

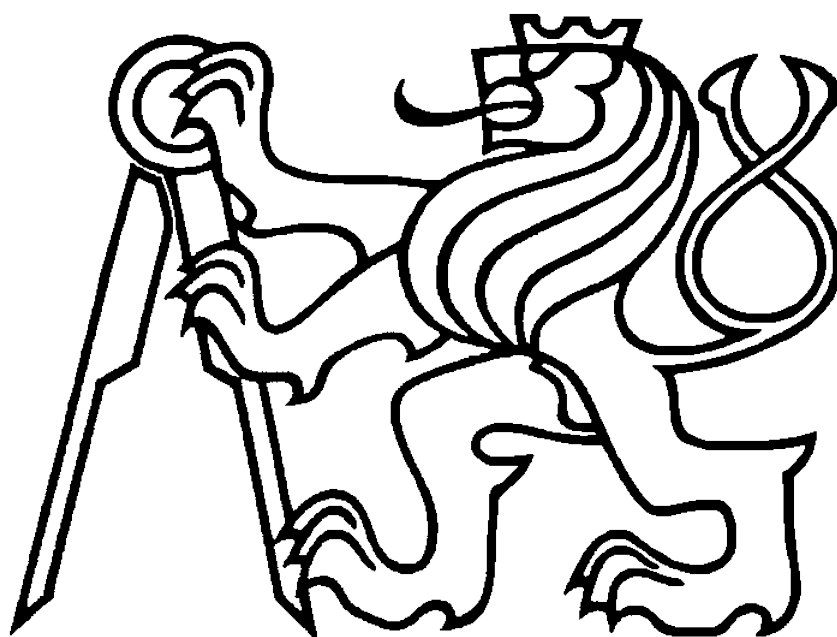
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA SPECIÁLNÍ GEODÉZIE

Studijní program: Geodézie a kartografie

Studijní obor: Geodézie a kartografie



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Zaměření vybraných historických sklepů ve Slaném

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

květen 2019

Bc. Lukáš Hort



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Hort	Jméno: Lukáš	Osobní číslo: 439241
Zadávající katedra: Katedra speciální geodézie		
Studijní program: Geodézie a kartografie		
Studijní obor: Geodézie a kartografie		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Zaměření vybraných historických sklepů ve Slaném	
Název diplomové práce anglicky: Measurement of Chosen Historical Cellars in Slaný	
Pokyny pro vypracování: Rekognoskace historických sklepů v oblasti Masarykova náměstí. Zaměření vybraných sklepů technologií laserového skenování. Zpracování prostorového modelu. Vytvoření výkresové dokumentace.	
Seznam doporučené literatury: Štroner, M. a kol.: 3D skenovací systémy. Česká technika - nakladatelství ČVUT, Praha, 2013, ISBN 978-80-01-05371-3. 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, 1997. Ostrava: Montanex. ISBN 80-85780-88-7.	
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Tomáš Křemen, Ph.D.	
Datum zadání diplomové práce: 4.2.2019	Termín odevzdání diplomové práce: 19.5.2019
<i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>	
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“.

4. 2. 2019	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

Čestné 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 použitých zdrojů.

Ve Slaném, dne

.....

Lukáš Hort

Poděkování

Rád bych na této stránce poděkoval mnoha lidem, kteří mně velmi pomohli ať již při měření, či zpracování této práce, nebo při dalších činnostech s touto prací spojených.

V první řadě musím poděkovat Ing. Tomáši Křemenovi, Ph.D., za odborné vedení mé diplomové práce, cenné rady, vstřícnost a ochotu vždy pomoci, když jsem o to požádal. Dále také za ochotu několikrát jezdit za mnou do Slaného za účelem přípravy projektu, jehož vstupním bodem bude tato práce a za výpomoc při měření s laserovým skenerem.

Poděkování patří také Mgr. Pavlu Rubíkovi, který byl na začátku celé myšlenky zaměřování sklepů a díky němuž mě vůbec napadlo takovou práci uskutečnit. Důležité podpory jsem se taktéž dočkal ze strany Vlastivědného muzea ve Slaném, především od pana ředitele Mgr. Jana Čečrdleho, který se mně vždy snažil co nejrychleji sehnat materiály, které jsem potřeboval k dalšímu průzkumu sklepů.

Opomenout nesmím také majitele jednotlivých nemovitostí se zaměřenými sklepy, tedy pány Ing. Zdeňka Čablu a Miloslava Vanču a manžele Hanu a Miroslava Tomsovy, kteří nikdy neměli problém mě do svých sklepů pustit. A děkuji také všem ostatním, díky kterým jsem mohl, či do budoucna budu moci, prozkoumávat další sklepy a případně je i zaměřovat.

Tato práce je mnohem barevnější díky fotkám pana Martina Majera ze Speleologické skupiny Tetín, díky němuž je možné ukázat části sklepů mnohem kvalitněji zaznamenané, než by tomu tak bylo pouze z mého mobilního telefonu. Práce tak může všem čtenářům ukázat jednotlivé části sklepů mnohem zajímavěji a detailněji a za to patří panu Majerovi velký dík.

Za pomoc při měření totální stanicí tímto děkuji kolegovi Michalu Zímovi a Ing. Romaně Černé a za zaměření části sklepů pod č. p. 1 ručním skenerem DPI-8 a fotogrammetricky Mgr. Jiřímu Ungerovi. Za malou výpomoc při vektorizaci mračna bodů taktéž děkuji kamarádovi Davidu Sedláčkovi.

Musím zde také zmínit svého strýčka, Mgr. Vladimíra Kulicha, který mi velmi pomáhal překonat čistě matematické předměty v začátcích studia na vysoké škole a byl ochotný za mnou kdykoli přijet domů vypomáhat s úkoly. Taktéž děkuji své babičce, Haně Hortové, která mi jako bývalá učitelka češtiny ráda zkontrolovala bakalářskou i diplomovou práci a pomohla tak k odstranění gramatických chyb.

Závěrem bych chtěl ještě od srdce poděkovat svým rodičům, kteří mě po celých 18 let studia na všech školách dohromady neuvěřitelně podporovali ať už finančně či psychicky a bez nich bych jistě nebyl tam, kde jsem teď. Děkuji.

Abstrakt

Předmětem práce je vytvoření prostorového modelu vybraných historických sklepů ve Slaném. Model bude sloužit pro vizualizaci nepřístupného území pro širokou veřejnost, dále jako dokumentace prostor v podzemí při případné revitalizaci Masarykova náměstí a jako digitální konzervace nemovitého kulturního dědictví. K zaměření bylo využito metody laserového skenování. Ke zpracování měření na počítači byly použity programy Leica Cyclone, CloudCompare a Microstation V8i. Výsledkem je drátový a ploškový model všech zaměřených objektů a účelová mapa.

Klíčová slova:

3D laserové skenování, mračno bodů, Cyclone, Microstation V8i, model, Slaný, sklep

Abstract

The subject of this thesis is to make the 3D model of selected historical cellars in Slaný. The model will serve as a visualization of the inaccessible area for the public, as well as documentation of the underground space during the possible revitalization of Masaryk Square and as a digital preservation of the immovable cultural heritage. For taking the measurement there was applied laser scanning. The Leica Cyclone, CloudCompare and Microstation V8i programs were used to process the measurements on a PC. The result is the wireframe and face model of all targeted objects and the thematic map.

Key words:

3D laser scanning, point cloud, Cyclone, Microstation V8i, model, the town of Slaný, cellar

Obsah

Úvod	8
1) Rekognoskace sklepů	
1.1 Historický vývoj a průzkum.....	9
1.2 Popis jednotlivých částí všech sklepů	
1.2.1 Vstupy	14
1.2.2 Gotické portály	14
1.2.3 1. patro	15
1.2.4 2. patro	16
1.2.5 Studny	17
1.3 Popis zaměřených sklepů	
1.3.1 Č. p. 2	18
1.3.2 Č. p. 1	19
1.3.3 Č. p. 86, č. p. 87, č. p. 110	20
1.4 Pohledy z dalších oborů	21
2) Měření	
2.1 Měření laserovým skenerem	
2.1.1 Technologie 3D laserového skenování	22
2.1.2 Měření polygonovým pořadem	22
2.1.3 Měření s kulovými terči	23
2.2 Měření totální stanicí	24
2.3 Měření s GPS	28
2.4 Měření s ručním skenerem	28
3) Přístrojové vybavení	
3.1 Laserový skener Leica ScanStation P40	29



3.2 Černobílé a kulové terče	29
3.3 Totální stanice Trimble M3	30
3.4 Ruční skener DPI-8	30
3.5 Další vybavení	31
4) Zpracování	
4.1 Výpočty	32
4.2 Registrace	32
4.3 Ředění mračna bodů	34
4.4 Vektorizace	35
4.5 Modelování	39
4.6 Kontrolní měření	41
4.7 Tvorba účelové mapy.....	41
5) Výsledky	
5.1 Mračno bodů	43
5.2 Drátový model	43
5.3 Ploškový model	44
5.4 Účelová mapa	45
Závěr	46
Použité zdroje	47
Seznam obrázků	49
Seznam příloh	52

Úvod

Tématem diplomové práce je vytvoření prostorového modelu vybraných historických sklepů ve městě Slaný pomocí laserového skenování. Taktéž je to úvodní práce do projektu dokumentace historického podzemí ve Slaném připravovaným ve spolupráci s Vlastivědným muzeem ve Slaném.

Úvodem je v práci popsáno historické podzemí jako celek, jeho pravděpodobný vývoj a dočasný průzkum a jsou podrobněji popsány a vyobrazeny jednotlivé části a zajímavé prvky. Dále je připojen přesnější popis tří zaměřovaných oblastí a také pohledy na sklepení z různých dalších oborů, především pak z pohledu možných rizik v podobě rozpadu stropu a stěn místností vykopaných v pískovcové skále.

V rámci části věnující se měření jsou především zmíněny způsoby měření laserovým skenerem, jejich výhody a nevýhody. Jsou zde také zmíněny další použité metody měření – polární metoda a GNSS. Tyto metody byly využity k připojení mračna bodů do polohového a výškového pole.

Ve třetí kapitole je popsáno nutné přístrojové vybavení pro měření a způsob jeho využití. Jsou zde uvedeny parametry laserového skeneru Leica ScanStation P40, totální stanice Trimble M3 a ručního skeneru DPI-8. V dalších podkapitolách je zmínka o černobílých a kulových terčích a o dalším potřebném vybavení.

V další části je představeno samotné zpracování počínaje výpočty v programu Groma v.12 a dále registrací mračna bodů v programu Cyclone, ředěním mračna bodů v programu CloudCompare a vektorizací v programu Cyclone. Poté je popsán proces modelování v programu Microstation V8i, ověření polohové správnosti modelu kontrolním měřením a tvorba účelové mapy. V celé části je kladen důraz hlavně na různé problémy objevující se při zpracování a jejich řešení.

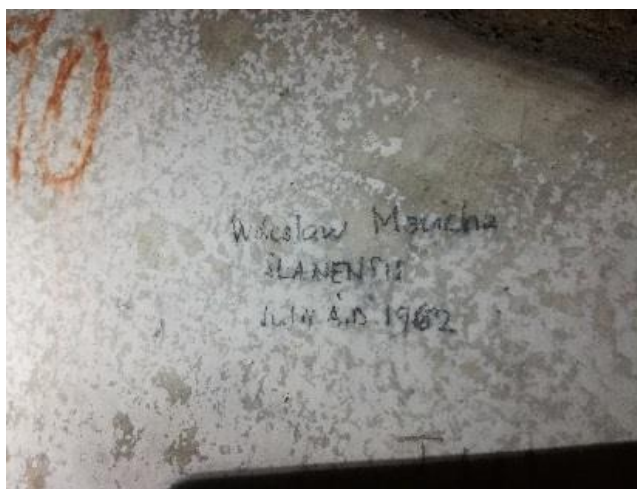
Na závěr jsou prezentovány výsledky této práce (zahrnující zregistrované mračno bodů, drátový model, ploškový model a účelovou mapu) a popsáno jejich umístění v přílohách. Jednotlivé podkapitoly jsou také doplněny několika obrázky zachycujícími celkový pohled na zaměřené sklepy v rámci dané verze výsledku.

1) Rekognoskace sklepů

1.1 Historický vývoj a průzkum

Podzemí pod historickým jádrem královského města Slaný je již dlouhá desetiletí zahaleno tajemstvím. Svědčí o tom více skutečností – především jakákoli chybějící podrobnější dokumentace a tím i výskyt povídek a bájí mezi obyvateli města. Nezřídka je možné setkat se s občany města přesvědčenými, že přes celé náměstí vede labyrint sklepů, že z náměstí až do františkánského kláštera vede tajná chodba, či že slavný Bořita z Martinic používal únikovou chodbu z města vystupující na povrch do úvozu u Božího hrobu daleko za městem, odkud pak již bez pozornosti slánských občanů mohl pokračovat na svůj zámek ve Smečně. Zatím neexistují přímé důkazy, že by nějaká taková chodba vedoucí za město mohla existovat, ale takové báje vznikají vždy ve chvíli, kdy se lidé zajímají o něco neznámého, nezdokumentovaného. A přesně tím slánské podzemí je.

V průběhu posledních desetiletí již ve Slaném proběhlo několik pokusů o určitou formu zdokumentování, ale žádné neprobíhalo komplexně se zahrnutím ostatních odborných subjektů. Nějakým způsobem se o slánské podzemí zajímal dnes již zesnulý pan PhDr. Václav Moucha, CSc., který v 60. letech minulého století dokonce po částech podzemí provázel. Důkazem toho je nápis na zdi v 2. patře sklepa pod č. p. 1 na Masarykově náměstí (obr. 1). Bohužel, kromě článku o průzkumu krypty pod kolejí slánských piaristů (dnešní vlastivědné muzeum), nebyly žádné další články o podzemí ve městě od tohoto významného archeologa nalezeny. Mnohem zajímavějším zdrojem informací je Stavebně historický průzkum městského jádra města Slaný od Dr. J. Muka z roku 1973, kde jsou jednotlivé sklepy rozepsány podrobněji a to často včetně přibližného určení stáří jednotlivých sklepů. Také si lze díky tomuto průzkumu již předem vytipovat, které sklepy by mohly být zajímavé a které méně.



Obr. 1 – Důkaz o návštěvě sklepa pod č. p. 1 od PhDr. Mouchy

Co se týče historického zaměření, tak během výstavby protiletectkých krytů bylo důlním měřením zaměřeno a zmapováno několik sklepů. Lze proto nalézt ve stropě daných sklepů malé kovové čepy, který byly zřejmě využívány pro zavěšení olovnic (obr. 2). Mapovou dokumentaci je možné zhlédnout na stavebním úřadě ve Slaném (příklad jednoho plánu na obr. 3).

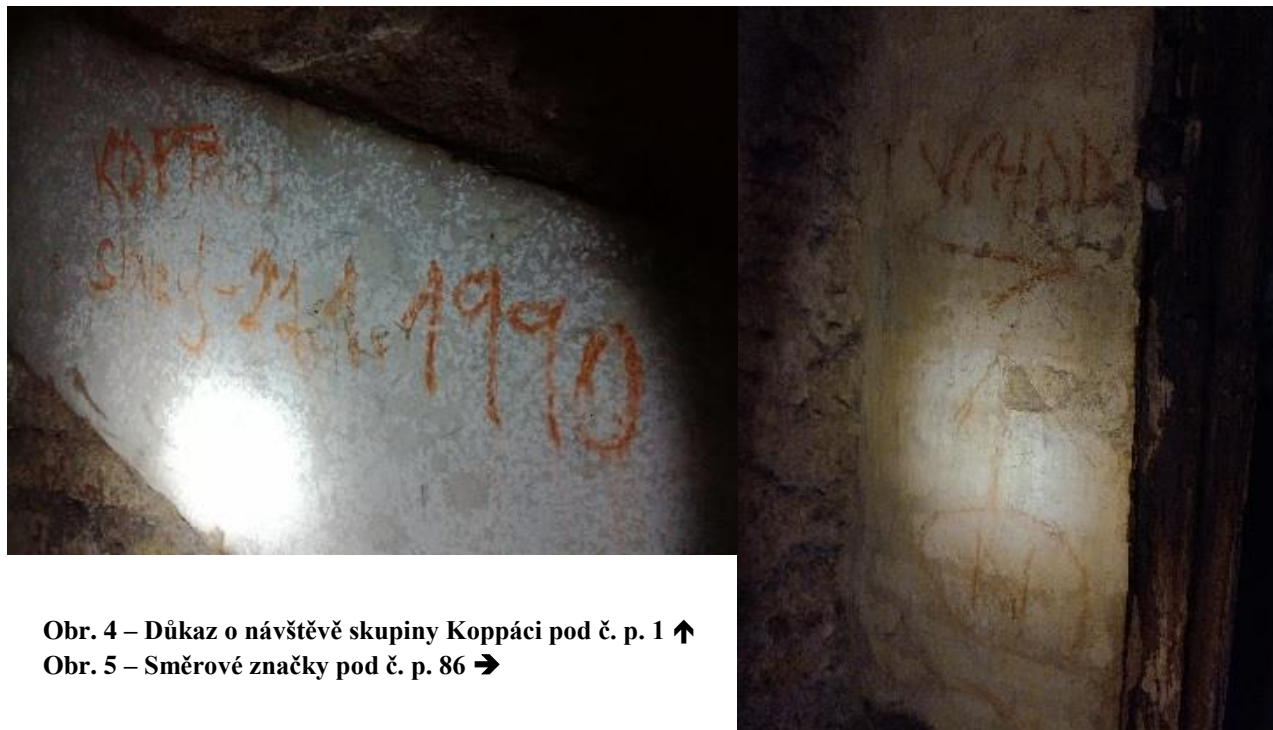


Obr. 2 – Kovový čep ve stropě sklepa ↑

Obr. 3 – Plán protiletectkého krytu pod č. p. 2 →



Posledním pokusem o zdokumentování/zaměření slánských sklepů byla činnost spolku kamarádů s názvem „Koppáci“, kteří se snažili o nalezení již dříve zmíněných tajných chodeb do kláštera a k Božímu hrobu. Byli přesvědčeni především o existenci chodby ke klášteru, neboť při stavbě budovy bývalého Telecomu (č. p. 199 ve Fričově ulici) se prý pod jedním z pilířů propadla zem do dané chodby. Dělníci však propad zabetonovali a jiný vstup do chodby již nebyl nalezen. Chodbě nasvědčovaly i dva propady vozovky na křižovatce v Palackého ulici za Velvarskou bránou. Skupina se zkusila do chodby prokopat na pozemku sousedícím s č. p. 199 (zahrada u Černé bašty), ale ani zde nebyli úspěšní. Během hledání dalších chodeb prošli většinu zajímavých sklepů nejen na Masarykově náměstí, ale i v okolních ulicích a dokonce podzemní místnosti proměřovali metrem a dělali si z nich jednoduché náčrty. Bohužel jsem se do dokončení této práce k žádnému náčrtu nedostal. Po činnosti této skupiny zůstaly tedy znovu pouze nápisy na stěnách pod č. p. 1 a pod č. p. 86 (obr. 4 a 5).



Obr. 4 – Důkaz o návštěvě skupiny Koppáci pod č. p. 1 ↑

Obr. 5 – Směrové značky pod č. p. 86 ➔

Všechny výše uvedené skutečnosti hovoří o tom, že ve slánských sklepech dosud nebyl uskutečněn žádný velký stavebně-historický průzkum, geologický průzkum a ani jiné průzkumy, včetně kompletního zaměření. Pro popis historického vývoje této neznámé části města je tedy nutné využít popisu sklepení ve městech s podobnou historickou funkcí, jako mělo město Slaný. Město bývalo ve středověku důležitou obchodní křižovatkou. Svou významností se mohlo řadit vedle měst, jako jsou Jihlava, Plzeň a Tábor. A z podzemí, která jsou přístupná v těchto městech, je možné si brát mnohé podobnosti. Především to, že vznik těchto podzemí je datován mezi 14. až 16. stoletím. Nejprve bylo ve hloubce 2 - 6 metrů vyhloubeno povětšinou rozlehlé 1. patro a poté okolo 16. století bylo vybudováno v hloubce 8 – 10 metrů druhé podlaží, kde jsou místnosti již mnohem menší. Na stáří sklepů odkazují také četné gotické portály umístěné většinou u vstupů do 1. pater, ale občas i do 2. pater (např. pod č. p. 1).

Nejpravděpodobněji se zdá, že podzemí bylo budováno z ekonomických důvodů - ve 14. století došlo k hospodářskému rozvoji, který zapříčinil potřebu nových skladovacích či výrobních prostor, a vzhledem k nedostatku místa na povrchu se pozornost měšťanů upřela do hlubin (*wikipedia.cz 2018*). Ve Slaném je to nejvíce doloženo ve 2. patře sklepa pod č. p. 9 na Masarykově náměstí, kde se dříve nacházel vinný sklep. Dodnes se tam zachovaly kamenné police pro uskladnění lahví s vínem (občas jde nad policemi rozpoznat i název odrůdy, která se tam skladovala) a velké kamenné kvádry, na kterých byly položeny sudy (obr. 6 a 7). Uprostřed místností se také dochovaly chodníky, které tam majitelé nechali vybudovat, aby jim nemohly klouzat nohy po nestabilní podlaze. Využitelnost sklepů jako skladu pro potraviny i v nedávných dobách se dá doložit pod č. p. 136 ve Velvarské ulici, kde byl na zdi ve 2. patře nalezen rozbitý teploměr z minulého století (obr. 8). Velmi překvapivým se také stal nález v místnosti pod č. p.

110 na Masarykově náměstí, kde byla daná místnost kompletně zaplněna velkými historickými dózami, lahvemi a kanystry (obr. 9). Co přesně se v nich nacházelo, se už však zřejmě nedozvíme. Největší dózy v poměru s okolím jsou dobře vidět na obr. 10 pořízeném z mračna bodů.



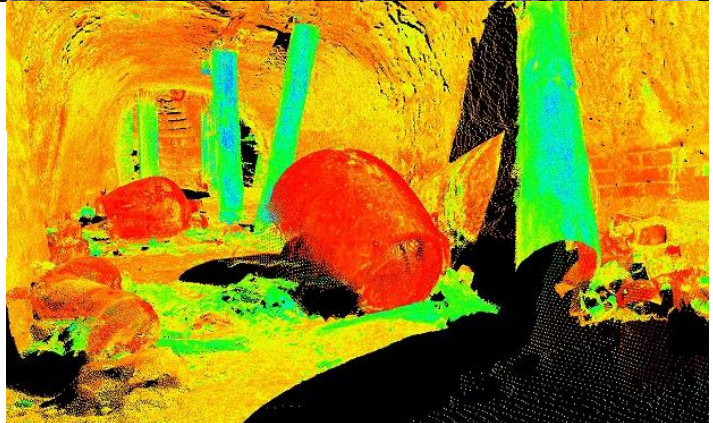
Obr. 6 a 7 – Police na lahve s vínem a kamenné kvádry na sudy s vínem pod č. p. 9 (M. Majer 2019)



Obr. 8 – Teploměr pod č. p. 136 ↑

Obr. 9 – Historické lahve a kanystry pod č. p. 110 ↗

Obr. 10 – Velké dózy v mračnu bodů pod č. p. 110 →



Historické sklepy a tajné chodby pod městy bývaly mimo jiné budovány i z důvodů úkrytu při napadení města. Ať už měly sloužit jako úkryt pro obyvatelstvo nebo třeba jako zaminované chodby v Terezíně pro útok na nepřítele (chodby byly raženy daleko za opevnění a ve chvíli, kdy by se nepřítel se svojí armádou nacházel nad nimi, tak by byly odpáleny výbušniny v nich uložené a nepřítel by tak v mžiku přišel o velkou část armády a navíc by měl mnohem těžší přístup k opevnění). Ve Slaném lze nalézt důkazy o vybudování krytů pro úkryt obyvatelstva až z období před 2. světovou válkou. Dle Historického atlasu měst České republiky, svazku č. 6 – Slaný (1998) dal v roce 1935 V. Hiecke ve sklepě hotelu Pošta (č. p. 160 na Masarykově náměstí) vybudovat první letecký kryt. Postupem času vznikaly ve vybraných sklepech i další kryty. Některé sklepy byly z toho důvodu rozšířeny o vstupní šachty buď přímo z náměstí, nebo ze dvorů u daných nemovitostí (obr. 11 a 12). Sklepy také byly doplněny různými výztužemi, přepážkami pro záchodové komory (obr. 14) a hmatovou navigací (obr. 13). Hmatová navigace znamenala 30 cm široké bílé pruhy lemující cca ve výšce 1,5 m jednotlivé místnosti. Všechny pruhy také vystupovaly ze stěn o 1 cm, aby byly ve tmě jednoznačně rozpoznatelné a dala se díky nim nalézt cesta ven ze sklepů i ve tmě. Taktéž byly pokryty fosforeskující barvou, aby ve tmě svítily, což si lze svítem baterky ověřit i dnes. Posledním nálezem souvisejícím s touto dobou byly dvě historické cedulky pod č. p. 86 (obr. 15).



Obr. 11 – Vstupní šachta (M. Majer 2019)



Obr. 12 – Přístup do jedné ze šachet ze dvora



Obr. 13 – Hmatová navigace (M. Majer 2019)



Obr. 14 – Výztuž a přepážka pod č. p. 86 (M. Majer 2019)



Obr. 15 – Nalezené historické cedulky (M. Majer 2019)

1.2 Popis jednotlivých částí všech sklepů

1.2.1 Vstupy

Vstupy do jednotlivých sklepů se svým stylem velmi různí, několik věcí však mají společných. Nacházejí se buď na dvorcích daných nemovitostí, nebo na hlavních chodbách vedoucích skrz nemovitost (obr. 16 a 17). Vyznačují se také tím, že ve většině případů následuje nedlouho za nimi gotický portál (občas i více portálů).



Obr. 16 – Vstup ze dvora u č. p. 86



Obr. 17 – Vstup z hlavní chodby č. p. 58 v Soukenické ulici

1.2.2 Gotické portály

Tyto významné prvky lze nalézt skoro vždy před vstupem do místností v 1. patře sklepů. Nejvíce je to doloženo pod č. p. 1, kde se dochovaly dokonce 4 gotické portály. Občas se také vyskytují na schodech vedoucích do 2. patra – např. pod č. p. 2. Nikdy se ale nevyskytují v 2. patře. To může být důkazem toho, že se sklepy v 2. patře hloubily mnohem později. Různé typy portálů jsou podrobně rozepsány ve Stavebně historickém výzkumu tábořského podzemí (Muk 1994). Je tam mimo jiné řečeno, že spodní sklepy v Táboře také jakékoliv portály postrádají, což by mohlo ukazovat na podobnost se slánským podzemím. Jisté ale je, že portály jsou jednou z nejzajímavějších částí sklepů a zasloužily by si v budoucnu více odborné pozornosti. Neboť, jak píše Muk, zjištění typu gotických portálů a tím jejich časového zařazení, může velmi pomoci při dalším výzkumu.



Obr. 18 – Dvojice portálů pod č. p. 1 (M. Majer 2019)

1.2.3 1. patro

1. patro slánských sklepů je definováno především velkými zaklenutými místnostmi o výšce stropu až 4 metry. Zajímavostí je, že ve všech sklepiích vypadají stylově úplně stejně. Někdy jsou delší, někdy kratší, někdy širší, někdy užší, ale vždy to je vysoká zaklenutá místnost, kde jsou stěny vytvořeny povětšinou z opukových cihel a téměř vždy se v těchto místnostech nachází větrací šachta na povrch (kde jsou tyto šachty reprezentovány malými poklopy v průčelí domů). Velké podobnosti 1. pater sklepů jednotlivých domů nasvědčuje především to, že v roce 1795 shořela při požáru třetina města, včetně domů na náměstí a v přilehlých ulicích a tím byly poškozeny i sklepy. Dle Muka (1994) byly v Táboře valené klenby vkládány náhradou za starší dřevěný strop, k čemuž mohlo dojít i ve Slaném po již zmíněném požáru. Zatím byly nalezeny dva důkazy potvrzující toto tvrzení – v 1. patře pod č. p. 87 lze vidět cca 3 m nad zemí díry ve stěnách, které mohly sloužit na udržení nosných trámů, a pod č. p. 8 udělal majitel do stěny klenby díru, za kterou našel kolmou stěnu. To tedy nasvědčuje tomu, že valená klenba tam byla postavená až dodatečně. Záběry a porovnání 1. pater sklepů pod různými domy lze nalézt na následujících obrázcích.



Obr. 19 a 20 – Místnosti v 1. patře pod č. p. 1 a č. p. 86 (M. Majer 2019)



Obr. 21 a 22 – Místnosti v 1. patře pod č. p. 8 a č. p. 9

1.2.4 2. patro

Na 2. patře slánského podzemí je již výrazně vidět, jak sklepy vůbec vznikaly – hloubením do pískovcové skály, na které leží celé centrum města. Vstup do 2. patra je ve většině případů po dlouhém schodišti z hlavní velké místnosti v 1. patře, nachází se až na výjimky na konci dané místnosti a vystupuje mimo dům pod uliční čáru. Zatím pouze ve sklepě pod č. p. 1 byla zaznamenána situace, kdy 2. patro mířilo pod dvůr domu. Místnosti v 2. patře bývají vysoké okolo 2 m, a pakliže jsou sklepení mezi domy propojeny, tak to bývá právě zde. Propojení jednotlivých sklepů ve Slaném je další zajímavou částí k průzkumu. Zatím byly nalezeny jen čtyři propojené oblasti, ale velmi pravděpodobně existují i další. Zatímco propojení mezi č. p. 1 a č. p. 2 a dále č. p. 87 a č. p. 110 bylo dle vzhledu spíše dílem náhody, tak mezi č. p. 1, č. p. 86 a č. p. 87 a dále č. p. 8 a č. p. 9 byly úmyslně vytesány chodby/průchody, aby došlo ke spojení těchto sklepů. Jaký k tomu byl důvod, se můžeme dnes jen domnívat - jestli tyto domy vlastnil stejný majitel, či dva spřátelení majitelé, nebo k tomu byl úplně jiný důvod, nelze s jistotou říci. Další propojení se nacházelo mezi č. p. 135 a č. p. 134 (Masarykovo náměstí), dále mezi č. p. 126 (ulice Kynského) a dalším domem (zřejmě č. p. 125) a také mezi č. p. 2 a č. p. 3. Minimálně poslední dvě propojení jsou už ale spíše novodobějšího rázu. Většina průchodů je aktuálně zazděných, zamřížovaných či jinak hůře průchozích, takže o nějakém velkém propojení všech sklepů, jako je třeba v plzeňském podzemí se nyní nelze bavit (obr. 26 – 29).



Obr. 23 – 2. patro pod č. p. 8 (M. Majer 2019)

Obr. 24 – 2. patro pod č. p. 135 (M. Majer 2019)

Obr. 25 – Přístup do 2. patra pod č. p. 86 (M. Majer 2019)



Obr. 26 – Chodba mezi č. p. 1 a č. p. 86



Obr. 27 – Propojení mezi č. p. 8 a č. p. 9

Obr. 28 – Propojení mezi č. p. 1 a č. p. 2 (M. Majer 2019)



Obr. 29 – Chodba mezi č. p. 86 a č. p. 87

1.2.5 Studny

Posledním často se objevujícím prvkem v slánském podzemí jsou studny. Během průzkumu pro potřeby této práce byly zatím objeveny tři, ale dle ředitele slánského muzea Mgr. Jana Čečrdleho jich je ve Slaném mnohem více. Pozoruhodné jsou především studny pod č. p. 135 (obr. 32) a č. p. 8 (obr. 30). Studna pod č. p. 8 je dle majitele 17 m hluboká, skoro 2 m široká, její stěny pokrývají tesané kvádry a ústí na dvoře daného domu. Pod č. p. 135 je studna tesaná v pískovcové skále, ale je k ní mnohem horší přístup, takže se dá pouze odhadovat, že rozměry bude mít podobné jako studna pod č. p. 8. Zajímavostí je, že ústí přímo na náměstí, takže musela být v minulosti využívána jako městská studna pro veřejný užitek. V plánech na revitalizaci Masarykova náměstí se počítá s jejím vyznačením v dlažbě.



Obr. 30 – Studna pod č. p. 8 (M. Majer 2019)



Obr. 31 – Studna pod č. p. 2



Obr. 32 – Studna pod č. p. 135

1.3 Popis zaměřených sklepů

1.3.1 Č. p. 2

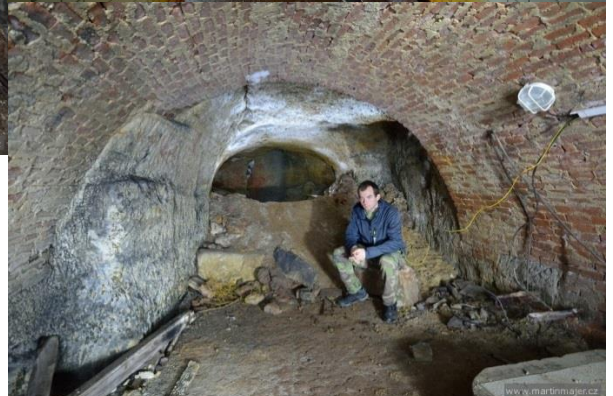
Tento sklep je neobvyklý z několika důvodů. Stavba 1. patra se hodně liší od ostatních sklepů ve městě. Stále zahrnuje velké zaklenuté prostory, ale tím že jsou jednotlivé místnosti menší, než u jiných sklepů, tak nepůsobí tolik impozantně. Je velmi pravděpodobné, že byl tento sklep během minulých století několikrát přestavován. Navíc vstup do něj vedl zřejmě i z náměstí, neboť je v jedné samostatné místnosti dochovaný gotický portál, který, jak již bylo psáno dříve, značil vchod do místnosti (obr. 33). Nejzajímavější je však dochované vybavení v 1. patře z dob První republiky, kdy zde sídlilo řeznictví. Ačkoli právě kvůli tomu byla zřejmě podoba 1. patra z dob středověku nenávratně změněna, je možné si tady nyní prohlédnout dobové stroje a vykachličkované místnosti, které tuto ztrátu vynahradí (obr. 34 a 35). Je zde ale taktéž vidět působení podzemní vody a velké vlhkosti, kvůli kterým se začala propadat stěna jedné z místností a musela tak být majitelem zajištěna několika velkými příčkami. Před a během 2. světové války byly prostory využívány také jako protiletectký kryt, což je zřejmé na plánech na obr. 3 a na dodatečně vybudovaném průchodu do č. p. 3, který je nyní zazděný. Prostory 2. patra jsou nyní výrazně ovlivněny hromadou zeminy, která tam byla navezena během budování řeznictví. Majitel však velkou část z ní kdysi vyvezl a nechal strop místnosti podepřít velkou cihlovou klenbou. V tomto patře se taktéž nachází studna (obr. 31), ze které nájemníci stále odebírají vodu. Posledním prvkem k povšimnutí je kovová mříž nacházející se v díře propojující tento sklep se sklepem pod č. p. 1.



Obr. 33 – Gotický portál u historického vstupu



Obr. 34 – Strojovna ↑
 Obr. 35 – Odkapní žlab ↗
 Obr. 36 – 2. patro →
 (všechny fotky - M. Majer 2019)



1.3.2 Č. p. 1

Na rozdíl od malých místností v 1. patře sklepa pod č. p. 2, jsou místnosti v 1. patře pod č. p. 1 mnohem prostornější. Díky nedávné rekonstrukci jsou také pohledově nejzajímavější a čisté (což velmi vypomohlo při vektorizaci mračna bodů). Z rozsáhlosti dvou hlavních místností a z množství gotických portálů se dá usuzovat, že tyto sklepy byly ve středověku velmi významné a měly bohatého majitele. Poklopem v podlaze jedné z místností se dá dostat na schody do 2. patra (obr. 37). Zajímavé pro stavebně



Obr. 37 – Místnost s poklopem v 1. patře (M. Majer 2019)



Obr. 38 – Klenba nad schodištěm do 2. patra

historický průzkum by mohly být nosné klenby zabudované ve stěnách a vyskytující se zde na několika místech – jedna z těchto klenb je i nad zmíněným schodištěm do 2. patra (obr. 38). Toto patro se skládá z přístupové chodby a 2 místností. Lze zde pozorovat velmi výrazné zásahy, které proběhly při budování protiletceckých krytů – různé výztuže chodeb a především hmatová navigace na stěnách. V zadní části první místnosti se nachází mříž, za níž je sklep pod č. p. 2. Po sestupu ze schodů z 1. patra si lze také všimnout nižší chodbičky vedoucí do sklepa pod č. p. 86 (obr. 40 a 26).

Tato chodbička byla kdysi zahrazena (zřejmě při budování krytů), ale v druhé polovině minulého století byla opět zpřístupněna (i když aktuálně pouze po kolenou). Za zmínku stojí ještě jedna místnost v 2. patře, která se však nachází za dlouhými schody vedoucími z chodby v 1. patře pod dvůr. V celkovém pohledu na všechny dosud prozkoumané sklepy je místnost v 2. patře vybudovaná směrem pod dvůr nemovitosti anomálií, jež zatím není nijak vysvětlena.



Obr. 39 – 2. patro (M. Majer 2019)



Obr. 40 – Chodbička do č. p. 86 (M. Majer 2019) Obr. 41 – Místnost v 2. patře pod dvorem (M. Majer 2019)

1.3.3 Č. p. 86, č. p. 87, č. p. 110

Poslední součástí zaměřeného podzemí jsou sklepy pod těmito třemi domy. Zároveň je to také největší průchozí dochovaná část sklepů ve Slaném (bráno ze zatím navštívených sklepů). Ze dvora u č. p. 86 se dá po krátkých schodech sestoupit na křižovatku, z níž je možné jít do 1. patra buď pod č. p. 86, nebo pod č. p. 87. Obě místnosti v tomto patře jsou prakticky stejné s tím, že v místnosti pod č. p. 86 se dá po schodech vyjít na plošinu nad vstupem do 2. patra (obr. 20) a že do té samé místnosti byl kdysi zřejmě další vstup z masného krámu umístěného v domě na povrchu. Stejně jako v č. p. 2 je tento historický vchod dokázán gotickým portálem. V 2. patře se nachází velmi podobné dvě zaklenuté místnosti (obr. 43) propojené cca 30 m dlouhou chodbou (obr. 29). V místnosti pod č. p. 87 lze taktéž najít otvor, kterým je možné prolézt do 2. patra sklepa pod č. p. 110. Obsahuje jednu místnost, z níž vedou schody zřejmě do 1. patra, které je ovšem zazděné a do dokončení práce se nepodařilo do něj dostat. Místnost je sama o sobě zajímavá z důvodu nepřeberného množství starých kanystrů, velkých dóz a lahví, které jsou zřejmě pozůstatkem po předchozím majiteli, či obchodu, který sídlil v tomto domě. Na jiný odborný rozbor by zde jistě byly i tři podpěry uprostřed místnosti, které měly za úkol zlepšit nosnost stropu, ale jak je vidět na obr. 44 a 45, během posledních let se již hodně rozpadají. Zatím by to snad ale nemělo znamenat žádné větší ohrožení.



Obr. 42 – Schody do 2. patra sklepa pod č. p. 87

Obr. 43 – Místnost v 2. patře pod č. p. 86



Obr. 44 – Stav podpěr v roce 2007 (M. Kolčava 2007)

Obr. 45 – Stav podpěr v roce 2019 (M. Majer 2019)

1.4 Pohledy z dalších oborů

Jak již bylo zmíněno na začátku, slánské sklepy dosud nebyly zkoumány více odbornými pohledy. Bylo by zapotřebí stavebně historického průzkumu pro přesnější datování historie sklepů, jejich výstavby, atd., dále geologického průzkumu na určitých místech, spojeného s pohledem statika a nakonec také biologického průzkumu, poněvadž např. v č. p. 4 je možné v 2. patře vidět kořinky, u kterých by bylo zajímavé zjistit jejich původ (obr. 46).

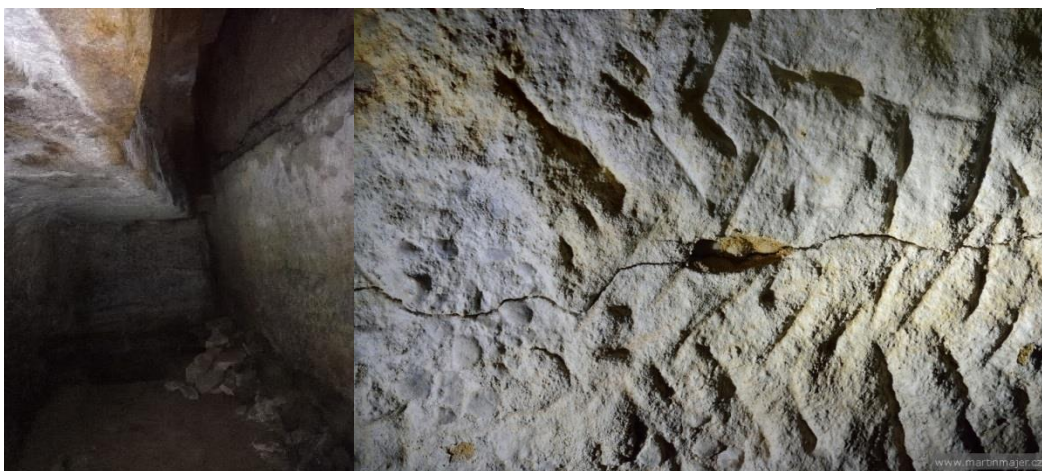
Nejdůležitějším z pohledu bezpečnosti by jednoznačně byl výzkum poruch stěn a stropů v podzemí a definování jejich stálosti. Nejhůře to zatím vypadá na schodišti do 2. patra pod č. p. 86, kde se vrstvy pískovcové skály hodně drolí a rozpadají (obr. 47). Během budování krytů tu již byla jedna výztuž postavena, ale aktuálně je hlavní problém trochu dál (obr. 25 – pískovcová skála vlevo). Další velkou poruchu lze nalézt ve 2. patře pod č. p. 1 (obr. 48) a asi úplně největší pod č. p. 53 v Soukenické ulici (obr. 49). Tam je porucha zřetelná nad celou místností. Menší rýhu táhnoucí se přes celou místnost je taktéž možné vidět ve 2. patře pod č. p. 87 (obr. 50), ale zde by nemělo sebemenší nebezpečí hrozit ještě dlouho. Je vidět, že rýha musela být v tomto sklepe už během budování krytů, kdy byla využívána pro jednodušší navrtání kovových čepů do stropu (obr. 2)



Obr. 46 – Kořinky ve stropě pod č. p. 4 (M. Majer 2019)

Obr. 47 – Drolící se stěna (M. Majer 2019)

Obr. 48 – Porucha pod č. p. 1 (M. Majer 2019)



Obr. 49 – Porucha pod č. p. 53

Obr. 50 – Rýha ve stropě pod č. p. 87 (M. Majer 2019)

2) Měření

2.1 Měření laserovým skenerem

2.1.1 Technologie 3D laserového skenování

Laserové skenování je založeno na neselektivním určování prostorových souřadnic objektu a jejich ukládání do paměti. Provádí se pomocí skeneru automaticky dle nastavených parametrů. Tento přístroj může zaměřit stovky až sto tisíce bodů za vteřinu. Ve finálním skenu tudíž vznikne tzv. mračno bodů, které může obsahovat až milion bodů (*Teorie fungování terestrických skenovacích systémů 2014*). Jedná se o podobný princip jako u totálních stanic s bezhranolovým odrazem. Určí se vzdálenosti bodů od skeneru a to metodou tranzitního času či fázového rozdílu.

Tato technologie byla zvolena z důvodu nejrychlejšího a nejkompexnějšího zaměření všech sklepních místností a jejich zájmových částí. Totální stanicí by bylo velmi náročné zaměřit všechny lomové body, poruchy ve stěnách, gotické portály a další a navíc by se mohlo zapomenout na zaměření některých bodů. Laserové skenování umožňuje při dodržení několika zásad (rozebraných v kapitolách 2.1.2 a 2.1.3) zachycení všech viditelných ploch a rychlé a bezproblémové převedení dat z reality do 3D modelu. Navíc je zde vše automatizované. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena skenovacích systémů, nutnost sehnání speciálních softwarových programů a dlouhé počítačové zpracování.

2.1.2 Měření polygonovým pořadem

Měření ve slánských sklepech probíhalo dvěma způsoby. Sklepy pod č. p. 1 byly zaměřeny polygonovým pořadem s občasným využitím kulových terčů a sklepy pod č. p. 2, č. p. 86, č. p. 87 a č. p. 110 byly zaměřeny pouze s kulovými terči.

Metoda polygonového pořadu byla využita dne 26. 4. 2018 mezi osmou hodinou ráno a jednou odpoledne. Po navezení materiálu na místo mohlo začít měření. První stanovisko bylo zvoleno hned za vstupem do sklepa a dále se pokračovalo přes místnosti v 1. patře, slepou chodbu v 2. patře až do 2. patra propojených sklepů pod náměstím. Měření zahrnovalo 22 stanovisek (21 + stanovisko 16a kvůli doměření, viz níže) a 5 kulových terčů. Náčrt situace s rozvržením stanovisek je uveden v příloze č. 1.

Při použití této metody je třeba dbát několika zásad – především je nutné, aby z jednoho stanoviska bylo vidět minimálně na předchozí a další stanovisko. Na tato stanoviska, kde skener

aktuálně neměří, se do trojnožky usadí černobílé terče a namíří se svou čelní stranou proti skeneru. Poté, co skener pořídí na stanovisku mračno bodů, vybere se na displeji naskenovaný terč a skener ho ještě jednou podrobněji zaměří. Tím je zajištěno propojení mračen bodů na všech stanoviscích bez sebemenších odchylek. Pro jistotu je možné dát mezi stanoviska i pár kulových terčů, což se hodí při měření v místech s horší viditelností mezi stanovisky (jako např. mezi stanovisky 14 a 15 – obr. 51). Dále je nutné do skeneru nastavit konstantu rozdílu výšky skeneru a černobílého terče, aby nebyla mračna posunuta v ose Z. Mezi stanovisky 2 a 3 bylo na toto zapomenuto a dalo následně až nečekaně hodně práce v programu Cyclone tyto mračna na sebe napasovat. Další problém nastal na stanovisku 16, kde bylo velmi obtížné postavit stativ tak, aby z něj bylo vidět do zatočených schodů na předchozí stanovisko a zároveň do chodby vedoucí pod č. p. 86. Následně při přenesení skeneru na stanovisko bylo zjištěno, že by skeneru při otočení vadil kousek cihly vystupující ze zdi, takže bylo toto stanovisko zrušeno a kousek vedle se postavilo nové s číslem 16a. Napojení na vedlejší sklepy bylo zajištěno tak, že pod č. p. 2 se dostalo několik bodů skrz mříž ze stanoviska postaveného těsně před ní a pod č. p. 86 byla naskenovaná celá místnost za přístupovou chodbou. V programu Cyclone pak byla mračna propojena přes identické body nalezené v jednotlivých mračnecích.



Obr. 51 – Zaměření černobílého terče



Obr. 52 – Použití kulových terčů



Obr. 53 – Stanovisko 16

2.1.3 Měření s kulovými terči

Druhá etapa měření s laserovým skenerem proběhla 15. 11. 2018 mezi osmou hodinou ráno a třetí odpoledne. Začalo se se sklepy pod č. p. 86, č. p. 87 a č. p. 110. Po naskenování vstupu ze dvora u č. p. 86 se pokračovalo do 1. patra pod stejným domem, dále do 2. patra, spojovací chodbou pod č. p. 87, pak otvorem ve zdi pod č. p. 110 a nakonec do 1. patra pod č. p. 87. Při měření pod č. p. 2 se šlo výjimečně z nejnižšího bodu do vyšších pater, takže se začalo v 2. patře, dále po dlouhých schodech do 1. patra, kde byly postupně naskenovány všechny místnosti, a poslední stanovisko připadlo na schody vedoucí ke vstupu do sklepa. Pro obě naskenované části bylo použito 39 stanovisek (1 – 24 pro č. p. 86, č. p. 87, č. p. 110 a 25 – 39 pro č. p. 2) a 62 kulových terčů (K1 – K42 pro č. p. 86, č. p. 87, č. p. 110 a B1 – B20 pro č. p. 2). Náčrty situací s rozvržením stanovisek a umístěním kulových terčů jsou v přílohách č. 2 a 3.

U měření pouze s kulovými terči nemusí být za každou cenu vidět z jednoho stanoviska na druhé. Hlavní je, aby bylo terčů v okolí rozmístěno dostatek a aby alespoň dva terče byly viděny ze dvou vedlejších stanovisek. V ideálním případě by na každém skenu měly být vidět čtyři terče, aby se třeba mohly nějaké vynechat, kdyby se v průběhu měření nedopatřením pohnuly. Toto se stalo ve dvou případech, kdy byly nešťastnou náhodou posunuty, ale poněvadž byly poblíž další dva až tři kulové terče, tak se mohlo pokračovat v měření bez problémů dál.

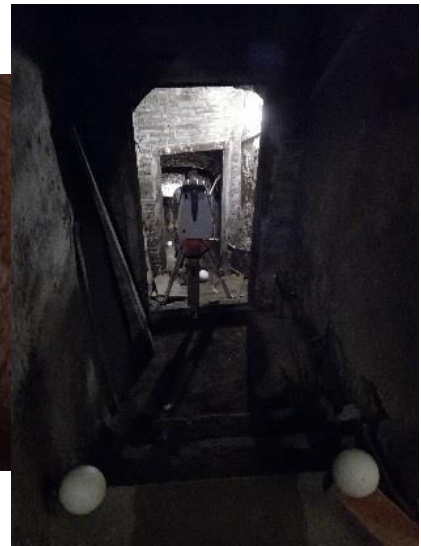
V porovnání s metodou polygonového pořadu je měření s kulovými terči jednoznačně rychlejší a méně náročné na přípravu. U polygonového pořadu bylo vždy nutné předem rozmyslet, kam bude pořad pokračovat a podle toho rozmístit stativy s černobílými terči. U kulových terčů se samozřejmě také muselo rozmýšlet, kde budou další stanoviska, ale odpadlo zdoluhavé stavění stativů, a když byly pod č. p. 86 nalezeny malé kovové rámy, na které se napevno mohly chytit magnetické podložky na kulových terčích, tak bylo možné kulové terče položit prakticky kamkoliv, aniž by bylo nutné se bát o jejich stabilitu. Registrace mračen přes kulové terče následně vykazovala odchylky maximálně kolem 3 mm, což je u laserového skenování přijatelná přesnost.



Obr. 54 – Rozmístění kulových terčů ve spojovací chodbě



Obr. 55 – Měření ve 2. patře pod č. p. 87 – před rozmístěním kulových terčů

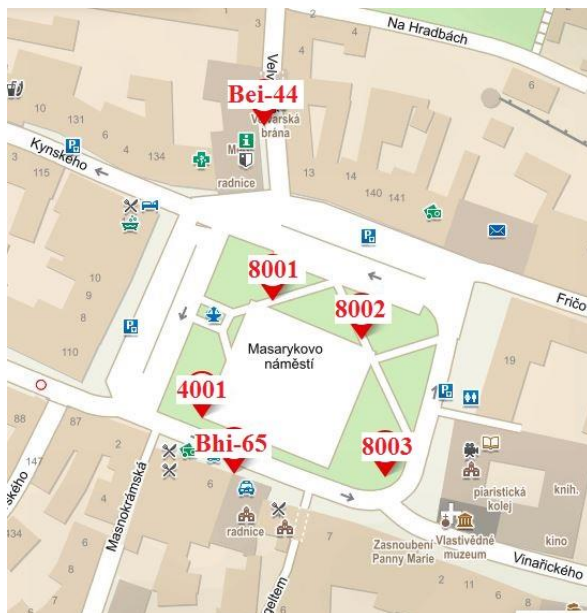


Obr. 56 – Rozmístění kulových terčů na schodech pod č. p. 2

2.2 Měření totální stanicí

Pro připojení naskenovaných sklepů do souřadnicového systému S-JTSK a výškového systému Bpv bylo zapotřebí měřit na povrchu totální stanicí. Výška byla přenesena z nivačního bodu Bhi-65 umístěného na fasádě domu č. p. 4 a kontrolně ověřeno z nivačního bodu Bei-44 umístěného na fasádě domu č. p. 136 ve Velvarské ulici a poloha byla přenesena ze tří bodů na náměstí zaměřených pomocí GPS. Měření probíhalo ve dnech 22. a 23. 2. 2019 za průměrného tlaku 1020 hPa a teploty 8 °C.

Nejdříve bylo nutné na Masarykově náměstí stabilizovat 3 nastřelovací hřebíky jako připojovací body polohového bodového pole č. 8001, 8002 a 8003 (hřebíky byly následně zaměřeny GPS, o tom je pojednáno v kapitole 2.3) a 1 hřebík naproti vchodu do č. p. 1 jako bod 4001 – první bod všech zaměřovaných polygonových pořadů. Rozmístění bodů polohového a výškového pole a bodů jednotlivých polygonů lze vidět na obr. 57 a 58.



Obr. 57 – Rozmístění bodů polohového a výškového pole (mapy.cz 2019)



Obr. 58 – Rozmístění bodů polygonových pořadů (mapy.cz 2016)

Před samotným měřením polygonových pořadů byl ověřen nivelační bod Bhi-65 z bodu Bei-44 trigonometrickou nivelací. Křídou byly na zemi vyznačeny dva přestavové body mezi nivelačními značkami. Poslední záměra musela být o 10 m delší než ostatní, kvůli parkujícím vozidlům, přes které by jinak nebylo vidět na druhý nivelační bod. Měření na body bylo provedeno v 1 skupině. Zápisník měřených hodnot je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1 – Měřené hodnoty trigonometrickou nivelací

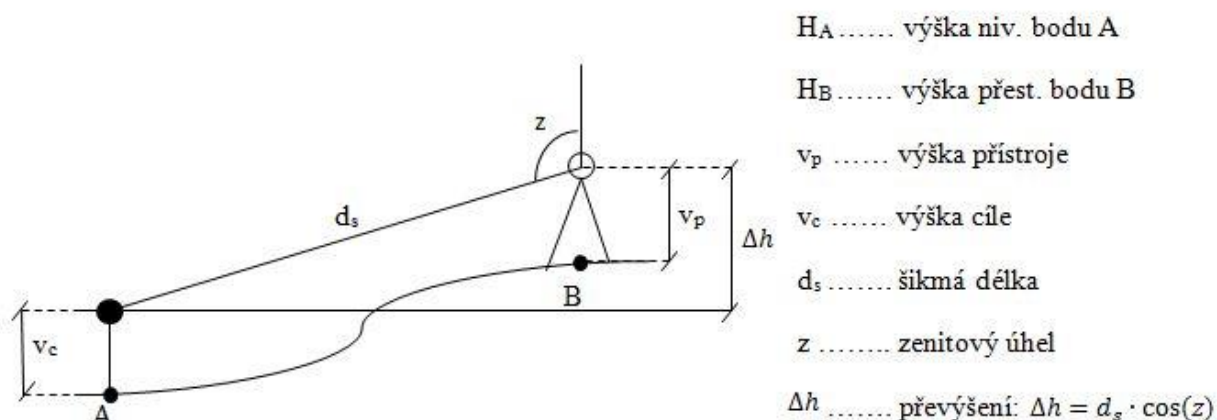
Stanovisko	Výška přístroje [m]	Výška cíle [m]	Měřený bod	Zenitový úhel [gon]		Index. chyba a výsledný z. úhel [gon]	Šikmá délka [m]	Š. délka – průměr [m]
1	1,486	0,1	Bhi-65	I	101,3222	i = -106 z = 101,3275	39,023	39,023
				II	298,6672		39,023	
		0,1	2	I	103,1293	i = -115 z = 103,1351	37,836	37,836
				II	296,8592		37,835	
2	1,658	0,1	1	I	101,8261	i = -104 z = 101,8313	37,807	37,807
				II	298,1635		37,807	
		0,1	Bei-44	I	102,6281	i = -120 z = 102,6341	50,903	50,904
				II	297,3599		50,905	

Pro výpočet výšky nivelačního bodu byl využit vzorec pro výpočet výšky bodu zaměřeného trigonometrickou nivelací:

$$H_B = H_A + v_p + d_s \cdot \cos z - v_c \quad (1)$$

Pro výpočet výšek přestavových bodů byl vzorec (1) upraven do následujícího tvaru:

$$H_B = H_A - v_p - d_s \cdot \cos z + v_c \quad (2)$$



Obr. 59 – Měření výšky bodu trigonometrickou nivelací s významem použitých proměnných

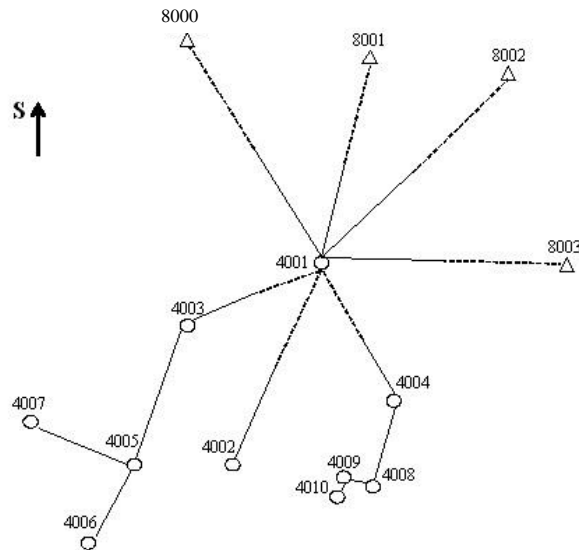
Vypočtené hodnoty výšek všech bodů z kontrolního měření nivelačního pořadu cestou tam i zpět spolu s rozdíly mezi vypočtenými a danými hodnotami jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2 – Dané a vypočtené hodnoty výšek všech bodů a rozdíl mezi danými a vypočtenými výškami v koncových bodech

Nivelační pořad	Nivelační bod [m]		Přestavový bod [m]		Přestavový bod [m]		Nivelační bod – vypoč. [m]		Nivelační bod – dané [m]	Rozdíl (vypoč. – dané) [mm]
Bhi-65 → Bei-44	Bhi-65	277,526	1	276,954	2	276,483	Bei-44	275,935	277,931	4
Bei-44 → Bhi-65	Bei-44	277,931	2	276,527	1	276,955	Bhi-65	277,527	277,526	1

Měření na body polygonových pořadů bylo prováděno v 1 skupině a měřeny byly vodorovné a zenitové úhly a šikmé délky. Před měřením prvního polygonu byl na stanovišti 4001 nastaven počátek osnovy směrů na bod 8000 (roh okna na domě č. p. 114). Dále bylo měřeno na orientační body 8001, 8002 a 8003 a na nivelační bod Bhi-65. Pak už mohl být zaměřen bod 4002 prvního polygonu. V tomto pořadí už nebylo třeba měřit na žádný další bod, neboť bylo možné bod 4002 postavit přímo před vstup do sklepa pod č. p. 1. Další polygon vedl z bodu 4003 s orientací na bod 4001, pokračoval na bod 4005, umístěný před vstupem na dvůr u č. p. 86, a končil na bodě 4007 u vstupu do sklepa pod daným domem. Z bodu 4005 byl navíc rajónem vynesena bod 4006 pro zaměření 2 podrobných bodů na zamřížovaném otvoru do sklepa

pod č. p. 1. Poslední polygon začínal na bodě 4004 před vstupem do domu č. p. 2 s orientací na bod 4001 a pokračoval přes body 4008 a 4009 až na poslední bod 4010. Kvůli klikaté vstupní chodbě ke sklepu musely být poslední dvě polygonové strany hodně krátké (okolo 2 m), ale vzhledem k tomu, že tyto krátké strany byly až na konci pořadu, tak to byla z pohledu přenášení chyb přípustná vzdálenost.



Obr. 60 – Náčrt situace při měření polygonových pořadů

Na konci každého pořadu (plus z bodu 4006) bylo v 1 poloze zaměřeno několik podrobných bodů k připojení výsledného mračna bodů do polohového a výškového bodového pole. Nejprve byly tyto body jednoznačně určeny v mračnu bodů a následně zaměřeny v terénu. Většinou šlo o rohové body různých jasně určitelných objektů (např. rohy vstupních schodů, rohy oken, rohy cihel, mřížka na lampě, atp.). Z bodu 4002 byly zaměřeny body 1-6, z bodu 4006 body 7-8, z bodu 4007 body 9-14 a z bodu 4010 body 15-19.



Obr. 61 – Příklad výběru podrobných bodů v mračnu bodů – levý horní roh a pravý dolní roh cihly



Obr. 62 – Měření s totální stanicí u vstupu do sklepa pod č. p. 2

2.3 Měření s GPS

K určení polohy orientačních bodů 8001, 8002 a 8003 bylo využito GPS měření. Jednalo se především o určení polohy všech bodů, výšková složka byla měřena také, ale ve výsledku byla zanedbána z důvodů připojení polygonových pořadů k nivelačnímu bodu Bhi-65.

Měření proběhlo 25. 2. 2019 ve večerních hodinách při teplotě okolo 8°C. Každý bod byl měřen dvakrát s dvouhodinovým rozestupem. Z naměřených hodnot byl poté udělán průměr a ten byl využit jako výsledné souřadnice bodů. Změřené souřadnice s výsledným průměrem jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 2 – Souřadnice zaměřené pomocí GPS a jejich průměr

bod	Y [m]			X [m]			Z [m]		
	1. měření	2. měření	průměr	1. měření	2. měření	průměr	1. měření	2. měření	průměr
8001	764246.010	764246.005	764246.008	1023895.140	1023895.138	1023895.139	276.992	276.949	276.971
8002	764216.195	764216.201	764216.198	1023913.010	1023912.989	1023913.000	276.450	276.434	276.442
8003	764215.009	764215.002	764215.006	1023962.732	1023962.727	1023962.730	274.900	274.878	274.889

Pro měření bylo využito přístroje GPS Trimble GeoXR s výtyčkou a přijímačem. Měřilo se metodou RTK na družice CZEPOS (GPS, GLONASS).

2.4 Měření s ručním skenerem

Tato část měření byla zaměřena a následně zpracována Mgr. Jiřím Ungerem z Archeologického ústavu AV ČR Praha. Výsledky tohoto měření byly důležitým doplňkem mračna bodů na schodech do jedné z místností v 1. patře pod č. p. 1, kde kvůli otevřeným dveřím nebylo možné naskenovat velkou část stěny. Měření proběhlo 26. 4. 2018 v odpoledních hodinách. Specifikace tohoto měření jsou uvedeny v kapitole 3.4.

3) Přístrojové vybavení

3.1 Laserový skener Leica ScanStation P40

Jedná se o pozemní skener, pracující na bázi prostorové polární metody. Je vybaven pulsním dálkoměrem s vlnovou délkou 1550 nm (neviditelné záření) / 658 nm (viditelné záření) a maximálním dosahem do 270 m, naopak minimální dosah je 0,6 m. Uvnitř přístroje se nachází geodetický dvouosý kompenzátor s rozlišením 1", rozsahem $\pm 5'$ a přesností 1,5", který lze také vypnout. Dále je v přístroji laserová olovnice, integrovaná souosá kamera s laserovou optikou, díky níž lze obarvit výsledné mračno, a například integrovaná WLAN, díky níž lze přístroj ovládat na dálku pomocí kontroleru či notebooku (popř. na mobilu přes aplikaci Remote RDP). Přístroj kontinuálně měří i při teplotě až $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, lze ho zavěsit hlavou dolů a vrchní úchopné ucho je odnímatelné. Další technické parametry přístroje jsou uvedeny níže (Švejda 2018):



Obr. 63 – Laserový skener Leica ScanStation P40
(gefos-leica.cz 2017)

Parametry: délková přesnost **1,2 mm + 10 ppm**
 úhlová přesnost **8" (0,0025 gon)**
 3D přesnost bodu **3 mm/50 m a 6 mm/100 m**
 rychlost skenování až **1 milion bodů za sekundu**
 zorné pole **360° (horizontální) x 270° (vertikální)**
 rozměry **238 x 358 x 395 mm**
 váha **12,25 kg**
 (Švejda 2018)

3.2 Černobílé a kulové terče

Využití obou terčů je stejné jako využití odrazných hranolů u totálních stanic. Černobílé terče slouží k určení polohy sousedních stanovisek polygonového pořadu. Postaví se na stativy na sousedních bodech polygonového pořadu, po naskenování daného prostoru se vyberou v mračnu bodů a skener je pro větší přesnost znovu naskenuje. Pakliže se dodrží na jednom stanovisku stejná výška terče a skeneru, tak je následné propojení mračen bodů téměř bezchybné.

Kulové terče je možné rozmístit v prostranství mezi dvěma stanovisky a po zaměření se dají jednoduše vymodelovat v programu Cyclone. Slouží především pro měření v případech, kdy není možné měřit polygonový pořad.

3.3 Totální stanice Trimble M3

Tato totální stanice byla použita pro ověření nivelačního bodu a pro měření bodů polygonového pořadu a podrobných bodů. Je lehká, má nekonečné ustanovky, dálkoměr pro bezhranolové měření a barevný dotykový displej s přehledným a intuitivním rozhraním. Bezhranolovým dálkoměrem lze měřit až do 300 m. Další výbavou jsou dva sloty pro baterie a laserová olovnice. Software podporuje DXF mapy na pozadí a výstupní formáty pro geodetické výpočetní programy (*totalni-stanice.cz 2019*). Technické parametry tohoto přístroje jsou uvedeny níže:



Parametry: délková přesnost - hranol **2 mm + 2 ppm**

- bezhranol **3 mm + 2 ppm**

úhlová přesnost **2'' (0,00035 gon)**

zorné pole **1°20'**

rozlišovací schopnost **3''**

minimální vzdálenost zaostření **1,5 m**

rozměry **149 x 145 x 306 mm**

váha **4,2 kg**

(*geotronics.cz 2019*)

Obr. 64 – Totální stanice Trimble M3

(*totalni-stanice.cz – Prospekt M3 2019*)

3.4 Ruční skener DPI-8

Jedná se o skener používající k zaměření cílové oblasti výboje strukturovaného světla, tudíž jsou pro něj nezbytné vhodné světelné podmínky (ideálně umělé nasvícení v uzavřených podzemních prostorech). Má dosah do 3 m, přičemž optimální vzdálenost pro skenování je 1 – 1,5 m. Velkou výhodou tohoto přístroje je možnost mobilního skenování v pohybu a z úhlů či vzdáleností dle potřeby. Optimalizace dat probíhá na základě rozmístěných značek (markerů/April tags) v dané oblasti (obr. 66). Během měření je na displeji barevnou škálou hned znázorněno, co už je zaměřené - zeleně dosažená maximální intenzita bodů, žlutě menší a bíle nejmenší (obr. 67). Nevýhodou je, že je k senzorům připojen



Obr. 65 – Ruční skener DPI-8

(*buildingpointne.com 2019*)

pouze tablet, takže přístroj má omezený výpočetní výkon a na jedno měření lze zaměřit mnohem menší prostor, než zaměří laserový skener.

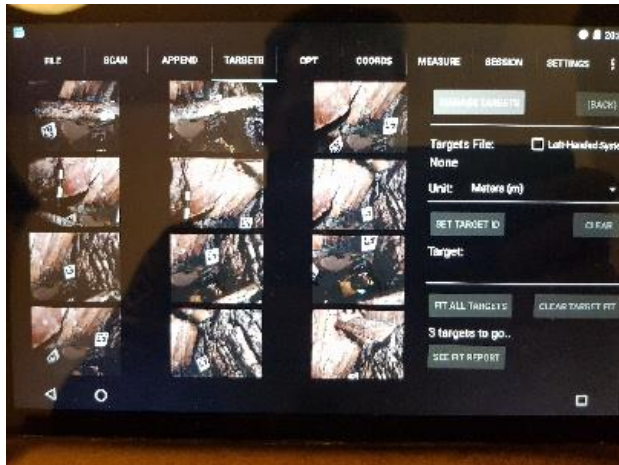
Parametry: 3D přesnost bodu *1,7 mm/1 m a 3,4 mm/2 m*

zorné pole *57,5° (horizontální)*

rozměry *200 x 240 x 60 mm*

váha *1kg*

(*buildingpointne.com 2019*)



Obr. 66 – Nasímané značky (J. Unger 2019)



Obr. 67 – Barevné rozlišení intenzity zaměřených bodů (J. Unger 2019)

3.5 Další vybavení

Mezi další vybavení patřily čtyři geodetické stativy od firmy Trimble (při druhém měření byl využit i malý stativ od stejné firmy) a dále pak čtyři trojnožky na umístění černobílých terčů a skeneru. Při měření s totální stanicí bylo využito malé výtyčky a nastřelovacích hřebíků. Poslední pomůckou byl mobilní fotoaparát pro zaznamenání zaměřených objektů. Jeho využití bylo důležité pro dokumentaci postupu měření a dokumentaci zatím nezaměřených sklepů.

4) Zpracování

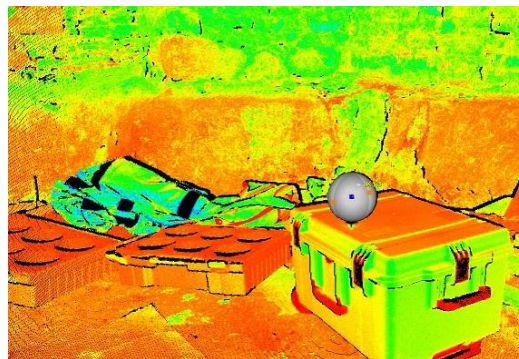
4.1 Výpočty

Po zaměření polygonových pořadů a podrobných bodů bylo zapotřebí spočítat jejich souřadnice v S-JTSK a Bpv. Všechny tyto výpočty proběhly v programu Groma v.12. Nejprve byly zredukovány šikmé délky na vodorovné, opraveny směry z měření v I. a II. poloze a zpracovány obousměrně měřené délky (protokol v příloze b1). Následně byly shodnostní transformací vypočteny souřadnice volného stanoviště č. 4001 z orientačních bodů č. 8001, 8002 a 8003 (příloha b2). Poté mohla být přenesena výška z nivelačního bodu Bhi-65 (příloha b3) a spočteny souřadnice bodů polygonových pořadů funkcí výpočtu volného polygonového pořadu (přílohy b4 - b7). Měřené pořady byly 3, ale spočteny byly 4, poněvadž bylo nutné spočítat samostatný pořad kvůli bočně zaměřenému bodu 4006. Souřadnice podrobných bodů byly dále vypočteny pomocí polární metody (přílohy b8 – b11) a jejich seznam spolu s body polygonových pořadů lze nalézt v příloze b12.

4.2 Registrace

Po importu všech skenů do programu Cyclone od firmy Leica mohla rovnou proběhnout registrace zaměřených mračen bodů, tzn. spojení všech mračen do jednoho. U registrace měření s černobílými terči nebylo nutné kromě vymodelování 5 kulových terčů dělat nic dalšího, poněvadž černobílé terče byly již označeny ze skeneru. Kvůli různým problémům popsáním v kapitole 2.1.2 musely být nejdříve spojeny tři menší části (stanoviště 3 – 5, 15 – 16 a 16 – 21) a nakonec byly propojeny v jedno mračno bodů i s prvními dvěma stanovišty. Průměrné absolutní odchylky jsou uvedeny v tabulce 4 a protokoly z registrací v přílohách c1 – c4.

Registrace měření s kulovými terči byla trochu složitější kvůli vymodelování všech kulových terčů, přes které byla mračna bodů spojena, a kvůli jejich správnému označení. Výhodou oproti měření polygonovým pořadem bylo, že se daly obě zaměřené oblasti zregistrovat najednou. Průměrné absolutní odchylky jsou uvedeny v tabulce 4 a protokoly z registrací v přílohách c5 a c6.



Obr. 68 – Modelování kulového terče

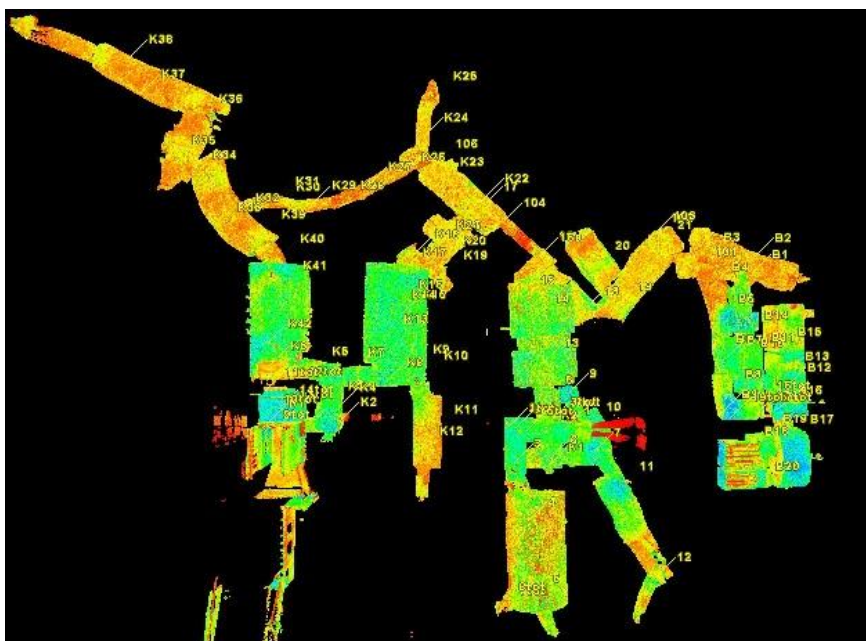
Posledním krokem bylo spojení všech oblastí do jednoho mračna bodů pomocí podrobných bodů zaměřených totální stanicí a identických bodů nalezených v mračcích na rozhraní dvou oblastí. Mezi č. p. 1 a č. p. 2 to byly body č. 101 – 103 a mezi č. p. 1 a č. p. 86 body č. 104 – 106. Před samotnou registrací bylo ještě zjištěno, které podrobné a identické body si vzájemně odpovídají a které ne tím, že byly založeny samostatné registrace každé ze tří oblastí a body nalezené v mračnu byly porovnány se zaměřenými souřadnicemi. Seznam vyhovujících bodů i s přesností jejich určení je uveden v tabulce 5, průměrná absolutní odchylka registrace celého území v tabulce 4 a protokol z registrace v příloze c7.

Tabulka 4 – dosažená přesnost všech registrací

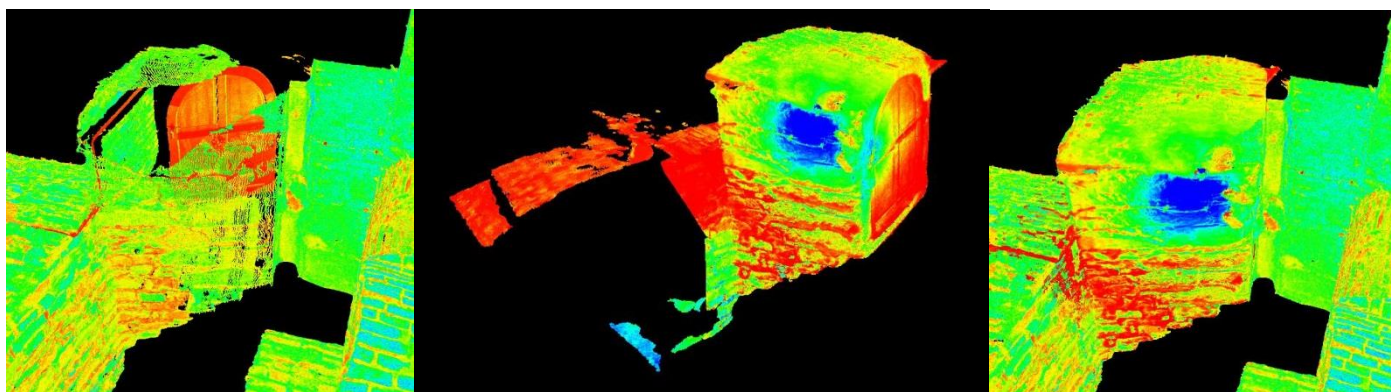
Spojená stanoviska	Průměrná absolutní odchylka [mm]	Spojená stanoviska	Průměrná absolutní odchylka [mm]
č. p. 1 / 3 - 5	0,2	č. p. 86 / S1 – S24	1,7
č. p. 1 / 15 - 16	0,7	č. p. 2 / S25 – S39	1,5
č. p. 1 / 16 - 21	0,5	celek	5,0
č. p. 1 / 1 - 21	0,5		

Tabulka 5 – použité/vyřazené podrobné body a jejich přesnosti

č. p. 1			č. p. 2			č. p. 86		
použité		vyřazené	použité		vyřazené	použité		vyřazené
č. b.	přesnost [mm]		č. b.	přesnost [mm]		č. b.	přesnost [mm]	
1tot	1,9	3tot	15tot	1,4	16tot	9tot	1,9	11tot
2tot	2,9	5tot	18tot	2,2	17tot	10tot	3,2	13tot
4tot	6,0	6tot	19tot	2,5		12tot	2,1	14tot
7tot	4,6	8tot						


Obr. 69 – Zregistrované mračno bodů se všemi vertexy (stanovisky, kulovými terči, identickými body a podrobnými body)

Po celkové registraci byla udělána ještě jedna malá úprava a to napojení mračna bodů zaměřeného ručním skenerem k vyplnění nenaskenované části místnosti v 1. patře pod č. p. 1. Nalezení identických bodů mezi těmito dvěma mračny bylo celkem obtížné kvůli špatně nastavené orientaci os v mračnu zaměřeném ručním skenerem (mračno bylo vzhůru nohama a nešlo s ním dobře manipulovat). Registrace byla provedena přes překrytová území, což ve výsledku zapříčinilo nepřesnost až 3 cm, ale jako orientační prostředek pro zvektorizování dané části místnosti to stačilo. Protokol z této registrace je uveden příloze c8.



Obr. 70 – Mračno bodů z laserového skeneru

Obr. 71 – Mračno bodů z ručního skeneru

Obr. 72 – Výsledné spojení obou mračen

4.3 Ředění mračna bodů

Mezi registrací a vektorizací mračna bodů bylo nutné provést ještě jeden důležitý krok a to ředění. Naskenované mračno totiž obsahovalo okolo 800 milionů bodů, což byl pro potřeby vektorizace zbytečně vysoký počet. Navíc velmi často mohla nastat situace, kdy byla některá oblast naskenována z více stanovisek a byla zde dosažena příliš vysoká hustota bodů, případně v jednom skenu byla různá hustota zaměřených bodů v různých částech skenu (blíže u přístroje vyšší hustota, dále od přístroje nižší hustota). Hlavním cílem ředění bylo tedy eliminovat takové situace tím, že byla nastavena minimální mezera mezi dvěma body. Tento výpočet proběhl v programu CloudCompare.

Software CloudCompare je volně dostupný programový Open Source projekt pod GNU General Public License sloužící ke zpracování mračen bodů, tvorbě řezů, časoprostorovým analýzám, prostorovému modelování na principu trojúhelníkové (mesh) sítě, aj. CloudCompare dokáže zpracovávat rozsahově objemná mračna bodů i na standardním počítači (*cloudcompare.org 2019*).

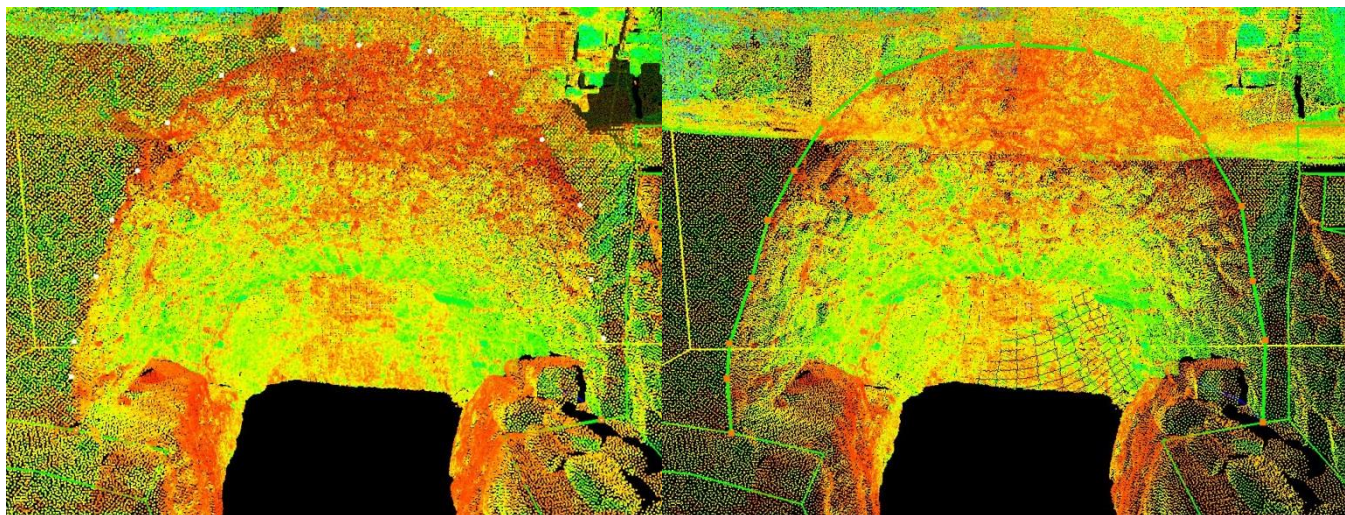
Po zapnutí programu se otevřou mračna, označí se všechny skeny a použije se funkce *Subsample a Point Cloud*. Nastaví se minimální mezera mezi body a nechá se provést výpočet. Nejprve bylo mračno zředěno na 5 mm mezery, což zmenšilo počet bodů na 106 milionů. Protože to ale ještě stále bylo zbytečně moc, tak byla poté nastavena 10 mm mezera, z níž vzešlo téměř

33 milionů bodů. To už byl přijatelný počet, takže se výsledné mračno mohlo uložit do formátu TXT a importovat zpátky do programu Cyclone.

4.4 Vektorizace

Časově nejnáročnější částí celého zpracování je vektorizace. V této části jde o co nejlepší odhad a obkreslení lomových hran u všech zaměřených objektů s pomocí nástroje *Line Segments*. Nejprve bylo nutné si vytvořit 4 vrstvy dle zájmových částí sklepů a barevně je rozdělit. První vrstvou byly vstupy, které byly kresleny červeně a do nichž byla zahrnuta část sklepů od vchodu přes schody až do 1. patra, které bylo zahrnuto v další vrstvě zelenou barvou. Schody z 1. do 2. patra spolu se všemi místnostmi v 2. patře se nacházely ve vrstvě 2. patro vyznačeného modrou barvou. Poslední vrstvou pak byly gotické portály, které byly vykresleny fialově. Mezi vrstvami se následně přepínalo v dialogovém okně pomocí označení jména vrstvy a tlačítkem *Set Current*.

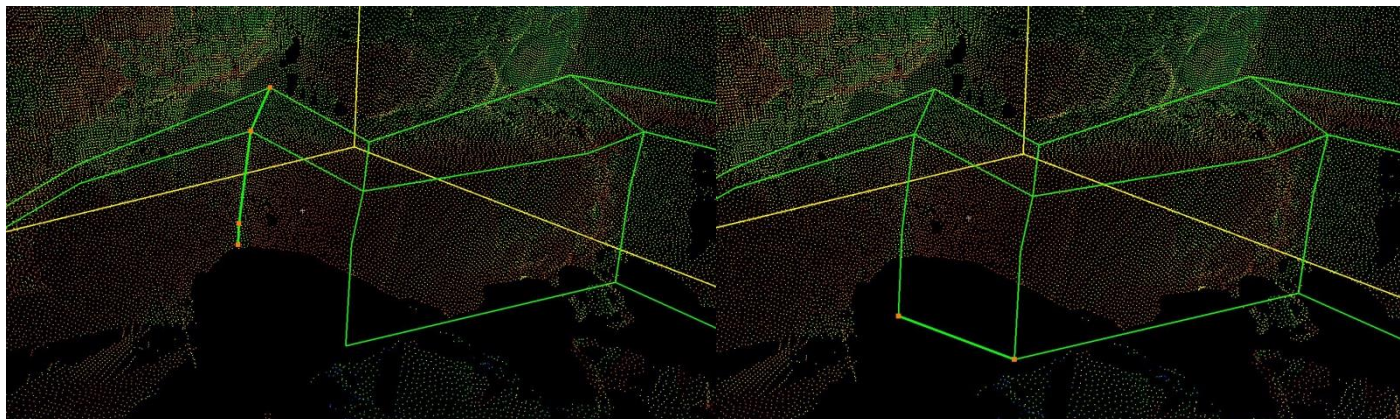
Linie byly tvořeny tak, že se vybrala funkce *Multi-Pick Mode*, označily se všechny body tvořící danou linii a následně byl vyhledán nástroj *Create Object* → *From Pick Points* → *Line Segment*. Občas byly použity taktéž oblouky, ale to platilo výhradně pro tvorbu gotických portálů a zrekonstruovaných zaklenutých místností v 1. patře pod č. p. 1. Naprostá většina zaklenutých prostor musela být vytvořena z většího množství linií, jako je uvedeno na obr. 73 a 74.



Obr. 73 a 74 – Vektorizace zaklenuté chodby (vlevo vybrané body, vpravo linie z nich vytvořené)

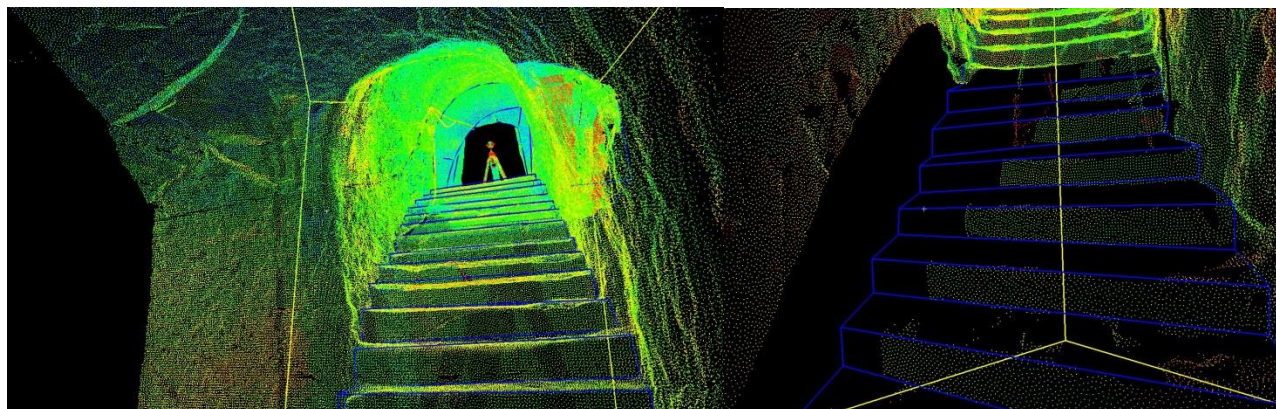
Častým problémem, který musel být řešen, byla místa s málo či žádnými body. Tyto případy se nacházely především v místech, které byly buď zaměřeny jen z jednoho stanoviska (takže nemuselo být z daného stanoviska vidět úplně vše), či v místech, kde byl velký nepořádek, který bránil zachycení celé místnosti. Tyto prostory musely být řešeny protažením linií. Jak je vidět na obr. 75 a 76, nejprve byly vytvořeny linie co nejbliž k danému místu bez bodů, přičemž

poslední linie byla nasměrována do míst, kam by měla pokračovat. Pak byl konec této linie protažen až do daného prázdného místa.



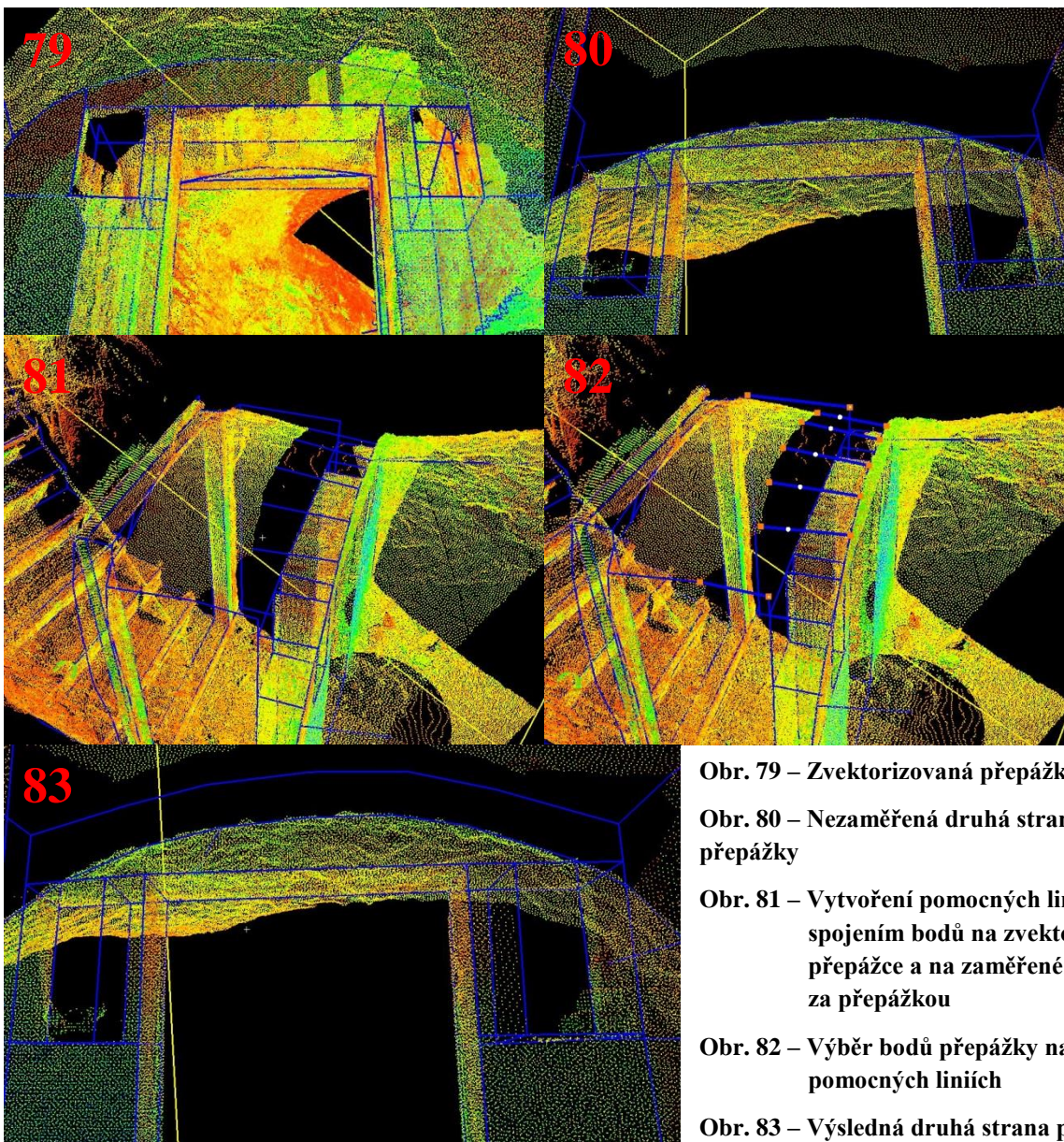
Obr. 75 a 76 – Protažení linie do prázdného místa (vlevo krátká nasměrovaná linie, vpravo protažená linie již spojená s vedlejší linií)

Na předchozích obrázcích je vidět jednodušší příklad protažení linií. Mnohem těžší to ale bylo na schodech, kde občas chybělo i několik schodů za sebou a linie musely být protaženy buď z protějších rohů schodů anebo musela být vytvořena pomocná linie, která byla protažena ze stěny kolmo ke schodu cca do míst, kde se měl schod s danou stěnou spojit. Porovnání ideálního případu zaměřených schodů a problémového, kde na daném místě stálo stanoviště a místo již nebylo naskenováno, ukazují obr. 77 a 78.



Obr. 77 a 78 – Zvektorizované schody (vlevo ideálně zaměřený stav, vpravo špatné zaměření kvůli postavení stanoviška)

Velmi zajímavým problémem k řešení byla zaklenutá přepážka pod č. p. 87, kde byla vidět na konci místnosti celá její jedna strana, ale poněvadž za přepážkou byly schody a přístroj byl postaven trochu výše, tak nebyla vidět v mračnu bodů druhá strana přepážky. Byl zde ale patrný kousek stropu, který byl stejně zaklenutý jako přepážka, takže problém byl vyřešen tak, že byly označeny body na viditelné části stropu, následně se spojily s body linií tvořících přepážku na druhé straně a pak se na tyto nové linie postupně naklikaly body souběžně s půdorysem přepážky. Pomocné linie se následně odstranily a nezaměřená část přepážky tak vypadala, jako by byla zachycena přímo z mračna bodů. Postup je znázorněn na obr. 79 – 83.



Obr. 79 – Zvektorizovaná přepážka

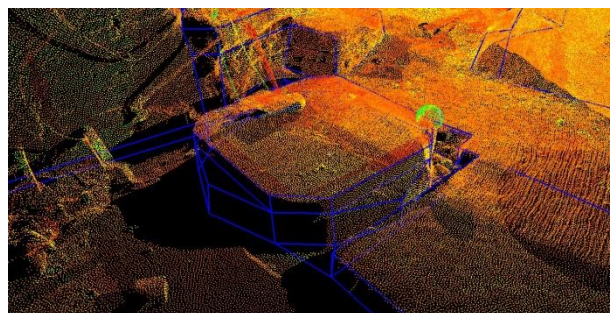
Obr. 80 – Nezaměřená druhá strana přepážky

Obr. 81 – Vytvoření pomocných linií spojením bodů na zvektorizované přepážce a na zaměřeném stropu za přepážkou

Obr. 82 – Výběr bodů přepážky na pomocných liniích

Obr. 83 – Výsledná druhá strana přepážky

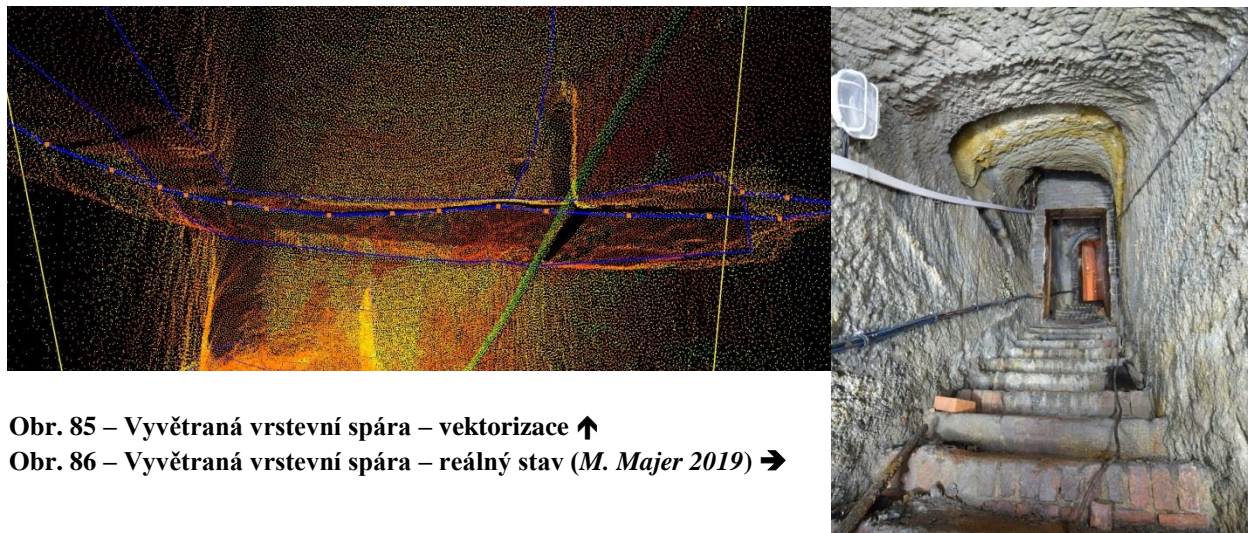
Poslední problémovou nezaměřenou částí byla studna ve 2. patře pod č. p. 2, kde byl zaměřen pouze poklop a dvě boční strany. Poněvadž šlo ale o pravidelný objekt, tak bylo možné vyřešit nezaměřené části systémem různých úhlopříček a protažených linií ze zaměřených stran. Výsledek je ukázán na obr. 84.



Obr. 84 – Zvektorizovaná studna

Celou vektorizaci časově nejvíce zatížilo vektorizování poruch ve stěnách místností v 2. patře. Muselo zde být využito velkého množství linií a čas také zatěžovalo neustálé rozhodování, co je a není ještě důležité zvektorizovat. Dokumentace a pozorování poruch by v budoucnu mělo

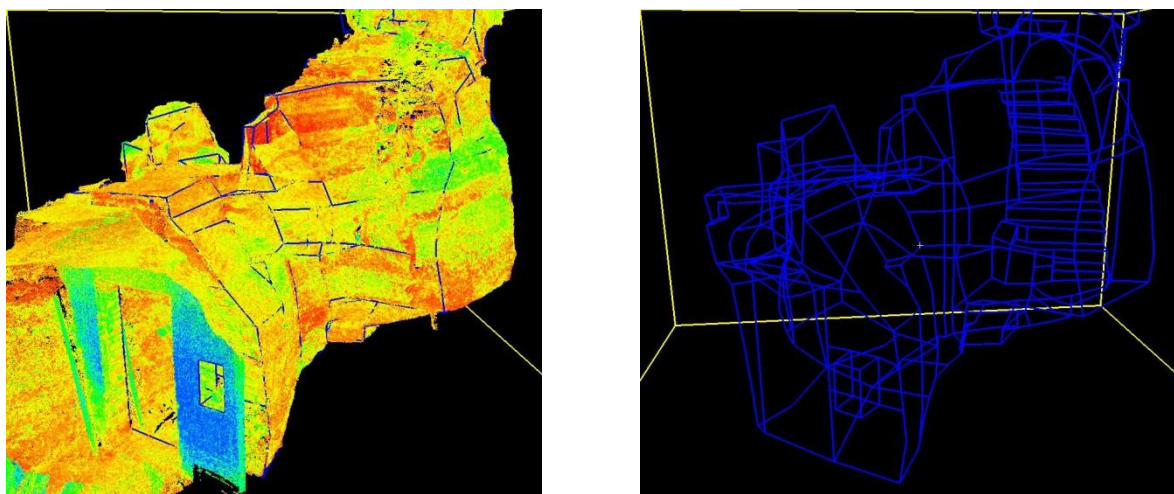
být jednou z hlavních zájmových oblastí při dalším průzkumu (popř. i zpřístupňování) sklepů, takže ty největší bylo nutné zahrnout i do tohoto modelu. Jednou z nejzajímavějších poruch byla vyvětraná vrstevní spára vyskytující se nad schody do 2. patra pod č. p. 2 a vzhledem k tomu, že byl přístroj postaven hned vedle ní, tak mohla být zahrnuta i do modelu. Jak byla zvektorizována a jak reálně vypadá, je uvedeno na obr. 85 a 86.



Obr. 85 – Vyvětraná vrstevní spára – vektorizace ↑

Obr. 86 – Vyvětraná vrstevní spára – reálný stav (M. Majer 2019) →

Jak již bylo řečeno v kapitole 1.4, nejméně stabilní částí zaměřených sklepů je schodiště do 2. patra pod č. p. 86. A jak potvrzují obr. 87 a 88, tak zachycení všech poruch na tomto místě nebylo úplně jednoduché.



Obr. 87 a 88 – Zvektorizované poruchy na schodech pod č. p. 86 (vlevo mračno bodů, vpravo linie)

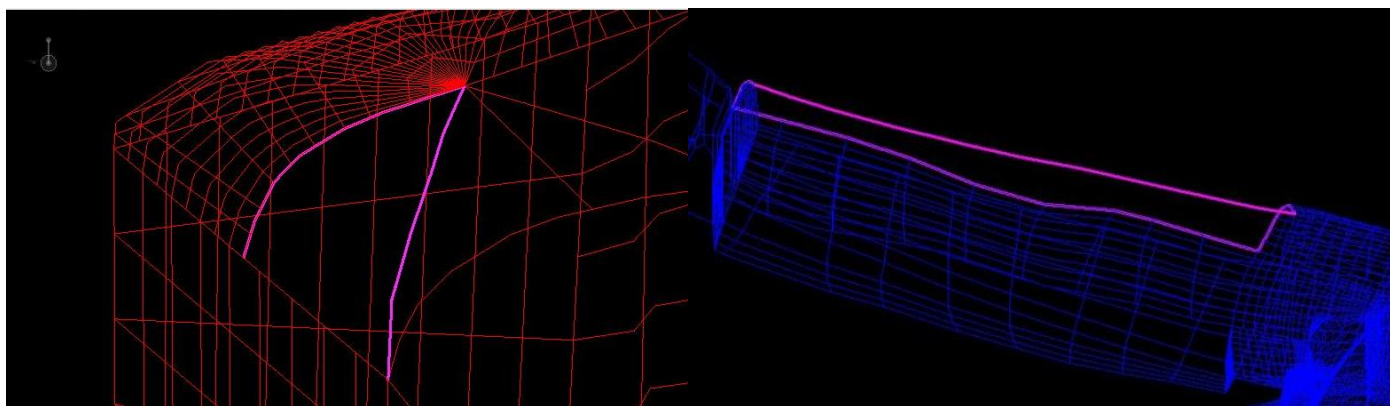
Závěrem této kapitoly se sluší dodat, že tato část zpracování zabrala celý měsíc a půl usilovné práce a bylo během ní nakresleno 11 338 linií, které tvoří výsledný drátový model.

4.5 Modelování

Po úspěšném zvektorizování mračna bodů přichází na řadu modelování, které probíhalo v programu Microstation V8i. V něm lze vymodelovat plochy mezi liniemi/křivkami vytvořenými v programu Cyclone a to buď nástrojem *Surface by Edge Curves*, nebo nástrojem *Surface by Network of Curves*. Oba nástroje se nacházejí v Toolboxu *Surface Modeling* a jsou si výslednou vizualizací podobné, ale každý na jiný typ povrchů.

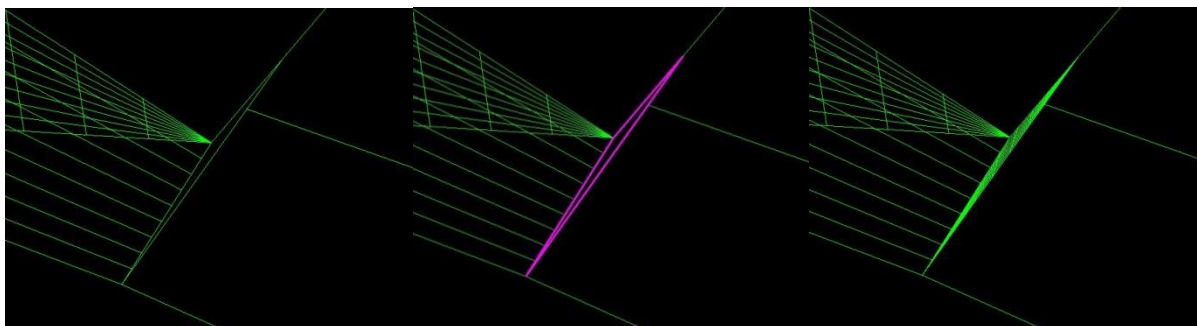
Surface by Edge Curves se používá ve chvíli, kdy dvě protilehlé strany plochy jsou tvořeny jednou rovnou linií. Druhé dvě protilehlé strany mohou být tvořeny klidně několika liniemi (v případě trojúhelníka to je poměr 1:2 či 2:1). Po vybrání funkce se označí složitější linie, potvrdí se a mezi nimi se vykreslí obdélníková síť. Výhodou této funkce je jednoznačně to, že plocha přesně sedí na linie, které ji ohraničují, takže nebylo třeba kontrolovat, jestli se na hranici plochy a linií neobjevují otvory. Z toho důvodu byla snaha tuto funkci používat co nejčastěji. Nehodí se však pro složitější plochy ohraničené z více jak 2 stran křivkami.

Pro složitější povrchy slouží funkce *Surface by Network of Curves*. Její výhodou je možnost použití na složitější zakřivené povrchy jako byly například stropy zaklenutých místností (viz obr. 90). Velkou nevýhodou je však nutnost kontroly hranic vytvořené plochy, poněvadž pokud byla plocha vytvořená mezi hodně klikatými liniemi, mohlo dojít k vytvoření otvoru mezi hranicí plochy a ohraničující linií. Pakliže plocha sousedila pouze s linií, tak se její hranice mohla ručně přichytit na linii, ale pokud se objevil otvor mezi dvěma plochami, tak bylo nutné obvod otvoru obkreslit dvěma liniemi a mezi nimi vykreslit plochu. Postup je znázorněn na obr. 91 – 93. Často se stávalo, že se mezi dvěma plochami objevilo i několik otvorů za sebou, což je dokumentováno na obr. 94.



Obr. 89 – Funkce *Surface by Edge Curves*

Obr. 90 – Funkce *Surface by Network of Curves*



Obr. 91, 92 a 93 – Oprava otvorů mezi plochami (vlevo otvor vzniklý po vytvoření ploch, uprostřed vytvoření dvou protilehlých linií, vpravo zaploškování otvoru)



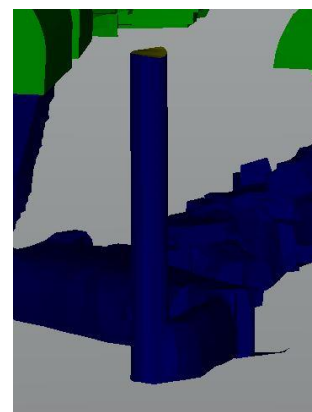
Obr. 94 – Dva otvory na jedné hranici ploch

Po zkušenostech z bakalářské práce byla také ke všem vrstvám vytvořena duplicitní vrstva pojmenovaná „navezvrstvy_plocha“, do níž se ukládaly všechny vytvořené plochy. Pokud bylo nutné dokreslit ještě nějakou linii, tak byla nastavena jako aktivní vrstva z drátového modelu a v ní byla linie vytvořena. Toto velmi pomohlo při následné vizualizaci, poněvadž linie pak ve výsledném modelu nijak nesvítily. Dále byla vytvořena žlutě zbarvená vrstva vchody_poklopy, která zahrnovala plochy zakrývající dveře do sklepů a poklopy nad přístupovými šachtami, aby byl model vodotěsný a mohl být případně vytištěn na 3D tiskárně.

Speciální částí modelování bylo vytvoření dvou šachet vedoucích na povrch. Šachty nemohly být pořádně zaměřeny skenerem, takže se z mračna bodů zvektorizoval pouze jejich půdorys a ten byl následně funkcí *Surface by Extrusion* vytažen do požadované výšky odpovídající umístění poklopu na povrchu. Jedna ze šachet je vyobrazena na obr. 96.



Obr. 95 – Pohled do vymodelované místnosti v 2. patře pod č. p. 2



Obr. 96 – Vymodelovaná šachta pod č. p. 86

4.6 Kontrolní měření

Po vytvoření modelu bylo nutné provést kontrolu, jestli vzdálenosti mezi vymodelovanými objekty odpovídají skutečnosti. Byly pro to vybrány délky ve třech různých místnostech – dvě v 2. patře v místnostech, ve kterých se spojovaly sklepy přes identické body a jedna v 1. patře pod č. p. 1. V každé místnosti byly změřeny 4 délky, jež následně byly identifikovány v mračnu bodů a porovnány. Toto porovnání je zdokumentováno v tabulce 6.

Tabulka 6 – kontrolní oměrky

Délka	Délka ve skutečnosti [m]	Délka z mračna bodů [m]	Rozdíl délek [mm]
M1 – M2	3,078	3,080	-2
M2 – M3	8,250	8,255	-5
M1 – M4	1,571	1,570	1
M5 – M6	1,205	1,211	-6
M7 – M8	0,780	0,782	-2
M8 – M9	8,415	8,414	1
M10 – M11	1,842	1,844	-2
M12 – M13	5,330	5,327	3
M14 – M15	1,916	1,916	0
M15 – M16	6,033	6,028	5
M16 – M17	1,204	1,207	-3
M18 – M19	4,483	4,483	0

Směrodatná odchylka měření: $m_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i \cdot d_i}{n}} = 3,1 \text{ mm}$,

kde d_i ... rozdíl délek měřené i-té délky

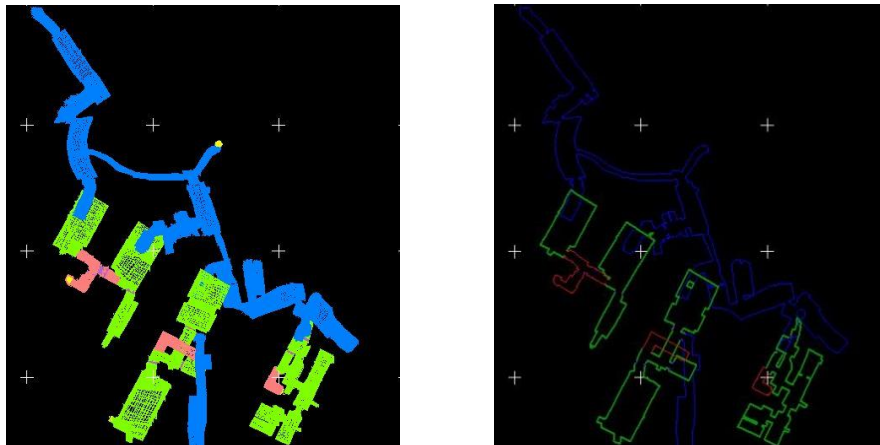
n ... počet měření.

Měření proběhlo 2. 5. 2019 a všechny oměrky byly změřeny ručním laserovým dálkoměrem. Bylo by složité zde slovně popisovat umístění všech měřených délek, proto je v příloze č. 4 uveden náčrt všech situací se změřenými délkami a ve výsledném mračnu bodů jsou ve vrstvě kontrolní oměrky vloženy body, ze kterých se měřilo a mezi nimi i linie pro znázornění měřené délky.

4.7 Tvorba účelové mapy

Konečným výstupem celého zpracování je účelová mapa zaměřených sklepů v měřítku 1:200. V programu Microstation V8i byl uložen půdorysný pohled na ploškový model a zvektorizováním modelu v tomto pohledu byl vytvořen půdorysný řez. Při tvorbě řezu byly dodrženy barvy jako v ploškovém modelu, jen byly jednotlivé části odděleny typem čáry. Vstup byl vykreslen tenkou plnou čarou, 1. patro tlustou plnou čarou a 2. patro tenkou plnou čarou.

Gotické portály byly bez ohledu na umístění vyobrazeny tenkou plnou čarou. Porovnání ploškového modelu a půdorysného řezu je na obr. 97 a 98.



Obr. 97 a 98 – Porovnání ploškového modelu (vlevo) a půdorysného řezu (vpravo)

Mapa byla dále doplněna o vrstvu značek, mezi něž patří studna, gotické portály, vstupy do sklepů, výškové kóty v jednotlivých místnostech, schody, úzké průchody a mříž. Vše bylo přehledně vyznačeno a popsáno ve vysvětlivkách.

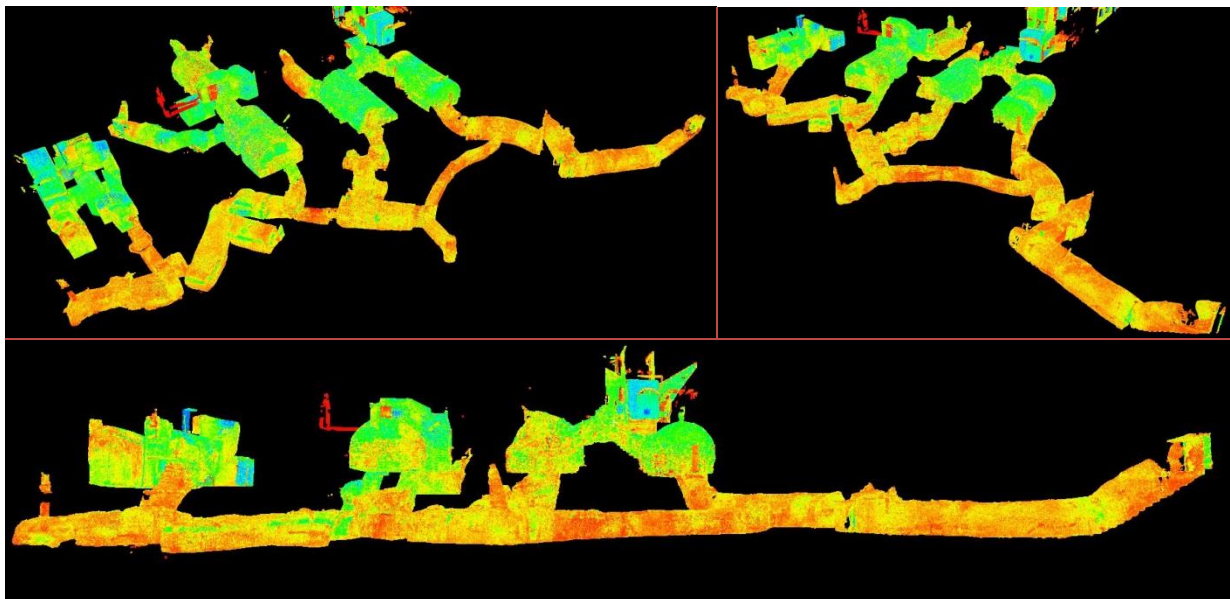
Do nové vrstvy s názvem mapa byl následně zahrnut mapový rám se souřadnicovými křížky a vyznačenými souřadnicemi po 20 metrech. Celá mapa se vešla na jeden mapový list, takže nebylo nutné řešit žádné dělení listů a mapa má pouze jednu nomenklaturu KLADNO 5-1/3/49. Výkres byl doplněn ještě dalšími popisky jako popisovou tabulkou, tabulkou na podpis vyhotovitele a kontrolujícího, hlavičkou, názvem školy a údajem, k jakému datu vykazuje mapa stav.

5) Výsledky

Výsledkem této práce je zregistrované mračno bodů a drátový model z programu Cyclone, ploškový model z programu Microstation V8i a účelová mapa.

5.1 Mračno bodů

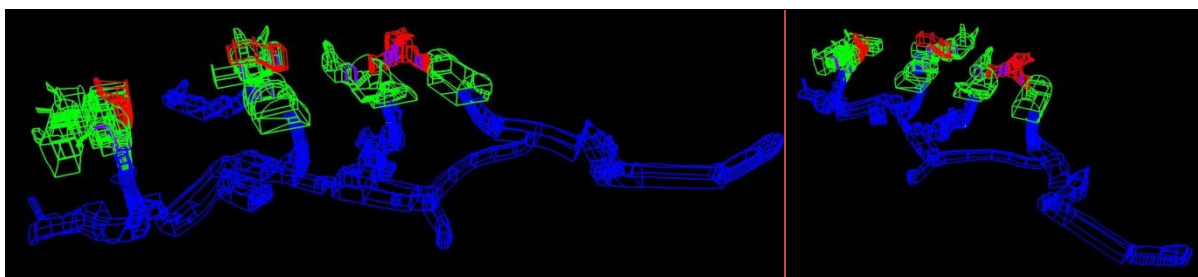
Mračno bodů obsahuje všechny zaměřené sklepy a body s liniemi měřených vzdáleností při kontrolním měření. Mračno bodů je uvedeno v příloze d) Mračno bodů v textovém formátu obsahujícím souřadnice XYZ.



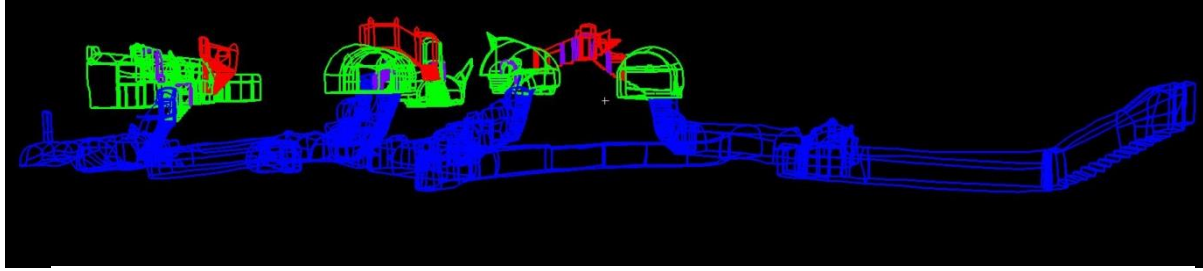
Obr. 99, 100 a 101 – Výsledné mračno bodů celého území (vlevo a vpravo nahoře dva šikmé pohledy a dole přední pohled od Masarykova náměstí)

5.2 Drátový model

Model zahrnuje všechny místnosti ve sklepech od vstupu až po 2. patro mimo šachty na povrch a je uveden v příloze e) Drátový model ve formátu DGN a v příloze f) ve formátu PDF.



Obr. 102 a 103 – Výsledný drátový model celého území (vlevo i vpravo dva šikmé pohledy)



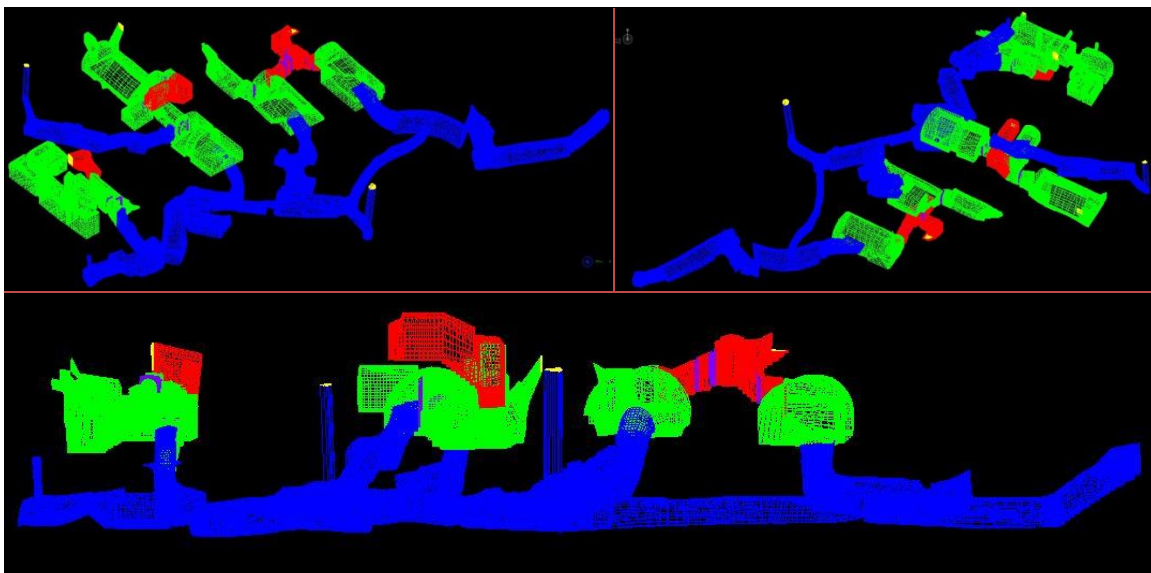
Obr. 104 – Výsledný drátový model celého území (přední pohled od Masarykova náměstí)



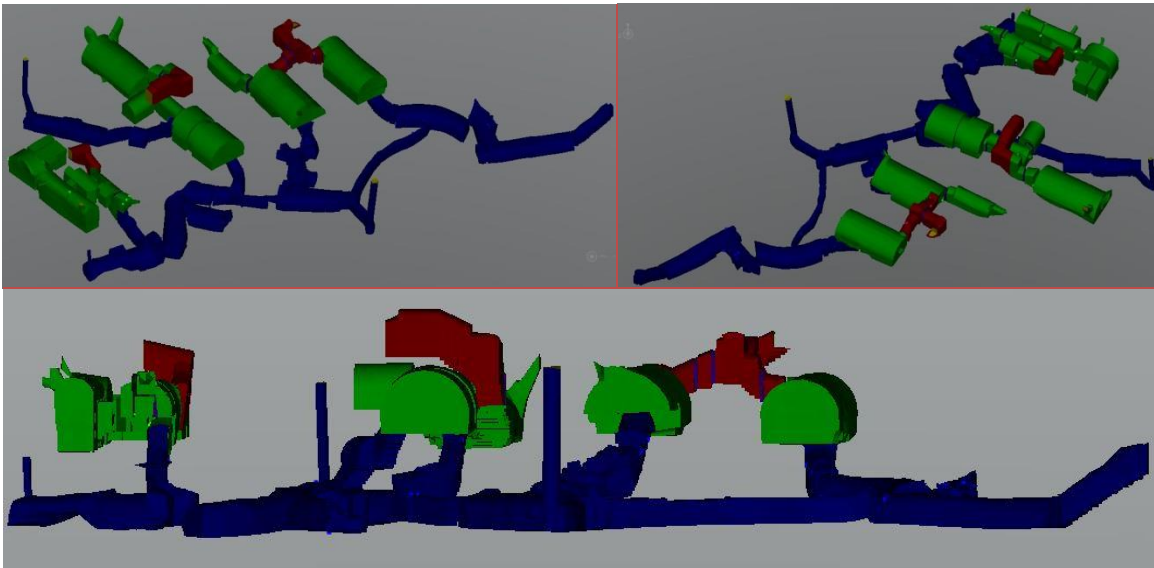
Obr. 105 – Výsledný drátový model celého území (půdorysný pohled)

5.3 Ploškový model

Model zahrnuje všechny místnosti ve sklepích od vstupu až po 2. patro i se šachtami na povrch v ploškové formě. Ploškový model je uveden v příloze g) Ploškový model ve formátu DGN a v příloze h) ve formátu PDF.



Obr. 106, 107 a 108 – Výsledný ploškový model celého území bez vykreslených plošek (vlevo a vpravo nahoře dva šikmé pohledy a dole přední pohled od Masarykova náměstí)



Obr. 109, 110 a 111 – Výsledný ploškový model celého území s vykreslenými ploškami (vlevo a vpravo nahore dva šikmé pohledy a dole přední pohled od Masarykova náměstí)

5.4 Účelová mapa

Mapa byla vytvořena v měřítku 1:200 a vytištěna na skládací papír ve formátu A1. Zahrnuje půdorysný řez ploškovým modelem a obsahuje všechny náležitosti uvedené v kapitole 4.7. Účelová mapa je uvedena v příloze i) Účelová mapa ve formátu PDF a v příloze č. 12 v tištěné verzi v pouzdře na konci práce.

Závěr

Cílem práce bylo vyhotovení prostorového modelu vybraných historických sklepů ve městě Slaný. Byla pro to využita metoda laserového skenování. Model byl vytvořen ve dvou verzích – drátový a ploškový. Výstupem práce je i zregistrované mračno bodů a účelová mapa s půdorysným řezem sklepení. Vše je uvedeno na příloženém DVD či v případě mapy i v tištěném formátu.

Největší dosažená průměrná absolutní odchylka při registraci byla 5 mm a směrodatná odchylka kontrolních oměrných byla 3,1 mm.

Zpracování modelu nebylo nijak složité, leč velmi časově náročné. Obzvláště během vektorizace bylo nutné řešit hned několik problémů, ať už s nezaměřenými částmi sklepů či s vektorizací poruch ve stěnách a stropěch. I přesto je však laserové skenování prakticky jedinou volbou jak zaměřit a zpracovat tak velké území, aniž by bylo nutné se tam několikrát vracet.

Jak již bylo zmíněno v úvodu, celá práce je úvodní prací do projektu dokumentace historických sklepů ve městě Slaný. Během posledního roku byly navštíveny i další sklepy mimo zaměřované a ještě hodně jich zbývá prozkoumat, takže je zde mnoho prostoru, na který by mohly navázat další bakalářské či diplomové práce. Pro určitý náhled do velikosti a významnosti již navštívených sklepů jsou k práci připojeny jejich náčrty (přílohy č. 5 – 11). Jako základní informační vstup do problematiky může posloužit první kapitola této práce.

Použité zdroje

BuildingPoint NorthEast is your Trimble Distribution Partner from MD to ME [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: http://buildingpointne.com/wp-content/uploads/2017/04/DPI-8_Datasheet.pdf

CloudCompare - Open Source project [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.cloudcompare.org/doc/qCC/CloudCompare%20v2.6.1%20-%20User%20manual.pdf>

GEFOS Leica | ScanStation P30/40/50. GEFOS Leica | Víťáme Vás [online]. [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: <https://www.gefos-leica.cz/produkty/laserove-skenovani/3d-laserove-skenery/scanstation-p30-40-50>

GEOTRONICS PRAHA - Váš GEOSHOP [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: http://geotronics.cz/wp-content/uploads/2016/05/022543-155J-CZE_TrimbleM3_DS_A4_0414_LR-00000002.pdf

Historický ústav Akademie věd ČR Praha (1998): Historický atlas měst České republiky, svazek č. 6 - Slaný. Praha.

Jihlavské katakomby – Wikipedie. [online]. [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Jihlavsk%C3%A9_katakomy.

Mapy.cz [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?moje-mapy&x=14.0871771&y=50.2310370&z=18&cat=mista-trasy&mid=5cbe380740a0135e2e65463a>

Mapy.cz [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?moje-mapy&x=14.0864607&y=50.2304808&z=20&base=ophoto&cat=mista-trasy&mid=5cbe334efd0bcb3041cb5437>

Muk, J. (1973): SLANÝ - Stavebně historický průzkum městského jádra. Praha

Muk, J. (1994): Stavebně historický výzkum tábořského podzemí - Baugeschichtserforschung der Kellergeschosse der Stadt Tábor, Průzkumy památek II/1994, 5-14. Praha.

Kolčava, M.: Podzemí Slaný 1.10.2007 – meglepetes – album na Rajčeti. meglepetes – seznam alb na Rajčeti [online]. [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: https://meglepetes.rajce.idnes.cz/Podzemi_Slany_1.10/

Švejda, J. (2018): ČVUT DSpace [online]. [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/77941/F1-DP-2018-Svejda-Jan-DP.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>

Teorie fungování terestrických skenovacích systémů [online]. [cit. 2019-04-22]. Dostupné z: <http://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/geodezie/lsk.php>

Totální stanice kompletní přehled [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://www.totalni-stanice.cz/>

Totální stanice kompletní přehled – Prospekt M3 [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://www.totalni-stanice.cz/images/totalky/trimble-m3.pdf>

Seznam obrázků

Obr. 1 – Důkaz o návštěvě sklepa pod č. p. 1 od PhDr. Mouchy	9
Obr. 2 – Kovový čep ve stropě sklepa	10
Obr. 3 – Plán protiletického krytu pod č. p. 2	10
Obr. 4 – Důkaz o návštěvě skupiny Koppáci pod č. p. 1	11
Obr. 5 – Směrové značky pod č. p. 86	11
Obr. 6 – Police na lahve s vínem pod č. p. 9	12
Obr. 7 – Kamenné kvádry na sudy s vínem pod č. p. 9	12
Obr. 8 – Teploměr pod č. p. 136	12
Obr. 9 – Historické lahve a kanystry pod č. p. 110	12
Obr. 10 – Velké dózy v mračnu bodů pod č. p. 110	12
Obr. 11 – Vstupní šachta	13
Obr. 12 – Přístup do jedné ze šachet ze dvora	13
Obr. 13 – Hmatová navigace	13
Obr. 14 – Výztuž a přepážka pod č. p. 86	13
Obr. 15 – Nalezené historické cedulky	13
Obr. 16 – Vstup ze dvora u č. p. 86	14
Obr. 17 – Vstup z hlavní chodby č. p. 58 v Soukenické ulici	14
Obr. 18 – Dvojice portálů pod č. p. 1	14
Obr. 19 – Místnost v 1. patře pod č. p. 1	15
Obr. 20 – Místnost v 1. patře pod č. p. 86	15
Obr. 21 – Místnost v 1. patře pod č. p. 8	15
Obr. 22 – Místnost v 1. patře pod č. p. 9	15
Obr. 23 – 2. patro pod č. p. 8	16
Obr. 24 – 2. patro pod č. p. 135	16
Obr. 25 – Přístup do 2. patra pod č. p. 86	16
Obr. 26 – Chodba mezi č. p. 1 a č. p. 86	17
Obr. 27 – Propojení mezi č. p. 8 a č. p. 9	17
Obr. 28 – Propojení mezi č. p. 1 a č. p. 2	17
Obr. 29 – Chodba mezi č. p. 86 a č. p. 87	17
Obr. 30 – Studna pod č. p. 8	17
Obr. 31 – Studna pod č. p. 2	17
Obr. 32 – Studna pod č. p. 135	17
Obr. 33 – Gotický portál u historického vstupu	18
Obr. 34 – Strojovna	18
Obr. 35 – Odkapní žlab	18
Obr. 36 – 2. patro	18
Obr. 37 – Místnost s poklopem v 1. patře	19
Obr. 38 – Klenba nad schodištěm do 2. patra	19

Obr. 39 – 2. patro	19
Obr. 40 – Chodbička do č. p. 86	19
Obr. 41 – Místnost v 2. patře pod dvorem	19
Obr. 42 – Schody do 2. patra sklepa pod č. p. 87	20
Obr. 43 – Místnost v 2. patře pod č. p. 86	20
Obr. 44 – Stav podpěr v roce 2007	20
Obr. 45 – Stav podpěr v roce 2019	20
Obr. 46 – Kořínky ve stropě pod č. p. 4	21
Obr. 47 – Drolící se stěna	21
Obr. 48 – Porucha pod č. p. 1	21
Obr. 49 – Porucha pod č. p. 53	21
Obr. 50 – Rýha ve stropě pod č. p. 87	21
Obr. 51 – Zaměření černobílého terče	23
Obr. 52 – Použití kulových terčů	23
Obr. 53 – Stanovisko 16	23
Obr. 54 – Rozmístění kulových terčů ve spojovací chodbě	24
Obr. 55 – Měření v 2. patře pod č. p. 87 – před rozmístěním kulových terčů	24
Obr. 56 – Rozmístění kulových terčů na schodech pod č. p. 2	24
Obr. 57 – Rozmístění bodů polohového a výškového pole	25
Obr. 58 – Rozmístění bodů polygonových pořadů	25
Obr. 59 – Měření výšky bodu trigonometrickou nivelací s významem použitých proměnných	26
Obr. 60 – Náčrt situace při měření polygonových pořadů	27
Obr. 61 – Příklad výběru podrobných bodů v mračnu bodů – levý horní roh a pravý dolní roh cihly	27
Obr. 62 – Měření s totální stanicí u vstupu do sklepa pod č. p. 2	27
Obr. 63 – Laserový skener Leica ScanStation P40	29
Obr. 64 – Totální stanice Trimble M3	30
Obr. 65 – Ruční skener DPI-8	30
Obr. 66 – Nasnímané značky	31
Obr. 67 – Barevné rozlišení intenzity zaměřených bodů	31
Obr. 68 – Modelování kulového terče	32
Obr. 69 – Zregistrované mračno bodů se všemi vertexy (stanovisky, kulovými terči, identickými body a podrobnými body)	33
Obr. 70 – Mračno bodů z laserového skeneru	34
Obr. 71 – Mračno bodů z ručního skeneru	34
Obr. 72 – Výsledné spojení obou mračen	34
Obr. 73 – Vektorizace zaklenuté chodby (vybrané body)	35
Obr. 74 – Vektorizace zaklenuté chodby (linie vytvořené z bodů)	35
Obr. 75 – Protažení linie do prázdného místa (krátká nasměřovaná linie)	36

Obr. 76 – Protažení linie do prázdného místa (protažená linie již spojená s vedlejší linií)	36
Obr. 77 – Zvektorizované schody (ideálně zaměřený stav)	36
Obr. 78 – Zvektorizované schody (špatně zaměření kvůli postavení stanoviska)	36
Obr. 79 – Zvektorizovaná přepážka	37
Obr. 80 – Nezaměřená druhá strana přepážky	37
Obr. 81 – Vytvoření pomocných linií spojením bodů na zvektorizované přepážce a na zaměřeném stropu za přepážkou	37
Obr. 82 – Výběr bodů přepážky na pomocných liniích	37
Obr. 83 – Výsledná druhá strana přepážky	37
Obr. 84 – Zvektorizovaná studna	37
Obr. 85 – Vytvořená vrstevní spára – vektorizace	38
Obr. 86 – Vytvořená vrstevní spára – reálný stav	38
Obr. 87 – Zvektorizované poruchy na schodech pod č. p. 86 (mračno bodů)	38
Obr. 88 – Zvektorizované poruchy na schodech pod č. p. 86 (linie)	38
Obr. 89 – Funkce <i>Surface by Edge Curves</i>	39
Obr. 90 – Funkce <i>Surface by Network of Curves</i>	39
Obr. 91 – Oprava otvoru mezi plochami (otvor vzniklý po vytvoření ploch)	40
Obr. 92 – Oprava otvoru mezi plochami (vytvoření dvou protilehlých linií)	40
Obr. 93 – Oprava otvoru mezi plochami (zaploškování otvoru)	40
Obr. 94 – Dva otvory na jedné hranici ploch	40
Obr. 95 – Pohled do vymodelované místnosti v 2. patře pod č. p. 2	40
Obr. 96 – Vymodelovaná šachta pod č. p. 86	40
Obr. 97 – Porovnání ploškového modelu a půdorysného řezu (ploškový model)	42
Obr. 98 – Porovnání ploškového modelu a půdorysného řezu (řez)	42
Obr. 99 – Výsledné mračno bodů celého území (šikmý pohled 1)	43
Obr. 100 – Výsledné mračno bodů celého území (šikmý pohled 2)	43
Obr. 101 – Výsledné mračno bodů celého území (přední pohled od Masarykova náměstí)	43
Obr. 102 – Výsledný drátový model celého území (šikmý pohled 1)	43
Obr. 103 – Výsledný drátový model celého území (šikmý pohled 2)	43
Obr. 104 – Výsledný drátový model celého území (přední pohled od Masarykova náměstí)	44
Obr. 105 – Výsledný drátový model celého území (půdorysný pohled)	44
Obr. 106 – Výsledný ploškový model celého území bez vykreslených plošek (šikmý pohled 1)	44
Obr. 107 – Výsledný ploškový model celého území bez vykreslených plošek (šikmý pohled 2)	44
Obr. 108 – Výsledný ploškový model celého území bez vykreslených plošek (přední pohled od Masarykova náměstí)	44
Obr. 109 – Výsledný ploškový model celého území s vykreslenými ploškami (š. pohled 1)	45
Obr. 110 – Výsledný ploškový model celého území s vykreslenými ploškami (š. pohled 2)	45
Obr. 111 – Výsledný ploškový model celého území s vykreslenými ploškami (př. pohled)	45

Seznam příloh

Přílohy připojené k této práci:

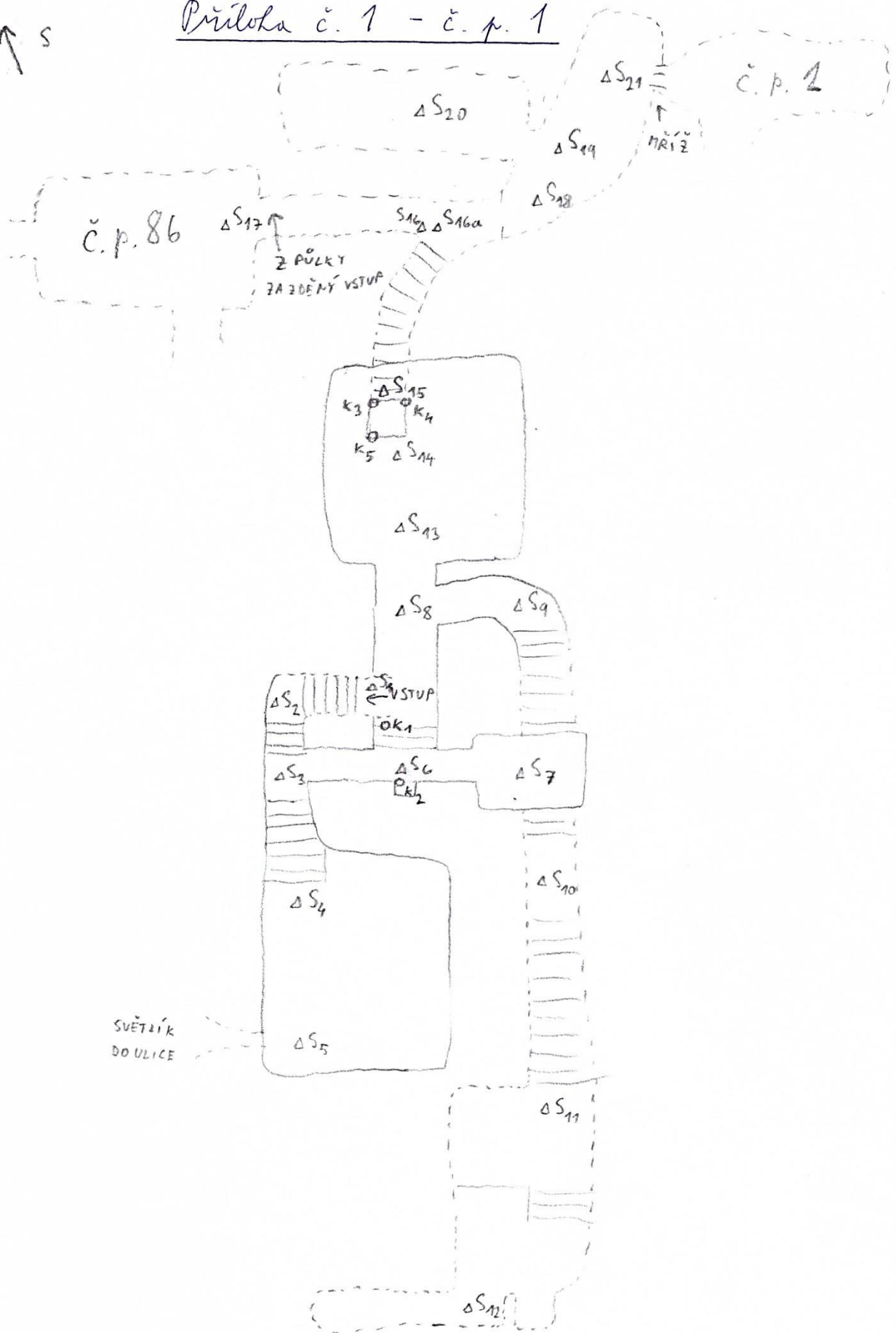
- 1) Náčrt situace ve sklepě pod č. p. 1 s postavením stanovisek a kulových terčů.
- 2) Náčrt situace ve sklepě pod č. p. 2 s postavením stanovisek a kulových terčů.
- 3) Náčrt situace ve sklepech pod č. p. 86, č. p. 87 a č. p. 110 s postavením stanovisek a kulových terčů.
- 4) Náčrt situace měření délek při kontrolním měření.
- 5) Náčrt situace ve sklepě pod č. p. 3 a č. p. 4
- 6) Náčrt situace ve sklepě pod č. p. 8 a č. p. 9
- 7) Náčrt situace ve sklepě pod č. p. 85 a č. p. 142
- 8) Náčrt situace ve sklepě pod č. p. 58 a č. p. 126
- 9) Náčrt situace ve sklepě pod č. p. 135
- 10) Náčrt situace ve sklepě pod č. p. 136
- 11) Náčrt situace ve sklepě pod č. p. 160
- 12) Účelová mapa.

Přílohy dostupné na přiloženém DVD:

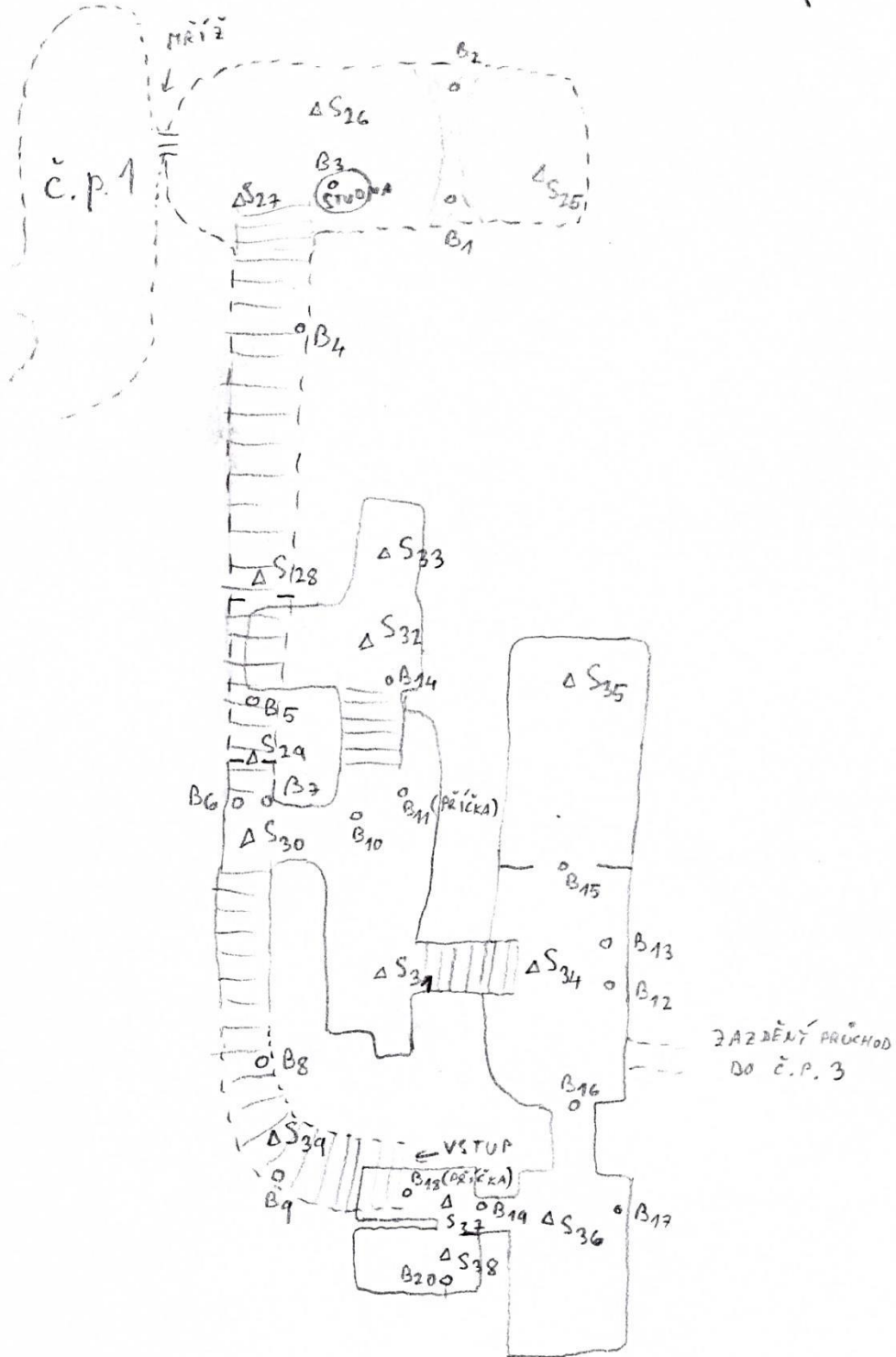
- a) Text diplomové práce ve formátu PDF.
- b) Protokoly z výpočtů v programu Groma ve formátu TXT.
- c) Protokoly z registrací jednotlivých zaměřených oblastí ve formátu TXT.
- d) Mračno bodů ve formátu TXT.
- e) Drátový model ve formátu DGN.
- f) Drátový model ve formátu PDF.
- g) Ploškový model ve formátu DGN.
- h) Ploškový model ve formátu PDF.
- i) Účelová mapa ve formátu PDF.

Příloha č. 1 - č. p. 1

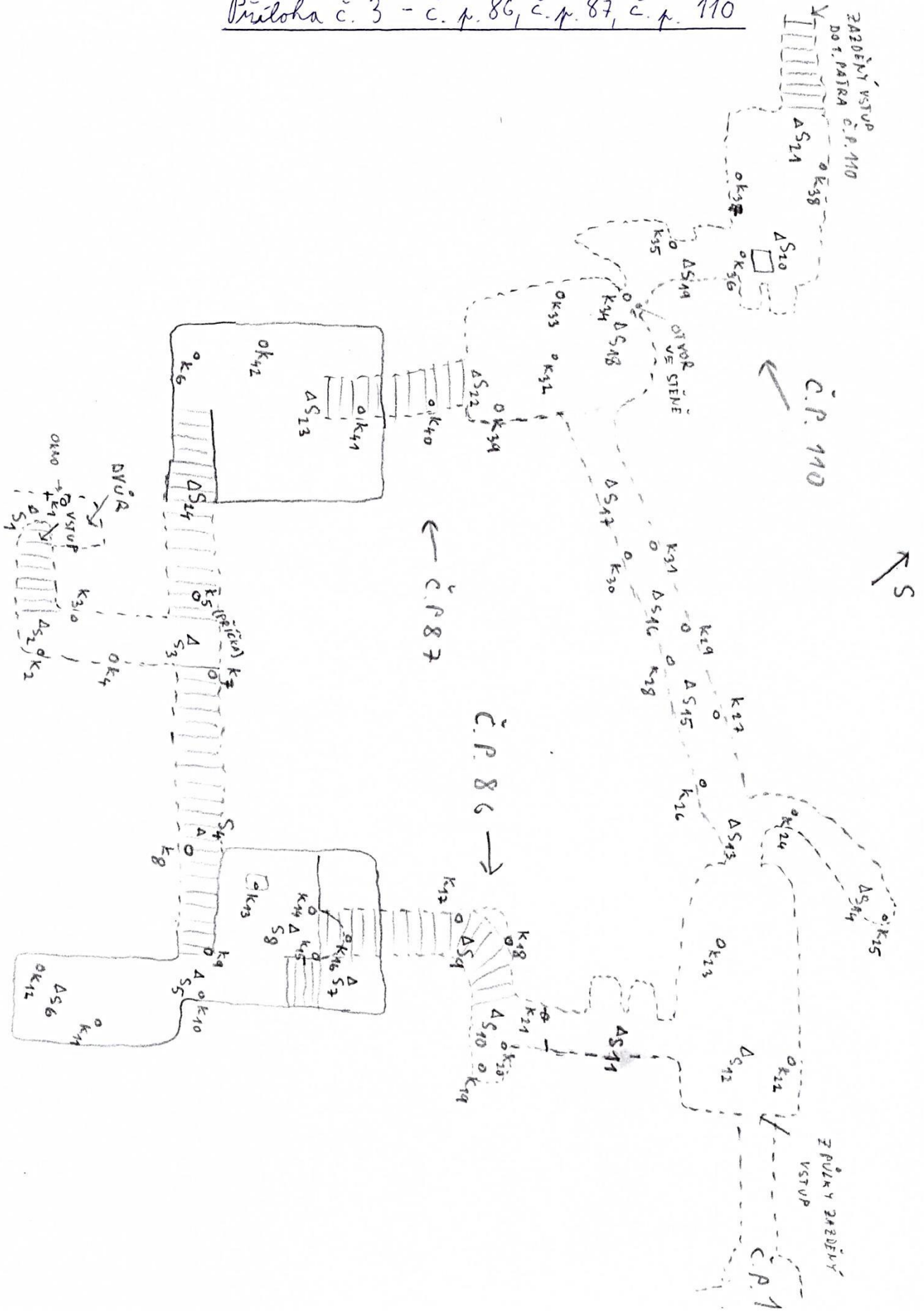
↑ S



Príloha č. 2 - č. p. 2

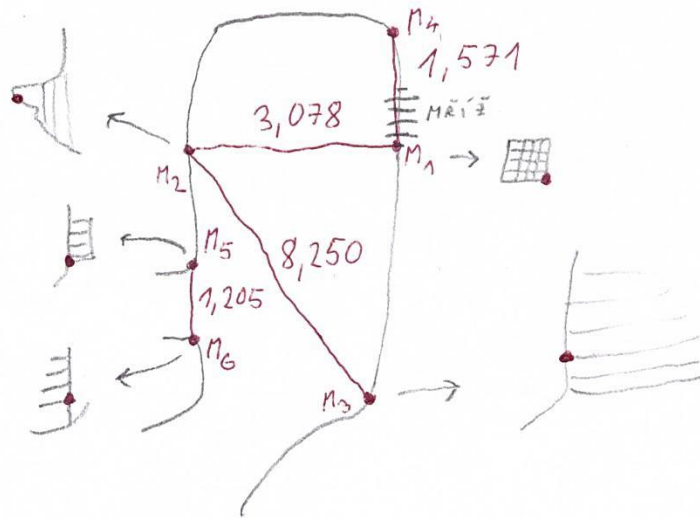


Príloha č. 3 - č. p. 86, č. p. 87, č. p. 110

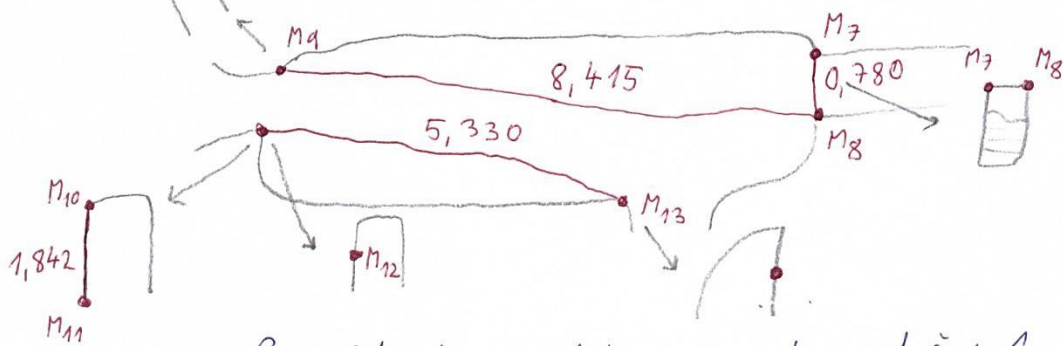


Příloha č. 4 - měření délky při kontrolním měření

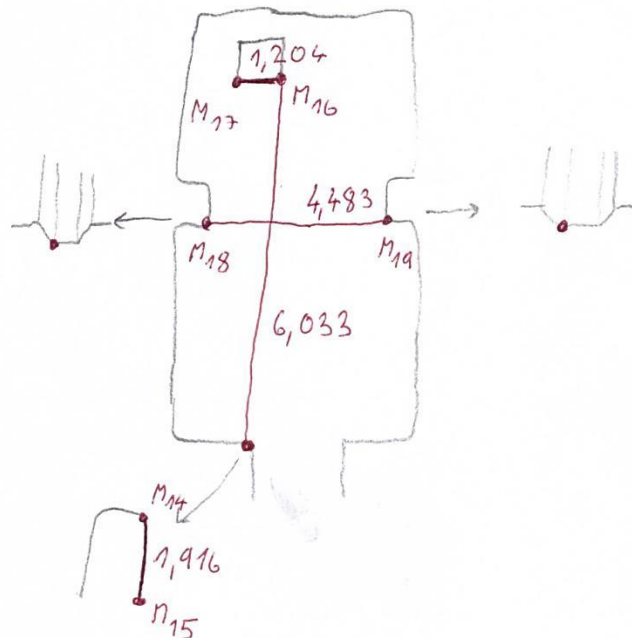
1, spojovací místnost pod č. p. 1



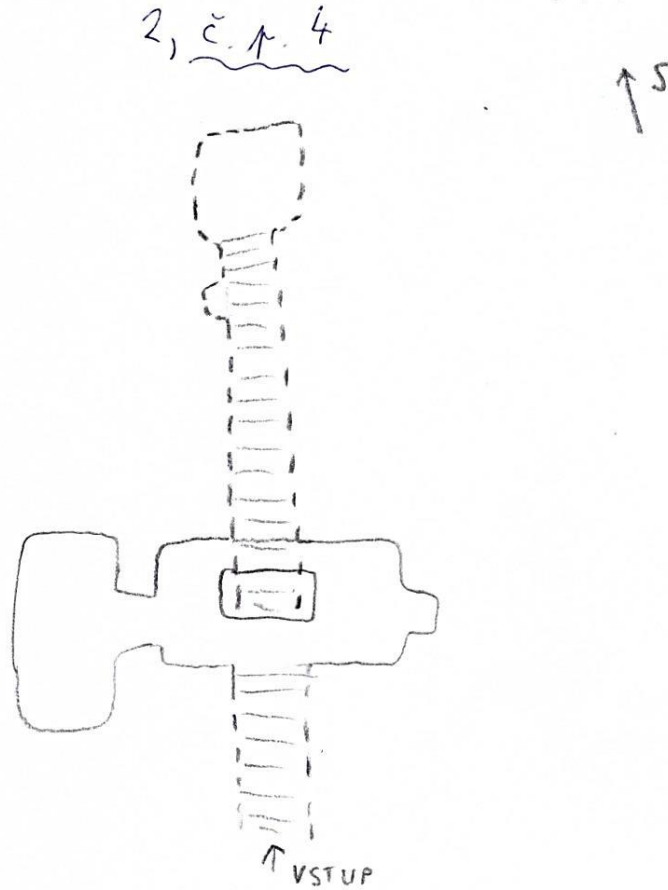
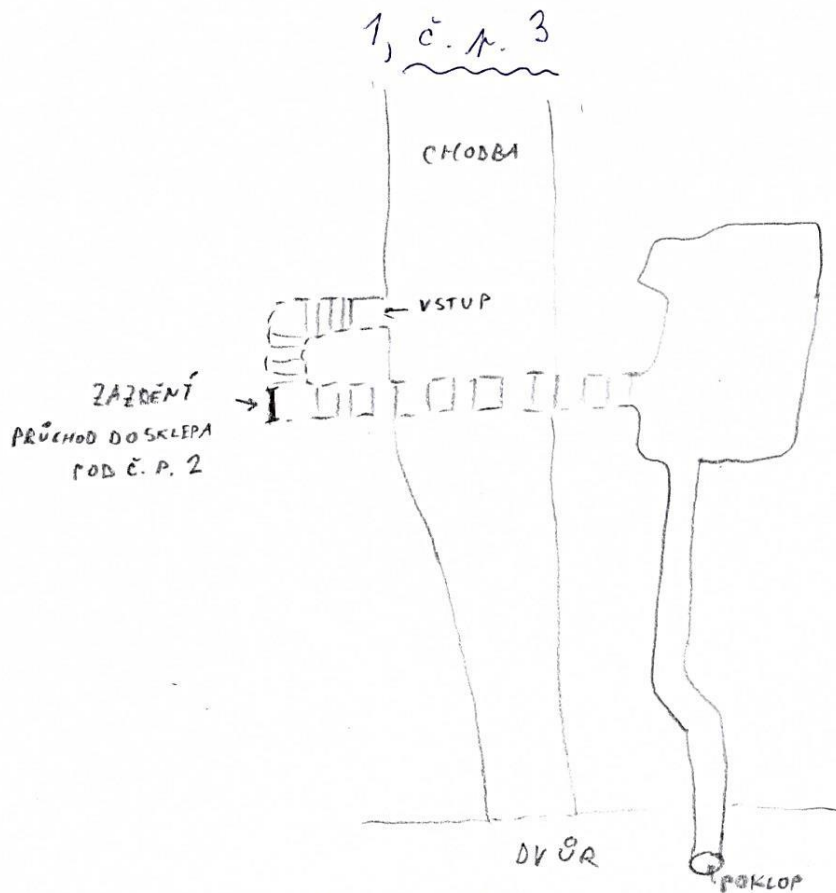
2, spojovací místnost pod č. p. 86



3, místnost nad schody do 2. patra pod č. p. 1



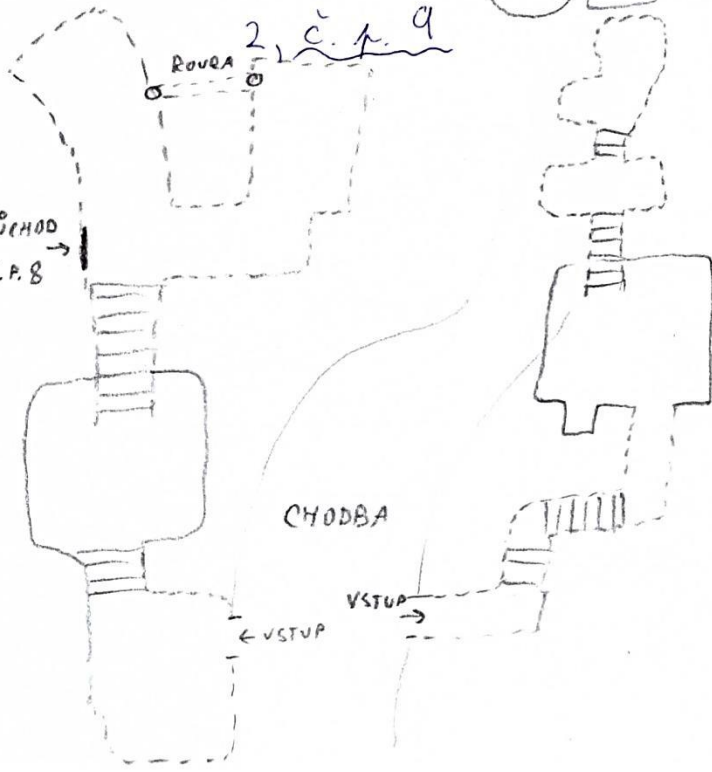
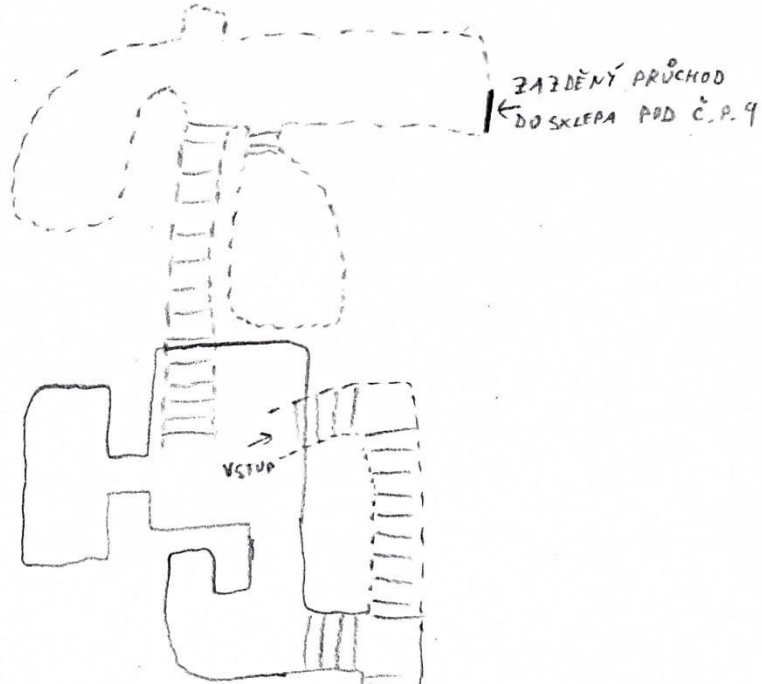
Príloha č. 5 - č. p. 3, č. p. 4



Příloha č. 6. - č. p. 8, č. p. 9



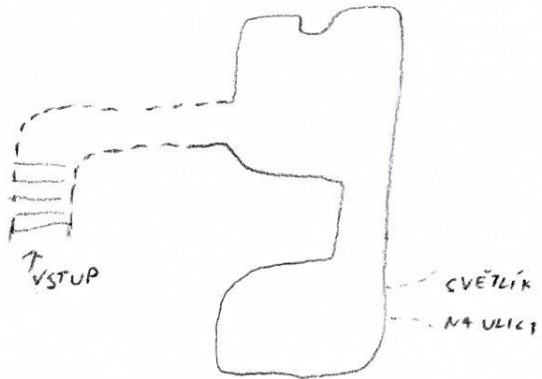
1, č. p. 8



Příloha č. 7 - č. p. 85, č. p. 142

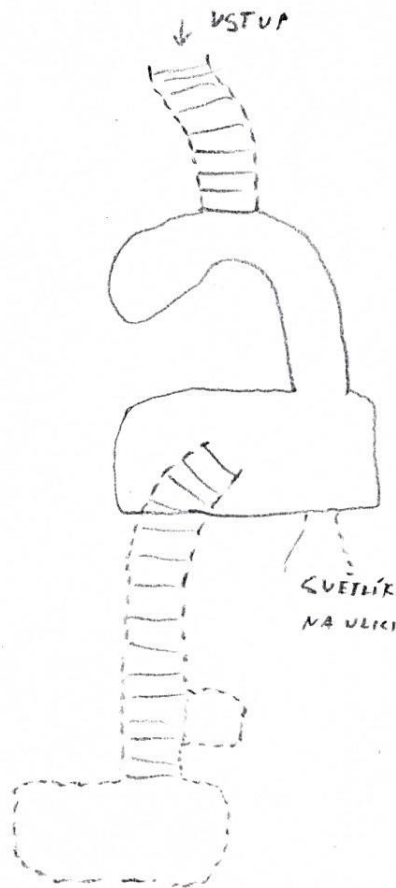
1, č. p. 85

↑ S



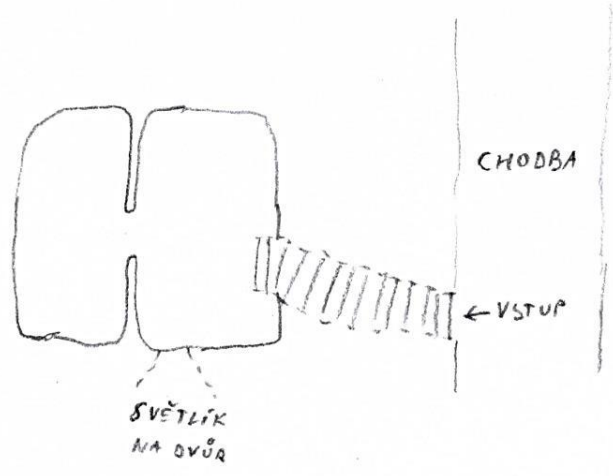
2, č. p. 142

↑ S

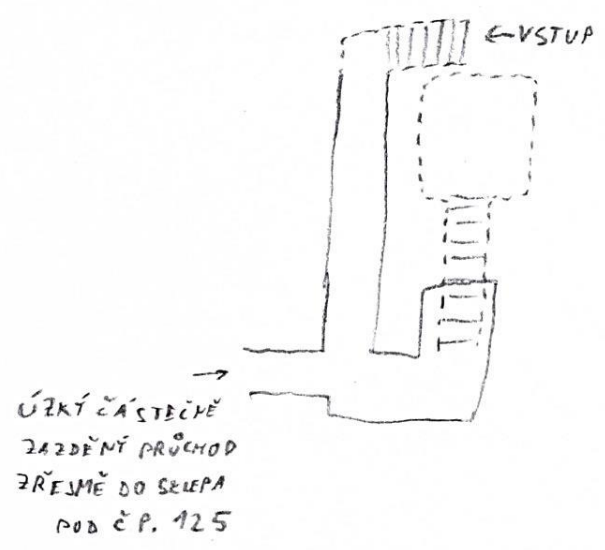


Příloha č. 8 - č. p. 58, č. p. 126

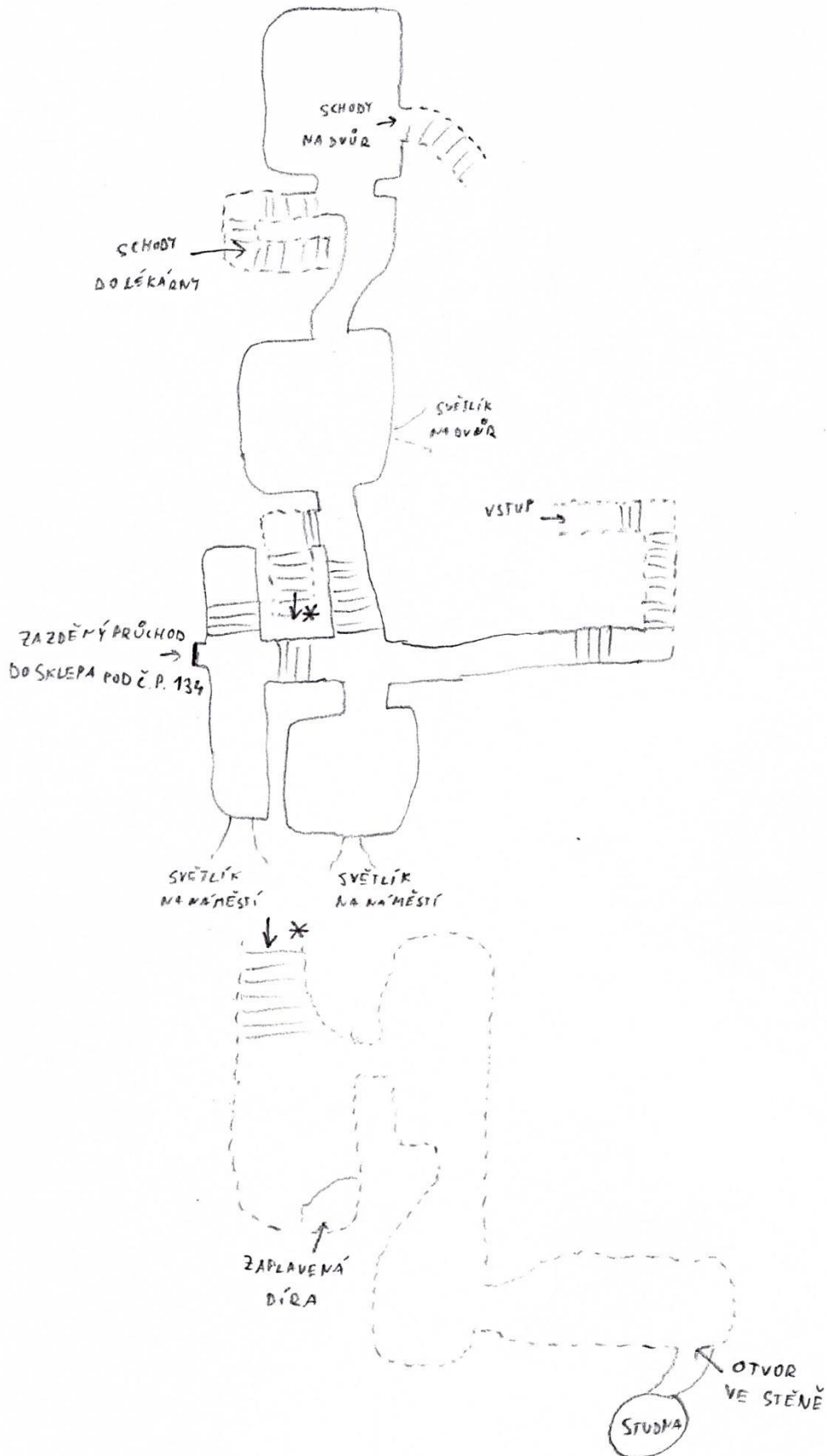
1, č. p. 58



2, č. p. 126

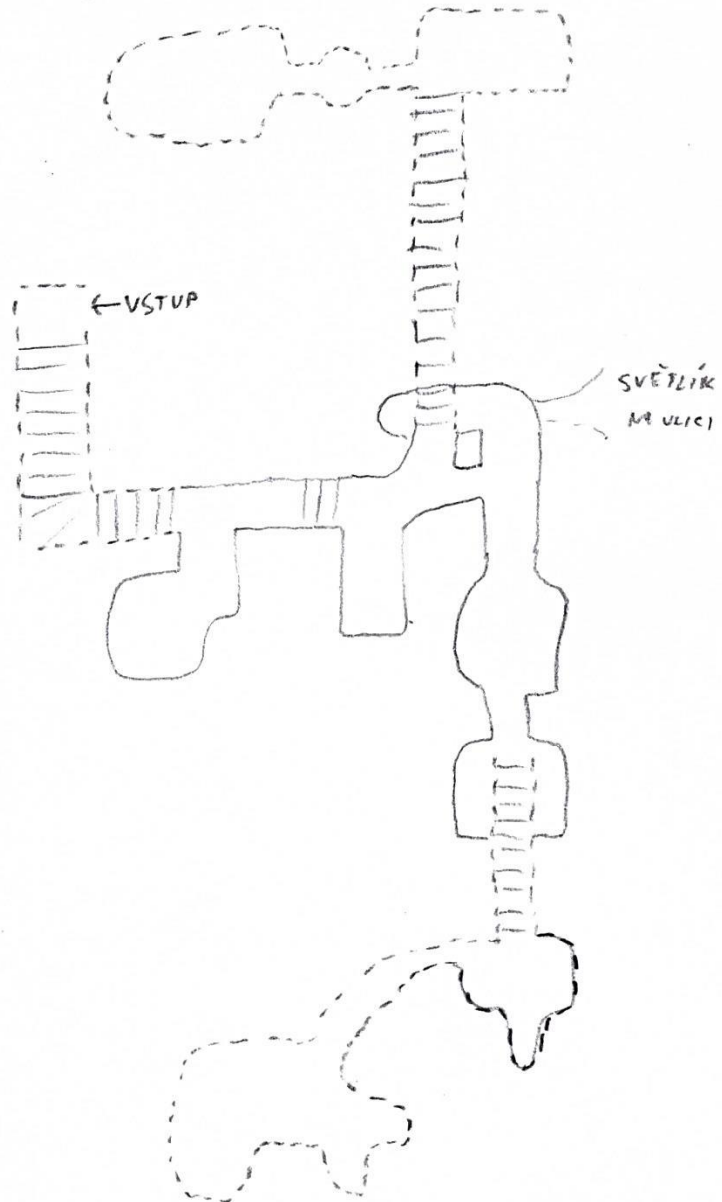


Průloha č. 9 - č. p. 135



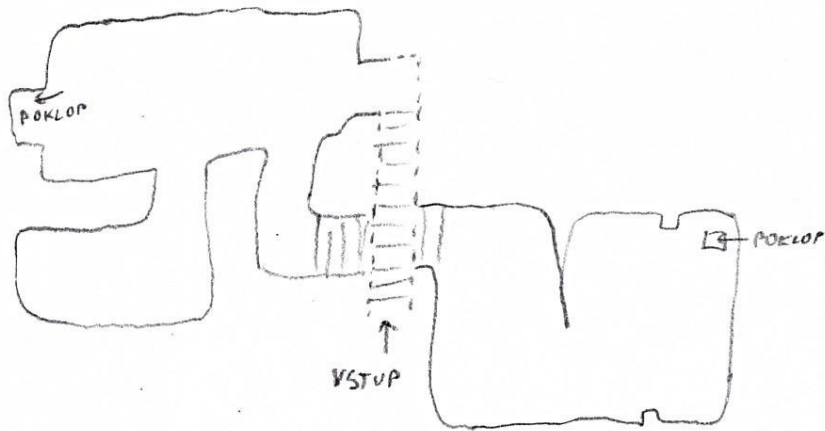
Příloha č. 10 - č. p. 136

↑ S



Příloha 11 - č. p. 160

1, sklep s přístupem ze dvora



2, sklep s přístupem z budovy

