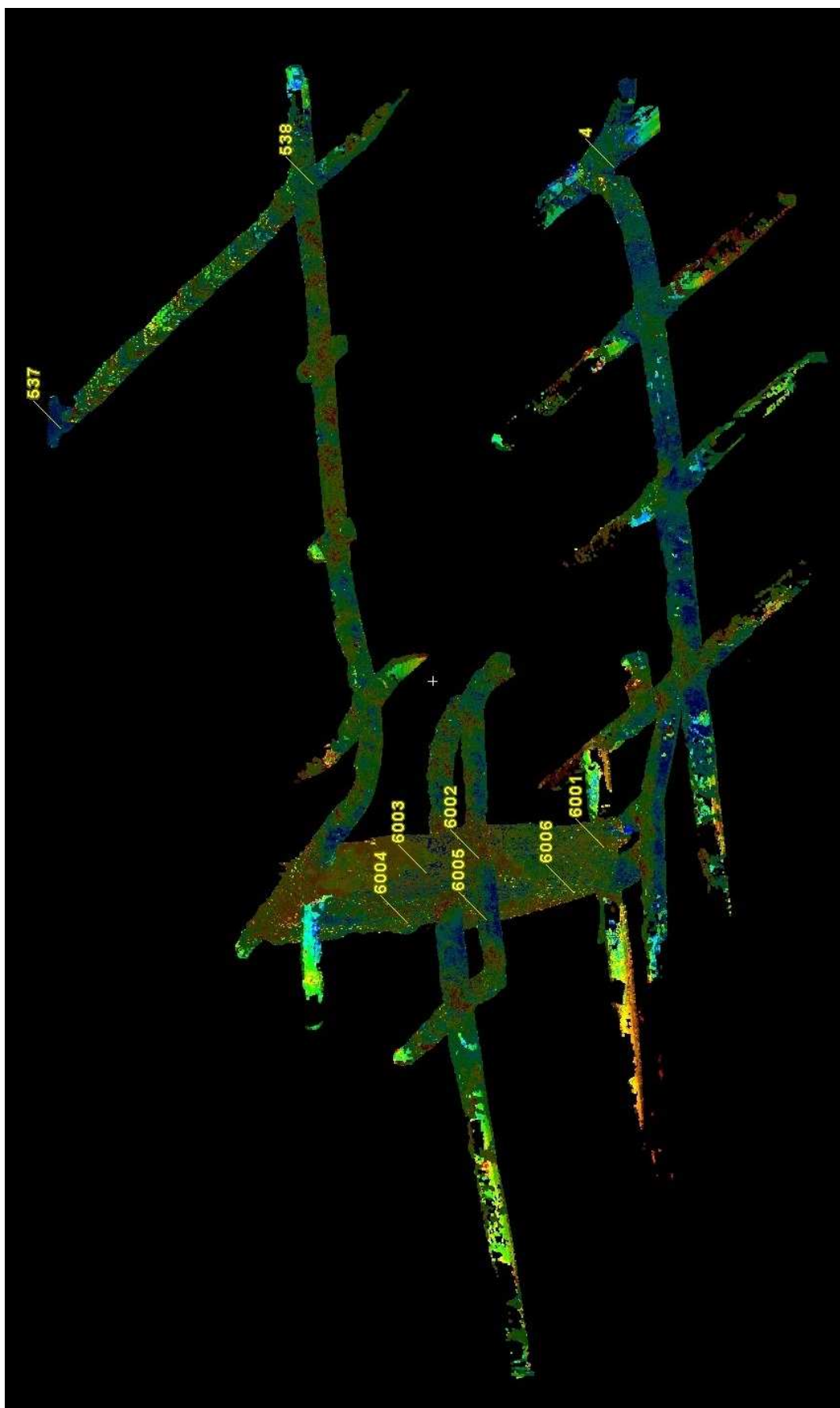
Tab. 5 - Registrace druhá část

Správné spojení skenů po registraci bylo kontrolováno pomocí horizontálních a vertikálních řezů. Horizontální řezy byly vedeny v každém patře tak, aby zasahovaly do oblasti propojení daného patra s katedrálou. Pomocí vertikálních řezů bylo kontrolováno spojení v překrytové oblasti mezi sousedními skeny. Při kontrole spojení skenů pomocí řezů bylo pro přehlednější zobrazení každé mračno obarveno na jednu barvu viz obr. 25.



Obr. 25 - Kontrola registrace pomocí horizontálního řezu

Pohled na výsledný 3D model v podobě mračna bodů s vyznačením bodů důlního bodového pole, které byly použity pro registraci do S-JTSK a Bpv, je na obr. 26.



Obr. 26 - Výsledný model 3D model



4. Důlní mapová dokumentace

K vyhotovení důlní mapové dokumentace bylo přistoupeno podle vyhlášky č. 435/1992 Sb. Českého báňského úřadu o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem ve znění vyhlášky Českého báňského úřadu č. 158/1997 Sb., vyhlášky č. 298/2005 Sb. a vyhlášky č. 382/2012 Sb., kterými se mění a doplňuje vyhláška Českého báňského úřadu o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem (dále jen vyhláška). Tato vyhláška upravuje vytváření, vedení, doplňování a uchovávání důlně měřické dokumentace pro právnické a fyzické osoby při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem ve smyslu zákona č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění zákona č. 542/1991 Sb. a pro fyzické a právnické osoby, které pro tyto účely vykonávají projektové, výstavbové nebo jiné práce. Z důvodu značného vývoje přístrojové a výpočetní techniky jsou dnes některé metody měření a způsoby vyhotovení dokumentace z vyhlášky zastaralé a naopak chybí pravidla a postupy pro použití moderních technologií.

Za správnost a úplnost vyhotovené dokumentace a její odborné vedení odpovídá hlavní důlní měřič. Veškeré jím schválené dokumenty musejí být potvrzeny jeho podpisem a datem, ke kterému byly schváleny. Funkci hlavního důlního měřiče může vykonávat osoba s odborným vysokoškolským vzděláním s příslušnou praxí podle § 3 odst. 1 vyhlášky po složení zkoušky odborné způsobilosti před komisí Českého báňského úřadu [14].

Mezi mapovou dokumentaci patří podle § 10 odst. 3 vyhlášky č. 435/1992 Sb.:

- Základní důlní mapa
- Mapa povrchu
- Účelové důlní mapy

V následujícím textu budou popsány a odcitovány zvolené informace o uvedených mapách týkající se zpracování této práce, veškerý popis je možné nalézt v [14].



4.1. Základní důlní mapa

Základní důlní mapa je technickým a právním dokladem, který se vyhotovuje trvalým způsobem jako originál na základě údajů získaných vlastním měřením nebo údajů převzatých. Převzatá dokumentace musí být překontrolována a ověřena hlavním důlním měřičem. Za originál základní důlní mapy se považuje i digitální model na paměťových médiích, kde grafický tiskový výstup je jejím obrazem. Podle § 14 odst. 3 vyhlášky se za základní důlní mapu při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí a na povrchu považuje:

- a) základní průzkumná mapa při provádění geologicko-průzkumných prací na ložiscích nerostů na povrchu a při inženýrsko-geologickém a hydrogeologickém průzkumu,
- b) základní důlní mapa při hlubinném dobývání nerostů,
- c) základní mapa lomu při povrchovém dobývání nerostů,
- d) základní mapa při těžbě ropy a zemního plynu sondami,
- e) základní mapa při těžbě loužením sondami,
- f) základní mapa provedených prací na povrchu při činnostech prováděných hornickým způsobem podle § 3 písm. g) a h) zákona České národní rady č. 61/1988 Sb., ve znění zákona České národní rady č. 542/1991 Sb.,
- g) základní mapa zvláštních zásahů do zemské kůry.

Mapa obsahuje zákresy všech základních hornických, geologických a technických údajů i správních objektů a údajů, které jsou nutné pro vedení prací. Vyhotovuje se pro patra (horizonty), sloje nebo lávky mocných slojí, pro žíly nebo žilové uzly. Klad listů navazuje na dělení evidenční jednotky (triangulačního listu) v souřadnicovém systému S-JTSK. Originál mapy se vyhotovuje v měřítku 1 : 500, 1 : 1000 nebo 1 : 2000, jednotně pro území celého dobývacího prostoru či pracoviště. O volbě měřítka rozhoduje hlavní důlní měřič. Mapové značky a jejich použití se řídí podle páté části a přílohy č. 3 vyhlášky. Mapové



značky, které vyhláška nedefinuje, je možno zavést bez schvalování orgánů státní báňské správy. Je nutné však tyto značky uvést ve vysvětlivkách mimorámových údajů. Při zavádění takovýchto nových značek ve větších oblastech je vhodné jejich používání sjednotit. [14]

Pro ložiska s úklonem větším než 45° se jako součást základní důlní mapy vyhotovuje průmět ložiska do svislé roviny nebo do roviny, která sleduje generální směr ložiska. Stopa této roviny a další údaje o poloze roviny v prostoru se vyznačí v příslušné základní důlní mapě [14].

4.1.1 Obsah základní důlní mapy

Podle § 17 vyhlášky se v základní důlní mapě uvádějí tyto mimorámové údaje:

- a) označení listu,
- b) souřadnicový a výškový systém, při použití jiného než předepsaného výškového systému nutno uvést výškový rozdíl,
- c) klad listů s vyznačením jejich rohů, hranic dobývacího prostoru, vyšrafováním předmětného listu a označením mapových listů uvedených v kladu listů,
- d) vysvětlivky,
- e) údaje o založení základní důlní mapy,
- f) údaje o doplňování základní důlní mapy,
- g) údaje o obnovení základní důlní mapy,
- h) těžený nerost,
- i) dobývací metoda, použitá technologie,
- j) název organizace,
- k) název ložiska,
- l) název dobývacího prostoru,
- m) název základní důlní mapy,
- n) měřítko základní důlní mapy,
- o) pořadové číslo listu (podle vlastního kladu listů),
- p) evidenční číslo základní důlní mapy,



- q) souřadnice čtvercové sítě na jižním a východním okraji rámu listu,
- r) údaje o nedělitelných součástech základní důlní mapy (průsvitky apod.).

Do základní důlní mapy se značkami zakreslují podle 5. části vyhlášky a přílohy č. 3:

- a) čtvercová síť o rozměrech 100 mm x 100 mm, případně jiná souřadnicová síť,
- b) státní hranice a hranice katastrálních území,
- c) hranice chráněných ložiskových území, chráněných území a ochranných pásem podle zvláštních předpisů, ^{172/1992 Sb., 364/1992 Sb.} dobývacích prostorů, ochranných pilířů, orientačních bezpečnostních celíků, ochranných celíků, ochranných pásem vrtů, případně jiná omezení činností podle § 1 včetně uvedení čísla rozhodnutí, jímž byla hranice stanovena,
- d) základní a podrobné důlní bodové pole,
- e) průzkumné vrty, štoly a šachtice,
- f) základní geologické údaje, plochy odpisů zásob ložiska,
- g) důlní a podzemní díla, související s činností podle § 1 s technologickými údaji,
- h) zařízení a objekty sloužící k bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu, větrání a hasičské ochraně,
- i) údaje o dřívější hornické činnosti a ostatní činnosti v podzemí,
- j) údaje o objektech a místech zvláštní důležitosti,
- k) úplná důlní situace v pásmu nejméně 100 m za hranicí dobývacího prostoru,
- l) linie profilů a řezů,
- m) vrty a sondy,
- n) správní, sociální a technologické objekty a zařízení,
- o) krasové a jiné dutiny přírodního charakteru,
- p) odkaliště, odvaly, výsypky, skládky, úložiště odpadů a rekultivované plochy a další důležité skutečnosti, které vzniknou při činnostech podle § 1.

Při vedení dokumentace v digitální formě jsou údaje z databáze rozčleněny do jednotlivých vrstev tak, aby jejich následným vypínáním/zapínáním bylo možné získávat grafické výstupy splňující požadavky pro potřebný druh mapy (účelové mapy, mapy povrchu apod.). Obsah vrstev se uvede v přehledu vrstev a jejich obsahu. Za toto členění



odpovídá hlavní důlní měřič. V případě změn a oprav v digitální základní důlní mapě zajišťuje hlavní důlní měřič dokladování původního stavu a rozhoduje o způsobu dokladování [14].

4.2. Účelové důlní mapy

Vyhláška stanovuje vedení důlních map v papírové i digitální podobě, kdy v době kreslení map ručně sloužila základní důlní mapa jako právní doklad, na kterém se nedoporučovalo pracovat, naopak účelové mapy se vedly právě k možnosti práce s nimi. Dnes, kdy se důlně měřická dokumentace vede převážně digitální formou, dochází k situaci, kdy se účelové důlní mapy vytváří z vhodně zvoleného obsahu vrstev základní důlní mapy a vrstev, které obsahují data a údaje potřebné pro obsah příslušné účelové důlní mapy. Do účelových map patří podle:

Odst. 1) § 21 vyhlášky mapy, jejichž vedení je dáno:

- a) zvláštními předpisy, vyhl. ČBÚ č.22/89 Sb., 26/89 Sb. a 55/96 Sb.
- b) podle potřeb organizace a rozhodnutí hlavního důlního měřiče.

Odst. 2) § 21 říká, že účelovými důlními mapami jsou zejména:

- a) provozní důlní mapa,
- b) mapa větrání,
- c) mapa zdolávání havárií,
- d) základní mapa závodu (provozovny).

Účelové mapy, vyhotovované podle odst. 1 pís.b), se vytváří a vedou podle směrnice zpracované hlavním důlním měřičem a schválené vedoucím pracovníkem organizace. Podle vyhlášky je provozní důlní mapa podkladem pro mapu větrání a zdolávání havárií. Vzhledem k vedení map v digitální podobě se dnes jedná pouze o doplňování a případnou úpravu vrstev v grafickém systému. Podrobněji je obsah účelových map uveden v [14].



4.3. Nadstavba DULMAP

System DULMAP je aplikační nadstavba programu Microstation od firmy HSI, která obsahuje nástroje pro modelování lomu s možností vytvářet důlní mapy dle příslušné legislativy. Slouží k vytváření a údržbě datové základny geografického informačního systému o důlní lokalitě. System podporuje kresbu mapových značek a linií podle vyhlášky č. 435/1992 Sb. a podle pravidel pro vytváření map velkých měřítek (ČSN 013411). Při zpracování měření z digitálního zápisníku měřicího přístroje lze využívat kódování, které umožňuje vygenerovat kresbu a umístit mapové značky předepsané kódem pro zpracované body. Grafická data jsou ukládána ve 3D výkresových souborech a jsou provázána s databázemi o pevných a podrobných bodech, liniích, vrtech a těžebních územích, případně s databázemi správy základních prostředků, katastru nemovitostí či dalších údajů.

Pořízení 1 licence nadstavby DULMAP vyjde na 79 900 Kč, případně si lze zakoupit roční certifikát za 15 980 Kč. Aktuální verze nadstavby DULMAP je v15. Jelikož se jedná o nadstavbu, je pro její použití potřeba některého z následujících prostředí: MicroStation V8i (včetně SS1, SS2, SS3), Bentley PowerMap V8i (včetně SS1), Bentley Map PowerView V8i (SS2, SS3, SS4), Bentley Map V8i (SS2, SS3, SS4) [15]. Pro vytvoření této práce byla od firmy HSI, spol. s r.o. licence programu zapůjčena.

4.4 Kresba mapy

Důlní mapová dokumentace v podobě základní důlní mapy v digitální podobě obsahující některé vrstvy účelových důlních map byla vyhotovena v nadstavbě DULMAP. Tento program pracuje s 3D výkresy, které se vytvářejí na podkladě naměřených bodů v digitálním zápisníku z měření totální stanic. Při správném použití kódování bodů lze kresbu vygenerovat automaticky. Data pro tvorbu důlní mapové dokumentace v této práci byla pořízena metodou laserového skenování, a proto byla pro vykreslení map v nadstavbě DULMAP vytvořena prostorová liniová kresba z mráčka bodů v programu Cyclone.



Dle vyhlášky se základní důlní mapa (dále ZDM) vyhotovuje pro každé patro (horizont). Obsahem vytvořené dokumentace jsou proto 3 mapy, pro základní patro 0m, patro +20m a patro +40m. Vyhláška stanoví za osobu rozhodující o volbě měřítka základní důlní mapy hlavního důlního měřiče. Štola Josef hlavního důlního měřiče nemá. Měřítko 1 : 500 tak bylo převzato ze stávajících částí ZDM, které byly v posledních dvou letech ve štole Josef vyhotoveny.

4.4.1 Liniové a bodové vyhodnocení mračna bodů

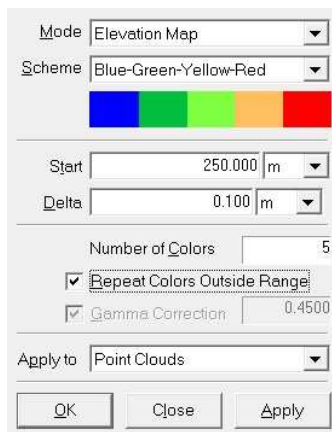
Liniové a bodové vyhodnocení bylo provedeno pro každé patro zvlášť. Během vytváření kresby byl v nabídce Viewpoint zvolen pohled *Orthographic*. Kresba byla vytvářena ve vrstvách podle typů prvků. Následující dělení popisuje vytvoření liniové a bodové kresby z mračna:

- **Liniové prvky**

Vytváření liniových prvků kresby bylo provedeno pomocí funkce *Create Object - From Pick Points - Create Polyline*.

- **Půdorys**

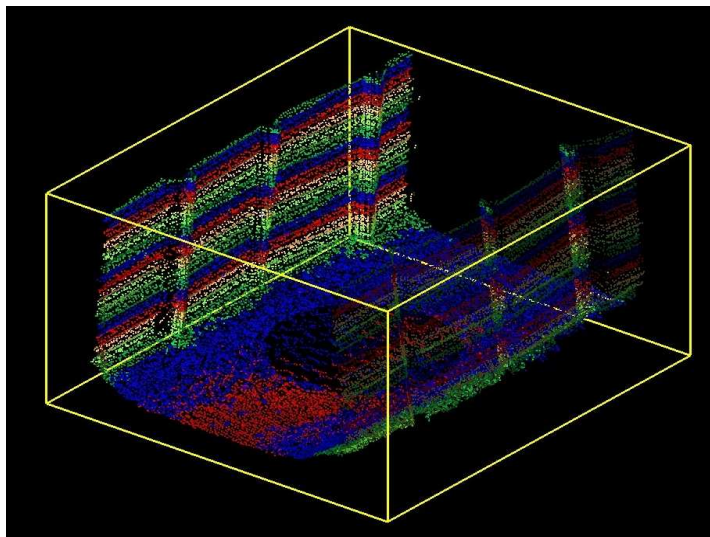
Půdorysný řez byl zvolen ve výšce 1 m nad počvou. Aby bylo možné určit body ležící v této rovině, bylo mračno bodů obarveno pomocí funkce *Edit Color Map* podle nadmořské výšky s uvedeným nastavením na obr. 26. Počáteční výška *Start* byla zvolena podle výšky počvy daného patra.



Obr. 27 - Nastavení elevation map



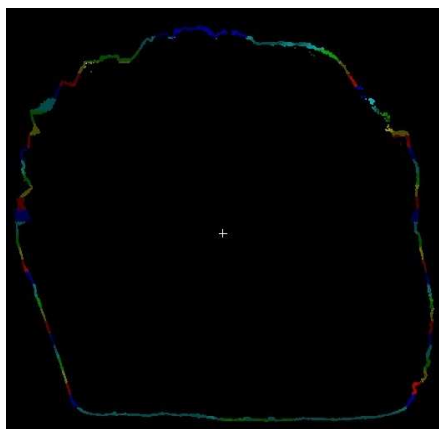
Na takto obarveném mračnu (Obr. 27) byly označovány body tvořící hranu řezu roviny ve výšce 1 m nad počvou, kterou s daným nastavením představuje stejná barva, jíž je vykreslena počva, ale o 2 barevné rozsahy výše.



Obr. 28 - Mračno bodů v zobrazení elevation map

➤ **Příčné profily**

Profily byly voleny u křížení chodeb na všech jejich směrech, v místech s výraznou změnou tvaru profilu a v pravidelných chodbách po 5 m. Pro vytvoření profilu byl nastaven pohled shora a pomocí funkce *Polygonal Fence Mode* vybrána úzká oblast chodby kolmá na její směr. Po otevření vybrané oblasti v novém okně byly označeny body ležící na profilu a vytvořena z nich lomená čára (Obr. 28).



Obr. 29 - Mračno bodů příčného profilu



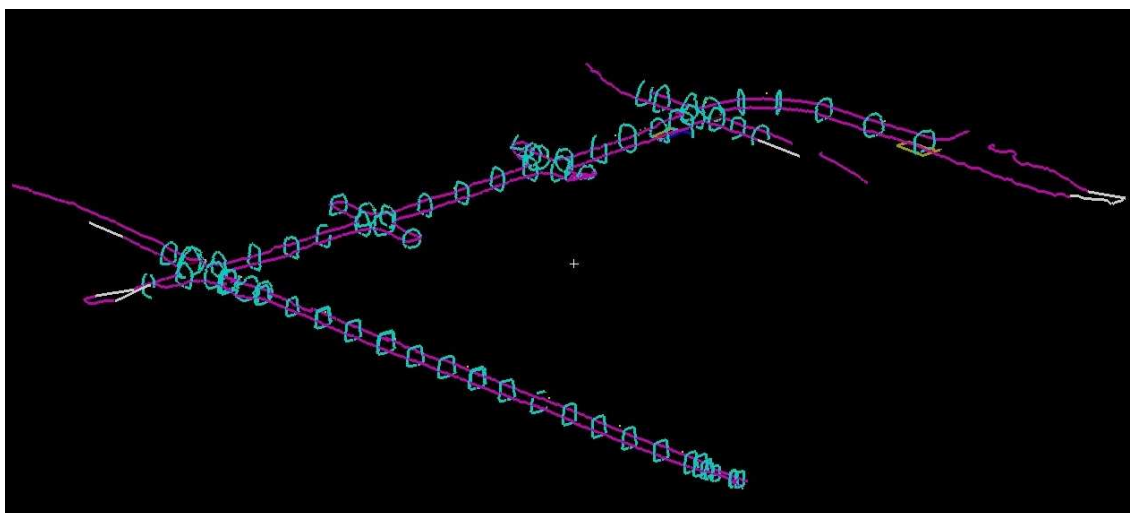
➤ **Ostatní liniové prvky**

Jedná se o kovové rošty, dveře a vstupní vrata, koleje a kovové bezpečnostní konstrukce.

• **Bodové prvky**

Na objekty, které se zobrazují mapovými značkami, jako jsou rozvaděče, světla, kamery, vypínače a další, byly vloženy vertexy. Pro vyhledání těchto bodových prvků byly použity náčrty s jejich umístěním, které vznikly při návštěvě štoly dne 14. 4. 2016 kvůli jejich doplnění.

Vytvořené linie a body byly vyexportovány a uloženy jako *.dxf* soubor. Ukázka vyhodnoceného patra +40m je vidět na obr. 29.



Obr. 30 - Bodové a liniové vyhodnocení patra +40m

Při vytváření liniových prvků byla v každém patře založena vrstva *neměřeno*, do které byly kresleny chodby nebo jejich části, ve kterých nebylo měření kompletní. Jde o předpokládaný průběh vzdálenějších částí rozrážkových chodeb u křížení a místa, která byla nepřístupná. Tato kresba má pouze orientační charakter a doplňuje představu o zaměřeném území. Ve výsledné dokumentaci se tyto části zakreslí jako dílo bez měřických podkladů dle vyhlášky.



4.4.2 Kresba v DULMAPu

V nadstavbě DULMAP byla pro každou mapu založena nová zakázka a v ní vytvořeny dva výkresy, *Důlní mapa.dgn* a *Inženýrské sítě.dgn*. Program rozděluje kresbu důlních mapových děl do výkresů podle kategorií, do kterých podle nadefinovaných typů čar a bodových značek umísťuje jednotlivé prvky. Pro patro +40m byl vytvořen i výkres *Hlubina.dgn*, do kterého se zakresluje ústí štoly. Postup kresby mapy byl následující:

- Připojení a následné vložení vytvořeného vektorového modelu do aktivního výkresu
- Rozdělení kresby pomocí přiřazení do příslušných vrstev předdefinovaných nadstavbou DULMAP doplněných o vrstvy vlastní. Seznam vrstev a prvků je uveden v tabulce č. 6. Během tohoto rozdělení byly změněny atributy prvků na jim odpovídající podle jejich definice v programu, která odpovídá definici dle vyhlášky.
- Spojení neuzavřených křivek profilů a půdorysného řezu
- Vytvoření plochy mezi hranami půdorysného řezu
- Umístění bodových značek

Výkres	Vrstva	Prvky
<i>Důlní mapa.dgn</i>	Body podrobné důlní (DULMAP)	polohové a výškové důlní body
	Dveře a vstupní vrata	dveře, brána
	Hrana řezů +1m	hrana řezu +1m nad počvou
	Hrana řezů +1m plocha	plocha řezu +1m nad počvou
	Hrany řezů - digitalizace (DULMAP)	příčné profily
	Hrany řezů neměřeno	půdorysná hrana řezu +1m neměřená
	Objekty a místa zvl_ význ_ (DULMAP)	rozvaděč, schody, kov. rošt, ochr. klec
	Vlečky a tratě (DULMAP)	osa kolejnic
	Výztuže	zděné a kov. výztuže
<i>Inženýrské sítě.dgn</i>	Elektrické vedení (DULMAP)	osvětlovací těleso, vypínač, el. zásuvka
	Sdělovací vedení (DULMAP)	kamera
<i>Hlubina.dgn</i>	Hlub_rubání v prov_mapě (DULMAP)	ústí štoly

Tab. 6 - Seznam použitých výkresů a vrstev nadstavby DULMAP




Do nakreslených map byly doplněny body nově zbudovaného polohového a výškového důlního bodového pole, které zbudovali v rámci svých diplomových prací Bc. Lukáš Vais a Bc. David Hanousek. Seznam těchto bodů je v příloze P7.

4.4.3 Značky v důlní mapě




Značky použité při tvorbě důlních map se řídí podle páté části vyhlášky a jejich tvar a velikost jsou uvedeny v její příloze č. 3. Nadstavba DULMAP, která se řídí vyhláškou, však neobsahuje všechny značky, které vyhláška definuje. Při tvorbě map byla zjištěna absence značek pro osvětlovací těleso a rozvaděč pevný. Tyto značky byly vytvořeny dle vyhlášky a do mapy zakresleny.

Nadstavba DULMAP naopak obsahuje některé značky, které nejsou definované vyhláškou a byly při kresbě použity. Jedná se o značku pro vypínač (Tab. 7).

vypínač (spínač)		Zapínací bod osvětlení
------------------	---	------------------------

Tab. 7 - Značky nadstavby DULMAP, které nejsou definované vyhláškou

Poslední skupinou použitých značek jsou ty, které nejsou definovány vyhláškou a nejsou ani obsaženy v knihovně buněk nadstavby DULMAP. Tyto značky byly převzaty z knihovny buněk *knihovna_bunek2.cel* od Gertrudy Paštěkové (Tab. 8) [16].

Elektrická zásuvka		
Kamera		
Vrata (dveře)		Označení na každé straně dveří (barva dle materiálu)

Tab. 8 - Značky z knihovny *knihovna_bunek2.cel* od Gertrudy Paštěkové

Značky v důlních mapách se obarvují podle materiálu. Vyhláška stanovuje tabulku barev pro jednotlivé materiály (Tab. 9). Při vytváření map byla tato tabulka použita.



Druh materiálu	Barva	Označení Technicolor
dřevo	žlutá	T3 - žluť chromová
cihlové zdivo, plynosilikátové tvárnice	červená	T5 - rumělka červená
betonové tvárnice, beton	zelená	T15 - zeleň májová
železo	modrá	T12 - modř pruská
sádra	modrá	T10 - modř světlá
popílek, jíl	žlutá	T2 - žluť zinková
voda	modrá	T12 - modř pruská
plyn	žlutá	T3 - žluť chromová
vzduch (užitkový)	zelená	T29 - zeleň světlá

Tab. 9 - Barevné vyznačení materiálů

4.4.4 Tvorba výstupů

Nadstavba DULMAP obsahuje funkce pro vytváření výstupů, při jejichž použití je do kresby automaticky vygenerován mapový list (dále jen ML). Klad listů mapy navazuje na dělení evidenční jednotky v S-JTSK v daném měřítku. Použitím funkce pro výstup důlní mapy vznikne jeden nový výkres (stále ve 3D), do kterého jsou spojeny jednotlivé výkresy, ze kterých se daná zakázka skládá. Do nově vytvořeného výkresu jsou vloženy vrstvy, které jsou při vytváření výstupu zobrazeny. Během vytváření výstupu je zobrazeno okno, ve kterém je možné vyplnit popis důlní mapy, který se vloží do mimorámových údajů.

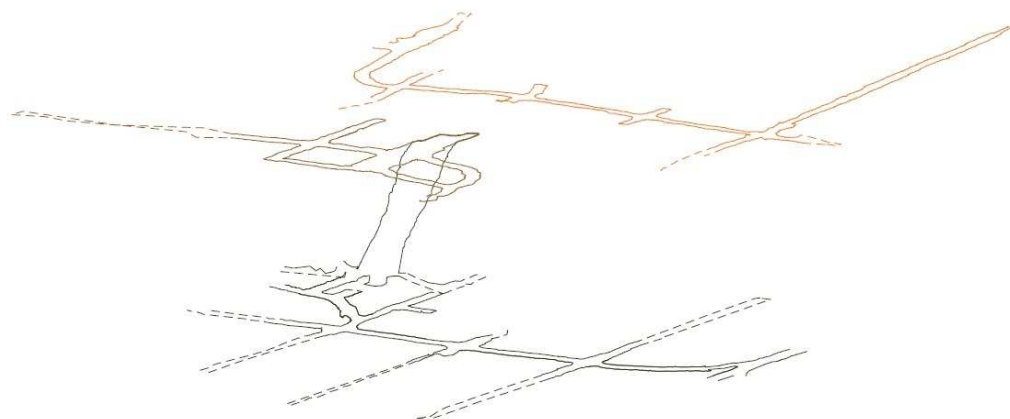
Vytvořená základní důlní mapa v jednotlivých patrech svým rozsahem zasahuje na dva sousední ML *KRÁSNÁ HORA 1-0/414* a *KRÁSNÁ HORA 1-0/432*, proto byly při vytváření výstupů vyhotoveny dva výkresy pro každé patro. Vytvořené výkresy odpovídají svým obsahem základní důlní mapě a jsou doplněné o některé vrstvy patřící do účelových důlních map. Tabulka č. 10 uvádí seznam vrstev vytvořených výstupů s jejich zařazením do příslušného typu mapy. Digitální vedení dokumentace tak umožňuje pomocí zapínání a vypínání vrstev ve výkresu vytvářet příslušné typy důlních map.



Mapa	Vrstvy
<i>Základní důlní mapa</i>	Body důlní - základní
	Hrana řezů +1m
	Hrana řezů +1m plocha
	Hrany řezů - digitalizace
	Hrany řezů neměřeno
	Objekty a místa zvl_ význ_
	Vlečky a tratě
	Hlub_rubání v prov_mapě
<i>Provozní důlní mapa</i>	Elektrické vedení
	Sdělovací vedení
	Dveře a vstupní vrata
	Body důlní - podrobné
<i>Mapa zdolávání havárií</i>	Výztuže

Tab. 10 - Přehled vrstev vytvořených výstupů podle typu důlní mapy

Pro vyhotovení tištěné podoby vytvořených důlních map byl vykreslen nový ML v obecné poloze tak, aby se na něj vešla celá kresba pro jednotlivá patra. Umístění nového ML je znázorněno kladem listů v mimorámových údajích. Zvoleným typem důlní mapy pro její tištěnou podobu je základní důlní mapa. Aby svým obsahem odpovídala zvolenému typu mapy, bylo potřeba výkres vyexportovat jako 2D kresbu, protože v 3D výkresech nelze nastavovat prioritu zobrazení vrstev, a tak například plocha znázorňující půdorysnou rovinu řezu by zakryla prvky ležící pod ní. Do mimorámových údajů bylo umístěno schéma znázorňující patra mapy (Obr. 30) s vyznačením příslušné patra. Takto vyhotovené mapy byly v měřítku 1 : 500 vytisknuty na papír formátu A1 (dle ISO 216).



Obr. 31 - Schéma pater (horizontů) ZDM



5. Výsledky

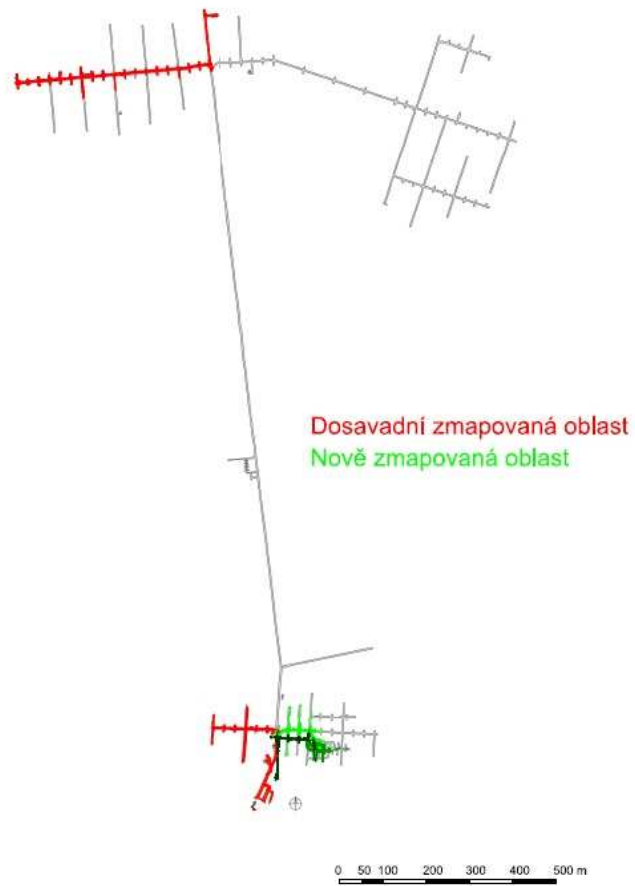
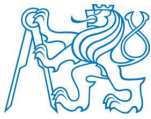
Výsledkem jsou 3D výkresy základní důlní mapy pro každé patro obsahující vrstvy účelových důlních map. Při vytváření výstupů v nadstavbě DULMAP byly mapy rozděleny podle mapových listů. Každé patro je zobrazeno na dvou mapových listech. Přehled výkresů je uveden v tabulce č. 11. Pro tištěné výstupy byl mapový rám posunut tak, aby se na něj vešla celá oblast daného patra. Tři mapové listy v měřítku 1 : 500 na papírech formátu A1 jsou přílohou P8.

Patro	Výkres
0m	ZDM_Krasna_Hora_1-0_414_patro_0m.dgn
	ZDM_Krasna_Hora_1-0_432_patro_0m.dgn
+20m	ZDM_Krasna_Hora_1-0_414_patro_+20m.dgn
	ZDM_Krasna_Hora_1-0_432_patro_+20m.dgn
+40m	ZDM_Krasna_Hora_1-0_414_patro_+40m.dgn
	ZDM_Krasna_Hora_1-0_432_patro_+40m.dgn

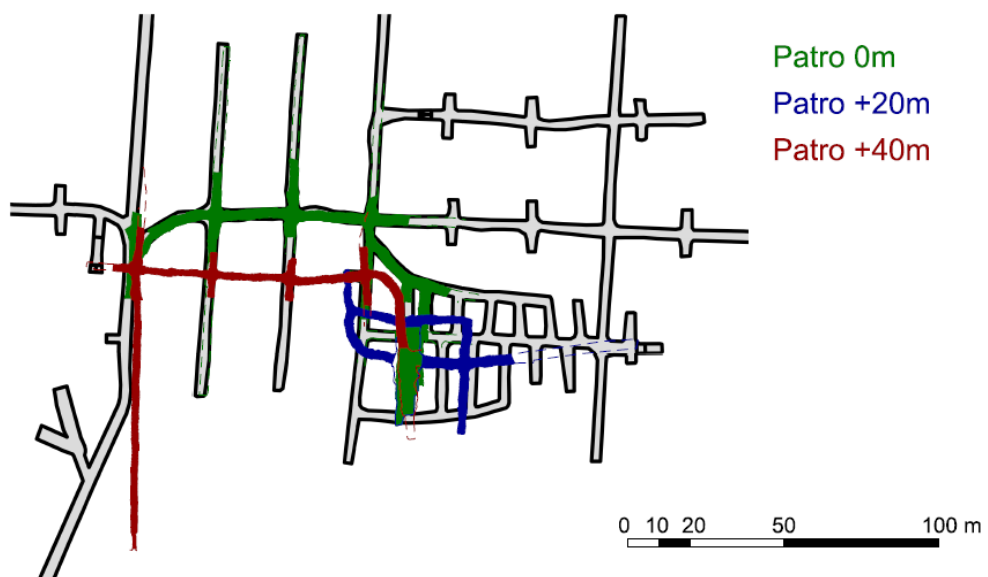
Tab. 11 - Přehled výkresů v digitální podobě

Mapa v patře 0m z této práce se překrývá s mapou od Gertrudy Paštékové. Při sjednocení jednotlivých částí základní důlní mapy bude potřeba určit hranu napojení těchto dvou částí tak, aby nedošlo k jejich překrytu. Vytvořená mapová dokumentace doplňuje dosavadní zmapované oblasti ve štole Josef. Schéma zobrazující dosavadní a nově zmapovanou oblast viz obr. 32.

Na obrázku č. 31 je vidět soutisk vyhotovených map ve všech patrech na podkladě schématu, které představuje dosavadní dokumentaci. Vytvořená mapová dokumentace přináší podrobnější a přesnou podobu stávajícího stavu zpřístupněných částí této oblasti. Centrum experimentální geotechniky zde chce vybudovat dětský park, k jehož vzniku a provozu mu nově vzniklá dokumentace poslouží.



Obr. 32 - Schéma zmapovaných oblastí štoly Josef



Obr. 33 - Porovnání výsledků se stávajícím schématem



Závěr

Cílem diplomové práce bylo zaměření zpřístupněných částí oblasti Čelina východ ve štole Josef a vytvoření jejich důlní mapové dokumentace. Zaměření bylo provedeno pomocí dvou laserových skenerů Trimble TX8 a FARO Focus 3D X 130. Pro pokrytí celé zaměřované oblasti bylo naměřeno 45 skenů. Při zpracování byla registrace skenů rozdělena na dvě části. V první části byly spojeny skeny zobrazující oblast katedrály s průměrnou absolutní odchylkou 3 mm. Druhá část registrace, při které vznikl celkový 3D model v podobě mračna bodů v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém Bpv, vyšla s průměrnou absolutní odchylkou 2 mm. Spojení mračen bodů bylo kontrolováno pomocí tenkých řezů v horizontálním a vertikálním směru.

Ve štole Josef byly již v posledních dvou letech vytvořeny 3 části základní důlní mapy. Pro zachování formátu a možnosti jejich spojení byla i v této práci pro vytvoření důlní mapy použita nadstavba DULMAP. Rozdílný je však způsob vzniku map v této práci oproti mapám stávajícím. Dosavadní mapy vznikly z měření klasickými geodetickými metodami pomocí totální stanice a mapy, které jsou výsledkem této práce, vznikly z 3D modelu v podobě mračna bodů. Výhodou liniového vyhodnocení vytvořeného modelu z mračna bodů je detailnější vykreslení průběhu půdorysného řezu, možnost volby umístění profilů až během zpracování tak, aby vystihovaly tvar a průběh zaměřených oblastí. Další výhodou laserového skenování je zaměřování složitých a hůře přístupných prostor, jakou je v této práci oblast katedrály, kterou by bylo pomocí totální stanice velice obtížné zmapovat. Doba měření je při použití metody laserového skenování výrazně kratší. Zpracování dat z laserového skenování je možná časově náročnější, ale celkově hodnotím postup měření a zpracování základní důlní mapy v této práci jako efektivnější, rychlejší a především vhodné pro danou oblast z důvodů její členitosti do jednotlivých pater.

Základní důlní mapy byly vyhotoveny podle vyhlášky č. 435/1992 Sb. Českého báňského úřadu o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem. Nadstavba DULMAP podporuje kresbu značek a typů čar podle vyhlášky. Značky, které nadstavba DULMAP neobsahuje, byly převzaty z práce Gertrudy Paštěkové. Knihovny použitých buněk a čar jsou pro zachování správného zobrazení výkresů v jiných grafických programech součástí práce.



Použité zdroje

- [1] *Centrum Experimentální Geotechniky* [online]. Praha, 2014 [cit. 2016-03-23]. Dostupné z: <http://ceg.fsv.cvut.cz/>
- [2] *Bulletin SDMG*. Společnost důlních měřičů a geologů, 2011, **21**(4).
- [3] *Propagační materiál Josef: Education - Research - Training*. b.r..
- [4] *Výroční zpráva URC Josef 2014*. b.r., **2014**.
- [5] FENCL, Martin. *Možnosti připojení a usměrnění základního důlního bodového pole v podzemní laboratoři Josef*. Praha, 2015. Diplomová práce. ČVUT, FSv, Speciální geodézie. Vedoucí práce Ing. Tomáš Jiříkovský, Ph.D.
- [6] *Využití laserového skenování k dokumentaci stavebních památek*. 2010, **19**(1). ISSN ISSN 1210-4027.
- [7] Martin ŠTRONER, Jiří POSPÍŠIL, Bronislav KOSKA, Tomáš KŘEMEN, Rudolf URBAN, Václav SMÍTKA a Pavel TŘASÁK. *3D skenovací systémy*. Vydání první. Praha: ČVUT, Thákurova 1, Praha 6, 2013. ISBN 978-80-01-05371-3.
- [8] J. POSPÍŠIL a M. ŠTRONER *Moderní geodetické technologie a přístroje pro laserové skenování: Stavební obzor*. 2005, **14**(8). ISSN ISSN 1210-4027.
- [9] *Trimble TX8* [online]. California: Trimble, © 2002 [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: <http://www.trimble.com/3d-laser-scanning/tx8.aspx>
- [10] *FARO Focus3D X 130: DATASHEET*. 2015. PN 022516-103A (08/15).
- [11] *FARO Laser Scanner Focus3D X130: User Guide*. ©FARO Technologies Inc., 2014.
- [12] BESL, P. J. a H. D. MCKAY *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 1992, **14**(2), 239-256. DOI: 10.1109/34.121791. ISSN 01628828.
- [13] *Geospatial Modelling & Visualization: Leica Cyclone 7.1.1 : Interface Basics* [online]. 2011 [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: <http://gmv.cast.uark.edu/scanning/software/leica-software/leica-cyclone/cyclone-shortcut-guides/leica-cyclone-interface-basics-2-3/>



- [14] *Vyhláška č.435/1992 Sb. Českého báňského úřadu o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem ve znění vyhlášky Českého báňského úřadu č. 158/1997 Sb.: Úplné komentované znění.* In: .
Brno: MONTANEX a.s., 1997.
- [15] *HSI* [online]. Praha: HSI, 2016 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://www.hsi.cz/>
- [16] PAŠTĚKOVÁ, Gertrúda. *Základní důlní mapa Podzemní laboratoře Josef.* 2013.



Seznam obrázků

<i>Obr. 1 - Poloha štoly Josef</i>	10
Zdroj: < http://geoportal.gov.cz/web/guest/map >	
<i>Obr. 2 - Schéma štoly Josef</i>	11
Zdroj:< http://www.hofmann.estranky.cz/fotoalbum/banske-prace/zlato-_celina-psi-hory-a-mokrsko_/schema-stoly-josef.-.html >	
<i>Obr. 3 - Vstupní portály</i>	14
Zdroj: < http://www.fsv.cvut.cz/fotofsv/fakulta/stola/vstup.jpg >	
<i>Obr. 4 - Poloha katedrály</i>	16
<i>Obr. 5 - Trimble TX8</i>	19
Zdroj: < http://www.trimble.com/3d-laser-scanning/tx8.aspx >	
<i>Obr. 6 - FARO Focus3D X 130</i>	20
Zdroj:< http://surveyequipment.com/media/catalog/product/cache/1/image/903be06a881aa18fc50d3dc96e8b9fba/f/a/faro-focus-3d-x130-laser-scanner.jpg?1433267784 >	
<i>Obr. 7 - Trn pro uchycení signalizačních terčů</i>	22
<i>Obr. 8 - Signalizační terč</i>	22
<i>Obr. 9 - Schéma rozmístění stanovisek a identických bodů - Katedrála</i>	23
<i>Obr. 10 Kulový terč Ø198,8 mm</i>	24
<i>Obr. 11 - Kulový terč Ø145 mm, bod 6202</i>	24
<i>Obr. 12 - Schéma patra +20m</i>	26
<i>Obr. 13 - Signalizace identických bodů</i>	28
Zdroj: < http://k154.fsv.cvut.cz/~pospisl/lsk/Prezentace5C.ppt >	
<i>Obr. 14 - Redukce dat na 10 mm</i>	30
<i>Obr. 15 - Export dat</i>	31
<i>Obr. 16 - Import dat v programu Cyclone</i>	32
<i>Obr. 17 - Struktura ScanWorldu</i>	33
<i>Obr. 18 - Sken před očištěním</i>	34
<i>Obr. 19 - Sken po očištění</i>	34
<i>Obr. 20 - Modelování identických bodů</i>	36
<i>Obr. 21 - Vyhledání černobílých terčů, Trimble RealWorks</i>	37
<i>Obr. 22 - Výpočet překrytové vazby</i>	39
<i>Obr. 23 - Okno pro registraci</i>	40
<i>Obr. 24 - Vymodelovaný bod 538</i>	42
<i>Obr. 25 - Kontrola registrace pomocí horizontálního řezu</i>	43



<i>Obr. 26 - Výsledný model 3D model</i>	44
<i>Obr. 27 - Nastavení elevation map</i>	51
<i>Obr. 28 - Mračno bodů v zobrazení elevation map</i>	52
<i>Obr. 29 - Mračno bodů příčného profilu</i>	52
<i>Obr. 30 - Bodové a liniové vyhodnocení patra +40m</i>	53
<i>Obr. 31 - Schéma pater (horizontů) ZDM</i>	57
<i>Obr. 32 - Schéma zmapovaných oblastí štoly Josef</i>	59
<i>Obr. 33 - Porovnání výsledků se stávajícím schématem</i>	59



Seznam tabulek

<i>Tab. 1 - Rozdělení měření</i>	21
<i>Tab. 2 - Parametry skenování Trimble TX8.....</i>	22
<i>Tab. 3 - Parametry skenování FARO Focus3D X130.....</i>	24
<i>Tab. 4 - Registrace první část.....</i>	40
<i>Tab. 5 - Registrace druhá část</i>	43
<i>Tab. 6 - Seznam použitých výkresů a vrstev nadstavby DULMAP</i>	54
<i>Tab. 7 - Značky nadstavby DULMAP, které nejsou definované vyhláškou.....</i>	55
<i>Tab. 8 - Značky z knihovny knihovna_bunek2.cel od Gertrudy Paštékové.....</i>	55
<i>Tab. 9 - Barevné vyznačení materiálů</i>	56
<i>Tab. 10 - Přehled vrstev vytvořených výstupů podle typu důlní mapy</i>	57
<i>Tab. 11 - Přehled výkresů v digitální podobě</i>	58



Seznam příloh

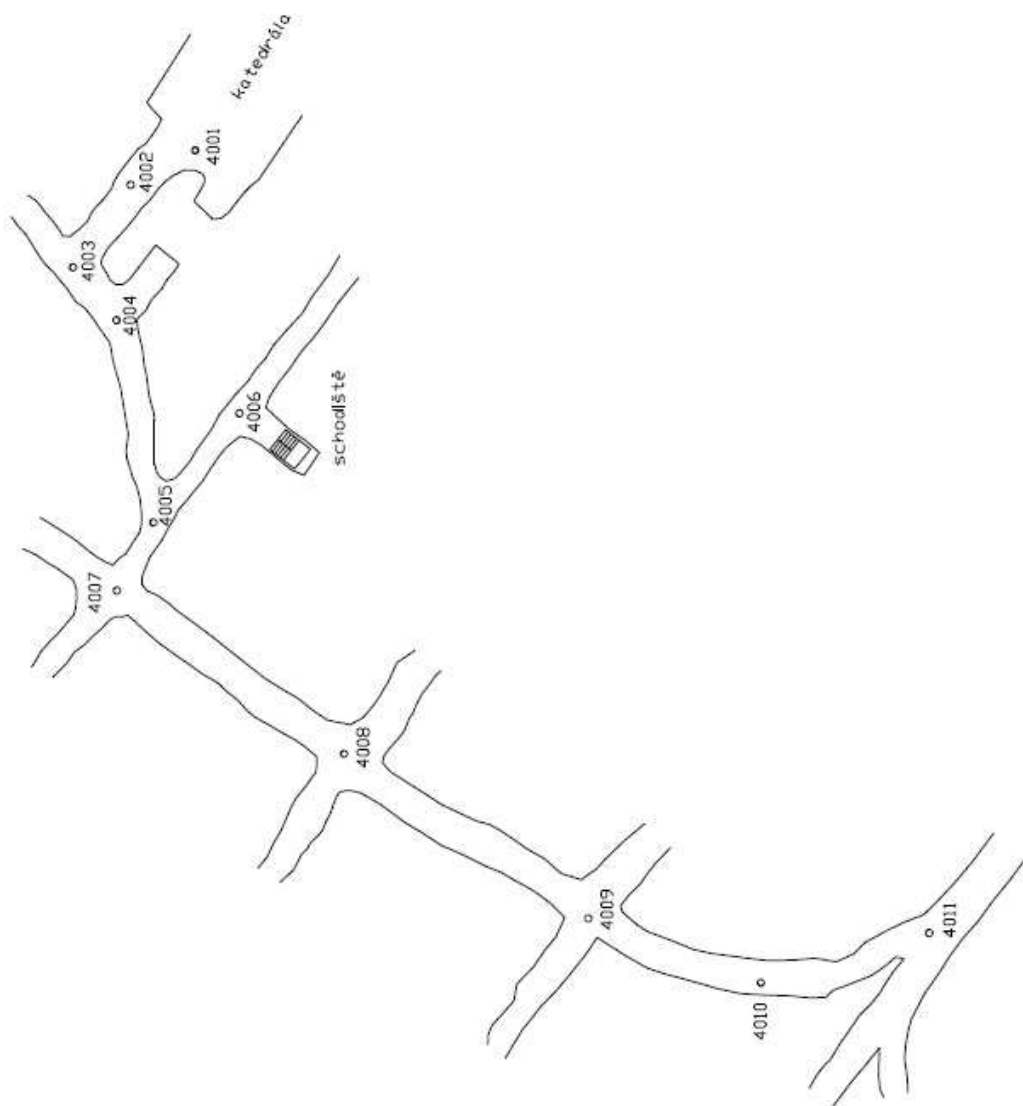
- P1) Schéma patra 0m s polohou stanovišek skenování
- P2) Schéma patra +20m s polohou stanovišek skenování
- P3) Schéma patra +40m s polohou stanovišek skenování
- P4) Souřadnice stanovišek v naměřených skenech
- P5) Souřadnice terčů v katedrále v naměřených skenech
- P6) Seznam souřadnic a výšek bodů použitých pro registraci do S-JTSK a Bpv
- P7) Seznam souřadnic a výšek bodů v základních důlních mapách
- P8) Vytištěné mapové listy ZDM

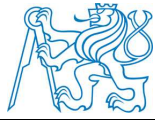
Elektronické přílohy na přiloženém DVD:

- 1) obsahDVD.txt
- 2) Text diplomové práce
- 3) Protokoly z registrací
- 4) Výkresy
 - a) Knihovna buněk
 - b) Knihovna čar
 - c) Základní důlní mapy *.dgn*
 - d) Základní důlní mapy *.PDF*
- 5) Databáze z Cyclonu

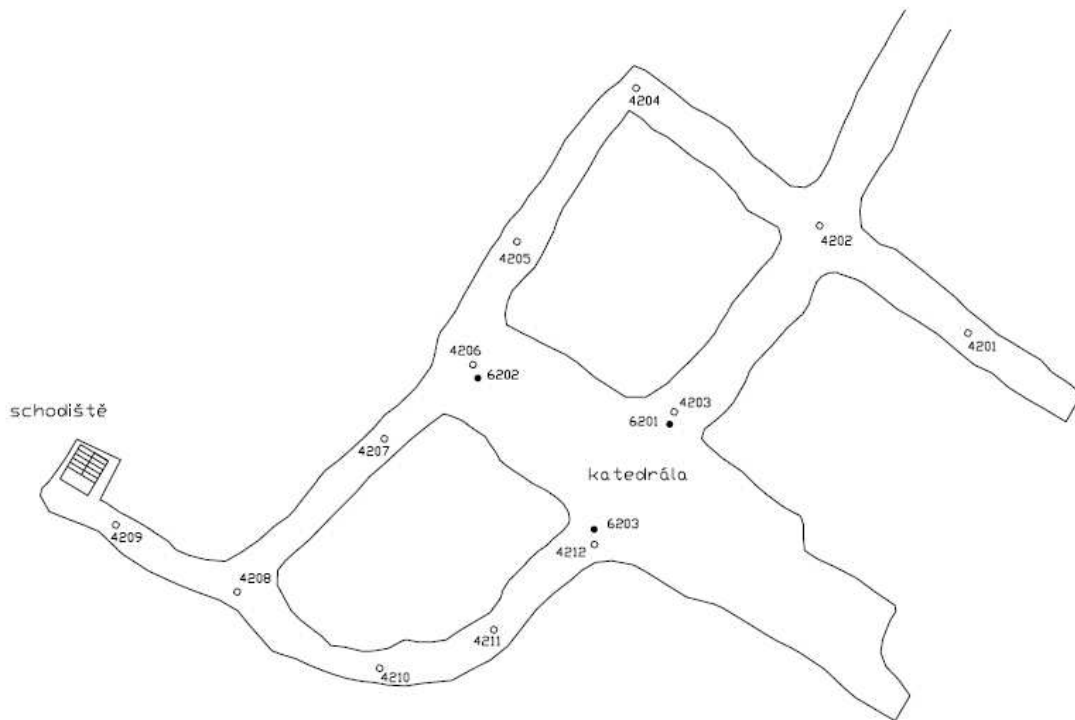


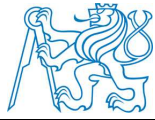
Příloha P1 - Schéma patra 0m s polohou stanovišek skenování



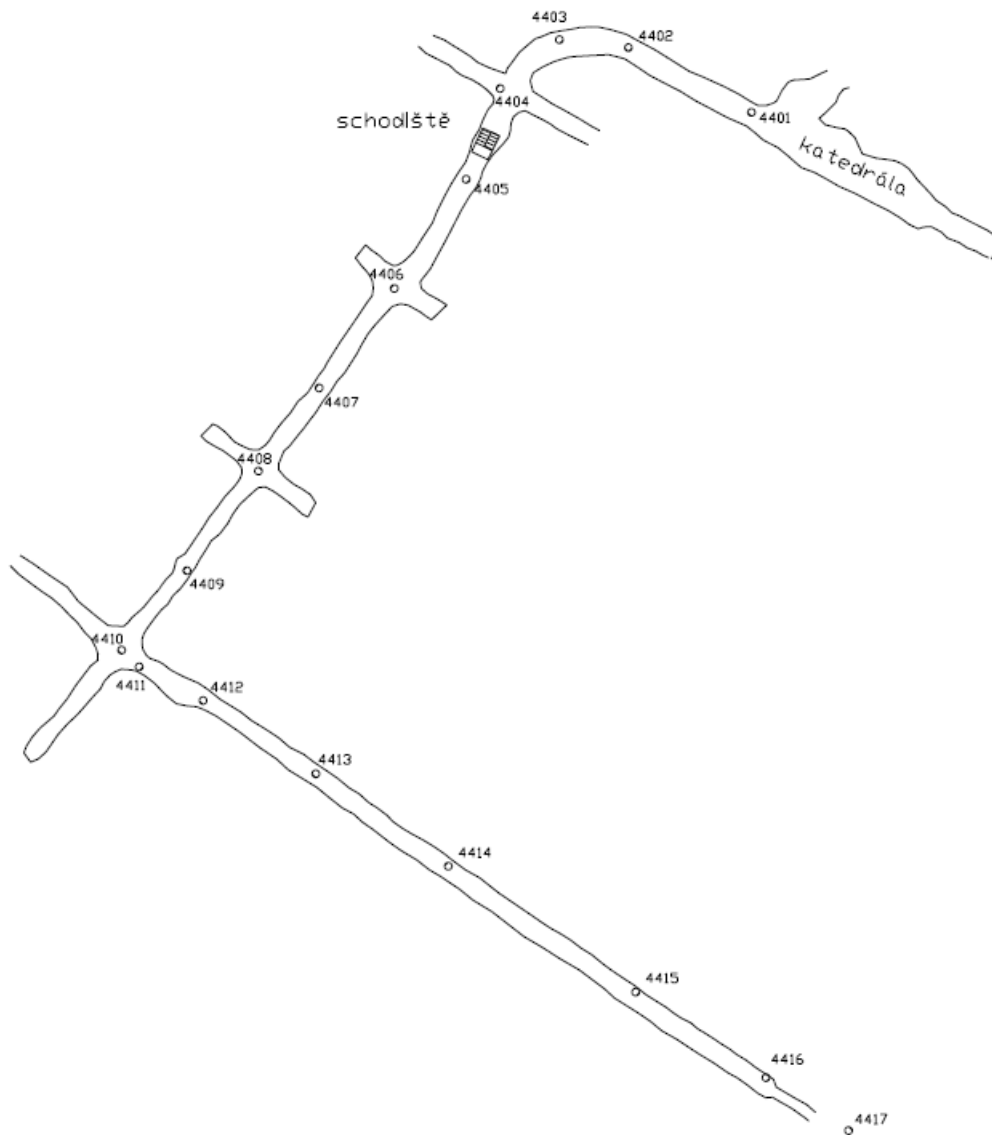


Příloha P2 - Schéma patra +20m s polohou stanovišek skenování





Příloha P3 - Schéma patra +40m s polohou stanovišek skenování



Příloha P4 - Souřadnice stanovišek v naměřených skenech

Sken	Souřadnice stanoviška		
	X [m]	Y [m]	Z [m]
Josef000	0	0	0,000
Josef001	0	0	-1,902
Josef002	0	0	-1,296
Josef003	0	0	-1,124
Josef004	0	0	-1,383
Josef005	0	0	-1,469
Josef006	0	0	0,000
Josef007	0	0	0,691
Josef008	0	0	-0,173
Josef009	0	0	-1,081
Josef010	0	0	-0,606
Josef011	0	0	-0,606
Josef012	0	0	-0,346
Josef013	0	0	0,086
Josef014	0	0	1,296
Josef015	0	0	1,988
Josef016	0	0	1,902
Josef017	0	0	3,285
Josef018	0	0	-17,535
Josef019	0	0	-19,347
Josef020	0	0	-17,449
Josef021	0	0	-18,312
Josef022	0	0	-18,484
Josef023	0	0	-17,017
Josef024	0	0	-18,053
Josef025	0	0	-17,190
Josef026	0	0	-16,801
Josef027	0	0	-17,017
Josef028	0	0	-17,103
Josef029	0	0	-16,154
Josef030	0	0	-35,901
Josef031	0	0	-37,538
Josef032	0	0	-36,849
Josef033	0	0	-37,882
Josef034	0	0	-35,643
Josef035	0	0	-35,729
Josef036	0	0	-36,504
Josef037	0	0	-36,633
Josef038	0	0	-37,624
Josef039	0	0	-38,227
Josef040	0	0	-37,366
Josef041	0	0	-36,763

Příloha P5 - Souřadnice terčů v katedrále

Scan_01			
Číslo bodu	Y [m]	X [m]	Z [m]
6001	-3,430	1,161	0,837
6002	7,646	-11,422	12,432
6003	12,579	-14,688	17,845
6004	17,978	-10,802	20,421
6005	13,896	-5,925	11,519
6006	5,133	-0,194	2,680

Scan_02			
Číslo bodu	Y [m]	X [m]	Z [m]
6001	1,117	15,111	-8,364
6002	-3,789	-0,919	3,231
6003	-3,980	-6,833	8,646
6004	2,160	-9,388	11,221
6005	4,171	-3,355	2,318
6006	4,453	7,115	-6,521

Scan_03			
Číslo bodu	Y [m]	X [m]	Z [m]
6002	x	x	x
6003	4,973	0,564	-1,260
6004	-1,453	-1,165	1,315
6005	x	x	x
6006	6,829	-15,621	-16,427

Josef_030			
Číslo bodu	Y [m]	X [m]	Z [m]
6001	-2,928	0,566	-34,301
6006	5,449	-1,645	-32,459

Příloha P6 - Seznam souřadnic a výšek bodů použitých pro registraci do S-JTSK a Bpv

Číslo bodu	Y [m]	X [m]	Z [m]
6001	753285,072	1081486,634	290,027
6002	753289,624	1081502,761	301,620
6003	753289,686	1081508,674	307,034
6004	753283,494	1081511,100	309,609
6005	753281,617	1081505,026	300,706
6006	753281,562	1081494,554	291,869
537	753374,341	1081565,793	327,726
538	753373,032	1081470,197	325,788
HVB4	753372,32	1081461,81	285,704

Příloha P7 - Seznam souřadnic a výšek bodů v základních důlních mapách

Číslo bodu	Y [m]	X [m]	Z [m]	Poznámka
531	753347,852	1081452,136	287,36	Patro 0m (Stropní stabilizace)
532	753297,984	1081453,539	287,70	
533	753299,024	1081471,899	287,97	
VB31	753296,97	1081464,04	286,451	Patro 0m (Nivel. bod)
HVB4	753372,32	1081461,81	285,704	
VB32	753302,93	1081484,84	306,990	Patro +20m (Nivel. bod)
537	753374,341	1081565,793	327,73	Patro +40m (Stabilizace v počvě)
538	753373,032	1081470,197	325,79	
539	753324,294	1081473,576	326,64	
VB33	753312,18	1081474,24	326,838	Patro +40m (Nivel. bod)
VB34	753374,91	1081560,56	328,057	

Příloha P8 - Vytiskované mapové listy ZDM

- Základní důlní mapa URC Josef - patro 0m
- Základní důlní mapa URC Josef - patro +20m
- Základní důlní mapa URC Josef - patro +40m