

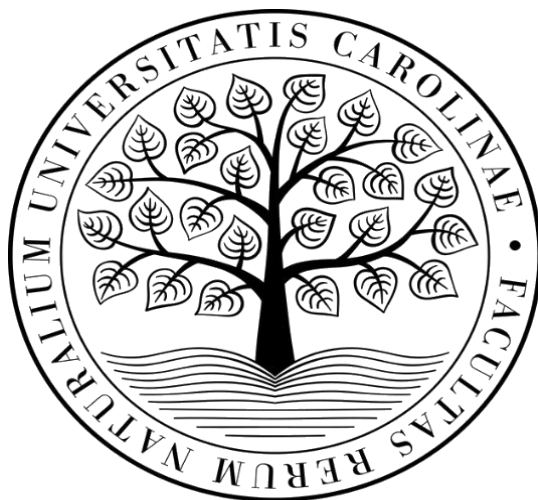
UNIVERZITA KARLOVA

Přírodovědecká fakulta

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie

Studijní program: Aplikovaná geografie

Studijní obor: Sociální geografie a geoinformatika



Eliška HOCKOVÁ

DOKUMENTACE STARÉHO PÍSKOVCOVÉHO LOMU
GOLDEN RANZE (COMMITE STEINBRUCH) U HŘENSKA
(LABSKÉ PÍSKOVCE)

**Documentation of old sandstone quarry *Golden Ranzen (Commite
Steinbruch)* near Hřensko (Labské pískovce)**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Jakub Lysák, Ph.D.

Krásná Lípa 2024

Vysoká škola: Univerzita Karlova v Praze

Fakulta: Přírodovědecká

Katedra: Aplikované geoinformatiky a kartografie

Školní rok: 2023/2024

Zadání bakalářské práce

pro Eliška Hocková

obor Sociální geografie a geoinformatika

Název tématu:

Dokumentace starého pískovcového lomu *Golden Ranze (Commite Steinbruch)* u Hřenska (Labské pískovce)

Zásady pro vypracování

Cílem bakalářské práce je vytvořit mapu velkého měřítka pro oblast bývalého lomu *Golden Ranze – Commite Steinbruch*, který se nachází v Labském kaňonu (CHKO Labské pískovce). Hlavní pozornost bude kladena na zachycení jednotlivých pozůstatků těžby v této oblasti a znázornění pískovcových skalních útvarů a objektů. Při zpracování budou využívána data z podzemního měření a také moderní metody topografického mapování ve velkém měřítku, tedy data pořízena dronem.

Dílní cíle práce jsou následující:

- seznámit se s historií těžby v celé oblasti CHKO Labské pískovce, především se zaměřením na oblast lomu *Goldnen Ranzen – Commite Steinbruch*;
- seznámit se se základy metod velkoměřítkového mapování vhodných pro použití v pískovcové oblasti;
- prozkoumat již existující mapová díla lomu a seznámit se s kartografickými prostředky, které byly využity pro znázornění pískovcových skal a detailních objektů lomu;
- zpracovat již existující data;
- provést mapování v této lokalitě;
- vytvořit výslednou tematickou mapu velkého měřítka, a nakonec zachytit pozůstatky těžby spolu s odpovídajícím zobrazením pískovcových skal a lokální topografií terénu.

Rozsah grafických prací: digitální mapa lomu *Commite Steinbruch*

Rozsah průvodní zprávy: 50 - 70

Seznam odborné literatury:

ČAPEK, R., MIKŠOVSKÝ, M., MUCHA, L. (1992): Geografická kartografie. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 373 s.

LYSÁK, J. (2016): Topografické mapování skalních útvarů s využitím dat leteckého laserového skenování. Disertační práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Praha. 248 s.

MIKLÍN, J., DUŠK, R., KRTIČKA, L., KALÁB, O. (2018): Tvorba Map. Přírodovědecká fakulta, Ostravská univerzita, Ostrava. 302 s.

VAŘILOVÁ, Z., ADAMOVIČ, J., BELISOVÁ, N., COUBAL, M., KUKLA, J., HAVRÁNEK, P., MIKULÁŠ, R. (2020): Geologie Českého Švýcarska. Správa NP České Švýcarsko, Muzeum města Ústí nad Labem a Ústecký kraj, Ústí nad Labem. 575 s.

VAŘILOVÁ, Z., BELISOVÁ, N., BELIS, J., PODROUŽEK, K., HORÁK, J., ŠŤASTNÝ, D., KUKLA, J. (2024): Databáze starých lomů a dobývek na území NP České Švýcarsko a CHKO Labské pískovce. Online databáze. Museum města Ústí nad Labem, p.o., FF UJEP. Dostupné z: <https://mmul.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=18bbd2bd69f1497ba9bc6d2b8756bb7e>

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Jakub Lysák, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: –

Datum zadání bakalářské práce: 17.1.2023

Termín odevzdání bakalářské práce: jaro 2024

.....
Vedoucí bakalářské práce

.....
Vedoucí katedry

V Praze dne

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Krásné Lípě dne

.....

Eliška Hocková

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat všem lidem a institucím, bez jejichž pomoci a informací by tato práce nemohla vzniknout. Děkuji především:

- vedoucímu bakalářské práce RNDr. Jakubu Lysákovi, Ph.D. za ochotu, podporu, trpělivost a mnoho cenných rad při řešení problémů, se kterými jsem se v průběhu vytváření této práce setkala. Také jsem velice vděčná za čas, který věnoval společným konzultacím a terénnímu mapování.
- Správě Národního parku České Švýcarsko za poskytnutí dat GeNeSiS a umožnění terénního mapování. Jmenovitě patří dík také Mgr. Oldřichu Holešinskému ze Správy NP ČŠ za ochotu a cenné rady ohledně vizualizace topografických dat.
- Muzeu Ústí nad Labem a Univerzitě Jana Evangelisty Purkyně (Centrum pro dokumentaci a digitalizaci kulturního dědictví FF UJEP), kteří společně realizovali projekt: „*Databáze starých lomů a dobyvek na území NP Českého Švýcarska a CHKO Labské pískovce*“, který byl zdrojem celé řady přínosných informací a podkladových dat pro vytvoření této práce a výsledné mapy.
- Těm, kteří se nebáli a byli ochotni vyrazit do členité krajiny Labských pískovců a podílet se na terénním mapování, jmenovitě: Bc. Tomáš Jílek, RNDr. Jakub Lysák a Ondřej Uher.
- Bc. Karlu Wünscheovi za jazykovou korekci této práce.

V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své nejbližší rodině a přátelům za nepodmíněnou oporu a trpělivost při zpracování bakalářské práce i při průběhu celého studia. Velký dík jim patří také za ochotu neustále hodnotit a připomínkovat mou práci.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je vytvořit mapu velkého měřítka bývalého lomového areálu *Commite Steinbruch* poblíž obce Hřensko v CHKO Labské pískovce. Práce se soustředí na zachycení pískovcových skal a zachycení pozůstatků těžby, které pomalu pohlcuje příroda. Skalní objekty jsou znázorněny konturovou metodou a vychází z dat získaných dronovou fotogrammetrií a podrobným leteckým laserovým skenováním (LLS). Fotogrammetrická data byla získána vlastním šetřením v lokalitě a LLS data byl převzata z projektu *GeNeSiS*. Ostatní data pro vytvoření topografické databáze byla odvozena z geodetického zaměření lomu a z vlastního terénního mapování, pro které byla využita aplikace *ArcGIS Field maps*. Výsledná mapa je zpracována v softwaru *ArcGIS Pro*. Mapa je v digitální podobě a je vytvořena v měřítku 1 : 700, její délka i šířka je 430 mm.

Klíčová slova: bývalý lom *Commite Steinbruch*, znázorňování skal, pozůstatky těžby, mapa velkého měřítka, dronová fotogrammetrie, LLS

Abstract

The aim of this bachelor thesis is to create a large-scale map of the old quarry area *Commite Steinbruch* near the town Hřensko in the Protected Landscape Area Labské pískovce. The work focuses on capturing the sandstone rocks and showing the remains of the quarrying that slowly blend into the nature. The rock objects are depicted using the contour method and are based on data obtained by drone and detailed airborne laser scanning (LLS). The photogrammetric data was obtained by own mapping in the locality and the LLS data was taken from the *GeNeSiS* project. Other data for the creation of the topographic database was derived from a geodetic mapping of the quarry and from the own field mapping, for which *ArcGIS Field maps* was used. The resulting map was processed in *ArcGIS Pro* software. The map is in digital form and is created at a scale of 1 : 700, its length and width are 430 mm.

Key words: old quarry *Commite Steinbruch*, rock representation, mining remains, large scale map, drone photogrammetry, LLS

Obsah

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	2
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	8
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	10
1. ÚVOD	12
2. TEORETICKÁ ČÁST	13
2.1. MAPOVANÉ ÚZEMÍ.....	13
2.1.1. <i>Labské pískovce</i>	13
2.1.4. <i>Lomový areál Commite Steinbruch</i>	24
2.2. TOPOGRAFICKÉ MAPOVÁNÍ.....	27
2.2.1. <i>Laserové skenování</i>	28
2.2.2. <i>Fotogrammetrie</i>	31
2.2.3. <i>Globální navigační satelitní systém</i>	35
2.3. KARTOGRAFICKÉ ZNÁZORŇOVÁNÍ LOMOVÝCH OBLASTÍ	39
2.3.1. <i>Vrstevnice</i>	40
2.3.2. <i>Stínování</i>	41
2.3.3. <i>Konturová metoda</i>	41
2.3.4. <i>Kamenné akumulace</i>	42
3. TOPOGRAFICKÁ ČÁST	44
3.1. VYUŽITÍ EXISTUJÍCÍCH DAT.....	44
3.1.1. <i>LLS data</i>	44
3.1.2. <i>Existující mapy lokality</i>	45
3.2. SBĚR DAT V TERÉNU	50
3.2.1. <i>Dronové snímkování</i>	50
3.3. ZPRACOVÁNÍ DAT	51
3.3.1. <i>Data LLS</i>	52
3.3.2. <i>Dronové snímky</i>	52
3.3.3. <i>Spojení bodových mračen</i>	55
3.4. NÁVRH OBJEKTŮ A STRUKTURA GEODATABÁZE	57
3.4.1. <i>Stavby – pozůstatky</i>	60
3.4.2. <i>Komunikace</i>	61
3.4.3. <i>Skály</i>	62
3.4.4. <i>Ostatní</i>	64
3.5. FINÁLNÍ SBĚR DAT V TERÉNU.....	65
3.5.1. <i>Příprava podkladů pro sběr dat v terénu</i>	66
3.5.2. <i>Pořizování dat v terénu</i>	67
3.5.3. <i>Synchronizace a zpracování dat</i>	68
4. KARTOGRAFICKÉ ZPRACOVÁNÍ	69
4.1. NÁVRH A TVORBA ZNAKOVÉHO KLÍČE.....	69
4.1.1. <i>Bodové značky</i>	70
4.1.2. <i>Liniové značky</i>	71
4.1.3. <i>Plošné znaky</i>	73
4.2. POPIS	77
4.3. MASKY	77
4.4. STÍNOVANÝ MODEL RELIÉFU	78
4.5. KOMPOZICE MAPY	78
5. DISKUSE	80
ZÁVĚR.....	84
POUŽITÉ ZDROJE	85

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

- Obr. 1: Děčínský sněžník
- Obr. 2: Podzemní pískovna *Sandloch* v Ludvíkovicích
- Obr. 3: Rozmístění kapslí pro klíny připravených pro vylomení polotovarů velkého kvádrů v Rynarticích
- Obr. 4: Detail šrámu v lomu *Elbtalstrassebruch*
- Obr. 5: Útulna lamačů pod převisem v lomu *Commite Steinbruch*
- Obr. 6: Pozůstatky po polní kovárně v lomu *Commite Steinbruch* kovadlinový kámen (vlevo), koryta na vodu (vpravo)
- Obr. 7: Pozůstatky po těžbě s využitím výbušnin (vlevo), podrubou (vpravo)
- Obr. 8: Sklípek na trhaviny v lomu *Commite Steinbruch*
- Obr. 9: Přesnost metod měření ve vztahu k velikosti objektu/plochy
- Obr. 10: Základní koncept nasazení UAV systému
- Obr. 11: Princip fungování Stereofotogrammetrie
- Obr. 12: Znázornění hlavních segmentů GNSS
- Obr. 13: Porovnání vlivů na přesnost GNSS
- Obr. 14: Znázorňování sesuvů dle pravidel používaných v Československu
- Obr. 15: Kartografické znaky pro popisované jevy na ZM 10 (v zásadě stejnou grafickou podobu měly i na TM 10); horní řadě: sesuv pudy, usedlý sesuv pudy, písčítá a hlinitá suť, kamenitá a šterkovitá suť; v dolní řadě: písčitý povrch, kamenitý povrch, kamenitý břeh, písčitý břeh
- Obr. 16: Vizualizace kamenné akumulace v ZTM
- Obr. 17: Vizualizace kamenné akumulace na německé DTK 10, písčitý a kamenitý povrch (vlevo), kameny, suť a oblázky (vpravo)
- Obr. 18: Území snímané v projektu *GeNeSiS*
- Obr. 19: Výřez z OSM, oblast lomového areálu
- Obr. 20: Zákres skal pro potřeby geologického průzkumu nad DMR
- Obr. 21: Plán lomu *Steinbruch Elbleiten*
- Obr. 22: Horolezecká mapa Sanace – jižní část
- Obr. 23: Středy snímků fotografií pořízených při dronovém snímkování ve zkoumané lokalitě
- Obr. 24: Nastavení funkce *LASClassify*
- Obr. 25: VLB s přesností zarovnání snímků
- Obr. 26: Nastavení vytvoření DMR z dronových snímků v *Metashape*
- Obr. 27: Nastavení funkce *Cloud registration* (vlevo), výsledná transformační matice (vpravo)
- Obr. 28: DMR s rozlišením 0,35 (vlevo) s rozlišením 0,1 m (vpravo)
- Obr. 29: Nastavení funkce *Select by Attributes* pro vybrání zdůrazněných vrstevnic
- Obr. 30: Úprava napojení cest

Obr. 31: Vzorec na vypočítání relativní šířky kontury

Obr. 32: Problém s vizualizací vrstevnic

Tab. 1: Přehled prvků v geodatabázi s rozdělením do jednotlivých sad

Tab. 2: Znakový klíč bodových prvků

Tab. 3: Znakový klíč liniových prvků

Tab. 4: Znakový klíč plošných prvků

Tab. 5: Znakový klíč s relativní výškou kontur

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AOPK	Agentura ochrany přírody a krajiny
ATKIS	z něm. <i>Amtliches Topographisches Kartographisches Informationssystem Basis-Landschaftsmodell</i>
Bpv	výškový systém Balt po vyrovnání
CHKO	chráněná krajinná oblast
DMP (DSM)	digitální model povrchu (z angl. <i>digital surface model</i>)
DMT	digitální model terénu
DMR	digitální model reliéfu
DPZ	dálkový průzkum Země
DOP CIR	digitální pravé ortofoto s infračerveným kanálem
DOP RGB	digitální pravé ortofoto v pravých barvách
EGNOS	Evropská geostacionární navigační překryvná služba (z angl. <i>European Geostationary Navigation Overlay System</i>)
ETRS 1989	Evropský terestrický referenční systém 1989
ESRI	z angl. <i>Environmental Systems Research Institute</i>
GeNeSiS	z něm. <i>Geoinformationsnetzwerke für die Grenzüberschreitende Nationalparkregion Sächsisch-Böhmische Schweiz</i>
GIS	Geografický informační systém (z angl. <i>Geographic Information System</i>)
GLONASS	Globální družicový polohový systém (z ruš. <i>Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistema</i>)
GNSS	Globální družicový polohový systém (z angl. <i>Global Navigation Satellite System</i>)
GPS	Globální polohový systém (z angl. <i>Global Positioning System</i>)
ICP	z angl. <i>Iterative Closet Point</i>
IMU	inerciální měřicí jednotka (z angl. <i>Inertial Measurement Unit</i>)
INS	Inerciální navigační systém (z angl. <i>Inercial Navigation System</i>)
KAGIK	Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie PřF UK
LiDAR	z angl. <i>Ligh Detection and Rangigng</i>
LLS	letecké laserové skenování
NAVSTAR	z angl. <i>Navigation Satellite and Ranging Global Positioning System</i>
NP ČŠ	Národní park České Švýcarsko
NPR	národní přírodní rezervace
NPÚ	Národní památkový ústav
OU	obecní úřad
PPK	z angl. <i>Post Processed Kinematic</i>

PřF UK	Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy
PVO	prvky vnitřní/vnější orientace
RTK	z angl. <i>Real Time Kinematic</i>
SfM	z angl. <i>structure from Motion</i>
S-JTSK	system jednotné trigonometrické sítě katastrální
TIN	z angl. <i>Triangulated Irregular Network</i>
TM10	tematická mapa v měřítku 1:10 000
TUD	Technická univerzita v Drážďanech (z něm. <i>Technische Universität Dresden</i>)
UAV	z angl. <i>Unmanned Aerial Vehicle</i> (bezpilotní letadlo)
UJEP	Univerzita Jana Evengilisty Purkyně
UTM	Univerzální transverzální Mercatorův systém souřadnic
VLB	vřícovací body
ZABAGED	základní báze geografických dat
ZIV	základní interval vrstevnic
ZM 10	základní mapa v měřítku 1 : 10 000

1. Úvod

Labské údolí již od 19. století představovalo důležité ekonomické území. Vysoké pískovcové skalní stěny, které se zde formovaly po miliony let, představovaly ideální zdroj stavebního kamene. Navíc přítomnost řeky Labe, jako hlavní dopravní tepny v regionu, výrazně usnadňovala přepravu materiálu. Intenzivní těžba se v údolí tedy velice rychle rozvinula. Na strmých březích Labe vzniklo několik lomových areálů, z nichž *Commite Steinbruch* na pravém břehu řeky nedaleko obce Labská stráň patřil mezi nejvýznamnější. I přesto, že tento lomový areál opustili těžaři před sto lety, jsou v jeho okolí dodnes patrné stopy lidské činnosti.

Cílem práce je vytvořit mapu velkého měřítka, která bude vhodným způsobem zaznamenávat pozůstatky těžby ve zkoumané lokalitě. Současně je kladen důraz na využití moderních metod topografického mapování vhodných pro toto území, které je typické vysokou zalesněností a členitým terénem. Zvláštní pozornost je věnována detailnímu zobrazení pískovcových skal a celkového reliéfu této oblasti.

Výsledná mapa má za cíl poukázat na významnou těžební historii tohoto území a vhodným způsobem měla zdůraznit schopnost krajiny obnovit se po masivních lidských zásazích. Tato práce vznikla z iniciativy „*Databáze starých lomů a dobývek v oblasti NP České Švýcarsko a CHKO Labské pískovce*“. Tento projekt poskytl celou řadu cenných informací, jak v podobě historických pramenů, tak podrobného geodetického plánu, který tvořil významný zdroj dat. Nicméně, moderní technologie, včetně leteckého laserového skenování a dronových snímků, hrály zásadní roli při získávání podrobných informací o skalních stěnách a výškopisu.

Tato práce je rozdělena do tří hlavních částí. V teoretické sekci čtenář získá ucelený přehled o lomovém areálu a historickém kontextu dané oblasti. Součástí této sekce je rovněž úvod do klíčových topografických a kartografických metod používaných při tvorbě finální mapy. V topografické části práce jsou prezentovány vstupní zdroje dat a jejich následné zpracování. Závěrečná kartografická část popisuje proces tvorby samotné mapy včetně všech výzev, které se s tímto procesem pojí. Cílem této práce je poskytnout vhled do možností mapování v lokalitách s podobnými charakteristikami jako zkoumaná lokalita. Má být poukázáno na slabiny jednotlivých využitých metod, ale současně také na možnosti, které nabízí.

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1. Mapované území

2.1.1. Labské pískovce

Území Labských pískovců se rozkládá při česko-německé hranici na obou březích řeky Labe. Je tvořeno NP České Švýcarsko, Saské Švýcarsko a dále chráněnými krajinnými oblastmi Labské pískovce na české a Saské Švýcarsko na německé straně hranice. Oblast se rozkládá na bezmála 700 km². Zdánlivě nekonečný lesní prostor členěný hlubokými údolními představuje velice impozantní krajinu, která nemá v Evropě obdoby. Celá oblast představuje ukázkou pískovcového fenoménu České křídové pánve s typickými významnými skalními modely zvětvování pískovcové horniny. Můžeme spatřit dokonale modelované skalní město Tiských stěn, výjimečně vysoké skalní stěny (Křídelní stěny, Stříbrné stěny, Tetřeví stěny), kaňony řek, různé hřbety, věže, jeskyně, drobná skalní okna a jiné zajímavé skalní tvary. Nejznámějšími a jedinečnými útvary jsou skalní brány, zejména mohutný skalní most Pravčická brána. Tento pískovcový fenomén má velice specifické ekologické podmínky, které determinují existenci velice zajímavých a unikátních druhů a společenství hub, rostlin a živočichů (Správa NP ČŠ 2023b).

Labské pískovce se od ostatních pískovcových oblastí České křídové tabule (např. Český ráj, Kokořínsko) liší zejména existencí velkého množství vodních toků, které v průběhu let vytvořily hluboké kaňony a rokle. Na té samé lokalitě lze nalézt výrazné stolové hory a monumentální Kaňon Labe, který představuje největší evropský pískovcový říční kaňon. Celé území je neobyčejně členité a je možné ho rozčlenit do tří pater. Nejnižší spodní patro tvoří Kaňon Labe, střední patro je tvořeno plošinami a horní patro představují vyčnívající skalní města (např. Tisé skály) a stolové hory (např. Děčínský sněžník). Děčínský sněžník (obr. 1) je jediná stolová hora, která se vyskytuje na území Česka a zároveň představuje nejvyšší bod celé

oblasti Labských pískovců (728 m. n. m.). Naopak nejnižším bodem je Hřensko s nadmořskou výškou 114 m, který je také nejnižším bodem Česka (Správa NP ČŠ 2023a).



Obr. 1: Děčínský sněžník
Zdroj: Wikipedia (2024)

Geologický vývoj

Celé toto území je známé díky významným a neopakovatelným geologickým útvarům, jako je například Pravčická brána nebo kaňon řeky Labe. Geologická stavba této krajiny je hlavním faktorem pro vznik těchto úžasných monumentů. Krajina Labských pískovců má zasebou dlouhou geologickou historii, která začala již před 700 miliony let. Tehdy vzniklo žulové podloží, jehož fragmenty je možné nalézt pouze na SV hranici NP České Švýcarsko v okolí osady Kopec a obce Mikulášovice. Před více než 90 miliony let začala asi nejvýznamnější etapa vývoje tohoto území. Došlo k náhlému zvýšení hladiny celosvětového oceánu a zároveň k poklesu dna České křídové tabule. Na dně moře, které zaplavilo oblast od Saska až po jižní Moravu, se usadily horniny (pískovce, prachovce a slepence), které měly mocnost přes 1 000 m. Asi před 84 miliony let začalo moře ustupovat a vlivem alpinského vrásnění došlo k nárustu pohybů kolem starých zlomových linií, které vyústily v intenzivní sopečnou činnost ve třetihorách. Jedním z nejvýznamnějších zlomů je lužická porucha, která způsobila, že původně vodorovně uložené pískovce se vztyčily do téměř svislé polohy. Tato poloha později umožnila obnažení skal a vznik pískovcových věží (Slouka 1980). Členitý terén s vystupujícími sopečnými kužely, který známe dnes (např. Růžový vrch, Vosí vrch), bychom v té době nenašli. Díky plošné erozi se jednalo o krajinu s mírně zvlněným a zarovnaným povrchem. Až ve čtvrtohorách v interglaciálu (tedy době meziledové) docházelo ke zdvihu Českého masivu a k postupné tvorbě

členitého reliéfu, který je znám dnes. Jednalo se také o období, kdy se řeky zařezávaly do pís-kovcového podkladu a vytvářely tak hluboké rokle a kaňony. V období glaciálu (tedy doby ledové) naopak docházelo k hlubokému promrzání skalních výchozů a vzniku tzv. kamenných moří, které lze spatřit například na Růžovém vrchu. Právě střídání doby ledové a meziledové dalo vzniknout řadě významných forem skalního reliéfu, které nemají v Evropě obdoby. V dnešní době je reliéf stále ovlivňován zvětráváním, především pak větrnou a vodní erozí (Vařilová a kol. 2020).

Lidská činnost

Díky velice členitému území a hustým lesům zůstávalo území Labských pískovců dlouhou dobu trvale neobydleno. První zmínky o výskytu lidí na tomto území pocházejí ze střední doby kamenné, kdy využívali kámen pro výrobu nástrojů, zbraní či stavbu ohnišť. Tehdy území obývali první lovci a rybáři, kteří ovšem využívali pouze převisy jako dočasné útočiště a podobu krajiny nijak výrazně nepozměnili. Zlom nastal v období, kdy člověk přestal migrovat, usadil se a začal tvořit trvalá sídla. Díky složitým geomorfologickým podmínkám docházelo k rozvoji zemědělských sídel pouze v děčínské kotlině a v údolí řeky Labe. Situace se radikálně změnila ve 13. století, kdy na toto místo přicházelo velké množství obyvatel díky kolonizaci. Na přání českých panovníků docházelo k přesunu obyvatel ze starých sídelních oblastí v Německu do surové, neobydlené krajiny Labských pískovců. Centrem regionu byly hrady Königstein a Děčín, okolo kterých byla založena řada vsí. Pro zdejší oblast jsou typické lánové vsi, které nemají návěs a rozprostírají se podél cest a potoků ve dvou souvislých protilehlých řadách (Bauer, Kopecký, Stein 2012). S přílivem obyvatel začala být nouze o zemědělskou plochu. Jako nejrychlejší a nejefektivnější způsob získávání nové půdy se ukázalo vypalování lesního porostu (žďáření). Rozsáhlé zalesněné oblasti dnešního NP naštěstí zůstaly nedotčené, a to díky neprostupnosti zdejší krajiny a neúrodnosti půdy. Nicméně tyto lesy sloužily jako zdroj dřeva a od 16. století zde probíhala intenzivní těžba. Dřevo bylo splavováno po řece Kamenici či Křinici až do Labe, nebo jeho zpracování probíhalo přímo na místě ve smolárnách a na milířích. Již v té době správy panství prosazovaly pěstování monokulturních lesů (smrkových), a tak položily základní kámen pro nynější moderní lesní hospodářství. Právě monokulturní lesy na tomto území představují jeden z nynějších problémů správy CHKO a NP (Chráněná území ČR I. - Ústecko 1999).

V 19. století došlo k rozvoji několika menších obcí v samotné jádrové oblasti dnešního NP. Byla zde totiž rozšířena textilní výroba a služby, které byly navázány na rozvíjející se

cestovní ruch. Rozkvět této oblasti skončil po 2. světové válce. Podniky, výroby, ale i samotné obce, jako jsou například Zadní Doubice či Zadní Jetřichovice, úplně zanikly. V dnešní době se jedná o přírodně vzácnou oblast, kde je potřeba chránit všechny její hodnoty a přirozený vzhled a ráz. Důležitou rolí správy NP je seznamovat a edukovat společnost o tom, co se v této oblasti nachází a proč je důležité toto území chránit (Chráněná území ČR I. - Ústecko 1999).

2.1.2. Labské údolí

Mohutný Kaňon Labe je dominantou Labských pískovců. Jedná se o území, kde si nejmohutnější česká řeka vyhloubila největší pískovcový kaňon v Evropě. Labe je v tomto úseku obklopeno strmými skalními stěnami, které u Děčína dosahují výšky 60–70 m. Kaňon má délku asi 15 km (Od Pastýřské stěny v Děčíně po Hřensko) a hloubku až 300 m. Díky specifickým geomorfologickým tvarům, jako jsou skalní věže či jeskyně, lze na lokalitě nalézt unikátní rostlinná a živočišná společenství. Právě ohrožená společenství byla podnětem k vyhlášení NPR Kaňon Labe v roce 2010.

Geomorfologie

Z geomorfologického hlediska je území NPR součástí Děčínské vrchoviny. Jedná se o členitou vrchovinu, kde všechny části vyčnívají nad hlubokým kaňonem Labe. Kaňon byl tvořen v průběhu etapovitého zařezávání řeky v pleistocénu (před dvěma miliony let). V důsledku střídání velmi chladných glaciálů s humidními a velmi teplými obdobími interglaciálů došlo společně s tektonickými změnami k zahlubování Labe a vzniku dnešního kaňonu. Řeka se zahloubila skrze křídové sedimenty až na podložní vrstvy lužické žuly a metamorfovaných hornin. Morfologická stavba byla také značně ovlivněna erozí, která postupně denudovala sedimenty, formovala svahy a vyhlazovala povrchy. Hloubková eroze toku intenzivně působila na nově odhalené skalní masivy a způsobovala jejich zvětrávání. Docházelo k postupnému ustupování skalní stěny do masivu a zároveň byly spodní části skalních svahů zakrývány erozními produkty a říčními nánosy. Na modelaci údolí se v posledním století podílela hlavně antropogenní činnost. Jedná se zejména o těžbu kamene, výstavbu a provoz silnic, železnic a cest, úpravy terénu a chemické zvětrávání přípovrchových částí skal způsobené průmyslovými exhalacemi (Balatka, Kalvoda 1995).

Výškový rozdíl mezi řekou a horní hranou kaňonu dosahuje cca 300 m, na saské straně hranice až 500 m. Celý kaňon se skládá z několika vrstev horniny. V nižších částech svahů lze pozorovat měkčí cenomanské pískovce, které jsou náchylnější k erozi a zvětrávání. Naopak ve vyšších částech skalního masivu dominují tvrdší a odolnější kvádrové pískovce z období

spodního a středního turonu. Na německém území se vlivem stálého severního úklonu vrstev nachází cenomanské a spodnoturonské pískovce již pod úrovní řeky Labe, naopak stěny kaňonu jsou utvářeny pískovci středního turonu až coniacu. V morfologii údolí je možné navíc pozorovat řadu vyvýšenin (Pastýřská stěna), propadlin (Zámecký vrch) a tvarů a průběh bočních údolí a roklí. Hlavními pravostrannými přítoky Labe v tomto úseku jsou řeky Suchá Kamenice a Kamenice. Na levé straně Labe se vyskytuje řada zaříznutých soutěsek vázaných na vodní toky jako Čertova voda nebo Klopotský potok, který tvoří hranici se SRN (Vařilová a kol. 2020).

Na české straně Labského kaňonu existuje rozsáhlý komplex rozsedlinových jeskyní, které vznikají působením mohutných sil ve skalním masivu. Strmé skalní stěny se rozpukávají v bloky a ty se rozestupují. Tento pohyb má poté za následek vznik dutin. Tyto dutiny se nazývají rozsedliny a nejčastěji bývají rovnoběžně s údolím. Někdy jich bývá i více paralelně vedle sebe. Příkladem těchto jeskyní je Loupežnická a Pytlácká jeskyně, které patří k nejdelšímu jeskynnímu systému v CHKO Labské pískovce (Vařilová a kol. 2020).

Důležitá dopravní tepna

Kaňon dlouhodobě sloužil jako klíčový průchod mezi Českem a Německem spojující obě země. Labe jako dopravní cesta nabylo na důležitosti v době, kdy ještě neexistovaly kvalitní cesty přes pohraniční pohoří. Historie plavby po řece sahá až do poloviny 11. století. Hřensko představovalo centrum s překladištěm dřeva z horního toku Kamenice. V období 19. a 1. poloviny 20. století byla lodní doprava na Labi nejrušnější. Původně se plavba provozovala samotíží po proudu, přičemž proti proudu byla využívána cesta na levém břehu, kdy lodě byly tažené koňmi. V roce 1874 byl do řeky položen řetěz, který umožňoval plavbu řetězovými parníky od Hamburku po Mělník. Tyto parníky, tahající vlečné čluny proti proudu, tvořily zajímavý obrázek labského údolí až do 30. a 40. let 20. století. V roce 1851 došlo k zahájení provozu železniční trati mezi Děčínem a Drážďanami, což zásadně ovlivnilo fungování této obchodní trasy (Wagula, Fedorowicz 2023). Dnes je lodní nákladní doprava v kaňonu omezena nedostatkem vody a malou plavební hloubkou v létě. Naopak rekreační plavba v kaňonu nabývá na významu, ačkoli je i tak menší než v minulosti. Trasa mezi Děčínem a saskou Pirnou je považována za krajinářsky nejkrásnější úsek toku Labe (Labský Kaňon 2022).

Lezecký ráj

Labské údolí od nepaměti přitahovalo dobrodruhy. Svými scenériemi a lezeckými možnostmi láká ke zdolávání vrcholů pískovcových věží. Kolébkou pískovcového lezení se stalo právě údolí Labe v Sasku. V roce 1864 zde G. Tröger uskutečnil první výstup na Falkenstejn. Průkopníkem horolezení na české straně se stal Carl Beck, který dal jméno věži u Hřenska v oblasti Křídleních stěn – *Beckstein* (ne zcela vhodně dnes nazývaný Pevnost). Větší rozmach horolezení ale začíná až zhruba o 20 let později. V Děčíně vzniká německý klub horolezců, který postupně objevuje celé údolí Labe. První lezci spíše zdolávali vrcholy alpským stylem, tedy kopírovali styl lezení v Alpách s využitím cepínů, žebříků, dřevěných klínů atd. Zásadní obrat nastal po roce 1945. Čeští lezci se zaměřili na maximálně náročné výstupy už s využitím konopných lan, ocelových karabin, smyček a lezeček. V průběhu let se vybavení lezců zdokonalovalo a cesty se stávaly náročnějšími. Vždy se udržela etika a úroveň pískovcového lezení, která má kořeny na Severu Čech (Donátová 2008; Slouka 1980).

2.1.3. Dobývání pískovce

Po století lidé využívali bohatství zdejší krajiny. Dle archivních dokladů na tomto území byl již od 17. století těžen stavební kámen, jak v pískovcích, tak ve vulkanitech. Zajímavou oblastí jsou lokality kolem lužického zlomu, kde docházelo k těžbě vápence, případně jiné vápnité horniny, z nichž se pájilo vápno. Pískovec byl snadno opracovatelný materiál, a tedy vhodný na stavbu nejen objektů a komunikací, ale také k výrobě drobných nástrojů a vybavení hospodářství (např. koryta pro dobytek či mlýnské kameny). Pískovcové kvádry z Labského údolí byly použity na stavbu Děčínského zámku, Tereziánské pevnosti či na dostavbu katedrály sv. Víta na Pražském hradě. Dodnes zůstaly stopy této lidské činnosti v krajině. Je možné narazit na odtěžené plochy velkých i malých lomů, prosekané náhony vodních děl, cesty skrze skalní masivy nebo chlévy a sklípky zahloubené do skal. Bohužel ne po všech lomech nalezneme v krajině tolik čitelných pozůstatků, mnoho viditelných stop bylo totiž vymazáno a pozůstatky lidské činnosti pohltila příroda. Zajímavý příběh „neviditelného“ lomu lze pozorovat například u obce Rynartice. *„Roku 1870 koupil Eduard Vater, hospodář z Rynartic čp. 24, louku na kraji lesa podél cesty na Jetřichovice. Na pozemku stála i patnáct metrů vysoká skála, a tak majitel požádal vrchnost o svolení lámat kámen.... V roce 1884 Vater těžbu ukončil a do stěny vysekal drobný výklenek, v němž umístil dřevěnou sošku Ecce homo. Po dvou letech se rozhodl své dílo zušlechtit. Celý zbytek skály přesekal a vytvaroval do podoby kaple.“* A tak se bývalý lom stal sakrální památkou (Vařilová a kol. 2020).

Způsoby získávání pískovců

K dobývání pískovce se v průběhu let využívalo hned několik metod. Jejich použití záleželo na charakteristikách horniny, způsobu jejího uložení, mocnosti nadloží, místní tradici těžby a dosaženém stupni technologie dobývání (Podroužek 2006).

Nejstarší metodou získávání kamene bylo **zpracování přírodně zřícených bloků a rozebírání sut'ovišť**. Tento způsob těžby probíhal pomocí želízka a mlátka a s využitím plochých klínů. Pískovec byl štípan plochými klíny ve spáře či trhlině. Po rozložení bloku byly od sebe jednotlivé části odděleny a na žádané rozměry upraveny pomocí štípacích klínů s ostrými břity. Tato metoda byla sice pohodlná, ale jelikož se jednalo o neřízený pád skalní masy, docházelo uvnitř bloku k vytvoření prasklin. Kameny získané touto cestou tedy měly pravidelné tvary pouze výjimečně. Nejčastěji se využívaly na opravu cest.

Ve snaze eliminovat nedostatky neřízeného řízení byl kámen získáván **srážením menších bloků** či **podrubou celých stěn**. Princip obou těžeb byl totožný. Úpatí stěny bylo poddolováno, aby se vytvořil umělý převis (komora), vedený až k nejbližší vertikální spáře. Podruba byla podložena dřevěnými či kamennými vzpěrami. Ve zvolené výšce lámaného kamene byla vytvořena horizontální drážka. V ní pak byly již známým způsobem vysekány kapsy na klíny a postupným přitloukáním klínů docházelo k oddělení bloku horniny. S nástupem střelného prachu v 19. století byly bloky **sráženy náloží**. Výhodou této metody byla vysoká produktivita a možnost pracovat i v zimě mimo hlavní sezónu. Bylo zde ovšem velké nebezpečí předčasného zřícení celé stěny, z toho důvodu byl tento způsob těžby právem značně finančně ohodnocen.

Další a nejnehospodárnější metodou těžby pískovce bylo rozebírání skalního bloku od nadloží pomocí tzv. **lavicování**. Skalní blok se rozebíral shora od temene. Nejdříve se motykou odhalilo temeno a dvě strany skalního bloku. Poté se na odhalené strany vyznačila výška kvádrů a horizont, ve kterém budou umístěny štípací klíny. Následně se vysekal špičákem po zbývajících dvou stranách obvodu skály žlábek široký asi 20 cm, který pokračoval o několik centimetrů níže pod vyznačený horizont. Na vyznačeném horizontu se z vnějších stran bloku založily do vysekaných kapes známým způsobem klíny a jejich opakovaným přitloukáním se lavice oddělila od mateřské horniny. Oddělená lavice se štípała klíny vertikálně na jednotlivé kamenné kvádry (Vařilová a kol. 2020; Podroužek 2006). Lavicování je patrné spíše v menších lomech, kde si místní obyvatelé lámali menší množství kamene pro vlastní potřebu (Belisová a kol. 2023).

Podobný postup vylamování skalních bloků představovalo **šramování**, které sloužilo k vylamování velkých bloků kamene. Název postupu je odvozen z německého *die Schramme* – rýha, šrám. Na odtržení se využívaly nejlépe přírodní pukliny v horizontálním směru, do kterých byly zaráženy klíny, pomocí nichž došlo k odtržení velkého bloku skály od masivu. Opakovaným odlamováním shora postupně klesal povrch lomu k jeho dnu. Pracovní plošina byla původně neobvykle vysoká, a proto skalníci museli pracovat uvázaní na lanech (Belisová a kol. 2023).

Jiným způsobem dobývání, jehož stopy lze v krajině pozorovat, je **těžba písku**. Písek se těžil jak povrchově, tak i hlubinně. Tyto hlubinné pískovny se staly zajímavou turistickou atrakcí. Největší pískovna s názvem *Sandloch* v Ludvíkovicích byla i označena jako turistický cíl v průvodci (obr. 2). Bohužel v důsledku vysokého nebezpečí závalu v pískovnách postupně docházelo k jejich uzavírání. V dnešní době jedinou přístupnou hlubinnou pískovnou v Českém Švýcarsku je tzv. Riedelova jeskyně u Dolního Prysku (Vařilová a kol. 2020).



**Obr.2: Podzemní pískovna *Sandloch* v Ludvíkovicích
Zdroj: Vařilová a kol. (2023)**

Stopy na skalních stěnách

Různé typy odlamování kamene za sebou zanechaly odlišné pozůstatky v terénu. Jednotlivé nástroje, které byly při těžbě kamene využívány, měly charakteristický tvar, který se „otiskl“ do kamene. Nyní lze na skalních masivech najít drobné stopy po použití těchto nástrojů.

Po využívání klínů, které byly při rozebírání pískovce natloukány do puklin či připravených žlábků (šrámů), se dochovaly stopy v podobě lůžek (kapes) pro klíny. Pozůstatky tohoto způsobu trhání lze pozorovat například v Rynarticích nad kaplí Ecce Homo (viz obr. 3) nebo pod Sněžníkem.



Obr. 3: Rozmístění kapslí pro klíny připravených pro vylomení polotovaru velkého kvádrů v Rynarticích

Zdroj: Vařilová a kol. (2023)

Další stopy lze nalézt po šramování. A právě šrám zůstal po odlučování tímto způsobem na skalním masivu (obr. 4). Stejně stopy zanechalo i lavicování, které fungovalo hodně podobným způsobem. Skalní masiv bylo potřeba po odloučení začistit pomocí špic. Ty po sobě zanechaly husté jednosměrné záseky ve více vodorovných řadách za sebou. Špice se také využívaly při opracování kamene, v tom případě vznikly dlouhé souběžné vrypy.



Obr. 4: Detail šrámu v lomu *Elbtalstrassebruch*

Zdroj: Vařilová a kol. (2023)

Pískovec se také rozpojoval pomocí exploze výbušninami, jak bylo již zmíněno výše. Pro explozi se využíval střelný prach a dynamit. Střelný prach má tu výhodu, že trhá skalní masu po puklinách, takže nedojde k roztříštění bloku, ale k jeho „odsunutí“ po puklině. Dynamit byl využíván právě v případech, kdy bylo potřeba kámen rozštílet na menší úlomky již na místě. Po tomto způsobu dobývání zůstaly na čelních stranách lomových stěn důlky po explozi. Dynamit na rozdíl od střelného prachu zanechá na stěně tzv. pavouka trhlin (obr. 7).

Na mnohých lokalitách je jednoduché se setkat s rytinami na lomových stěnách. Jen ojedinele se jedná o letopočet ukončení těžby. Rytiny také někdy identifikují posledního lamače (nápisem jsou jeho iniciály). Plochy byly ovšem často využity i pro znázornění jiných údajů, jako například pro hraniční značení či soukromé upomínky. Veškerá tato data mohou být nápomocna při rozlišení stáří jednotlivých lomů v případech, kdy se o nich nedochovaly žádné archivní zprávy.

Dochované zázemí lomů

Lomové areály se v době svého užívání neobešly bez řady staveb a komunikací. Většina budov však byla provizorní. Využívaly se pouze dřevěné konstrukce či převisy, které po svém zániku zanechaly v území jen nepatrné stopy.

Základní potřebou lomu byly komunikace, které umožňovaly přístup do lomu, pohyb v něm a odvoz vytěžené suroviny, prefabrikátu či hotového výrobku. V lomech fungovala celá **sít' pěšin**, které propojovaly lom se vsí či místní komunikací. Sloužily pro každodenní cestu lamačů do práce. Ve strmých úsecích pěšin byla také vybudována **schodiště s kamennými stupni**. Důležitou součástí byly dlážděné cesty, které propojovaly komunikace s **nákladištěm** (plošina na okraji lomu pro překládání horniny, prefabrikátu či hotového výrobku). Tyto cesty byly zpevněny úzkými podezdívkami. Nákladiště se zpravidla vyskytovalo na konci **skluzu, rampy nebo smyku**, který sloužil pro transport produktů na místo, odkud je bylo možné dále odvézt.

Pro uschování náradí a zásob v areálu lomu sloužily **sklípky**. Tyto sklípky se vyskytovaly zpravidla v blízkosti pracovního prostoru. Naopak sklípky pro skladování výbušnin se budovaly stranou od těžby; tyto sklípky byly zděné či zahloubené do země a uzamykatelné. **Útulny**, v nichž se lamači mohli skrýt před nepříznivým počasím či přirozeným řícením skalního bloku, byly rovněž lokalizovány dále od těžby. Při stavbě útulen byly často využívány převisy, trhliny, či již zřícené balvany (obr. 5). Ve velkých lomech s dlouhodobým provozem mělo smysl zřídit **provizorní kovárnu**. Sloužila především ke kalení a ostření břitů pracovního

nářadí. Tyto kovárny se často opíraly o skalní stěnu a byly na uzlech komunikací v areálu lomu. Dnes jejich existenci v lomu dokazují právě otisky střechy a komínu na lomové stěně, případně zarovnaná plošina se základy. Například v lomu *Commite Steinbruch* byly nalezeny kovadlinové kameny či pozůstatky koryta na vodu (obr. 6).



Obr. 5: Útulna lamačů pod převisem v lomu *Commite Steinbruch*
Zdroj: Vlastní fotografie



Obr. 6: Pozůstatky po polní kovárně v lomu *Commite Steinbruch* kovadlinový kámen (vlevo), koryta na vodu (vpravo)
Zdroj: Vařilová a kol. (2023)

Lomy v Kaňonu Labe

V Labském údolí se vyskytovaly nejstarší a zároveň nejvýznamnější lomy. První zmínky o lámání kamene v této lokalitě pochází již z roku 1557. Strmé a vysoké skalní masivy byly

ideální pro rozsáhlé lámání kamene. Labský kámen byl vyhledáván především díky své pevnosti. Byl upřednostňován při stavbě vodních děl či příkopů pro medvědy na děčínském zámku v roce 1719. Pískovec z lomu v Labském kaňonu odedávna představoval zdroj bohatství pro majitele panství. Díky blízkosti vodního toku bylo možné s kamenem obchodovat i na relativně velké vzdálenosti. Mezi nejvýznamnější stavby, kde byl využit pískovec z Labského kaňonu, musíme vyzdvihnout železniční trať Praha-Drážďany, Tereziňskou pevnost nebo dostavbu chrámu sv. Víta, jak bylo již zmíněno výše (Vařilová a kol. 2020).

Mezi nejvýznamnější lomy v údolí Labe patřil jistě lom na západním výběžku masivu Kvádrberku u Děčína. Sloužil především jako zdroj kamene při stavbě města v 18. století. Byl využit na portál pro Labskou věž nebo na výstavbu řetězového mostu v Děčíně přes Labe. Další významný lom se nacházel pod Belvederem, tam se lámal kámen při budování silnice ještě v letech 1940–1942. V rozsáhlém areálu se zachovaly zajímavé relikty různých staveb, například dvou sklípků, základů chaty i polní kovárny. Kámen pro stavbu pevnosti Tereziň v letech 1781–1787 nebo na dostavbu chrámu sv. Víta v Praze (uzavření smlouvy v roce 1870) byl těžen v lomovém areálu *Golden Ranzen*. Tento lomový areál tvořily tři lomy a pět dobývek, které se rozkládaly na pravém břehu labského území od Suché Kamenice na JV. Jednalo se o lom stěnový s patrným uvolňováním skalních bloků k těžbě řícením. K ukončení těžby v areálu došlo v roce 1888, ovšem již v tomto roce na areál z jihu plynule navazoval lomový areál *Commite Steinbruch* (Vařilová a kol. 2020).

2.1.4. Lomový areál Commite Steinbruch

Lomový areál *Commite Steinbruch* je situován na bývalé parcele 16/1 a 28 v Dolním Žlebu a parcele 243 na Labské Stráni. Nyní se jedná o oblast na hranici katastrálního území Hřenska a Labské Stráně. V literatuře můžeme tento lom najít pod různými názvy. V knize *Geologie (2020)* se lom vyskytuje pod názvem *Comitte Steinbruch* ovšem v rámci projektu „*Databáze starých lomů a dobývek na území NP České Švýcarsko a CHKO Labské pískovce*“ se hned v několika podkladových dokumentech mluví o *Steinbruch Commite* (též *Komitee – Steinbruch*).

Lokalita byla významná pro lámání kvalitního a pevného pískovce. Pískovcové bloky z této lokality navíc obsahovaly příměs železa a byly tudíž téměř nenasákavé a ideální pro stavbu vodních staveb či haltýře (drobná stavba nad pramenem či potokem, která sloužila k chlazení potravin). V lokalitě lze identifikovat dva lomy s pěti dobývkami. Jednalo se o trojetážní stěnový lom, kde se lámalo převážně podrubou, odstřelem či rozebíráním řícených

balvanů. Jelikož se jednalo o jeden z největších lomových areálů v kaňonu Labe, existuje v terénu celá řada reliktů. Tyto pozůstatky jsou dnes v krajině poměrně nenápadné a dochází k jejich postupnému pohlcování přírodou.

Historie lomu je spojena se založením obchodní společnosti *Steinbruch Commite* v roce 1869, ovšem zcela jistě v tomto roce těžba ještě neprobíhala. Až v roce 1872 se objevuje svolení OU Děčín o možnosti lámání kamene pro společnost *Steinbruch Commite*. V lomu byly lámány hlavně velké stavební kameny a kvádry za použití klínů a sochorů. Vznik lomu výrazně ovlivnil život v obci Labská Stráň, která byla relativně izolovaná a trpěla nedostatkem pracovních příležitostí. V letech 1870–1880 lom umožňoval vydělat si na živobytí až třiceti dělníkům z Labské Stráně. Těžba nejdříve probíhala na vrchnostenských pozemcích, v listopadu 1895 obec Labská Stráň požádala o možnost pronajmout obecní lom, který již mnoho let vlastnila nad *Commite Steinbruch*, tehdejšími provozovateli lomu *Winklerovi* a *Bodechtrlovi*. Obci by to umožnilo splatit dluhy za stavbu obecní školy a také by část mužů z obce získala práci. Vrchnost ovšem tuto žádost zamítla. Těžba v lomech na katastru Dolní Žleb pokračovala a dále se rozšiřovala. Na přelomu 19. a 20. století byl lom pravděpodobně uzavřen. V roce 1906 se *Ernest Bodechtel* pokusil lom znovu otevřít. V té době otevření lomu již předcházela celá řada jednání a šetření přímo v lokalitě. Provoz mu byl nakonec schválen, ale již koncem roku 1914 v důsledku nedostatku pracovní síly a začátku války byl lom opuštěn. Další pokusy o znovuoobnovení těžby v této lomové lokalitě proběhly v roce 1939. Společně s žádostí bylo nutné změřit hranice a vypracovat podrobný plán lomu. *Martha Itze* dostal předběžné povolení na vylámaní bloků, které mu bylo později téhož roku zrušeno z důvodu ochrany přírody. Od tohoto posledního pokusu zůstal areál opuštěn a podléhal přírodním procesům. Z dob provozu se ovšem až do současnosti zachovalo velké množství infrastruktury (Belisová 2023).

Jedná se o trojetážní lomový areál, ve kterém byly identifikovány dva lomy (*Commitebruch 1*, *Commitebruch 2*) a pět dobývek. *Commitebruch 2* se nachází přibližně 800 m severně od hostince Belveder v Labské stráni. S postupným rozšiřováním těžby se nejpozději roku 1899 propojil s lomem *Commitebruch 1*. Z Labské Stráně vedla pěší komunikace nad horní hranu lomové stěny lomu *Commitebruch 2*, kde se nacházela útulna pro lamače s lednicí na potraviny a obecní lom. Sestup do areálu zajišťovalo schodiště. Ve třetí terase s nejvýraznějšími skalními stěnami docházelo k odlamování velkých bloků pomocí odstřelu, podruby či rozebírání po puklinách. Na stěnách jsou stále patrné pozůstatky různých metod těžby (viz obr. 7). Součástí byla také polní kovárna, po které zbyl fundament pro ukotvení kovářiny se stopami broušení nástrojů. Postupem času bylo potřeba vybudovat z třetí etáže přibližovací skluz

s nákladištěm ve druhé etáži, který zajišťoval dopravu natěženého materiálu k již dříve vybudovanému dlouhému skluzu, který směřuje po spádnicí z druhé etáže až na lodní překladiště u Labe. Skluz byl pravděpodobně po roce 1904 navíc opatřen kolejnicemi. Ve vrchní části areálu se dochovalo velké množství odpadního materiálu po opracování velkých kvádrů, který bylo možné nechávat volně na svahu. Taktéž se dochovala řada kamenných zdí na zachycení řícených balvanů, které měly chránit před zraněním či pádem kamene až na níže položené komunikace (včetně Labe), což by způsobilo velké potíže v dopravě. V areálu byla vybudována síť pěších stezek s kamennými schodišti, které sloužily pro pohyb lamačů mezi jednotlivými terasami, které byly vždy zpevněny opěrnými zdmi. Pozůstatky schodiště z druhého patra vedou na nižší zpevněnou terasu, kde byl vybudován sklípek na skladování střelného prachu (obr. 8). Takovýto druh sklípku se musel nacházet ve větší vzdálenosti od skalních stěn a pravděpodobně byl opatřen dvojími dvířky. Na téže terase se dochovala druhá útulna pro lamače s lednicí na potraviny a dlouhé pískovcové sokly. Pískovcové sokly pravděpodobně ohraničují dříve zpevněnou cestu, která mohla sloužit k přepravě bludně rozebíraných balvanů ze svahu na skluz. Právě druhá a první etáž lomu již není vybavena vysokými pískovcovými stěnami a docházelo zde k těžbě pískovcových balvanů ze svahu. Schodiště dále pokračují směrem k Labi, kde lze narazit na pozůstatky hned dvou nákladišť pro shromažďování a následnou přepravu odtěženého materiálu po zpevněných terasách na skluz. Výše položené nákladiště je navíc opatřeno zachycovacím valem, který měl zabránit volnému pádu kvádrů, taktéž jako řada zděných zachytávacích zdí, které se v lomu uchovaly. V této spodní části lomu se našly pozůstatky polní kovárny s druhým fundamentem pro ukotvení kovadliny a kalícím žlabem na vodu. Vybavení areálu ve větší blízkosti Labe ve svahu ovšem pravděpodobně vzniklo ještě před založením společnosti *Commite Steinbruch* a jedná se tedy s největší pravděpodobností o pozůstatky prvotního rozebírání bludných balvanů ze svahu. Pod lomem, cca 70 m od Labe a 130 m od lomu, dříve vedla oblíbená promenádní cesta, která v místech smyku byla přemostěna dřevěnou lávkou. Dnes ve stejných místech vede zelená turistická cesta.

Celá lokalita se nyní nachází v NPR Kaňon Labe, která byla vyhlášena v roce 2010. Ve spodní části lomového areálu proběhla výsadba smrkových lesů a ve zbytku areálu již probíhá spontánní sukcese. Lomu je v nynější době značně zalesněn, i přesto ale při průchodu touto lokalitou lze nalézt velké množství reliktnů a udělat si lepší obrázek o tom, jak Labské údolí v době fungování lomů mohlo vypadat.



Obr. 8: sklípek na trhaviny v lomu *Commite Steinbruch*

Zdroj: vlastní fotografie

2.2. Topografické mapování

Pískovcové skalní stěny, ať už přírodní, či lomové, představují výrazný prvek v terénu a zaslouží si být podrobně zmapovány a vizualizovány v mapách. Ovšem tyto objekty mají zpravidla větší rozdíl ve vertikálním směru než v horizontálním, tedy půdorys skály je menší než výška skály. Mapování těchto objektů bylo a je proto velice obtížným úkolem (Nguyen a kol. 2022; Lysák 2016). Pískovcové skály jsou „neobvyklým“ prvkem v krajině, navíc tvoří určitou bariéru a terén tvoří často velice nepřístupným. Podrobné geodetické zaměření pro takovéto území většího rozsahu tedy nemá úplně smysl vzhledem k jeho časové náročnosti a ceně. Další obtíží při mapování pískovcové krajiny je vegetace, kterou je pokryta značná část skal, to snižuje kvalitu dat získaných s využitím letecké fotogrammetrie (Lysák 2016). Lomové oblasti jsou ale přeci jiné! Většinou se jedná o oblasti s odhalenou skalní stěnou a dobrým přístupem. To ovšem platí pro lomy aktivní, ale staré lomové lokality už pohltila příroda. Mapování těchto oblastí přináší tedy podobná úskalí jako mapování pískovcové krajiny.

Metody topografického mapování pro zjištění 3D souřadnic podrobných bodů objektu je možné dle Pavelky (2006) rozdělit do následujících technologií:

- digitální fotogrammetrie (letecká, pozemní, družicová),
- 3D skenování (letecké, pozemní),
- radarová interferometrie (letecká, družicová),
- geodetické metody (pozemní měření),
- GNSS.

Tyto metody představují zásadní zdroj dat pro topografické mapování, jejich jednotlivá využití se ovšem pro staré lomové oblasti značně liší. Pro velkoměřítkové topografické mapování jsou potřeba dostatečně podrobná a přesná data. Zároveň je nutné volit metodu, která si umí poradit s členitým terénem a velkou mírou zalesnění. V následujících kapitolách jsou popsány metody využití při získání dat pro praktickou část této bakalářské práce.

2.2.1. Laserové skenování

Laserové skenování je také známé pod názvem LiDAR, který je odvozen od anglického akronymu *Light Detection and Ranging*. Jedná se o technologii DPZ, která využívá laserový paprsek (s vlnovou délkou v rozmezí viditelného a blízké infračerveného spektra) k detekci objektů a k měření vzdáleností a vytváří tak 3D bodové mračno (Dolanský 2004). Hlavní výhodou LiDARu je možnost nahlédnout pod vegetaci, což jiné metody DPZ nedokáží. Díky této vlastnosti se pravděpodobně jedná o nejefektivnější nástroj pro mapování členitého zalesněného terénu, mimo jiné tedy starých lomových oblastí a pískovcových skal (Pavelka, 2006). LiDAR je schopen měřit velké množství bodů s vysokou frekvencí a přesností, avšak jeho účinnost může být ovlivněna nižší přesností, zejména při zachycování velkých detailů, což může vést k nesouvislosti mezi určitými prvky a objekty. Tato technologie však zůstává relativně nedostupná pro běžné uživatele kvůli vysokým nákladům. Kromě toho vyžaduje zpracování rozsáhlých datových souborů pomocí profesionálního softwaru, což obvykle znamená další náklady. Nicméně v poslední době dochází k rychlému rozvoji tzv. open-source softwarů, které poskytují efektivní nástroje pro manipulaci s moderními daty, včetně technologie LiDAR a fotogrammetrie.

Laserové skenery mohou být používány buď jako pohyblivé se na letadlech, nebo bezpilotních letounech (UAV), pohyblivé se po povrchu země (na vozidle), nebo v režimu stacionárním, kdy probíhá měření z jednoho místa na zemi (Pavelka 2006; Mastrorocco, Salvini,

Vanneschi 2018). Jelikož praktická část této práce využívá data, která byla získána pomocí leteckého laserového skenování (dále jen LLS), budou se následující kapitoly soustředit právě na tuto technologii.

Její základem je GNSS s INS (navigační systém) a laserová a skenerová jednotka. Laserem je vysíláno záření, které se odráží od objektů zemského povrchu a terénu. Toto záření je následně měřeno skenerem, který rozpoznává vzdálenost mezi objektem na povrchu země a nosičem. Aby bylo možné určit přesnou polohu objektu, je na letounu umístěn GNSS přijímač s inerciálním navigačním systémem (IMU). IMU sleduje zrychlení a úhlovou rychlost během skenování pro určení orientace skeneru. GNSS přijímač pak měří průběžnou polohu nosiče. Synchronizací naměřeného času s údaji z GNSS a IMU lze získat informace o přesném umístění odrazu v souřadnicovém systému (Dolanský 2004; Lysák 2016).

Laserový paprsek se ještě před odrazem od samotného terénu postupně odráží od mnoha objektů, které se na zemském povrchu nachází (například koruny stromů, elektrická vedení, střechy a budovy). Detekční zařízení jsou schopna analyzovat pořadí jednotlivých odrazů v rámci jednoho paprsku. Pokud dojde k více než jednomu odrazu, informace o objektu na povrch jsou získány z prvního odrazu, zatímco informace o samotném terénu jsou získány z posledního odrazu. Nejnovější technologie dokážou tedy získat nejen informace o poloze a o pořadí odrazu, ale ještě navíc doplní data o intenzitu (amplitudu) odraženého paprsku, která závisí na vlastnostech povrchu. Pokud systém dokáže zachytit celý průběh navraceného signálu v čase, výsledkem jsou tzv. *full-waveform* data (Lysák 2016).

Výsledkem měření laserového skeneru je tzv. mračno bodů. Jedná se o nezpracovaná data, která obsahují velké množství podrobných bodů. V datech se také vyskytují chyby či šum, který je způsoben například náhodnými odrazy (Pavelka 2006). Tato data je potřeba zpracovat. Podle Dolanského (2004) se zpracování rozděluje do dvou metod: filtraci a klasifikaci. Filtraci využíváme k identifikaci bodů, které představují odrazy od terénu a které nikoli. Mezi takové objekty mohou patřit například stromy, střechy domů či dráty vysokého napětí (Dolanský 2004). Běžně se pro filtraci využívá celá řada algoritmů (Axelsson 2000), které ovšem nebývají úspěšné v oblastech strmých skalních stěn (pískovcová krajina, lomové oblasti). Podle nastavení parametrů buď dochází k odfiltrování veškeré vegetace i se skalní stěnou, nebo sice dojde k zachování skalních útvarů, ale společně s nimi v datech zůstane velké množství odrazů od vegetace (Tomková 2018). Uspokojivější výsledek může přinést filtrace manuální. Pro člověka je lehké identifikovat body terénu a objekty na terénu na základě kontextu okolí. Ruční filtrace je ovšem velice časově náročná a se snižující se hustotou bodů klesá také spolehlivost správného

zařazení bodu. Je tedy nezbytné hledat automatizované postupy, které zajistí přesnou a efektivní editaci těchto dat (Dolanský 2004). Lysák (2016) popisuje pět metod automatické filtrace, které můžou pomoci vyřešit nedostatky s filtrací skalních měst. U filtrace se bod zařazuje do kategorií terén a mimo terén. Proces klasifikace bodového mračka umožňuje zařazení bodů podle druhu objektu do více kategorií. Mezi nepoužívanější kategorie patří například terén, budova, vegetace nízká, vegetace vysoká, voda atd. Bodové mračno po filtraci, resp. klasifikaci, lze následně využít k získání topografických informací a odvozovat další produkty (Tomková 2018; Dolanský 2004).

Hlavním odvozeným produktem z dat LLS je obvykle digitální model reliéfu (DMR) a také digitální model terénu (DMT), který je odvozen z anglického *Digital Terrain Model*. Jedná se o reprezentaci terénu bez objektů. Obvykle vzniká z posledních odrazů. Objekty, které se vyskytují na zemském povrchu, jsou zahrnuty v digitálním modelu povrchu (DMP, anglicky *digital surface model* – DSM). Terén je často znázorňován jako tzv. 2,5D model, kdy pracujeme s 2D geometrií ve 3D prostoru. Znamená to, že každý bod o souřadnicích (X, Y) má přiřazenou pouze jednu výšku Z (Brůha 2016). Toto zjednodušení je v běžných situacích naprosto přijatelné, ovšem v písčité krajině přináší nedostatky. Model není schopen reprezentovat skalní útvary jako kolmé skalní stěny, převisy nebo jeskyně (Lysák 2016).

Existují dva základní typy DMR, a to nepravidelný a pravidelný. Nepravidelná struktura je reprezentována v podobě TIN (z anglického *Triangulated Irregular Network*). Jedná se o trojúhelníkovou síť, kde vrcholy trojúhelníků tvoří body LLS a mezi nimi jsou lineární plochy. Na konstrukci TIN bývá nejčastěji využívána tzv. Delaunayova triangulace, která optimalizuje tvary trojúhelníku tak, aby byly co nejrovnostřednější (Lysák 2016). Obecně lze říct, že TIN reprezentuje členitý povrch lépe než DMR s pravidelnou strukturou, a také se vyznačuje menší datovou náročností. Ovšem nevýhodou je složitější provádění dalších analýz, proto se častěji používají modely rastrové (Miklín a kol. 2018).

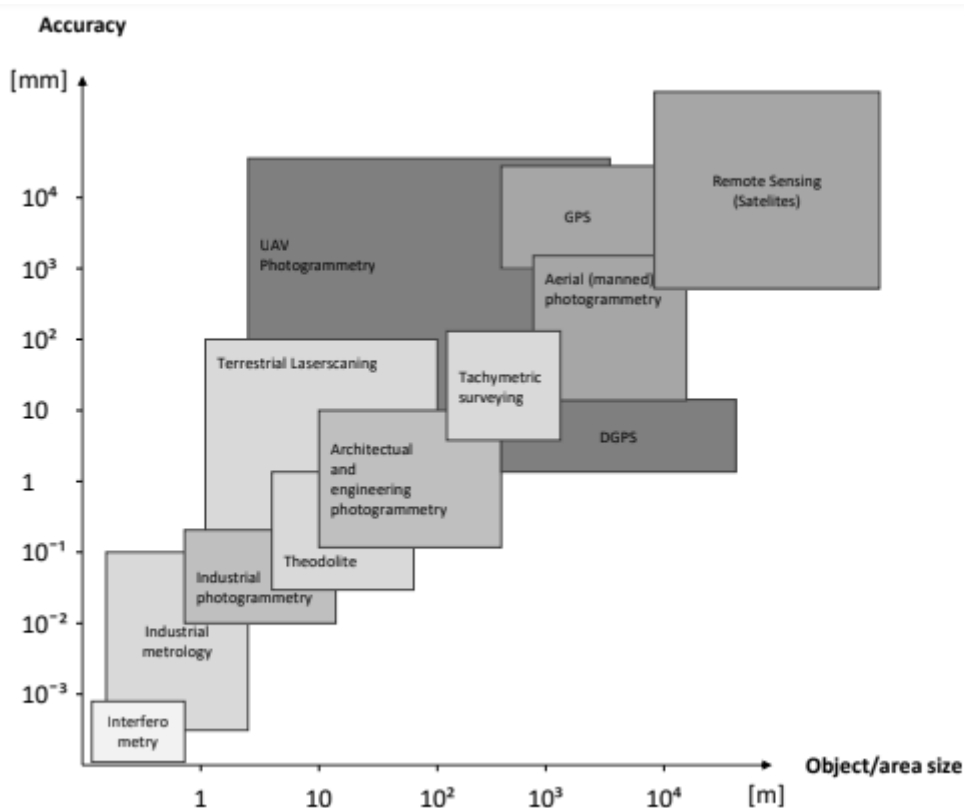
Reprezentace DMR v podobě pravidelné struktury se označuje jako rastr, nebo též grid. Tyto názvy se používají jako synonymum, jelikož jsou prakticky stejné, jen s nepatrným rozdílem. Nejčastěji se za pravidelnou strukturu volí čtverec. U rastru výška Z čtverce (pixelu) odpovídá průměrné hodnotě v celé ploše, zatímco u gridu se výška vztahuje k jeho středovému bodu (Lysák 2016). Klíčovým parametrem je rozlišení gridu, tedy velikosti buňky, která je dána velikostí pixelu tvořící daný rastr (Miklín a kol. 2018). Obecně lze říct, že čím je rozlišení větší (tedy velikost pixelu menší), tím podrobnější model získáme. Lysák (2016) doporučuje, aby do každého pixelu patřil alespoň jeden bod z dat LLS. Při nižším rozlišení dochází ke ztrátě

detailu a tedy i k degradaci modelu terénu. Ve členitém území se totiž jedná o ztrátu důležitých terénních informací, jako je vyhlazení kolmé skalní stěny nebo odstranění skalní věže. Ve srovnání s TIN je rastrový model DMR snáze použitelný pro další analýzy.

2.2.2. Fotogrammetrie

Wolf, Dewitt, Wilkinson (2014) popisují fotogrammetrii jako umění, vědu a technologii pro získávání spolehlivých informací o fyzických objektech a životním prostředí prostřednictvím procesů zaznamenávání, měření a interpretace snímků a modelů zaznamenané elektromagnetické energie a dalších jevů. Fotogrammetrie je téměř tak stará jako samotná fotografie. Název pochází z řeckého jazyka: *fotos* (světlo), *gama* (písmo) a *metro* (měřit). Zjednodušeně se tedy jedná o přesné měření trojrozměrných objektů a terénních prvků z dvourozměrných fotografií (Pavelka 2003).

Pavelka (2006) dělí fotogrammetrii na leteckou, podzemní a družicovou. Technický pokrok a rozvoj bezpilotního systému UAV umožnil vznik relativně nové technologie UAV fotogrammetrie. Tato metoda umožňuje rychlý sběr kvalitních dat a přinesla úplně nový pohled na vědecké poznání. Pomocí UAV lze mapovat nepřístupné, případně vysoce rizikové, oblasti bez ohrožení lidského života. Za vysoké oblačnosti či za ne zcela příznivého počasí jsou UAV stále schopné letu pod mraky, a tak představují jedinou možnost sběru dat v horším počasí. Mezi hlavní výhody také patří nízké náklady na provoz. Tyto náklady jsou odlišné na základě použitého kamerového systému, rozsahu území atd. Mezi hlavní omezení Eisenbeiss (2009) zařazuje možnost zatížení bezpilotních prostředků. V důsledku malé hmotnosti a rozměrů je nutné vybírat senzory s nízkou hmotností a fotoaparáty malého formátu. Toto vybavení má pak za následky nižší stabilitu a menší kvalitu obrazu. I přes řadu nedostatků je v nynější době UAV jedním z nejpoužívanějších a nejefektivnějších nástrojů pro mapování terénu a objektů. Na obr. 9 lze vidět různé měřicí techniky ve vztahu k velikosti území ku požadované přesnosti měření.



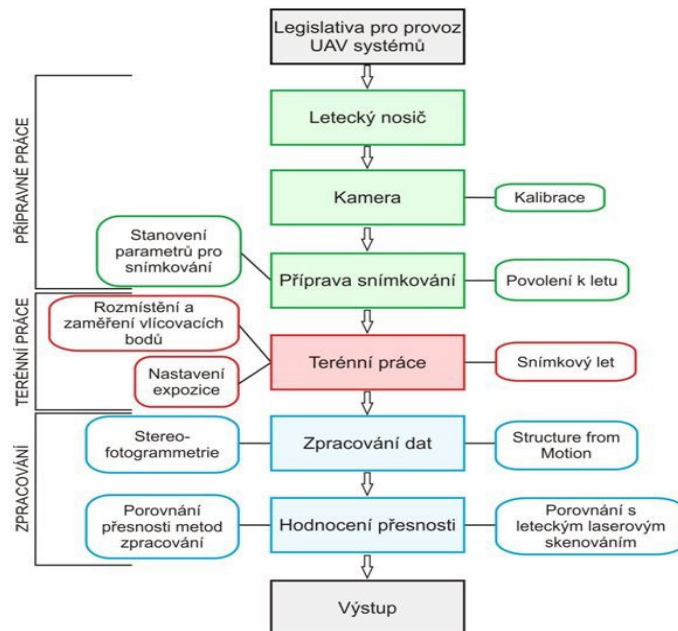
Obr. 9: Přesnost metod měření ve vztahu k velikosti objektu/plochy

Zdroj: vlastní, upraveno podle obr. 1-2 v Eisenbeiss (2009)

Technologie UAV fotogrammetrie se skládá ze dvou základních jednotek: leteckého nosiče a kamery. Letecký nosič je prostředek, který nese snímací kameru a další měřicí vybavení (Mířijovský 2013). Kvůli nedostatečné stabilizaci UAV, je nezbytná implementace systému GNSS/INS, který umožňuje přesnější lety a výsledné produkty (Eisenbeiss 2009). Kamera, která je nesená nosičem, je klíčovým nástrojem, který slouží ke sběru dat a tvorbě digitální reprezentace krajiny, objektu. Pro UAV fotogrammetrii lze využít hned několik kamer. Kamery malého formátu se obvykle využívají pro získávání barevných snímků (klasických fotografií) s využitím RGB filtrů nebo infračervených filtrů pro snímky v nepravých barvách. Dále existují kamery i nosiče středního formátu a velkého formátu. Velkoformátové kamery jsou využívány pro tradiční velkoplošné snímkování a mapování (Lumenera Solution sheet 2007).

Sběr a zpracování UAV fotogrammetrických dat

Aplikaci této metody UAV fotogrammetrie předchází několik kroků. Na Obr. 10 je zachycen celý koncept získávání fotogrammetrických dat s využitím UAV systému.



Obr. 10: Základní koncept nasazení UAV systému

Zdroj: Miřijovský (2013)

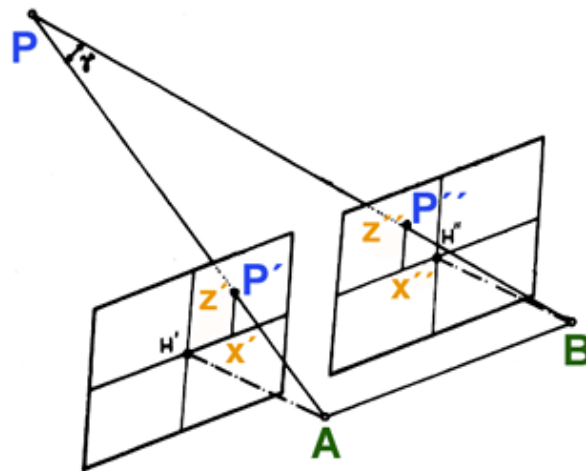
Přípravná práce, která je na obr. 10 zobrazena zeleně, zahrnuje práci s leteckým nosičem a kalibraci kamery, případně dronu samotného. Kalibrace je velice důležitým krokem. Je rozlišována dvojí kalibrace. První se kalibruje samotný dron (jednotky IMU), aby došlo ke spolehlivé orientaci v prostoru. Druhá kalibrace se provádí na samotné kameře pro určení vlastností fotografického přístroje. Je nutné určit dva prvky, a to vnitřní orientaci (PVO) a vnější orientaci. PVO zaznamenává podle Pavelky (2003) polohu hlavního snímacího bodu, konstantu kamery a radiální distorzi objektivu. Prvky vnější orientace je následně poloha a natočení snímku vůči souřadnicovému systému. Po kalibraci přichází poslední přípravná práce, a to příprava snímkování. V této fázi se určují parametry letové mise, jako je překrytí snímků, výška letu či interval snímkování na základě plánovaného výstupu. V posledních letech se prakticky užívá již pouze automatické mise, se kterou lze dosáhnout spolehlivějšího sběru dat. Data jsou sbírána rychleji, přesněji a s minimálním rizikem. Překrytí snímků je důležitým parametrem pro získání kvalitních dat. Určujeme překrytí ve směru letu (z angl. *front overlap*) a příčné překrytí (z angl. *side overlap*), viz obr. 9 (Eisenbeiss 2009). Podle manuálu Pix4 (2017) by překrytí mělo být alespoň 70 % ve směru letu a 60 % pro příčný překryv. Eisenbeiss (2009) ve svém výzkumu snímkoval

ovšem se 75 % překrytím v obou směrech. Pro správný sběr dat je také klíčová rychlost letu. Společně s překrytím se určí přesný interval snímkování, tedy čas mezi pořízením jednotlivých snímků.

Třetí fází, která je na obr. 10 vyznačena červeně, jsou terénní práce. Do té patří rozmístění vlíčovacích bodů (dále jen VLB) a samotný let. Nutnost VLB podle Bosaka (2011) je způsobena nestabilním a ne zcela přesným GNSS a IMU systémem na nosiči, který vlivem konstantního vertikálního zrychlení vykazuje značné odchylky. VLB slouží k eliminaci odchylek a georeferenci. Správné nastavení expozice je zásadní při eliminaci problémů při zpracování dat. Názory na minimální počet VLB se liší, podle Miřijovského (2013) je potřeba využít minimálně tři VLB, ale v manuálu Pix 4D (2017) je doporučeno alespoň pět. Důležitým faktem je, že tyto VLB by hlavně měly být dobře identifikovatelné, viditelné a v kontrastu s pozadím.

Po terénní práci je potřeba zpracování dat (na obr. 10 zobrazeno modře). Zpracování dat se dělí na tři metody: stereofotogrammetrii, průsekovou a *Structure from Motion* (SfM). Stereofotogrammetrické zpracování dat je klasickou metodou, která pracuje na stejném principu jako lidský zrak. Základem tzv. stereoskopického jevu je konvergence očních os a akomodace očních čoček. Pravé a levé oko vnímají odlišně obrazy, jež jsou následně v mozku spojeny do jednoho přirozeného prostorového dojmu (Pavelka 2023). Základem průsekové fotogrammetrická metoda je pořízení více snímků kolem celého objektu. Dochází ke zjištění geometrických vlastností snímaných objektů a vyhodnocení prostorových souřadnic na základě překryvu dvou a více snímků. Prostorové souřadnice bodů předmětu jsou určeny vzájemnou konvergencí os záběru (Pavelka 2003). *Structure from Motion* (SfM) doslova vychází ze svého překladu „struktura z pohybu“. Inspirací je totiž vlastnost lidského oka zachycovat 3D struktury z 2D obrazu během pohybu okolo objektu. Metoda je založena právě na odhadu 3D struktury ze 2D obrazových sekvencí, které jsou spjaty s pohybem nosiče (viz obr. 11). Často je charakterizována jako kombinace stereofotogrammetrické a průsekové metody. Rozdíl je v tom, že SfM počítá s pořadím snímků a pohybem kamery. Díky tomu je schopná pomocí algoritmů určit polohu charakteristických bodů v obrazu v průběhu pohybu a vzájemně propojit shodné body. Metoda SfM je v posledních letech nejpoužívanější, zejména v důsledku méně náročného zpracovatelského procesu. Navíc umožňuje zpracování velkého množství snímků s velkou výslednou přesností (Šimíček 2014). Podle Miřijovský (2013) je ovšem metoda časově dosti náročná. Pro ověření chybovosti modelů je ideální provést srovnání naměřených dat s jiným zdrojem dat. Této fázi se říká hodnocení přesnosti. Miřijovský (2013) ve své práci porovnával data s geodetickým měřením a s daty LLS. Cílem bylo ověřit přesnost výsledků a zjistit, zda výstupy splňují kritéria

pro jejich aplikaci. Kritéria je potřeba stanovit již v přípravné fázi na základě terénu a metod, které využíváme.



Obr.11: Princip fungování Stereofotogrammetrie
Zdroj: Pavelka (2023)

Výsledkem sběru dat může být celá řada produktů, obvykle zejména ortofoto, mračna bodů, 3D model či digitální model povrchu (Co je fotogrammetrie? 2023). Jelikož metody fotogrammetrie nejsou na rozdíl od LLS schopny „nahlédnout“ pod vegetaci, ve srovnání s LLS výsledným produktem jsou data terénu i s objekty. Stejně jako u dat LLS je možné tyto objekty odfiltrovat, ovšem za cenu ztráty velkého množství informací o povrchu. Ve většině případů je zachováno jen nepatrné množství informací o samotném terénu (Miřijovský 2013).

Hlavní nevýhodou fotogrammetrie je získání informací o povrchu i s objekty, jak je řečeno výše. Ovšem díky nižší ceně je metoda přístupnější většímu okruhu uživatelů než LLS. Nabízí také vyšší přesnost dat a více využitých informací. U prostorově členitých tvarů je však analýza velice pracná a některé útvary (jeskyně, převisy atd.) jsou těžko řešitelné (Pavelka 2006).

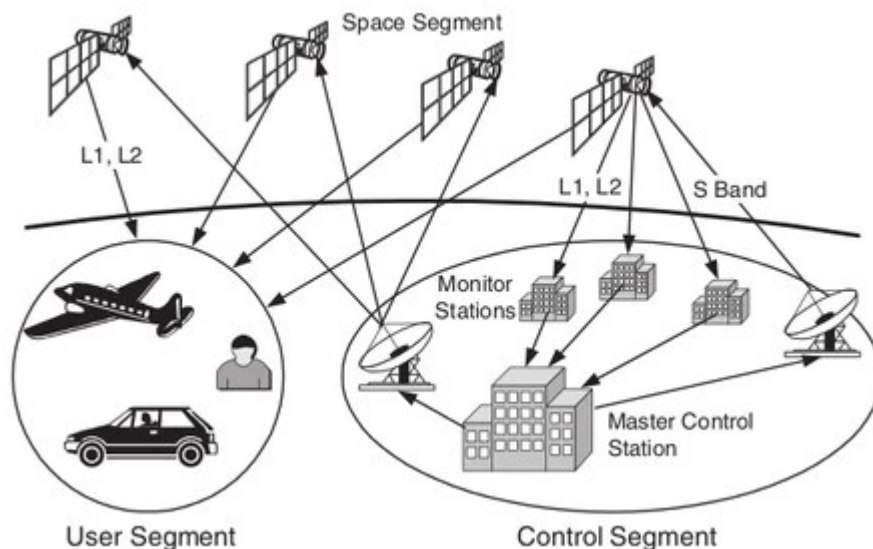
2.2.3. Globální navigační satelitní systém

Globální navigační systém neboli GNSS (z angl. *Global Navigation Satellite System*) je technologie umožňující určit přesnou polohu na Zemi pomocí signálu ze satelitních družic (Tajovská 2024). V dnešní době existuje hned několik systémů. Mezi nejpoužívanější stále patří americký navigační systém NAVSTAR GPS. Nadále velice používaným je ruský GLONASS, evropský GALILEO, čínský Beidou/Copass atd. (Tajovská 2024). GNSS nachází uplatnění ve stále více oborech. Využívání satelitů umožňuje rychlý sběr dat s vysokou absolutní přesností. Pavelka 2006) uvádí přesnost v řádu milimetrů až centimetrů. Přesnost je podmíněna

výhledem na oblohu, resp. viditelnosti satelitů a počtem satelitů, které jsou v daný čas v dohledu. Měření ovšem není závislé na počasí či na faktu, zda je noc či den.

Princip fungování

Princip většiny GNSS je obdobný, liší se pouze v technických detailech. Technologie se skládá ze tří základních segmentů (částí): kosmického, řídicího a uživatelského. Jednotlivé části a komunikaci lze vidět na obr. 12.



Obr. 12: Znázornění hlavních segmentů GNSS

Zdroj: Linková (2022)

Kosmický segment zahrnuje aktivní umělé družice Země, které jsou umístěné na oběžné dráze. Družice obíhají po přesně definovaných oběžných drahách, v určité vzdálenosti a daným sklonem (Hogr, Stankovič 2007). Jednotlivé družice jsou vybaveny přijímačem, vysílačem, atomovými hodinami, raketovým motorem a energii získávají ze solárních panelů (Tajovská 2024). V případě GNSS se kosmický segment skládá z minimálně 24 družic. Jejich počet je značně proměnlivý v průběhu let. Družice se pohybuje po šesti téměř kruhových drahách se sklonem 55° k rovině rovníku ve vzdálenosti 20 180 km od povrchu Země. Na každé rovině nerovnoměrně kolují nejméně čtyři satelity, aby se minimalizovalo omezení určení přesnosti polohy kdekoli na Zemi při výpadku jedné družice. (Čábelka 2008; Šebesta 2012).

Řídicí segment vytváří a udržuje systémový čas, průběžně monitoruje a koordinuje činnosti celého systému. Navíc provádí korekci drah satelitů. Je tvořen pěti monitorovacími stanicemi, třemi pozemními vysílači povelů a hlavním řídicím střediskem. Monitorovací stanice jsou rovnoměrně rozmístěné podél rovníku. Jejich úkolem je nepřetržitě přijímat signál ze všech družic, uchovávat ho a přeposílat do hlavní stanice. Hlavní řídicí stanice zpracovává tento

přijatý signál, vypočítává efemeridy družic a parametry družicových hodin. Efemeridy obsahují informace o tom, kde by se každý satelit měl nacházet v určitý časový okamžik, slouží tak k vysoké polohové přesnosti dat GPS. Tato data jsou následně vysílána na družice, které informace vysílají v navigačních zprávách uživatelům (Čábelka 2008; Láška a kol. 2010).

Uživatelský segment zahrnuje pozemní GNSS přijímače schopné přijímat signál z družic, které jsou v danou chvíli nad obzorem. Na základě těchto dat a znalosti polohy družice přijímač vypočítá polohu antény, nadmořskou výšku a zobrazí přesné datum a čas. Komunikace je jednosměrná, tj. pouze od družice k uživateli, přijímač je tedy pasivní (Láška a kol. 2010). Do uživatelského segmentu se navíc řadí software pro zpracování dat (Štroner 2020).

Přesnou polohu GNSS přijímače lze určit na základě jeho vzdálenosti od několika družic. Družice vysílají tzv. navigační zprávu, která obsahuje informace o poloze družice, času vyslání počáteční zprávy či korekci hodin družice (Láška a kol. 2010; Štroner 2020). Signál pohybující se rychlostí světla je zachycen GNSS přijímačem a z časového rozdílu mezi vysláním a příjmem signálu je vypočítána vzdálenost mezi přijímačem a družicí. Poloha přijímače je poté stanovena průsečíkem kulových ploch se středy v družicích s poloměry odpovídajícími vzdálenostem družic od přijímače. Průsečík těchto sfér definuje bod, jehož souřadnice jsou následně měřeny. Při měření je nutné brát v úvahu odchylku hodin, a proto potřebujeme signál minimálně ze čtyř družic. Přesnou polohu bodu lze tedy vypočítat pomocí soustavy čtyř rovnic o čtyř neznámých (X , Y , Z a oprava hodin) (Šebesta 2012; Láška a kol. 2010).

Zpracování naměřených dat GNSS umožňuje vylepšení přesnosti polohových informací. Je rozlišováno několik typů, ale mezi ty nejpoužívanější patří RTK (z angl. *Real time kinematic*) a PPK (z angl. *Post Processed Kinematic*). RTK je jedna z nejnovějších metod zpracování dat v reálném čase. Vyžaduje použití referenční stanice s přesně známou polohou („base“) a přijímače, který se nachází na vytyčených bodech („rover“). Přijímač dostává signál od satelitů a od referenční stanice, na základě toho určí polohu s vysokou přesností. Mezi referenční stanicí a přijímačem musí být permanentní spojení. V nynější době je nejběžnější, že referenční stanice je nahrazen sítí virtuálních stanic a měření probíhá s trvalým připojením na internet k poskytovateli korekcí. Metoda PPK umožňuje zpětné zpracování dat z GNSS přijímače po jejich sběru. Data jsou nejprve zaznamenána během sběru a poté jsou zpracována offline pomocí specifického softwaru (Láška a kol. 2010).

Faktory ovlivňující chybovost měření

Systém GNSS se nevyvaruje různých chyb v průběhu měření. Tyto chyby snižují přesnost určení pozice. Podrobnějšímu popisu těchto chyb se například věnuje Čábelka (2008) nebo Láska a kol. (2010). Vliv jednotlivých chyb lze porovnat na obr. 13.

Zdroj chyb	Vliv na absolutní určení GPS polohy	Vliv na relativní určení GPS polohy
dráhy družic BE (PE)	3 – 5 m (0.03 – 0.1 m)	0,1- 0,2 ppm (1-3 ppb)
hodiny družic BE (PE)	3 - 5 m (0.05 - 0.2 m)	-
fázová centra antén družic	1 - 2 m	0 - 0.1 m
ionosféra (L1 bez korekce)	1- 100 m	0,08 - 8 ppm
troposféra (stand. model)	0.05 – 0.4 m	0.01 – 1.0 m
fázová centra antén přijímačů	0.01 – 0.1 m	0.01 – 0.1 m
multipath - kódová (fázová) měření	1 - 10 m (0.01 – 0.05 m)	2 - 20 m (0.02 – 0.1 m)
šum signálu	0.2 - 5 mm	0.6 - 10 mm

Obr.13: Porovnání vlivů na přesnost GNSS

Zdroj: Láska a kol. (2010)

Většina chyb je způsobena vnějšími vlivy, které uživatel jen zřídka ovlivní. Chyby se mohou pohybovat od pár milimetrů až po metry. Mezi hlavní chyby patří například již zmiňovaná chyba hodin, která způsobuje odchylky v měření délek jak na satelitech, tak i na přijímačích. Tyto chyby se akumulují s časem a mohou dosáhnout až 30 cm po každých třech hodinách viz obr. 13. Pro odstranění těchto chyb jsou satelitní hodiny pravidelně synchronizovány s hlavním řídicím hodinovým systémem a chyby v přijímači jsou korigovány matematicky. Druhým zdrojem chyb je nepřesnost parametrů oběžných drah družic, známých jako efemeridy, jsou spojeny s chybami v řídicím segmentu, a to kvůli odchylkám družice od plánovaných drah způsobených gravitačním vlivem Měsíce, Slunce a působením sluneční radiace (Čábelka 2008). Vzdálenost přijímače od družice se měří pomocí rozdílu času vyslání a přijetí signálu vynásobeného rychlostí světla. Rychlost světla se však mění vlivem atmosféry, zejména v troposféře a ionosféře (Čábelka 2008). Tento vliv lze eliminovat pomocí měření na obou frekvencích použitím ionosférických korekcí z navigační zprávy nebo využitím regionálních/globálních

modelů ionosféry. Metoda pro redukci vlivu troposférické refrakce je použití standardního modelu atmosféry nebo výpočet parametrů troposféry na základě GNSS měření na známých bodech.

Existují ovšem také chyby, které jsou způsobeny charakterem reliéfu a objekty na něm. Těmto chybám se může uživatel pokusit předcházet, jedná se o útlum signálu a *multipath*. Předpokladem pro velice přesné měření je volný výhled na oblohu v místě měření. Ovšem signál vysílaný družicemi je velice slabý, takže pokud se do cesty mezi přijímač a družici postaví nějaká další překážka, je signál ještě více utlumen nebo pohlcen a může se dostat pod úroveň detaktability přijímače. O možnosti průchodu nebo útlumu signálu překážkou rozhoduje především tloušťka a materiál překážky. Například sklo, plast nebo textil v tenké vrstvě má minimální vliv na útlum signálu, naopak zdi budov mohou signál tlumit velmi účinně. Například krajiny s velmi členitým reliéfem jsou typicky náchylné na tento útlum signálu. GNSS přijímač zaznamenává jak přímý signál, tak signál odražený, který snižuje přesnost zaměření. Právě vícestenný odraz (tzv. *multipath*) způsobuje chybu přibližně 1–10 m, viz obr. 12 (Láska a kol. 2010). K této chybě nejčastěji dochází při měření v zastavěných lokalitách anebo lesním porostu. Eliminace vlivu *multipath* lze jen těžko odstranit či redukovat, je možné se o to pokusit pomocí krycích talířů na anténě (Čábelka 2008).

Globální navigační systémy jsou velkým přínosem v různých odvětvích lidské činnosti, od geodézie pro určení přesných geografických poloh, přes navigaci v dopravě a logistice, až po využití GNSS pro rekreační aktivity v přírodě. V současné době je tato technologie nezastupitelná (Tajovská 2024). Štroner (2020) ovšem uvádí, že i tato metoda má řadu omezení, která je potřeba znát a přizpůsobit jim postupy měření a interpretaci výsledů. V mnoha případech přesnost pouze v řádu centimetrů není dostatečná a je nutné přistoupit k jiným, přesnějším metodám.

2.3. Kartografické znázorňování lomových oblastí

V této kapitole jsou představeny základní metody znázorňování objektů typických pro lomové oblasti. Jedná se o metody vhodné pro reprezentaci ve velkých měřítkách, které byly využity při tvorbě výsledné mapy. Podrobně se kapitola bude zabývat zejména problematikou kartografické reprezentace výškopisu v reliéfu pískovcových skal a kamenných akumulací.

Vzhledem ke specifickým vlastnostem lomových oblastí, kde je velmi členitý terén s dominantními kolmými či převislými skalními stěny s malým půdorysem, nastává řada problémů, jak tyto objekty znázornit. Lysák (2016) se podrobněji zabývá právě reprezentací

komplikovaného reliéfu pískovcových skal a její lepší vizualizaci zahrnující více než pouze jejich půdorys. U map velkého a středního měřítka je navíc pro interpretaci reliéfu potřeba vhodně zvolit vyjadřovací prostředky pro celkový výškopis. „*Skály představují přirozenou součást reliéfu. Jejich znázorňování je proto úzce spojeno se znázorňování výškopisu.*“ (Lysák 2016, s. 131). Mezi nejpoužívanější metody patří výškové body, vrstevnice, barevná hypsometrie, stínování a šrafy. Tyto metody se běžně různým způsobem kombinují za účelem co nejplastičtější, názorné a pro uživatele přívětivé podoby (Lysák 2016; Čapek, Mikšovský, Mucha 1992).

Lomové oblasti jsou nadále typické častým skalním řícením a nestabilními svahy. Nastává zde však problém identifikace jednotlivých objektů a rozpor mezi vnímáním sesuvu geomorfologem a topografem. Sesuv se po delší době stabilizuje, a i přesto, že je morfologicky významný, tak z pohledu topografie netvoří překážku pro pohyb v terénu, a tudíž je v mapě zachycen jako běžný terén. Pokud se ovšem jedná o dostatečně výraznou formu sesuvu, jsou tyto lokality již zajímavé z hlediska topografie. Další problém nastává při rozlišení a následném znázornění plošných objektů skládajících se z balvanů. Celou problematikou sesuvů, sutí a kamení z pohledu kartografie se zabývá Lysák (2015), na jehož základě je zpracována kapitola o kamenné akumulaci.

2.3.1. Vrstevnice

Vrstevnice jsou linie spojující bezprostředně sousedící místa se stejnou nadmořskou výškou. S využitím vrstevnic lze určit nadmořskou výšku (s určitou nejistotou) v jakémkoliv místě na mapě. Vrstevnice přináší kompletnější prostorovou představu o reliéfu, a to z nich dělá nejpoužívanější, nejdůležitější a nejexaktnější metodu současného kartografického znázorňování výškopisu na mapách velkých měřítek (Čapek, Mikšovský, Mucha 1992). Při tvorbě vrstevnic je klíčovým prvkem stanovení základního intervalu vrstevnic (dále ZIV), což je rozdíl v nadmořské výšce mezi sousedními vrstevnicemi. Může se zdát, že čím menší ZIV, tím lepší prostorová představitost o terénu, není tomu však úplně tak. Ve velmi strmých až kolmých svazích dochází k přibližování až splývání vrstevnic, a tedy i k nepřehledné vizualizaci terénu. Řešením je vrstevnice v místech skal vynechat či posunout, což ale zapříčiní ztrátu informace o reálné strmosti terénu, který bude vypadat schůdněji, než ve skutečnosti je. Vrstevnic také nelze vhodně využít při znázorňování mikroreliéfu (Lysák 2016). Tyto důvody vedou kartografy k používání šraf pro reprezentaci plošně rozsáhlých skalních útvarů na mapách velkých a středních měřítek.

2.3.2. Stínování

Tato metoda vychází z představy, že na všechny plochy reliéfu dopadají světelné paprsky z téhož směru, a vytváří tak rozdíly v osvětlení terénu. Plochy, na které dopadá paprsek kolmo, se zobrazují nejsvětleji, naopak místa, kam paprsek nedopadá (jsou ve stínu), jsou tmavší až černá (Čapek, Mikšovský, Mucha 1992). Tato metoda přináší velice dobrý plastický obraz terénu s viditelnými tvary mikroreliéfu. Obecně se rozlišují tři druhy stínování: sklonové tónování, stínování při šikmém osvětlení a nejpoužívanější kombinované stínování. Při kombinovaném stínování se intenzita tónu mění v závislosti na směru osvětlení a současně i na sklonu svahu. Směr osvětlení se z důvodu správného vnímání používá z pravidla pouze od severozápadu (315°), což vychází z životních návyků člověka praváka při psaní. Úhel dopadajících paprsků se určuje dle charakteru území a členitosti reliéfu. Nižší úhly dopadajícího paprsku zdůrazňují detaily terénu a vyšší úhel více zdůrazňuje makrotvary. Zpravidla se tedy nižší úhly používají pro rovinaté oblasti, naopak pro členité území pískovcových skal se hodí využít vyšší úhel osvětlení.

Předpokladem kvalitně stínovaného modelu reliéfu je dostatečně podrobný DMR, ideálně z dat LLS. Realizace stínování je poměrně jednoduchá, jelikož v dnešní době je již implementovaná ve všech GIS softwarech v podobě funkce Hillshade, kde je možné nastavit celou řadu parametrů. Nejčastější a nejjednodušší, leč kvůli efektu smývání barev ne zcela ideální způsob technického řešení stínování, je v podobě poloprůhledné vrstvy úplně na pozadí mapové kompozice nebo nad plošnými objekty Land use. Stínování je nezbytné doplnit o vrstevnice či barevnou hypsometrii, jelikož samo o sobě nenese informace o výškových poměrech (Lysák, 2016).

2.3.3. Konturová metoda

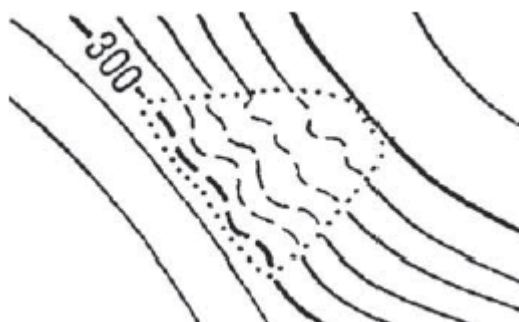
Pro znázorňování pískovcových skal a velice strmých svahů se nejlépe osvědčila konturová metoda zavedená v Sasku již v polovině 20. století. Podstatou metody je vizualizace všech skal pomocí linie, která mění svou tloušťku na základě relativní výšky skalní stěny. Toto znázornění odpovídá požadavku, aby vyšší stěna, která tvoří výraznější prvek v terénu, byla reprezentována nápadněji. Pro doplnění výškopisu by mapa měla být doplněna nejen o vrstevnice vyskytující se v jednotlivých roklích či v údolích, ale i o kótované body na vrcholových partiích skal. Vrstevnice by se však neměly kontur dotýkat. Velkou výhodou této metody je jasná představa o rozčlenění terénu a možnosti jednoduše zjistit schůdnost a průchodnost oblastí. Názorné

Zachycení skal je navíc doplněno o dobrou reprezentaci jednotlivých trhlin. Pro čtenáře je mapa snadno čitelná a na první pohled je patrné, kde se dá projít a kde nikoli. Tato podrobnost s sebou nese ovšem i nevýhodu v podobě potřeby velmi podrobného zmapování terénu. Při velkém rozsahu mapovaného území je jeho manuální zmapování prakticky nemožné, což metodu velmi limituje (Lysák 2016; Čapek, Mikšovský, Mucha 1992).

2.3.4. Kamenné akumulace

Po ukončení těžby v lomových oblastech zůstává celá řada zbytkového materiálu, který se časem může dále rozšiřovat díky řízení lomových stěn a sesuvů, zejména v oblastech pískovcových skal. Kartografické znázorňování tohoto zbytkového materiálu v podobě kamenných akumulací a suťových polí představuje výzvu pro tvůrce map, neboť tvoří výrazný krajinný prvek a výraznou překážku pro pohyb v terénu, což z nich dělá důležitý objekt topografického mapování. Kartografické zásady pro znázorňování takových jevů a jejich vývoj v průběhu posledních desítek let popsal Lysák (2015) ve svém článku „*Sesuvy, suť a další kamení v topografických mapách a databázích*“, ze kterého následující odstavce vychází.

Ve středoevropském kontextu (u nás v TM 10 a obecně v topografických mapách zemí bývalého východního bloku) se oblasti sesuvů s nepravidelným povrchem zpravidla znázorňovaly pomocí přerušovaných vrstevnic, přičemž plocha sesuvu byla ohraničena čarou tečkovanou (viz obr. 14). Větší kamenné úlomky byly reprezentovány trojúhelníčky. Z dalších neobvyklých typů povrchu lze zmínit písčité povrch, který byl zobrazován tečkami, také je možné zmínit povrch se štěrkem, který byl zobrazován kombinací teček a trojúhelníků bez vrstevnic, zatím co povrch s roztroušenými kameny byl vykreslen trojúhelníky s vrstevnicemi (viz obr. 15).



Obr.14: Znázorňování sesuvů dle pravidel používaných v Československu

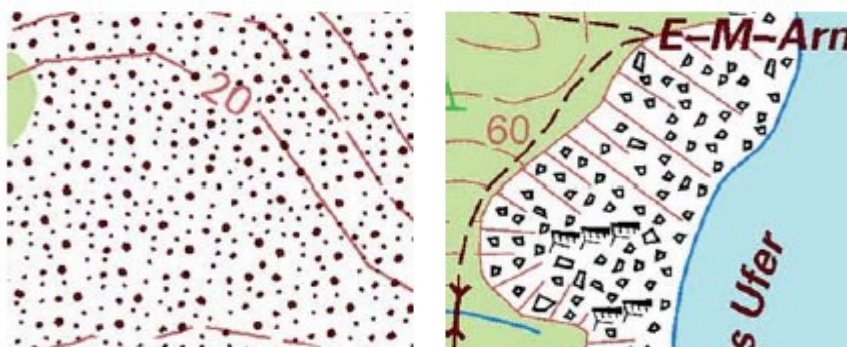
Zdroj: Lysák (2015)

S postupným vývojem digitální kartografie ovšem docházelo ke zjednodušení objektů i znakového klíče. V digitální podobě ZM 10 je plocha sesuvu nebo suti vyplněna rastrem v podobě vlnek v horizontálním směru. Tato vizualizace ovšem úplně nesplňuje pravidlo asociace, jelikož většina objektů tohoto typu jsou kamenné akumulace a nepředstavují sesuv. V ZTM byla reprezentace nahrazena nepravidelnými tečkami (obr. 16). O zdokonalení těchto objektů a o řadu dalšího vylepšení se pokusila Šáková (2014) ve své diplomové práci.



Obr. 16: Vizualizace kamenné akumulace v ZTM
Zdroj: ČÚZK (2024)

Při vizualizaci kamenných akumulací a suti je také možné se inspirovat v zahraničních digitálních geografických databázích. Německá databáze ATKIS Basis – DLM je srovnatelná s českou databází a jsou zde objekty jako *Fels* (skály), *Steine* a *Schotter* (kameny, suť) a *Geröll* (valouny, oblázky). Písečný a kamenitý povrch je znázorněn rastrem tvořeným nepravidelnými hnědými tečkami různých velikostí (obr. 17 vlevo). Kameny, suť a oblázky jsou pak znázorněny nepravidelně rozmístěnými černými mnohoúhelníky (obr. 17 vpravo). Tento přístup poskytuje další možnosti pro detailní vizualizaci kamenných akumulací, které mohou pomoci při tvorbě asociativního znakového klíče.



Obr. 17: Vizualizace kamenné akumulace na německé DTK 10, písčité a kamenitý povrch (vlevo), kameny, suť a oblázky (vpravo)
Zdroj: Lysák (2015)

3. TOPOGRAFICKÁ ČÁST

Topografická část se věnuje způsobu získávání a zpracování dat, která byla využita pro zpracování podrobné mapy lomu *Commite Steinbruch*. Při práci byla využita již existující data LLS, data z podrobného geodetického mapování, fotogrammetrická data získána vlastním dronovým snímkováním a také data z vlastního terénního šetření v lokalitě

Postup získání topografických dat zahrnoval následující kroky:

- analýza a zpracování již existujících dat,
- pořízení a zpracování vlastních fotogrammetrických dat,
- návrh struktury geodatabáze,
- naplnění obsahu databáze na základě existujících dat,
- doplnění obsahu databáze na podkladech z vlastního terénního šetření.

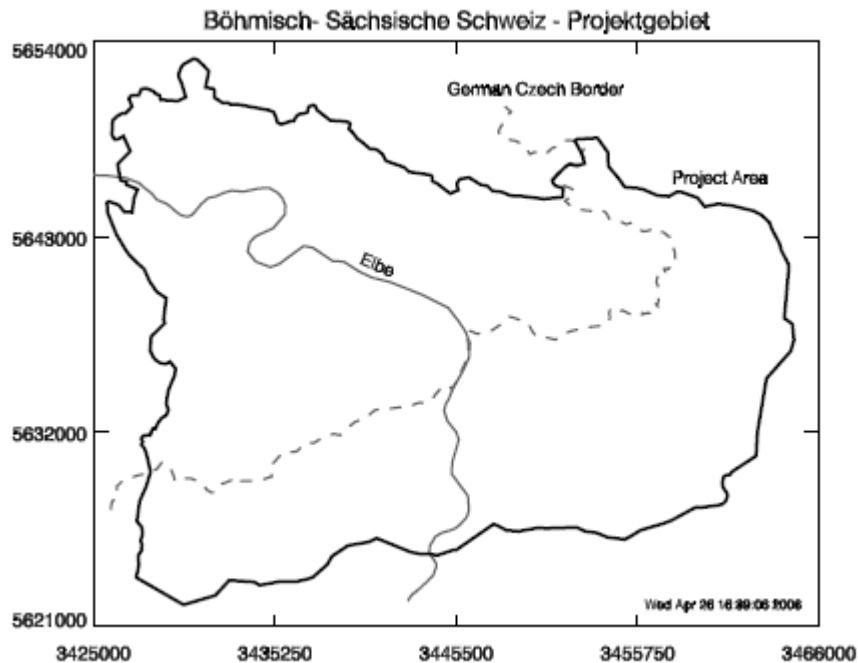
Nejprve došlo k zpracování již existujících LLS dat od Technické univerzity v Drážďanech (TUD), podrobný popis v kapitole 3.3.1. a zpracování dat z geodetického zaměření lokality (viz kapitola 3.1.2.). Druhým krokem bylo pořízení dronových snímků a jejich následné zpracování do podoby ortofota a bodového mračna (3.3.2.). Bodová mračna od TUD a z dronového snímkování byla spojena do výsledného produktu (3.3.3.), z něž byly i za využití geodetického zaměření lokality zmapovány jednotlivé objekty (podrobněji v kapitole 3.4.). Ty bylo potřeba následně zkontrolovat a doplnit průzkumem v terénu (popis v kapitole 3.5.).

3.1. Využití existujících dat

3.1.1. LLS data

Použité bodové mračno dat LLS vzniklo v rámci projektu GeNeSiS (německy *Geoinformationsnetzwerke für die grenzüberschreitende Nationalparkregion Sächsisch-Böhmische Schweiz*, anglicky *Geoinformation Networks for the cross-border National Park region of Saxon Bohemian Switzerland*). Jednalo se o přeshraniční projekt mezi NP Saské a České Švýcarsko, jehož hlavním řešitelem byla TUD. Cílem tohoto projektu bylo souvislé letecké laserové skenování a letecké snímkování území obou národních parků (obr.18) pro tvorbu digitálního modelu reliéfu, povrchu a ortofota. Skenování proběhlo v druhé polovině dubna roku 2005

zařízením FALCON II firmy TopoSys. Požadovaná hustota měření bodů byla stanovena průměrně na 1 bod/m² a maximální rozestup bodů 1,5 m. Průměrná letová výška byla 1 200 m nad terénem a překrytí letových pásů bylo 50 %. Podrobné informace lze dále nalézt v Trommler (2007).



Obr. 18: Území snímané v projektu GeNeSiS
Zdroj: Trommler (2007)

Produktem tohoto projektu byl DTM (digitální model reliéfu), který je dostupný v rasterové podobě s rozlišením 1 metr, DSM (digitální model povrchu) taktéž s velikostí pixelu 1 metr, DOP CIR (digitální pravé ortofoto s infračerveným kanálem) s velikostí pixelu 0,5 metru a DOP RGB (digitální pravé ortofoto v pravých barvách) s velikostí pixelu také 0,5 metru. Pro vlastní práci bylo využito i samotné neklasifikované bodové mračno a digitální model reliéfu.

3.1.2. Existující mapy lokality

Následující kapitola se zabývá popisem a hodnocením již existujících map a náčrtů lomového areálu. Podrobných map velkého měřítka se vyskytuje pouze hrstka a většina z nich zobrazuje pouze historický pohled na lokalitu. I přesto je možné se v těchto mapách inspirovat a udělat si celistvý pohled na vývoj tohoto území.

OpenStreetMap

Jedná se o volně dostupný mapový portál, jehož data může kdokoli upravovat a používat. Obr. 19 zobrazuje mapu označovanou jako standardní. Lokalita lomového areálu je relativně málo podrobně zpracována, stále ovšem obsahuje více informací ve srovnání například s mapou ze serveru mapy.cz. Na mapě lze nalézt relativně správně zachycenou síť širších cest, pěšiny ovšem zcela chybí. Taktéž jsou zde zobrazené schodiště, ale pouze na dvou místech. Ve zbytku lokality zcela chybí. Pro reprezentaci skal byla zvolena linie s trojúhelníčky ve směru spádu, zvaná jako *cliff* (tj. hrana útesu). Tato reprezentace ovšem naznačuje pouze neurčitou menší „zed“ v území mimo vysoké skalní stěny. V datech také chybí jakékoliv informace o výškopisu či podkladová data v podobě stínovaného reliéfu, pro lepší povědomí o daném území.



Obr. 19: Výřez z OSM, oblast lomového areálu
Zdroj: OSM (2024)

Zákres skal Zvelebil

Tento zákres byl zhotoven v roce 1984 při geologickém průzkumu skalního řízení u Hřenska Jiřím Zvelebilem. Zákres pro potřeby této práce byl poskytnut týmem, který pracoval na projektu „Databáze starých lomů a dobývek na území NP České Švýcarsko a CHKO Labské pískovce“. Zákres byl pro potřeby projektu promítnut na DMR pro větší plastičnost.

Zákres byl vyhotoven pravděpodobně v měřítku 1 : 1000 (nezřetelné). Skály jsou zde vyobrazeny pouze tenkou černou linií. Na jasnějších místech tohoto zákresu lze vidět čísla na vnitřní straně linie skalní stěny. Jedná se o očíslování objektů pro potřeby mapování.

V mapě nejsou vůbec zachyceny již zřícené balvany a kamenné akumulace lze vidět pouze na jednom místě (obr. 20) Mapa taktéž neposkytuje informace o komunikacích s výjimkou jasně vymezených skluzů. Výškopis je znázorněn pomocí vrstevnic s popisem každé páté vrstevnice přímo nad sebou, což umožňuje jasné zjištění hodnoty nadmořské výšky.



Obr. 20: Zákres skal pro potřeby geologického průzkumu nad DMR

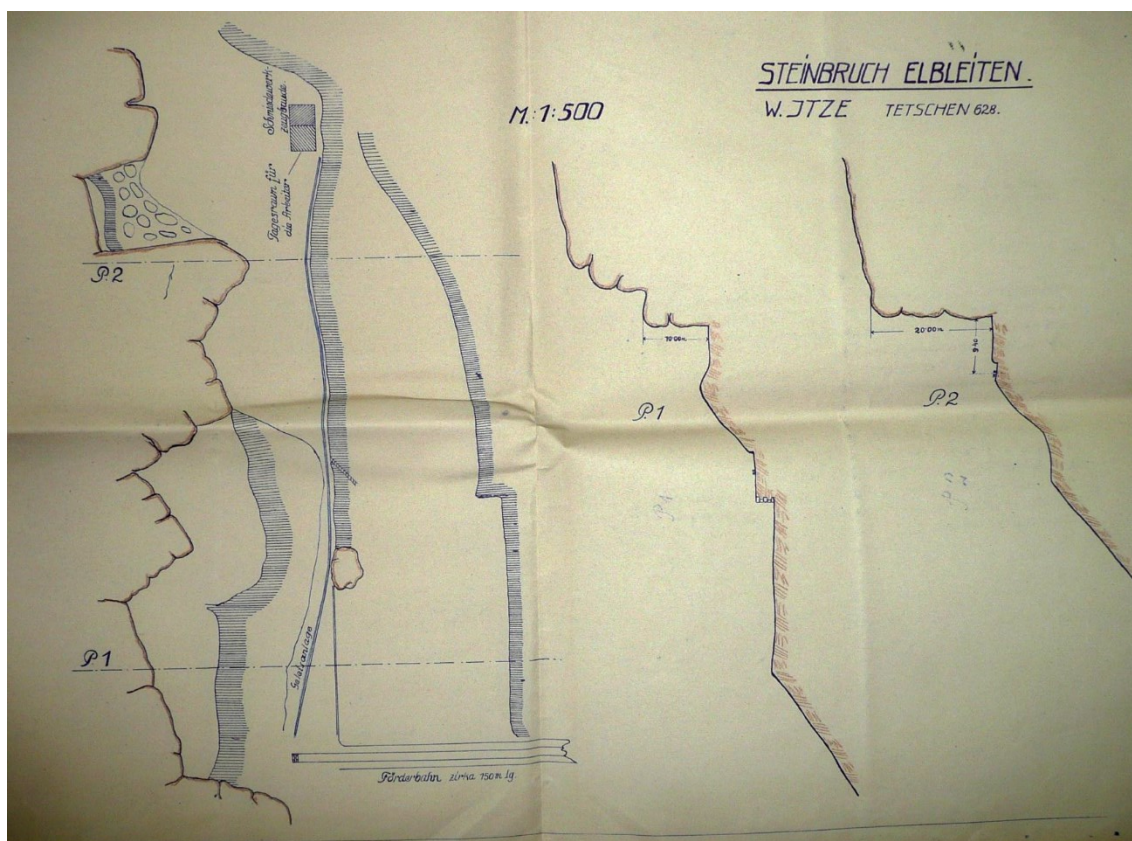
Zdroj: Zvelebil 1984; Belisová a kol. (2023a)

Plán lomu 1939

Tento plán lomu vznikl v návaznosti na žádost M. Itze o otevření lomu. Na základě této žádosti Landrat Děčín oznámil 15. 4. 1939, že je nutné zaměřit hranice provozu a začátkem června byl plán dokončen.

Plán byl zhotoven v měřítku 1 : 500 a zobrazuje pohled na hlavní lomovou stěnu nad skluzem (vlevo na obr.21). Obr. 21 také ukazuje dva řezy, které protínají dvě výškové úrovně svahu a zobrazují sklon terénu. Na plánu jsou také zakreslená kovárna a chata. Po polní kovárně zůstal zachován kovadlinový kámen, ovšem po chatě žádné artefakty nezbyly.

Skály jsou v tomto plánu řešeny pomocí tenké linie s ne moc precizně kreslenou hnědou lemovkou. O výšce jednotlivých skalních stěn vypovídají řezy, kde si lze povšimnout i vizualizace opěrné zdi. Jednotlivé terasy s opěrnými zdmi na levé straně plánu jsou reprezentovány pomocí šraf. Tím, že je zde zobrazen řez, tak je čitelný sklon v daném území. Výškopis v tomto plánu úplně chybí. Kamenné akumulace jsou vizualizovány polygonem s velkými kruhovými tvary jako výplní.



Obr. 21: Plán lomu *Steinbruch Elbleiten*

Vlevo pohled na lomovou stěnu s nejbližším okolím.

Vpravo dva vertikální průřezy svahem

Zdroje: Itze (1939)

Lezecká mapa 1982

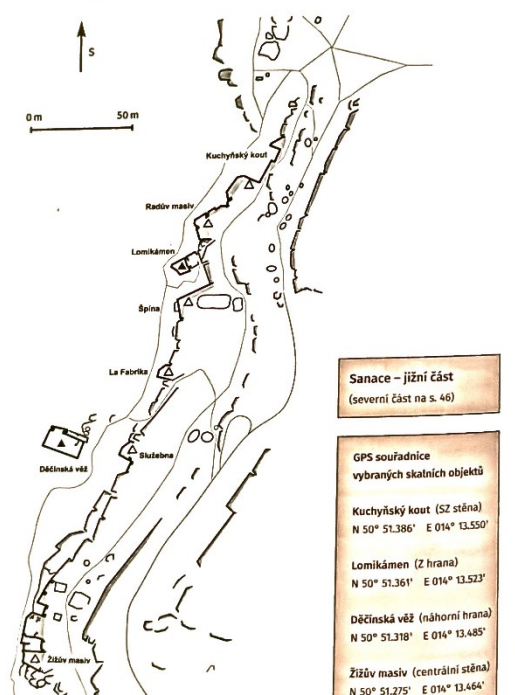
Jedná se o mapu, která je součástí horolezeckého průvodce Labské údolí – pravý břeh (Chocholoušek, Nehasil 2017, str. 54). Mapa zachycuje celou délku skalní stěny a síť pěšin (přístupových cest) v horolezecké oblasti Sanace, která odpovídá vymezení lomového areálu. Měřítko mapy je 1 : 2 500.

Pro reprezentaci skal byla zvolena černá linie s šedou lemovkou (obr. 22). Pro vyšší skalní stěny je využita silnější linie než pro nižší skalní stěny. Autoři mapy se soustředili především na vyobrazení tvarů mikroreliefu, jako jsou pukliny a různá skalní patra. Taktéž hlavní

pozornost byla kladena na vyobrazení hlavní lomové stěny a Děčínskou věž, území pod stěnou již prakticky není vyobrazeno, což je pochopitelné vzhledem k účelu mapy. Balvany jsou v mapě znárodněny pouze orientačně pomocí koleček s tenkou linií. Co tato mapa úplně vynechává, jsou převisy.

Mapa také obsahuje celou síť přístupových cest, které byly ověřeny v terénu a využity jako topografický podklad pro mou mapu. Cesty jsou vizualizovány pouze velice slabou linií bez rozlišení jejich šířky, stavu či informace, zda se jedná o schody.

Mapa velice dobře vyobrazuje tematický obsah a doplňkový topografický podklad, ovšem výškopis zde zcela chybí. Pro tuto práci byla využita především informace o názvech lezeckých oblastí a jednotlivých horolezeckých cestách, které jsou podrobněji popsány v Chocholoušek, Nehasil (2017). Taktéž byla využita síť cest jako podklad pro terénní průzkum



Obr. 22: Horolezecká mapa Sanace – jižní část

Zdroj: Chocholoušek, Nehasil (2017)

Geodetické zaměření lomu

Přesné geodetické zaměření zájmové lokality proběhlo v rámci projektu „*Databáze starých lomů a dobývek na území NP České Švýcarsko a CHKO Labské pískovce*“ a jedná se o jediné podrobné a polohově přesné zachycení aktuální situace v zájmovém území. Projekt probíhal od dubna roku 2021 až do prosince 2023 a jeho cílem bylo vyhledání, mapování a podrobné popsání starých, dnes již nefunkčních lomů, a to vše s využitím moderních geoinformačních

metod. Dílčím cílem tohoto projektu bylo též získání nových hmotných i nehmotných dokladů o těžbě a také určení provenience stavebního kamene (Muzeum Ústí 2024).

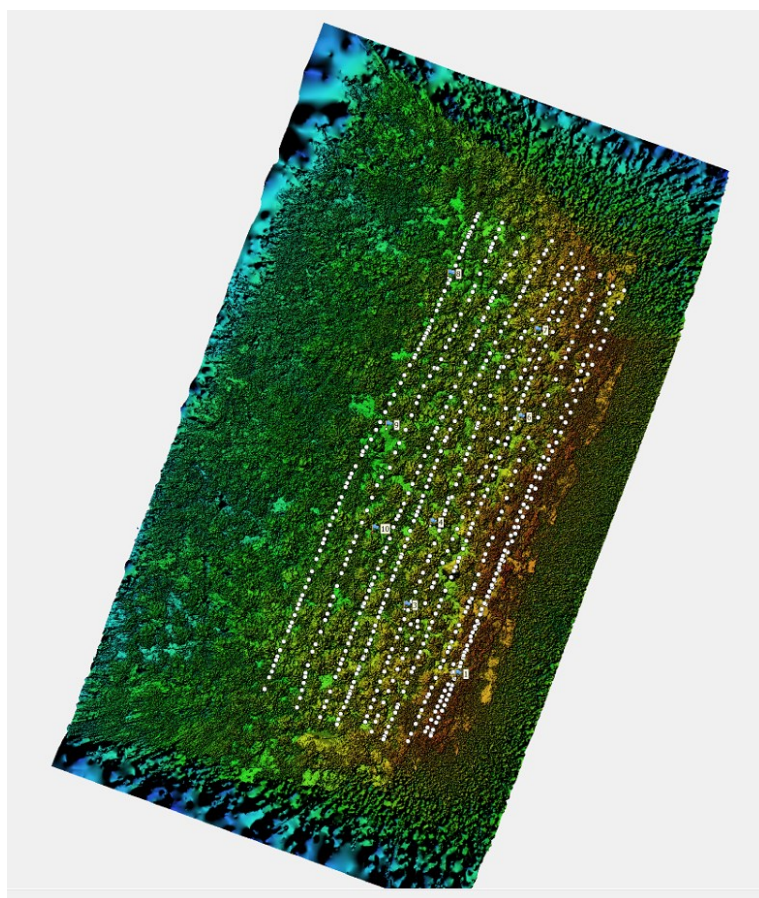
Autory měření byl tým z centra pro dokumentaci a digitalizaci kulturního dědictví na Filozofické fakultě Univerzity J. E. Purkyně v Ústí nad Labem. Samotné geodetické měření mapované lokality proběhlo ve dvou fázích. V rámci první fáze, která proběhla v roce 2022, vznikl výkres lomu v měřítku 1 : 500 v souřadnicovém systému S-JTSK. Tento výkres byl následně v roce 2023 doplněn. Výkres byl poskytnut pro účely této práce v podobě DWG souboru.

Geodetické zaměření viz příloha 1 nabízí precizní zaměření skal, ovšem pouze v úzkém areálu lomu pod lomovou stěnou. Dále byly v rámci zaměření velice podrobně zmapovány zřícené balvany v celém území a síť zdí a smyky. Průběh zdí a smyků ovšem zahrnuje i zřícené úseky, které dnes již neplní svou funkci. Součástí geodetického zaměření je také podrobný průběh schodišť a řada původních cest, které dle vlastního terénního šetření již jako cesty neslouží. Celkově se jedná o velice přínosná podkladová data, která byla hojně využita při tvorbě výsledné mapy.

3.2. Sběr dat v terénu

3.2.1. Dronové snímkování

Snímkování území proběhlo 5. 2. 2023 při mrazu a polojasném počasí. Najít vhodné místo pro start dronu nebylo vůbec lehké. Tato lokalita jako jedna z mála ještě nebyla zcela zasažena kůrovcem, takže i mimo vegetační období byla značně pokrytá vegetací. Nakonec byla zvolena římsa pískovcové věže, ze které šlo bezpečně vzlétnout. Pro snímkování byl použit dron DJI Mavic 2 Pro. Let proběhl ve výšce 38 metrů (vztaženo k místu startu výškově v horním patře skal) v přibližně severojižním směru podél skalních stěn. Největší hustota snímků byla v okolí pískovcových věží. Celkem bylo pořízeno 610 snímků. Jako vlíčovací body (dále jen VLB) byly využity obarvené CD disky, které jsou na snímcích dobře rozeznatelné. VLB byly rozmístěny po zájmovém území. Schéma rozmístění VLB viz obr. 23. Rozmístěné VLB byly zaměřeny geodetickým GNSS přijímačem Trimble R10 s využitím RTK. Měření na jednotlivých bodech bylo kvůli složitým podmínkám (lesní porost, blízkost vysokých skalních stěn) potřeba několikrát opakovat, celkově proběhlo tedy 35 měření viz příloha 2. Výsledné souřadnice VLB byly určeny jako vážený průměr všech měření. Souřadnice a přesnost výsledných VLB viz příloha 3.



Obr.23: Středů snímků fotografií pořízených při dronovém snímkování ve zkoumané lokalitě
Zdroj: vlastní zpracování

3.3. Zpracování dat

Při tvorbě výsledné mapy byla využita různorodá data. Následující kapitola popisuje postup zpracování jednotlivých dat v příslušných softwarech.

3.3.1. Data LLS

Jedním ze zdrojů informací pro výslednou podobu mapy bylo bodové mračno z projektu GeNeSiS (podrobněji popsány v kapitole 3.1.1.). Bodové mračno bylo potřeba klasifikovat do dvou tříd: *ground* (body terénu) a *unassigned* (body mimo terén). Celá klasifikace probíhala v softwaru *ArcMap*, který je vhodnější oproti *ArcGIS PRO*, jelikož nabízí nástroje *LAS Dataset*, které umožňují i manuální zpracování. S ohledem na hustotu bodového mračna, velikou členitost terénu a velké množství vegetace, bylo zřejmé, že automatická klasifikace nebude perfektní. Ovšem pro prvotní rozřazení bodového mračna do tříd je přijatelná. Byla využita funkce *LASClassify*, jak lze vidět na Obr. 24. Při použití funkce byl nastaven také parametr pro klasifikaci budov. Budovy mají typicky strmé kolmé stěny, této vlastnosti bylo využito pro identifikaci strmých pískovcových skal. Body, které byly klasifikovány jako budovy, byly později překlasifikovány na *unassigned* (body mimo terén). Po automatické klasifikaci došlo k rozdělení zájmového území na dlaždice 40×40 metrů pomocí funkce *Tile LAS*. Na těchto menších dílcích bylo možné systematicky provádět manuální klasifikaci s využitím nástrojů *LAS dataset*. Bodové mračno lze zobrazit jak ve 2D (Profil View), tak ve 3D (3D View). Pomocí těchto dvou pohledů je možné jednodušeji určit, zda se jedná o bod na terénu či mimo terén. Manuální klasifikace byla prováděna ručně, a tudíž se jednalo o časově náročnou práci. Zpracování celého území zabralo přibližně 110 hodin.



Obr. 24: Nastavení funkce *LASClassify*

Zdroj: Vlastní zpracování

3.3.2. Dronové snímky

Zpracování snímků zkoumané lokality proběhlo v programu *Agisoft Metashape Professional 1.8.0* (dále jen „Agisoft“).

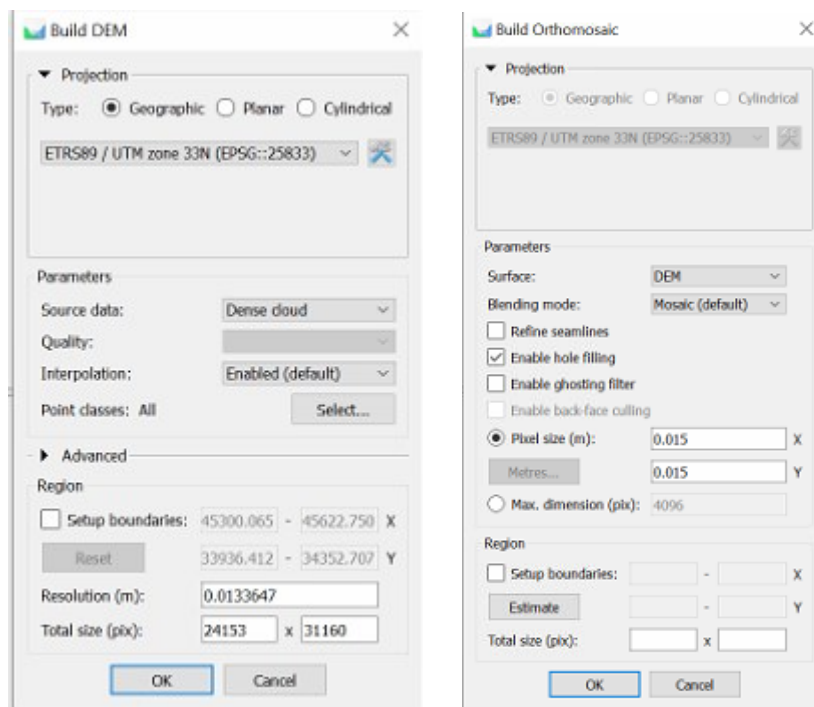
Jako první byly nahrány pořízené snímky (*Camera*) do programu. Jednotlivé snímky obsahují i informaci o přibližných souřadnicích jejich středu (GNSS), je tedy možná jejich lokalizace v prostoru. Nadále byla pomocí funkce *Align Photos* určena orientace jednotlivých snímků. U této funkce je možné zvolit přesnost (*Accuracy*), ta byla nastavena na *High*, tedy tak, že software pracuje s plným rozlišením snímků. Dále je možné nastavit *Pair preselection*, což určuje, zda mají být vypočteny podmnožiny snímků, ve kterých jsou počítány spojovací body. Zde byla zvolena *generic*, tedy odhad sousedících párů snímků. Po zarovnání snímků bylo nutné změnit souřadnicový systém na ETRS89 UTM33 pomocí funkce *Convert*. Dalším krokem byl import textového souboru se souřadnicemi a přesností VLB. Jednotlivé VLB byly nalezeny na fotografiích a byla určena jejich přesná poloha na snímcích. Dva z deseti VLB měly po zarovnání snímků velice nízkou přesnost, proto byly ze zpracování vyřazeny. Vysoké odchylky byly způsobené nepřesností měřených GNSS souřadnic již v terénu. Výsledný model byl ještě vylepšen funkcí *Optimize Cameras*. VLB a jejich odchylky lze vidět na obr. 25.

Markers	Easting (m)	Northing (m)	Altitude (m)	Accuracy (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
<input checked="" type="checkbox"/> 10	445448.980000	5634116.612000	207.824923	0.196/0.201	0.382166	44	1.270
<input checked="" type="checkbox"/> 9	445455.620000	5634164.470000	204.162362	0.033/0.073	0.017811	60	0.786
<input checked="" type="checkbox"/> 3	445463.800000	5634081.370000	223.182950	0.264/0.278	0.152970	26	1.239
<input checked="" type="checkbox"/> 2	445472.060000	5634066.350000	229.016982	0.312/0.338	6.611357	51	1.495
<input checked="" type="checkbox"/> 4	445475.920000	5634119.630000	221.040509	0.03/0.066	0.023720	61	1.220
<input checked="" type="checkbox"/> 8	445484.190000	5634234.160000	205.903364	0.06/0.126	0.194346	68	0.944
<input checked="" type="checkbox"/> 1	445487.380000	5634049.470000	254.038216	0.036/0.037	0.045051	29	1.147
<input checked="" type="checkbox"/> 5	445492.430000	5634166.890000	223.036083	0.373/0.861	3.726285	49	1.691
<input checked="" type="checkbox"/> 6	445516.820000	5634168.090000	231.812045	0.038/0.08	0.088372	41	1.436
<input checked="" type="checkbox"/> 7	445524.060000	5634208.520000	236.020330	0.074/0.139	0.399245	54	1.648
Total Error							
Control points					2.407750		1.305
Check points							

Obr. 25: VLB s přesností zarovnání snímků
Zdroj: Vlastní zpracování

Po dokončení zarovnání snímků pomocí VLB bylo v Agisoftu vytvořeno husté bodové mračno ve formátu LAS za použití nástroje *Build Dense Cloud*. V dialogovém okně lze zvolit kvalitu (*Quality*), ta byla zvolena jako *Ultra High*. Program zpracoval snímky s plným rozlišením. Výsledné bodové mračno má vysoké rozlišení, ale výpočet je náročný na výkon a čas. Z hustého bodového mračna byl funkcí *Build DEM* vygenerován digitální model povrchu (dále jen DMP) ve formátu *TIF*. Posledním produktem této fáze zpracování bylo Ortofoto ve formátu

*.JPG viz příloha 4. Ortofoto bylo vytvořeno z DMR pomocí nástroje *Build Orthomosaic*. Parametry nastavení vytvoření odvozených produktů lze vidět na obr. 26.



Obr. 26: Nastavení vytvoření: DMR (vlevo), ortofota (vpravo) z dronových snímků v Metashape

Zdroj: Vlastní zpracování

Další část práce s hustým bodovým mračnem probíhala v *ArcMapu*. Jelikož data z projektu *GeNeSiS* využívají nadmořskou výšku BpV a data odvozená z dronového snímkování obsahovala výšku elipsoidickou, bylo nutné zohlednit tento rozdíl ve výškách. Rozloha zájmové oblasti byla relativně malá, proto rozdíl ve výškách mohl být považován za konstantní. Bylo vybráno deset míst, kde byla zjištěna elipsoidická výška z dat *GeNeSiS* a nadmořská výška z dronových dat. Průměrně se od sebe elipsoidické a nadmořské výšky lišily o 43,618 m, což je o 0,34 m více než rozdíl v aplikaci analýzy výškopisu od ČUZK. Pomocí funkce *Las2las* byly souřadnice Z změny o námi získaný rozdíl.

Následně pomocí nástroje *LasThin* bylo zředěno husté bodové mračno a provedena automatická filtrace. Bohužel automatická filtrace v tak zalesněném a členitém území nepřinesla uspokojivý výsledek. Při automatické filtraci hustého bodového mračna byla většina skal a vegetace odfiltrována a vznikla tak „prázdná“ místa. Při tvorbě DMR musela být tato místa dopočítána a z toho důvodu vznikl takto nepřesný DMR.

Pro lepší klasifikaci bodového mračna získaného z dronu byl tedy využit DMR z dat projektu *GeNeSiS*. Jedná se o klasifikaci pomocí prostorového dotazu, kdy jsou určovány

body, které ještě leží v mezích vzdálenosti od již klasifikovaného reliéfu (Holman 2013). Došlo k porovnávání souřadnice Z bodového mračka z dronu (neklasifikovaného bodového mračka) se souřadnicí Z získanou z DMR, která byla získána pomocí funkce *Add Surface information*. Mez, kdy body budou považovány za terén, byla určena na +/-90 cm okolo klasifikovaného reliéfu. Odečtením DMR *GeNeSis* a DMR z dronových dat vznikla hodnota nižší než 90 cm. Po následném zvyšování meze a pozorování chování klasifikace byl závěr takový, že mez může být až 90 cm. Takto vysoká mez je způsobena tím, že dron zachytil pouze velmi vysokou vegetaci anebo povrch.

I přes velkou zalesněnost této oblasti fotogrammetrické měření přineslo velice kvalitní pohled alespoň na část skalních útvarů. Pro získání kvalitních a přesných dat o terénu je nezbytné eliminovat nežádoucí jevy v podobě vegetace. Odfiltrování vegetace proběhlo na základě řízené klasifikace ortofota podle spektrální třídy krajinného pokryvu. Nejdříve bylo nutné vytvořit si novou polygonovou vrstvu trénovacích ploch (ROI). Na ortofotu byly identifikovány tři druhy terénu: skály, půda, les. Následně probíhala již samotná klasifikace, která se dělí do tří kroků. Prvním krokem je trénovací klasifikace. Na nově vzniklou vrstvu byly použity funkce *Train Maximum Likelihood Classifier*, tedy jednu z metod klasifikace. Tato funkce pracuje na principu určení pravděpodobnosti, s kterou daný pixel spadá do vybrané třídy (Červená 2016). Výstupem je soubor ve formátu ecd, kam jsou uloženy výsledky trénování. Druhým krokem je vlastní klasifikace, na kterou byla aplikována funkce *Classify Raster*. Vstupními soubory je rastr (ortofoto) a vytvořený soubor ve formátu ecd, výsledným souborem je rozklasifikovaný rastr do předem daných skupin (les, skála, půda). Posledním krokem je vyhodnocení přesnosti klasifikace.

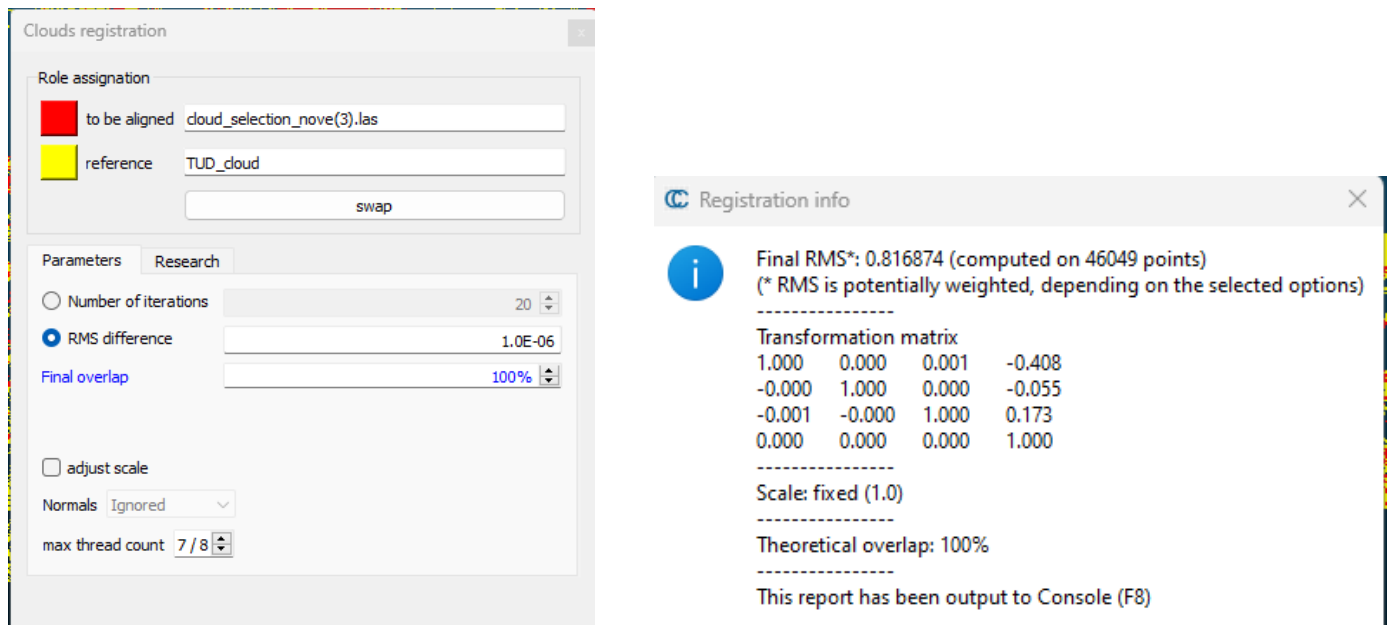
Tato metoda úspěšně označila vegetaci na skalách a detekovala strmé skalní stěny, které nebyly dříve zachyceny s dostatečnou podrobností. Na druhou stranu dělaly problém stejné spektrální příznaky opadaných stromů a skal nebo tmavé skalní stěny, které byly klasifikovány jako půda. Bylo tedy nutné ještě udělat manuální klasifikaci. Ručně byly vyhodnoceny vytvořené skalní plochy nad ortofotem a bylo rozhodnuto, zda se skutečně jedná o skálu. Na základě těchto ploch byly vybrány body z bodového mračka, které byly zahrnuty do kategorie *ground*.

3.3.3. Spojení bodových mraček

Po klasifikaci obou bodových mraček mohlo dojít k jejich spojení neboli koregistraci. Koregistrace je výpočet transformačních parametřů pro určité území s cílem porovnávání či kombinování více vrstev. Transformační parametry je podle Holmana (2013) nejvhodnější určovat přímo u bodových mraček. Obraz zemského reliéfu v podobě vrstevnic či TIN vzniká totiž

interpolací, která vede k výskytu určitých nepřesností v tom, jak daný model reprezentuje reliéf. Tyto nedostatky následně ovlivňují i samotnou koregistraci. Výpočet transformační matice byl proveden pomocí softwaru *CloudCompare*, který umožňuje správu a porovnání 3D bodových mračen. Software využívá jednu z nejrozšířenějších metod algoritmus ICP (z angl. *Iterative Closet Point*). Jak z anglického názvu vyplývá, algoritmus funguje na opakovaném odhadu vzájemné polohy bodů z mračna, dokud nedosáhne nejnižší vzájemné chyby (Wróbel 2018). V softwaru pro výpočet transformační matice lze využít funkci *Cloud registration*, která nabízí řadu nastavení. Nejdříve je potřeba zvolit referenční a transformované bodové mračno (*Role assignation*). Pro potřeby této práce bylo jako referenční mračno bodů (model) zvoleno mračno bodů z projektu *GeNeSiS*. Další možností je kritérium pro ukončení iterativního výpočtu parametrů transformace. Lze zvolit pevně daný počet iterací, což zkracuje celkový výpočetní čas, ale nemusí garantovat optimální transformační parametry. Alternativně lze volit ukončení iterací podle maximálního rozdílu směrodatné odchylky mezi dvěma následujícími iteracemi, což vede k přesnějším transformačním parametrům, ale s vyššími nároky na výpočetní čas (Holman 2013). Byla zvolena druhá možnost s nastavenou prahovou hodnotou 1×10^{-6} . Holman (2013) taktéž ve své práci doporučuje využít volbu *Enable furthest point removal*, kdy při výpočtu dochází k odstranění odlehlých bodů, aby výsledná transformační matice co nejvíce odpovídala skutečným posunům. Ve verzi 2.13 *Cloud Compare* je také možnost nastavení *Final Overlap*, což znamená na kolik se jednotlivá mračna překrývají. Nastavení funkce *Cloud registration* pro potřeby této práce zachycuje obr. 26. Výsledkem je transformační matice 4×4 , která zobrazuje posun a rotaci mračna bodů. Mračna bodů využita pro cíle této práce byla vzájemně

posunuta především na ose Z o 17,3 cm (+/- 0,5 cm shodné jako u Holman (2013)) a na ose X o 4,1 cm, rozdíl na ose Y byl zanedbatelný, viz obr. 27.



Obr. 27: Nastavení funkce *Cloud registration* (vlevo), výsledná transformační matice (vpravo)
Zdroj: Vlastní zpracování

3.4. Návrh objektů a struktura geodatabáze

„Geodatabáze je prostorová databáze navržena pro ukládání, dotazování a manipulaci s geografickými informacemi a prostorovými daty.“ (Klufová 2019) Jedna z možných podob geodatabáze je ESRI Geodatabase. Jedná se o formát vyvinutý firmou ESRI. Geodatabáze, jako přirozená datová struktura systému ArcGIS, představuje hlavní formát dat používaný pro editaci a správu dat. Právě díky zpracování dat v softwaru *ArcGIS Pro* bylo pro ukládání dat zvolena geodatabáze. Prostředí dokáže zpracovat jak vektorová, tak rastrová data, také umožňuje logické utřídění vrstev do datových sad (Klufová 2019).

Datová sada je mechanismus, který organizuje geografické informace v *ArcGIS*. Je rozlišováno hned několik druhů. Ve své práci jsem využila **souborovou databázi** (*File geodatabase*). Tato datová sada uchovává data jako adresář na disku až do velikosti 1 TB, zároveň umožňuje úsporu místa o 50–70 % oproti *osobní geodatabázi*. Další výhodou je možnost většího množství čtenářů na jednu sadu i více editorů pro různé datové sady (Klufová 2019).

V geodatabázi byly vytvořeny datové sady (*Feature Dataset*) s předem definovaným souřadnicovým systémem ETRS 1989 ETRS-TM33. Do vytvořených sad následně byla

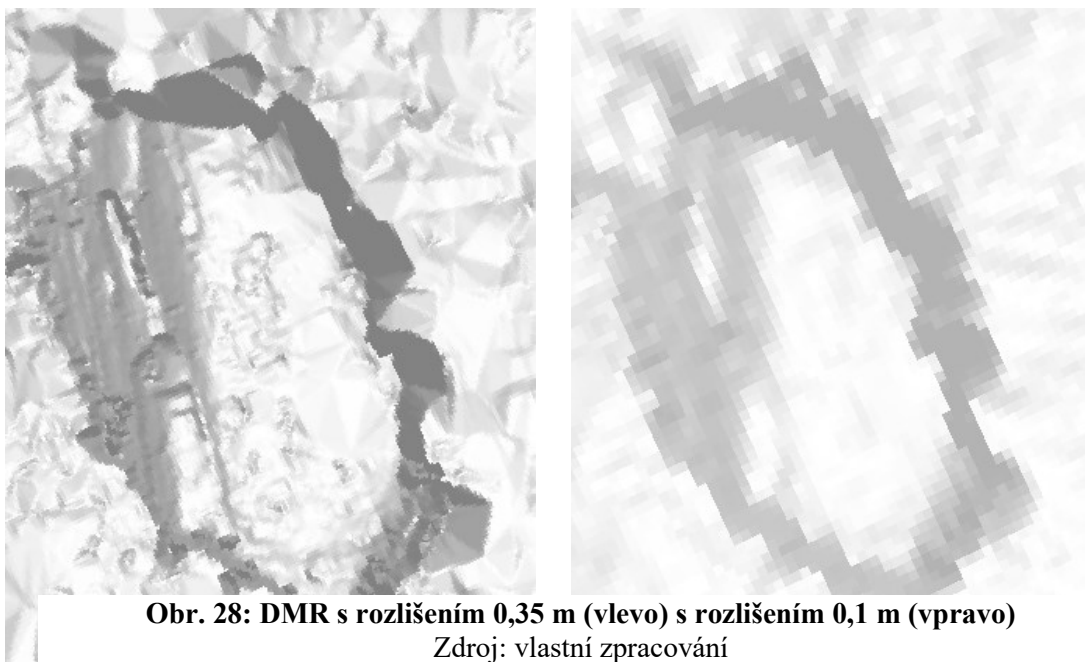
ukládána vektorová data v podobě jednotlivých tříd prvků (*Feature Class*). Organizace vektorových dat v datových sadách dává větší přehlednost. Pro účely této práce byla navržena geodatabáze se čtyřmi sadami, viz Tab. 1. Každá datová sada obsahuje několik tříd prvků. Tyto třídy prvků, jejich geometrie, vyjádření a způsob zpracování jsou popsány níže.

Feature dataset	Feature class	Type of feature
pozůstatky	sklípek	polygon
	pískovcový sokl	linie
	těžba pozůstatky	bod
komunikace	cesta	linie
	plocha cest	polygon
	most	linie
	zeď	linie
	plocha zedí	polygon
	schodiště	linie
	dopravní skluz	linie
	plocha dopravního skluzu	polygon
	nákladíště	linie
	překladiště	linie
Skály	pata skály	linie
	lomová linie	linie
	plocha skály	polygon
	převís	linie
	balvan	polygon
	kamenná akumulace	polygon
Ostatní	horolezecké objekty	bod
	informační tabule	bod
	jeskyně	bod
	nebezpečné úseky	bod
	horolezecké cesty	linie
	hranice NPR	linie
	lesní vegetace	polygon
	vodní tok	polygon
	vrstevnice	linie

Tab.1: Přehled prvků v geodatabázi s rozdělením do jednotlivých sad
Zdroj: Vlastní zpracování

Třídy prvků vznikly buď převzetím z geodetického náčrtu z projektu „*Databáze starých lomů a dobývek na území NP Českého Švýcarska a CHKO Labské pískovce*“, vektorizací nad vytvořenými podklady nebo zaměřením v terénu. Mezi nejpoužívanější podkladové vrstvy patřily DMR, *Hillshade* (stínovaný model), *Slope* (sklonitost) a ortofoto.

DMR (digitální model reliéfu) vznikl ze spojeného bodového mračna z projektu GeNe-SiS a mračna z vlastního dronového snímkování. DMR byl vytvořen pomocí funkce *LAS Dataset to Raster*, kde je možnost nastavení rozlišení či metodu interpolace. Pro účely této práce byly vytvořeny čtyři DMR. První dvojice vznikla na základě kvality rozlišení, kdy první DMR má rozlišením 0,35 m a druhý 0,1 m. Dvojí kvalita rozlišení je způsobena především lokálním zhuštěním bodového mračna v okolí lomových stěn (díky bodovému mračnu odvozenému z dronových snímků) a v místech, kde je řidší vegetace. Díky zahuštění bodového mračna kolem skal lze získat podrobnější náhled na terén, viz obr. 28 (srovnání DMR 0,35 a 0,1). Druhá dvojice dmr (DMR_max, DMR_min) vznikla na základě použití rozdílné metody přiřazení hodnoty buňkám, obě s rozlišením 0,1 m. Pro DMR_max byla zvolena metoda, která vypočítávala hodnotu buňky na základě nejvyšší nadmořské výšky, pro DMR_min na základě nejnižší nadmořské výšky.



Z DMR lze odvodit několik produktů. Lysák (2016) je rozděluje do dvou skupin: na ty, které zvýrazňují určitou informaci o terénu (sklonitost, orientace, *sky view* a další), a ty, které jsou vhodné pro přímou kartografickou vizualizaci (vrstevnice, stínování).

Stínovaný reliéf je velmi rozšířeným způsobem vizualizace DMR. Principem této vizualizace je situace, kdy na DMR dopadají světelné paprsky z imaginárního, nekonečně

vzdáleného zdroje světla. Nejjasnější jsou oblasti, kam paprsky dopadají kolmo, zatímco nejtmaší jsou oblasti, kam paprsky nedopadají (Čapek, Mikšovský, Mucha 1992). Nástrojem pro vytvoření stínovaného reliéfu v ArcGIS je *Hillsshade*. Zásadní pro tento nástroj je nastavení parametrů směru osvětlení a úhlu dopadajících paprsků. Směr osvětlení používáme prakticky pouze od severozápadu kvůli správnému vnímání reliéfu. Úhel dopadajících paprsků se určuje v závislosti na charakteru území (Lysák 2016). Pro oblast pískovcových skalních útvarů a strmých stěn je vhodnější volit vyšší úhel dopadajícího paprsku pro zvýraznění makrotvarů. V této práci byl použit úhel 75°.

Rastr sklonitosti vznikl pomocí funkce *Slope*. Tento nástroj počítá změnu výšky mezi sousedními buňkami a výsledkem je stupnice sklonu v procentech anebo ve stupních (sklon 45° odpovídá 100 %, 90° prakticky nekonečnu) (ArcGIS Pro 2024). Změny sklonu obvykle naznačují přítomnost objektů mikroreliéfu a jsou na rozdíl od *Hillshade* nezávislé na směru osvětlení. Tato vlastnost jej činí ideálním pro přesné vymezení rozsahu skalního terénu, zejména v případech s kolmými stěnami, jako jsou například lomové stěny nebo pískovcová skalní města (Lysák 2016).

Dále bylo často využíváno ortofoto, které vzniklo v rámci dronového snímkování zájmové lokality. Jelikož se jedná o hustě zalesněnou oblast, využití ortofota bylo v určitých místech omezené. Naopak v místech s dobrou viditelností ortofoto velice pomohlo k identifikaci jednotlivých objektů.

Dále jsou opsané jednotlivé objekty v databázi, jejich přesný význam, atributy a způsob odvození.

3.4.1. Stavby – pozůstatky

Sklípek

Tyto polygonové vrstvy reprezentují sklípky, které sloužily k uschovávání zásob, náradí lamačů či výbušnin. Vrstva byla odvozena z geodetického náčrtu lomu. Jeden ze sklípků byl ovšem zcela nepřesně zanesen v náčrtu a musel být tedy domapován při terénním šetření. Jedná se o útulnu lamačů na samém okraji areálu až nad lomovou stěnou, která byla vysekána do skalního masivu pod převisem.

Pískovcový sokl

Sokly z pískovcových kvádrů se v lomu z pravidla vyskytují při hranách dříve dlážděných cest. Jeden sokl byl převzat z geodetického náčrtu. Další sokly byly objeveny a zmapovány při terénním šetření.

Těžba pozůstatky

Tato bodová vrstva obsahuje dochované artefakty z lomu, které se podařilo identifikovat v terénu. Jedná se o kovadlinový kámen, korýtko na bodu, úvazový kámen či stopy po těžbě přímo na skále (exploze, klínování) anebo rytiny. Přesné polohy některých objektů (kovadlinové kameny, úvazové kameny) byly převzaty z geodetického náčrtu lomu. Ostatní body v databázi byly zaměřeny při terénním šetření.

3.4.2. Komunikace

Cesty

V zájmovém území se vyskytují čtyři druhy komunikací: silnice, výraznější cesty/pěšiny, původně dlážděné cesty, pěšiny. Silnice číslo 62 z Děčína do Hřenska byla převzata z geodetického náčrtu, stejně tak jako pěšina v dolní části svahu, po níž vede turistická značená trasa. Ta navíc v místech, kam nezasahoval geodetický náčrt, byla doplněna o data z terénního šetření. Původně dlážděné cesty dříve spojovaly jednotlivá pracoviště anebo sloužily k přístupu do lomu, dnes je ovšem většina cest zarostlá a v terénu špatně čitelná. Cesty byly částečně odvozeny z geodetického náčrtu a dále jejich průběh doplněn v terénu. Pěšiny byly odvozeny z horečského průvodce a jejich přesná poloha musela být domapována. Tyto linie buď dříve sloužily k průchodu lomu, anebo dnes k přístupu k lezeckým stěnám. Na některých místech jsou pěšiny v souběhu s původními dlážděnými cestami, a identifikují tak ty z nich, které jsou stále průchozí.

Plocha cest

Na základě liniových prvků cest byly odvozeny jejich plochy. Vrstva plocha cest vymezuje ty komunikace, které mají nebo měly dostatečnou šířku pro vizualizaci formou plochy. Jedná se dnes o zpevněné typy cest: silnice, výrazná pěšina a také dříve dlážděné cesty (typ v geodatabázi zpevněné cesty).

Most

V místě, kde se skluz kříží s cestami, nejdříve s turistickou a poté se silnicí, bylo vybudováno zpevněné přemostění. Pro lepší vizuální chápání situace, kdy skluz probíhá pod komunikací, byla do databáze zahrnuta také liniová vrstva mostu, chápanou jako jeho „zábradlí“.

Zed', plocha zdi

Vrstva vizualizuje systém opěrných zdí, které oddělují jednotlivá patra lomu, sloužily jako opora cestám anebo měly význam pro zachycení balvanů. Liniové prvky byly odvozeny z geodetického náčrtu. V terénu je bylo potřeba podrobně domapovat, jelikož tento systém zdí je již značně poškozen. Na základě rastrové vrstvy *Slope* byla následně odvozena pata zdi pomocí funkce *Feature to Polygon*. V situaci, kdy zed' není kolmá, byly prvky převedeny do formy polygonu.

Schodiště

Vrstva schodiště byla převzata z geodetického náčrtu. Jedno schodiště na okraji zájmového území bylo potřeba zmapovat přímo v terénu. Schodiště je v mapě vizualizováno pomocí liniové vrstvy, která reprezentuje hrany schodů.

Dopravní skluz, plocha dopravního skluzu

Dopravní skluz sloužil k přepravě vylámaného kamene a vede z lomu až na překladiště na břeh řeky Labe. Průběh dopravního skluzu byl převzat z geodetického náčrtu v podobě linií. Tyto linie představují okraje skluzu a místa, kde se vyskytovaly pražce. Polygonová vrstva zobrazuje půdorys celého skluzu.

Nákladiště, překladiště

Tato vrstva vymezuje místa, kde odtěžený materiál byl nakládán za účelem přepravy. Nákladiště se vyskytuje i u břehu řeky Labe, kde je zakončeno překladištěm, zde byl vytěžený materiál nakládán na lodě. Vrstvy byly převzaty z geodetického náčrtu.

3.4.3. Skály

Pata skály

Pata skály označuje spodní část skalního útvaru, kde končí a protíná se mimoskalní terén. Od paty skály následně skalní útvar vystupuje směrem vzhůru. V případě, že se jedná

o převislou stěnu, pata skály je vyznačena v místě okraje půdorysu skalního útvaru. Pro vizualizaci byla využita liniová vrstva, která byla získána odvozením od geodetického náčrtu. Linie však následně byla upravena nad ortofotem, rastrem sklonitosti, stínovaným modelem a DMR. Ortofoto bylo využito pouze v případech, kdy pod hustou vegetací byla pata skály jasně zřetelná. Geodetický náčrt také nezaznamenával veškeré skalní útvary, proto vektorizace nad podkladovými vrstvami a následné terénní domapování bylo nutné. Pata skály byla také využita pro obrys balvanů, který byl odvozen z geodetického náčrtu či domapován při terénním šetření.

Lomová linie

Lomová linie zvýrazňuje místo, kde se značně mění sklon skalní plochy. Vznikla vektorizací nad ortofotem, rastrem sklonitosti a lokálním reliéfem.

Lokální reliéf (LRM) je metoda zvýrazňující terénní hrany a detaily v DMR. Tento proces zahrnuje generalizaci původního DMR a odečtení upraveného modelu od původního. Tam, kde se vykytují objekty mikroreliéfu, je rozdíl mezi rastry největší (Lysák 2016). Nejdříve je potřeba pomocí funkce *Focal Statistics* generalizovat DMR. Následně pomocí funkce *Raster Calculator* bylo generalizovaný DMR odečten od původního DMR.

Objekty lomové linie byly zvoleny převážně v místech s prudkou změnou sklonu v oblastech skal. Muselo dojít k jejich značné generalizaci.

Převis

Jedná se o místo, kde skála vertikálně přesahuje samotnou patu skály. V lomových oblastech se velmi často může jednat o i podruby, viz kapitolu 2.1.3.. Tato místa byla identifikována na základě podkladového rastru, který vznikl nástrojem *Raster Calculator* odečtením rastru DMR_max a DMR_min. Místa označující převis byla zkontrolována na základě bodového mračna a zpřesněna terénním šetřením. Podruba, která se v areálu nachází, byla převzata z geodetického náčrtu. Obvod převisu (jeho zadní strana) je v mapě znázorněna pomocí line.

Balvany kontura

Balvany v podobě liniové vrstvy byly vymezeny na základě DMR, kde výrazné nerovnosti terénu jsou znatelně rozeznatelné. Další objekty balvanů byly převzaty z geodetického náčrtu. Všechny objekty ovšem bylo potřeba zkontrolovat ještě v terénu.

Kamenná akumulace

Plošná vrstva kamenné akumulace vymezuje prostor, kde se vyskytuje velké množství menších pozůstatků po těžbě (kamenný odpad) či skalním řícení. Tyto objekty byly převzaty z geodetického náčrtu, zkontrolovány nad DMR a stínovaným reliéfem a následně zrevidovány v rámci terénního šetření.

3.4.4. Ostatní

Horolezecké cesty

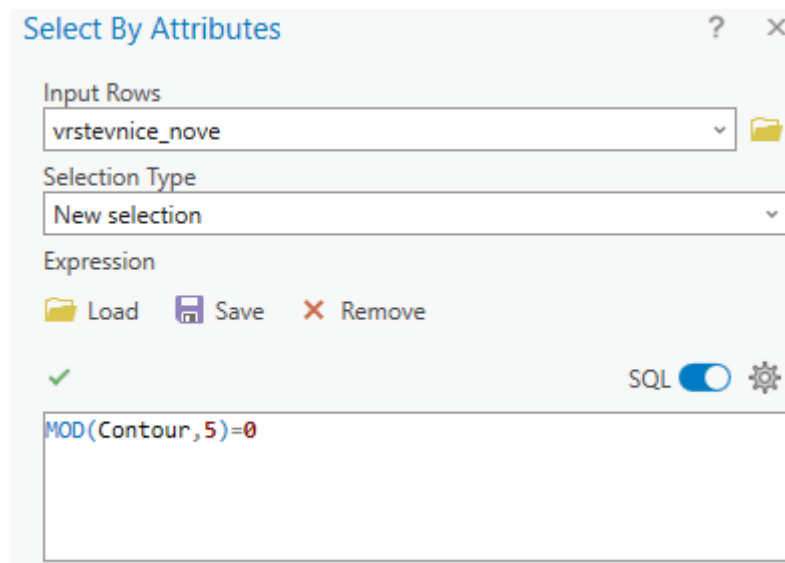
Liniová vrstva horolezeckých objektů vyznačuje místa na skalní stěně, kde je nástup na horolezecké cesty. Tyto objekty byly odvozeny podle Horolezeckého průvodce Chocholoušek, Nehasil (2017)

Informační tabule

Tato bodová vrstva byla zaměřena v terénu. Reprezentuje tabuli informující o výskytu míst, kde zimují netopýři.

Vrstevnice

Vrstevnice byly vygenerovány pomocí funkce *Contour* se ZIV 2 m. Vstupní vrstvou byl vyhlazený DMR s rozlišením 0,35 m.. K vyhlazení DMR došlo nástrojem *Focal Statistic* s typem *Mean* s velikostí buňky 7. Tento postup byl zvolen z důvodu úspory práce při generalizaci



Obr. 29: Nastavení funkce *Select by Attributes* pro vybrání zdůrazněných vrstevnic
Zdroj: vlastní zpracování

vrstevnic, které slouží pouze pro přehled o nadmořské výšce a určování přibližného převýšení. Pro generalizaci vrstevnic byla využita funkce *Simplify Line* s generalizačním algoritmem *Visvalingam – Whyatt* a s tolerancí generalizace 2 m. Následně byly odstraněny veškeré vrstevnice, které byly kratší než 1,5 m. Každá pátá vrstevnice je zdůrazněná, a proto bylo potřeba je rozlišit. Nejdříve bylo přidáno nové pole (zdůrazněná) do atributové tabulky s *data type short*. Následně funkcí *Select by attributes* byla vybrána každá pátá vrstevnice viz Obr. 29. V atributové tabulce již stačilo přidat hodnotu ano (1) vybraných prvků a rozlišit jejich symbologii.

Jeskyně

Bodový znak jeskyně poukazuje na výskyt jeskynního systému nedaleko informační tabule, kde s velkou pravděpodobností zimují netopýři. Toto místo bylo zaměřeno v průběhu terénního šetření.

Nebezpečné úseky

Při terénním šetření bylo identifikováno několik nebezpečných a či obtížně nebo riskantně schůdných míst, které bylo nezbytné zanést do mapy. Jedná se o místa, kde je potřeba překonat skalní stěnu nebo místa na pěšině, která vedou příliš blízko horní hrany skalní stěny.

Hranice NPR

Prakticky celé území lomového areálu se nachází v NPR Kaňon Labe. Při silnici u Labe ovšem tato NPR končí. Data byla získána ze stránek AOPK ve formě shapefile.

Lesní vegetace

Tato vrstva reprezentuje zalesněné území, tedy celé území lomu mimo vodní tok.

Vodní tok

Vrstva vodního toku byla odvozena na základě DMR a *Slope*, jelikož v místě, kde Labe začíná, je zřetelná změna sklonu svahu.

3.5. Finální sběr dat v terénu

Na určitých místech v areálu lomu i přes podrobné geodetické měření nebyla situace zcela jasná, a tak bylo potřeba provést zpřesnění. Jednalo se především o průběh cest, identifikaci pěšin či kamenných akumulací nebo zdí. Navíc geodetický náčrt neobsahoval podrobné informace o mikroreliefu (jako například o převisích). Jejich polohu bylo potřeba zkontrolovat

v terénu. Dalším objektem, který bylo nutné prozkoumat, byly horolezecké cesty. Ty byly odvozeny z horolezeckého průvodce a bylo tedy nutné je zkontrolovat, resp. upřesnit polohu.

Data byla sbírána pomocí aplikace *Field Maps* od společnosti Esri. Aplikace umožňuje prohlížení, ale také editaci již vytvořených vektorových dat, včetně atributů. Aplikace umožňuje stažení vrstev off-line a výhodou je také možnost práce na místech, kde je nedostatečný signál. Navíc je obohacena o sledování a zobrazení polohy pomocí GNSS, a je tedy možný sběr prostorových dat přímo v terénu. Tato aplikace je přímo propojená s *ArcGIS Online*, což zjednodušuje práci při přípravě i následné synchronizaci dat.

3.5.1. Příprava podkladů pro sběr dat v terénu

Přípravná fáze se dělí na dva kroky: První je příprava dat v *ArcGIS Pro*. Druhý krok je příprava v online prostoru. Přípravu vektorových a rastrových dat bylo potřeba provádět odděleně, jelikož každý typ dat je nutné nahrávat na ArcGIS Online jiným způsobem.

Příprava v ArcGIS Pro

Nejdříve si vhodně nastavíme symbologii stávajících vrstev. Ideální je zvolit velice výrazné barvy, aby prvky byly v mapě jasně rozlišitelné. Pro potřeby mapování je nadále nezbytné přidat dvě nové vrstvy (liniová, bodová). Liniová vrstva reprezentuje obvody objektů či průběh liniových prvků (např. cest). Bodová vrstva slouží k tvorbě bodových poznámek či na přiložení fotografií přímo z místa. Projekt s vytvořeným topografickým podkladem ve formátu vektorových dat byl nahrán do prostředí *ArcGIS Online* nástrojem *Share as Web Map*. Nově vytvořené vrstvy byly nadále nahrány samostatně pomocí *Share as Web Layer* z důvodu lepšího nastavení v *ArcGIS online*.

Rastrová data v podobě ortofota, DMR, rozdílového DMR (pro potřeby identifikace převisů), stínovaného reliéfu a sklonu bylo potřeba připravit odlišným postupem. Nejdříve si zkontrolujeme, zda každý rastr má přiřazený souřadnicový systém. U ortofota bylo potřeba pomocí funkce *Define projection* souřadnicový systém definovat. Dále byl pomocí funkce *Manage Tile Cache* vytvořen Tile Cache, ze kterého lze vytvořit soubor TPKX funkcí *Export Tile Cache*. Rastry, v podobě TPXX souboru, byly následně sdíleny na *ArcGIS online* pomocí funkce *Share Package*. U této funkce je důležité zvolit parametr *Publish web Layer*, aby byla vrstva přístupná. Každý rastr byl nahrán jako samostatná vrstva do předem vytvořené složky bakalářka a nasdílen do společné skupiny „BP_hockova“.

Příprava v ArcGIS Online

Jak již bylo zmíněno výše, pro lepší přehlednost byla veškerá data vložena do jedné složky a zároveň nasdílena do společné skupiny s vedoucím bakalářské práce. U topografických vektorových vrstev bylo potřeba označit v záložce *Settings* možnost *Enable Sync*, což umožňuje synchronizaci a offline použití. U vrstvy bodů a linií pro potřeby terénního mapování navíc byly povoleny možnosti *Enable Editing* a *Keep track of changes to the data*. Taktéž pro tyto vrstvy bylo potřeba povolit přidávání příloh (*Enable Attachments*). Rastrovým datům byl zvětšen rozsah viditelnosti a povoleno offline používání taktéž v záložce *Settings*. Rastrová data a vektorové vrstvy pro šetření v terénu (body, linie) byly vloženy do webové mapy. Mapa byla otevřena ve *Field maps Designeru*, kde bylo umožněno používání offline a tím byla mapa již připravená ke stáhnutí.

3.5.2. Pořizování dat v terénu

Terénní šetření proběhlo 16. 2. 2024 za polojasného počasí mimo období hnízdění a v mimovegetačním období, aby byl jednodušší průchod terénem. Pro mapování KAGIK zapůjčila GNSS Trimble Catalyst. Aktivována byla centimetrová přesnost využívající RTK, nicméně s ohledem na charakter terénu jí nebylo vždy dosaženo. Data, která byla získána v terénu, byla rovnou zaznamenávána v tabletu a přenášena do *ArcGIS Online*. Terénní šetření proběhlo s cílem revize veškerých dat získaných s podkladových materiálů a doplnění chybějících objektů. Důraz byl kladen na kontrolu zdí, tedy měření jejich začátku a konce, dále byl důraz kladen na kontrolu ploch kamenných akumulací nebo dořešení detailů terénních hran. V terénu také bylo potřeba zmapovat průběh cest, které byly odvozeny z velice nepřesného lezeckého průvodce. Práce v terénu umožňuje nezkreslený pohled na terén a dovoluje vytvořit si poznámky o průběhu terénu pro lepší vizualizaci pat či lomové linií skal.

Vzhledem k vysoké zalesněnosti území měla data získána ze zařízení GNSS přesnost pohybující se od desítek centimetrů až k metrům. Vyšší odchylka se týkala převážně liniových prvků z důvodu pohybujícího se přijímače. Tato data byla tedy brána v úvahu spíše orientačně v případě poznámek o průběhu skal atd. V případě, kdy byly pomocí GNSS zaznamenány průběhy cest, jedná se však o jediný přijatelný zdroj informací. Mnohem lepší přesnost měla bodová data, při jejichž sběru byl dostatečný výhled na oblohu. Jednalo se o body konců a začátků zdí nebo nově zmapované hrany balvanů.

V průběhu terénního mapování byly k objektům pořizovány fotografie pro lepší orientaci a usnadnění následného kancelářského zpracování.

3.5.3. Synchronizace a zpracování dat

V případě připojení k internetu během terénního mapování se data automaticky synchronizovala s účtem ArcGIS Online. Pomocí funkce *Open in ArcGIS Desktop* byla data následně otevřena na desktopu. Nahrána data do ArcGIS Pro a byla využita pro dotvoření topografické geodatabáze.

4. Kartografické zpracování

Následující kapitola se zabývá tvorbou výsledné mapy. Jedná se o vizualizaci vrstev topografické databáze popsané v kapitole 3.4.. Důraz při vizualizaci je kladen především na reprezentaci skal. U vrstev z geodatabáze bylo potřeba nastavit vhodnou symbologii a následně provést sofistikovanější úpravy např. generalizaci pro čitelný a kartograficky správný výsledek. Dále je v kapitole zmíněna vizualizace podkladových dat (stínový model reliéfu), popisu a samotný návrh layoutu, který je neodmyslitelnou součástí tvorby map.

4.1. Návrh a tvorba znakového klíče

„Tvorba znakového klíče mapy je převodem obsahu mapy do jazyka mapy“ (Bláha 2013b). Způsobů vyjadřování obsahu je nespočet. Rozhodující roli proto hrají použité vyjadřovací prostředky. Vhodnou volbou a kombinací parametrů kartografického znaku, mapa může předat velké množství informací o daném objektu nebo jevu. Mezi parametry kartografického znaku patří velikost, druh, barva, struktura atd. Volba těchto parametrů je podmíněná dvěma základními principy: analogie - asociativnosti a konvence. První princip reflektuje skutečnost prostřednictvím velikosti a vlastností znaku, velikost objektu ve skutečnosti se odráží na velikosti znaku, zatímco druhý princip vychází z obecných kartografických zvyklostí, jako je použití modré barvy pro zobrazování vodstva nebo teplých odstínů pro pozitivní prvky (Bláha 2013a). Znakový klíč by měl být již od začátku tvořen s ohledem na účel použití mapy a s důrazem na úplnost a použitelnost. To znamená, že každému objektu z tematické databáze musí být přiřazen příslušný mapový znak, který bude přehledný, názorný či jasně rozlišitelný pro čtenáře (Bláha 2013b).

Existují tři základní reprezentace kartografického znaku: bodové (figurální), liniové a plošné znaky. Rozhodujícím kritériem pro volbu mezi areálovou nebo bodovou či liniovou značkou je měřítko mapy a důležitost jednotlivých prvků pro uživatele. Tato volba představuje první stupeň generalizace, jelikož bodovou a liniovou geometrii má ve skutečnosti jen minimum prvků.

Při tvorbě znakového klíče bylo kladen důraz především na pozůstatky lomové činnosti v lokalitě a jejich zasazení do krajiny, kterou již člověk přestal k tomuto účelu využívat. Vzhledem k nedostatku map podobných lokalit byl znakový klíč navržen s ohledem na měřítko mapy, účel mapy a byl pouze volně inspirován mapami podobného měřítka.













Většinu kartografických znaků je možné tvořit přímo v softwaru *ArcGIS Pro*, který má vlastní knihovnu znaků v záložce *symbolology*.

4.1.1. Bodové značky

„*Bodové či figurální značky reprezentují obvykle prvky, jejichž půdorys je příliš malý na to, aby mohly být v mapě zachyceny areálovými znaky*“ (Miklín a kol. 2018). Samotná bodová značka má v mapě velikost pouze v řádu milimetrů, ale stále by měla být dostatečně čitelná pro čtenáře. Na základě jejich tvaru a původu se rozlišují čtyři druhy značek – **geometrické, symbolické, obrázkové a písmenné** (alfanumerické) (Čapek, Mikšovský, Mucha 1992).

Geometrické značky jsou nejjednodušší, jelikož je tvoří základní geometrické obrazce (kruh, čtverec, obdélník atd.). Symbolické značky jsou často odvozeny od půdorysu či tvaru znázorňovaného objektu nebo jsou využívány všeobecně uznávané symboly (zkřížený symbol kladívka a mlátka pro důl). Obrázkové značky představují velice podrobnou až realistikou kresbu např. budov, zvířat, výrobku. Tyto značky nejsou využívány příliš často kvůli poměrné složitosti jejich tvorby; výjimkou jsou plány měst nebo tematické mapy určené pro veřejnost. Taktéž písmenné značky tvořené písmeny a číslicemi jsou poměrně často využívány většinou v tematických mapách (např. znázorňování těžby chemickou značkou), ale lze je nalézt i v mapách topografických (Čapek, Mikšovský, Mucha 1992).

Ve výsledné mapě jsou použity značky geometrické a symbolické s ohledem na přehlednost v mapě (viz Tab. 2). U řady prvků bylo využito inspirace všeobecně uznávanými symboly. Jako příklad lze uvést pásovou značku turistické cesty nebo značku jeskyně. Ostatní symboly byly tvořeny hlavně na základě asociace.

znak	název	barva	Označení barvy v RGB			Velikost (pts)
			R	G	B	
	Pozůstatky těžby		255	65	0	5
	Nebezpečné úseky		255	255	0	8
	Informační tabule		56	168	0	5
	jeskyně		255	255	151	8
	Turistická cesta		0	0	0	7
			77	159	0	7
			255	255	255	7

Tab. 2: Znakový klíč bodových prvků

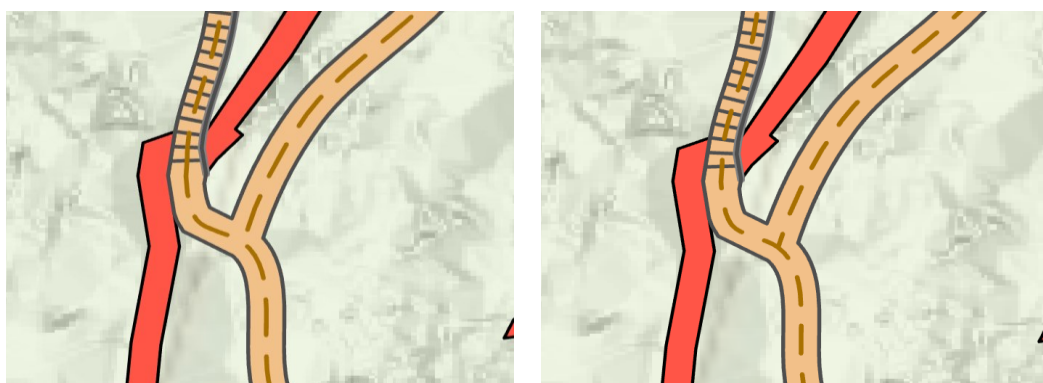
Velikost neodpovídá skutečnosti

Zdroj: Vlastní zpracování

4.1.2. Liniové značky

Miklín a kol. (2018) rozlišuje čtyři typy liniových značek na základě jejich účelu – **identifikační, hraniční, izarytmické, pohybové**. Identifikační neboli půdorysné se používají pro znázornění průběhu prvku liniového charakteru, jehož šířka je oproti délce zanedbatelná, a není možné ho proto v mapě zobrazit areálovou značkou. Hraniční linie (též areálové) znázorňují hranice sousedících, kvalitativně odlišných ploch, např. administrativní hranice, rozhraní ploch s různým využitím půdy atd. Čáry spojující sousedící body o stejné hodnotě určitého jevu se nazývají izarytmické (též izolinie). Využívají se primárně pro znázornění přírodních jevů jako je tlak vzduchu nebo nadmořská výška v podobě vrstevnic. Pohybové čáry slouží k vyjadřování dynamických jevů a jejich změn v čase. Pomocí šipek nejčastěji znárodňují směr pohybu (Miklín a kol. 2018; Čapek, Mikšovský, Mucha 1992).

Liniové znaky použité ve výsledné mapě jsou zobrazeny v tabulce 3., jedná se o identifikační, hraniční a izarytmické linie. Pěšiny jsou v mapě znázorněny přerušovanou linií, jelikož se jedná o komunikaci, která je úzká a málo zřetelná. Výchozí nastavení těchto linií nepřináší zcela kartograficky správnou vizualizaci, viz obr. 30 vlevo. Pro vhodné napojení linií je potřeba vrstvu nejprve pomocí funkce *Multipart to Singlepart* rozřezat na jednotlivé úseky. Tyto úseky vždy začínají a končí na rozcestích. Následně je možné v záložce *Symbology* nastavit *Ending with half pattern*, což nám zaručí vhodné napojení jednotlivých cest, viz obr. 30 vpravo.



Obr.30: Úprava napojení cest

Zdroj: Vlastní zpracování

Linie u vrstvy schodiště zvýrazňuje jednotlivé hrany schodů, stejně tak u objektu skluz identifikuje místa, kde je skluz zpevněn, a jeho hranice. Plocha skluzu probíhá také pod silnicí, v tomto místě je hraniční linie přerušovaná z důvodu průběhu pod komunikací. Pomocí tečkované linie jsou také v mapě zdůrazněny objekty ležící pod terénem jako je například sklípek či převis. Linie je navíc barevně odlišena pro určení objektů přirozených (převis) a objektů antropogenní (sklípek, podruba).

Hranice NPR je vyjádřena úzkou sytou linií v průběhu hranice, doplněnou širší lemovkou s postupným zprůhledňováním směrem do plochy území.

znak	název	barva	Označení barvy v RGB			Šířka linie (pt)	Styl linie
			R	G	B		
	nevýrazná pěšina		78	78	78	0,8	čárkovaná
	obrys výrazné pěšiny		78	78	78	0,3	plná
	obrys silnice		0	0	0	0,5	plná
	Obrys dřívě dlážděné cesty		78	78	78	0,2	plná
	most		78	78	78	1	plná
	schodiště		179	90	64	0,4	plná
	pískovcový sokl		218	141	118	0,5	plná
	obrys smyku		114	91	75	0,5	plná
	obvod nákladiště		114	91	75	1	tečkovaná
	zed'		179	90	64	0,4	plná
	šrafy zed'		179	90	64	0,2	Plná
	antropogenní převis		255	65	0	0,7	čárkovaná
	převis		137	93	22	0,7	Čárkovaná
	hranice NPR		147	197	108	3	Gradient (60% průhl.)
			169	205	156		
	břehovka vodního toku		0	169	230	2	gradient
			190	232	255		
	vrstevnice		230	179	95	0,4	plná
	vrstevnice zdůrazněná		230	179	95	0,6	plná
	Horolezecká cesta		78	78	78	4	plná
	šipka vodní tok		50	184	238		plná

Tab. 3: Znakový klíč liniových prvků














Šířka neodpovídá skutečnosti

Zdroj: Vlastní zpracování

4.1.3. Plošné znaky

Plošné neboli areálové znaky reprezentují určitý geografický prvek, který v měřítku mapy dosahuje dostatečné délky a šířky, aby bylo možné zobrazit plochou. Miklín a kol. (2018) udávají kritérium rozměrů plošného znaku minimálně $0,35 \times 0,35$ mm u čtvercových tvarů. Lze rozlišit dva základní parametry areálových znaků – výplň a obrys. Vyjadřovacími prostředky

jsou barva nebo rastr (Čapek, Mikšovský, Mucha 1992). Vybrané plošné znaky spojitě pokrývají prakticky celou mapu (například vrstvami *land coveru*), proto je u nich potřeba zvolit bledší odstíny se značnou průhledností. Jednak z důvodů čitelnosti stínovaného reliéfu, jednak aby zůstaly patrné liniové a bodové znaky.

znak	název	barva	Označení barvy v RGB			Obrysová linie	
			R	G	B	šířka	styl
	výrazná pěšina		212	212	212	*	*
	silnice		177	177	177	*	*
	dlážděná cesta		228	211	127	*	*
	lavice		255	65	0	0,3	čárkovaná
			104	104	104		
	smyk		212	167	133	0,5	plná
	zeď opěrná		218	141	118	*	*
	Zeď na zachycení balvanů		191	112	88	*	*
	povrch skal		209	171	97	-	-
**	kontura		255	65	0	-	-
	kamenná akumulace		156	156	156	-	-
			210	143	33		
			210	143	33		
	sklípek		255	169	140	0,4	čárkovaná
			255	65	0		
	vodní tok		190	232	255	*	*
	lesní vegetace		143	160	84		-

Tab. 4: Znakový klíč plošných prvků
 Šířka obvodové linie neodpovídá skutečnosti
 * odkazuje na tabulku 2, ** odkaz na tabulku 5
 Zdroj: Vlastní zpracování

Skalní stěna

Reprezentace skalní stěny byla zpracována na základě popisu tvorby kontur dle Lysák (2016) a Martínek (2023) a navíc obohacena o gradient ve stylu použitým Linkovou (2022) pro lepší plastickou vizualizaci. Skalní stěna obsahuje šest navrstvených polygonových vrstev kontur barevně odstupňovaných v závislosti na vzdálenosti – nejvzdálenější buffer měl největší

průhlednost a zároveň velice světlý odstín barvy. Jednotlivé šířky kontur jsou přímo úměrné výšce konkrétního skalního segmentu.

V prvním kroku bylo potřeba rozdělit liniové vrstvy patu skály a vybrané úseky lomových linií, které budou znázorněny konturami. K rozdělení byl využit nástroj *Divide* (možnost *Equal Parts*) ve záložce *Edit*. Jednotlivé linie byly rozsekány na segmenty o délce 0,35 - 0,76 m. Pro každý segment bylo následně potřeba spočítat hodnotu převýšení (relativní výšku skalní stěny). To bylo realizováno pomocí pravostranného Bufferu o velikosti 3,5 m, což představuje maximální šířku skalního povrchu. Pro správné nasměrování bufferu do skalní stěny, je potřeba mít všechny výchozí linie orientované stejným směrem (například zleva doprava). Při práci byly objeveny linie, které měly orientaci opačně. Bylo možné je otočit pomocí funkce *Flip Line*. Výsledné buffery bylo následně potřeba manuálně upravit, aby nezasahovaly do další skal a zároveň obsáhly celou výšku skalní stěny. Následovalo získání informace o relativní výšce skalních stěn, tedy spočítat rozdíl maximální a minimální výšky v DMR. Pomocí nástroje *Zonal Statistics as Table* byla vytvořena tabulka s informací o ID jednotlivých segmentů a relativní výšce (*Range*). Tato tabulka byla spojena přes *Join* se segmenty liniové vrstvy paty skály.

V zájmovém území se vyskytovaly skalní stěny s výškou od 0,4 m do 30,2 m, tyto hodnoty bylo potřeba převést pomocí vzorce (obr. 31) na požadovanou výšku kontury. Pro názornější vizualizaci skalní stěny byla využila série (6) pravostranných bufferů, které mají sestupně zvolený barevný odstín. Jednotlivou šířku a barvu kontur lze nalézt v tab. 5.

$$\check{S}K = \check{S}K_{min} + \frac{RANGE - VT_{min}}{VT_{max} - VT_{min}} \cdot (\check{S}K_{max} - \check{S}K_{min})$$

Kde $\check{S}K$ je šířka kontury; $\check{S}K_{min}$ a $\check{S}K_{max}$ je minimální, maximální šířka kontury; RANGE je relativní výška; VT_{min} a VT_{max} je minimální a maximální výška terénu.

Obr. 31: Vzorec na vypočítání relativní šířky kontury

Zdroj: Vlastní zpracování

Kontury ovšem po vygenerování nebyly vyhlazené a v ostrých úhlech přesahovaly plochy skály. Tento problém byl vyřešen oříznutím jednotlivých kontur pomocí funkce *Clip* pouze na území plochy skály a následnou manuální úpravou. Ke konturám byla posléze ještě přidána zbytková polygonová vrstva povrchu skal, která vznikla funkcí *Erase* z vrstvy plochy skal a nejširší kontury. Jedná se o plochy, kde se vyskytuje skalní plocha, ale kontura neobsáhla celý její povrch. Vrstva povrchu skla byla vizualizována jako další část barevné stupnice skalní stěny.

Název	Barva	Barva kontury			Min. rel. výška (m)	Min v měřítku mapy (mm)	Max rel. výška (m)	Max v měřítku mapy (mm)
		R	G	B				
Kontura03		159	121	46	0,05	0,07	0,30	0,43
Kontura06		178	135	52	0,10	0,14	0,60	0,86
Kontura09		190	144	55	0,15	0,21	0,90	1,29
Kontura14		197	150	58	0,22	0,31	1,40	2,00
Kontura21		202	158	73	0,35	0,50	2,10	3,00
Kontura28		203	160	77	0,45	0,64	2,80	4,00

Tab. 5: Znakový klíč s relativní výškou kontur

Zdroj: Vlastní zpracování

Balvany

Symbologie vrstvy balvanů vznikla pomocí funkce *Multiple Ring Buffer*. Tato funkce umožňuje vytvořit sérii bufferů po zvoleném kroku. U jednotlivých bufferů byla následně nastavena průhlednost a sytost barvy v závislosti na vzdálenosti – čím vzdálenější buffer tím méně sytá a více průhledná barva viz tab. 5. Reprezentace balvanů je tvořena na základě stejného principu jako skalní stěna s tím rozdílem, že u balvanů byly velikosti bufferů nastaveny defaultně ne na základě relativní výšky.

Kamenné akumulace

Reprezentace kamenných akumulací vznikla na základě popisu reprezentace sutí na topografických mapách v článku Lysák (2015). Nejdříve byla vytvořena polygonová vrstva s šedou průhlednou (69%) výplní a tečkami, jejichž pozice byla nastavena na *random*. Pro doplnění polygonu byl vybrán bodový symbol trojúhelníků s větší velikostí a ofsetem než tečky, ovšem relativně pravidelněji rozložených. Nejdříve bylo potřeba vygenerovat síť šestiúhelníků (*Generate tessellation*) pro území kamenných akumulací. Tyto šestiúhelníky byly převedeny pomocí funkce *Feature to point* na body, které bylo už možné vizualizovat jako trojúhelníky s náhodným natočením.

4.2. Popis

Popis je podstatnou součástí každé mapy. Správná poloha objektu a jeho druh musí být doplněny také o jméno daného objektu. Pomocí různých velikostí, barvy a druhu písma popis představuje způsob, jak od sebe odlišit jednotlivé objekty (Čapek, Mikšovský, Mucha 1992).

Pro celou mapu byl použit font písma *Fira Sans*. Červená byla použita pro popis pozůstatků těžby, které by měly působit v mapě nejvýrazněji. Hnědá, s různými odstíny, byla využita pro popis lezeckých oblastí a popis vrstevnic. Modrá barva byla vyhrazena pro popis vodních ploch a zelená pro popis NPR. Většina ostatních popisků je následně černá anebo černošedá. Vzhledem ke kontrastu barev byla pro červený popis zvolena menší velikost písma než například pro hnědý popis, neboť červená barva popisu působí mnohem výrazněji než černá.

Popis objektů byl do mapy přidán u jednotlivých vrstev pomocí funkce *Labeling*. Nastavení popisu proběhlo v *Labeling properties*, kde byla nastavena barva, velikost, font písma a pozice popisu. Následně byl popis převeden funkcí *Convert Labels to Annotation* na anotace. V této funkci je důležité nastavit vždy parametr *Conversion Scale* na měřítko 1 : 700, aby nedošlo ke změně absolutní velikosti. Popis v podobě anotace bylo následně možné manuálně upravit do podoby, která vyhovuje kompozici jednotlivých prvků a konfliktu vrstev.

Popis vrstevnic vznikl pomocí bodové vrstvy. Bylo nutné nejdříve vytvořit šestiúhelníkovou síť funkcí *generate tessellation*, která byla převedena na body. Tyto body byly manuálně umístěny na nejbližší vrstevnice a pomocí funkce *Add Surface Information* jim byla přiřazena příslušná výška. Následně již bylo možné zobrazit popis nástroj *Labeling* tak, jako tomu bylo u všech ostatních vrstev.

Pro lepší čitelnost popisu pozůstatků těžby bylo nastaven *Halo efekt* o velikosti 0,5 pt. Pro čitelnost ostatních prvků byly využity masky.

4.3. Masky

Pro zvýšení čitelnosti prvků a odmaskování vrstevnic je možné použít funkci *Feature Outline Masks*. Pomocí této funkce byly odmaskovány popisy komunikací s šířkou masky 0,5 mm. Následně bylo také potřeba nastavení masky bodovým prvkům v ploše kamenných akumulací, aby vrstevnice v těchto plochách zůstaly jasně zřetelné. Byl vytvořen buffer kolem bodových prvků trojúhelníků a poté v záložce *Feature Layer* u vrstvy vrstevnic nastavena maska pro tento buffer.

Maskování vrstevnic v oblasti skal a balvanů bylo docíleno vytvořením bufferu kolem vrstvy povrchu skal v šířce 1,5 mm. Po použití funkce *Masking* se vyskytla celá řada krátkých pozůstatků vrstevnic, které bylo potřeba odstranit. Na základě Martínek (2023) došlo k vytvoření duplicitní vrstvy vrstevnic, kde byly odstraněny vrstvy v maskovacím poli, poté došlo k vybrání krátkých úseků vrstevnic, kterým byl vytvořen Buffer o velikosti 1 mm. Tato nová vrstva bufferu byla spojena se stávající maskovací plochou. Tato metoda maskování zpřehlední obsah mapy, ale zároveň ponechá informaci o nadmořské výšce, jelikož veškeré vrstevnice zůstanou zachovány a jsou pouze odmaskovány.

4.4. Stínovaný model reliéfu

Jako jedna z vrstev byl do mapy přidán stínovaný model reliéfu. Tento stínovaný model vznikl z DMR s rozlišením 0,35 m a se sklonem osvětlení 75 %. Rastru byla ještě pro lepší čitelnost nastavena průhlednost 70 %. *Layer Blending* byl nastaven na *Multiply*, což umožňuje patrnější stínovaný reliéf bez „smývání“ vrstvy *land use*.

4.5. Kompozice mapy

Kompozicí mapy se rozumí umístění jednotlivých prvků na výsledném archu papíru. Při tvorbě výsledné podoby mapy je potřeba se zamýšlet nejen nad účelem, ale také nad estetičností (Miklín a kol. 2018). Povinnou součástí mapy je název, legenda, měřítko a do samotného mapového pole byl navíc přidán doprovodný text a souřadnicová síť. Celý návrh výsledné mapy byl tvořen v ArcGIS Pro v sekci *Layout View*.

Měřítko mapy bylo nastaveno na 1 : 700 a v závislosti na tom byl zvolen i formát papíru. Rozměry papíru byly nastaveny na 430 × 430 mm z toho důvodu, aby území sahalo až k Labi, ale zároveň se zachovala dostatečná podrobnost mapy.

Standartní nasměrování mapového pole na sever se v kontextu mapovaného území nezdálo zcela efektivní, poněvadž by mapové pole zachycovalo i nezmapované lokality, proto došlo k rotaci celé mapy o 115° po směru hodinových ručiček. Díky této rotaci je osa lomu rovnoběžná, resp. kolmá na osu papíru, což umožňuje lepší představivost o fungování lomu a o kompozici jednotlivých objektů. Navíc tato rotace dovoluje maximální využití plochy papíru a zvětšení měřítka.

Mapové pole leží ve středu papíru a je ohraničeno rámem. Do pravého dolního rohu byla umístěna legenda, která nejdříve byla vygenerována automaticky a následně převedena na grafiku a manuálně upravena. Nad legendu byl umístěn doprovodný text k historii lomu

a nad tento text byl situován název mapy. Do levého dolního rohu byla umístěna tiráž s grafickým měřítkem a směrovkou, která hraje důležitou roli vzhledem k rotaci mapy.

Součástí mapy je také zeměpisná síť, která byla vygenerována nástrojem *Grid*. Interval této sítě byl nastaven na 2". Díky převedení na grafiku bylo možné zeměpisnou síť ještě následně upravit. Popis této sítě byl součástí vnějšího rámu společně s nejbližšími cíli cest.

5. Diskuse

Cílem této práce bylo jednak podrobné zmapování bývalého lomového areálu *Commite Steinbruch*, jehož součástí bylo i celkové seznámení se s historickým kontextem dané lokality a současným stavem. Byla vytvořena mapa lokality ve velkém měřítku se zaměřením na znázorňování pískovcových skalních stěn a zachycení pozůstatků těžby v lokalitě, která je již pohlcena přírodou.

Podnět k realizaci této mapy přišel z Muzea v Ústí nad Labem, které iniciovalo projekt „*Databáze starých lomů a dobytých v oblasti NP České Švýcarsko a CHKO Labské pískovce*“. Tento projekt se hlouběji zabývá historií těžby v lomových oblastech *Commite Steinbruch* a *Golden Ranzen*, znovuobjevil tak zapomenutou lokalitu, jejíž historie ovlivňovala dění v regionu. V rámci projektu vzniklo geodetické zaměření, které bylo jedním z hlavních zdrojů pro výslednou práci. Mimo toto zaměření se vyskytuje jen malé množství historických podrobných map, navíc tyto mapy nezaznamenávají dostatečně podrobně a přesně celý lomový areál. Horezecký průvodce pak zobrazuje oblast celého lomu a okolí, ale nemá geodetické základy. Lze tedy podotknout, že výsledná mapa představuje ojedinělé dílo. Jedná se o přehlednou mapu, která na rozdíl od geodetického zaměření zobrazuje výškopis v celém mapovém poli. Mapa je taktéž unikátní komplexním zachycením celé lokality lomu v návaznosti na okolí.

V rámci tvorby mapy byla využita data získána moderními technologiemi. Jedná se o data z LLS, data ze snímků z dronu a data z GNSS sbíraná na tablet při terénním šetření. Jako primární datový zdroj pro vytvoření výškopisu mapy byla data LLS z TUD (*Technische Universität Dresden*), která poskytla podrobné informace o terénu a identifikaci skalních útvarů. Pro vytvoření mapy velkého měřítka je nezbytné mít co nejvíce přesná a podrobná data. Jelikož data TUD nemají tak velkou hustotu, byla žádoucí jejich kombinace s dalšími daty. Nabízelo se využití běžně používaného DMR 5G, který byl pořízen Českým zeměměřickým úřadem a který poskytuje velmi detailní informace pro území Česka. Ovšem tato data byla pořízena ve vegetačním období, a proto jsou méně podrobná. Bylo tedy uskutečněno terénní šetření s cílem získat důkladná a aktuální fotogrammetrická data v okolí lomových stěn. Dronové snímky zajistily zahuštění bodového mračka z LLS, ale pouze lokálně. I přesto, že snímkování probíhalo mimo vegetační období, kvůli poměrně hustému vegetačnímu krytu se dronovou fotogrammetrií podařilo zpřesnit reliéf jen velmi lokálně. To je v souladu s očekávaným hlavním

nedostatkem fotogrammetrie – nemožnost nahlédnout pod vegetaci. Je rovněž důležité zdůraznit, že se podařilo získat mimořádně přesná a podrobná data o Děčínské věži.

Pro získání přesných odvozených produktů ze vstupních dat je nezbytná důkladná klasifikace dat LLS. Vzhledem k členitému reliéfu a husté zalesněnosti pískovcové krajiny se ukázalo, že automatické metody klasifikace bodů nejsou také vhodné. Tyto algoritmy často klasifikují strmé svahy jako vegetaci, což vede k významné ztrátě terénních informací. Proto je v takovýchto lokalitách nezbytné provést manuální klasifikaci bodového mračna, která je však časově náročná a přináší řadu výzev. I přes velkou snahu o preciznost není zpracovatel bezchybný. Například oddělení nízké vegetace od povrchu, nebo správná identifikace jednotlivých skalních útvarů při vysoké zalesněnosti území, představují poměrně složité úkoly. Území zkoumaného lomu je charakteristické hustou vegetací, což často znesnadňovalo identifikaci jednotlivých objektů. Nepřesnosti, které byly způsobené manuální klasifikací, šlo částečně minimalizovat pomocí jejich následné identifikace na stínovaném modelu reliéfu a na základě terénního průzkumu.

Informace o terénní struktuře byly zobrazeny prostřednictvím stínovaného modelu terénu, vrstevnic a kontur skal. Konturová metoda poskytuje jasnou identifikaci jednotlivých úrovní terénu a předává informace o relativní výšce skalních stěn. Pro vytvoření konturového modelu byla klíčová identifikace paty skalního útvaru s využitím stínovaného modelu reliéfu a ortofota z terénního mapování. Použití ortofota bylo omezeno pouze na viditelné části reliéfu pod vegetací. Při nedostatku podrobných dat byla pata skály odvozena z geodetického zaměření z UJEP. Pro tvorbu kontur v této práci byly použity nástroje ArcGIS Pro s manuálními úpravami, což je časově náročný proces, jenž je vhodný především pro menší území. Pro mapy středního měřítká je efektivnější použití skriptování pro vizualizaci. Kontury byly dále doplněny gradientovým stínováním, což zajišťuje intuitivní a přehledné zobrazení skalních útvarů.

Při tvorbě vrstevnic se projeví chyby spojené s manuální klasifikací, které byly způsobeny jak vysokou mírou zalesnění, tak chybami při samotném procesu klasifikace. Artefakty vegetace v prostoru byly úspěšně odstraněny pomocí vyhlazení DMR. Nicméně, kvůli nedostatkům v interpolaci DMR v blízkosti skalních útvarů nebylo možné zcela předejít vzniku chyb. V důsledku generalizace DMR, došlo k zjednodušení terénu a na určitých místech, kde se vyskytovaly strmé skalní stěny, se DMR jevil jako postupně stoupající terén, což ovlivnilo i vytvoření nereálných vrstevnic, jak je patrné na obr. 32. Toto zobrazení vrstevnic v kombinaci s konturovou metodou představuje hlavní nedostatek výsledné mapy. Jedním z možných řešení

by mohlo být manuální odmaskování vrstevnic, avšak to by vyžadovalo další časově náročnou práci.



Obr. 32: Problém s vizualizací vrstevnic
Zdroj: Vlastní zpracování

Nedostatky této mapy lze rovněž identifikovat ve spojení s pozicí objektů zaznamenaných v terénu pomocí systému GNSS. Vlivem vysoké míry zalesněnosti území a vlivem terénních překážek docházelo k oslabení signálu, navíc v mnoha případech nedosahovala přesnost získaných dat požadované úrovně. Tento problém se týkal především identifikace pozůstatků těžby, které byly objeveny během terénního průzkumu nebo při mapování aktuálního průběhu pěšin. Mnoho objektů bylo možné lokalizovat pomocí geodetického náčrtu, což zajistilo přesnější určení jejich polohy.

Při mapování vyvstala otázka, jaké jsou efektivní moderní technologie pro mapování podobně zalesněných oblastí. Při zpracovávání dat vegetace přinášela celou řadu problémů, které komplikovaly a prodlužovaly proces zpracování dat. V případě, že by nebyl k dispozici geodetické zaměření lomu, tak by polohová přesnost jednotlivých objektů byla výrazně zkreslena. Ovšem geodetické měření v takto členitém, zalesněném území je velmi náročné, jak časově, tak prakticky. Navíc velké množství tvarů v terénu (cesty, skluz atd.) lze odhalit již pomocí dat LLS. Navíc LLS je nezbytné pro kvalitní vizualizaci skalního terénu. Dronové snímkování poskytuje zhuštění bodového mračka, a tedy i kvalitnější data pro vizualizaci terénu, ovšem v případě zkoumané lokality pouze lokálně. Metody zpracování LLS dat a fotogrammetrických dat v tomto terénu, představují časově náročnou práci. Celkově vysoká zalesněnost

této oblasti přináší komplikace u všech výše zmíněných metod. Jednotlivé metody samy o sobě by nepřinesly přesný a ucelený pohled na tuto lokalitu s možností vhodné vizualizace. Řešením je využití dronového laserového skenování, které ve své bakalářské práci využil například Martinek (2023) nebo Peterková (2022). Tato metoda umožňuje vyšší hustotu nasbíraných dat, vyšší polohovou přesnost objektů, a tedy i vhodnější vizualizaci terénu. Stále se ovšem vyskytuje problémem s klasifikací těchto dat v pískovcové krajině.

I přes dostupnost informací o lokalitě a artefaktech z „*Databáze starých lomů a dobývek...*“ byly v terénu objeveny nové pozůstatky těžby, které nebyly zaznamenány v této databázi. Je třeba zdůraznit, že účastníci terénního šetření nebyli historici a odlišování těžebních pozůstatků od ostatních artefaktů pro ně mohlo být obtížné. V důsledku toho byly do mapy zahrnuty pouze artefakty, u nichž byl jasně patrný jejich původ, a také pozůstatky uvedené v databázi. Existuje zde stále prostor pro další zlepšení a detailnější průzkum lokality ve spolupráci s odborníkem. Kromě toho byla ve spodní části lomové oblasti v blízkosti Labe prováděna kalamitní těžba dřeva, kdy popadané stromy omezovaly možnosti podrobného průzkumu této části území během terénního mapování.

Závěr

Hlavním cílem práce bylo vytvořit mapu velkého měřítka bývalého lomového areálu *Commite Steinbruch* v Labském údolí. Důraz měl být kladen na znázornění pozůstatků těžby v lokalitě, kterou člověk opustil již před mnoha lety a kterou z velké části pohltila příroda. Při tvorbě mapy bylo klíčové zachytit pískovcový reliéf terénu tak, aby byl názorný. Výsledná mapa odevzdaná jako příloha práce v digitální podobě má rozměry 430 × 430 mm a je vytvořena v měřítku 1 : 700.

Bakalářská práce je rozdělena do tří hlavních částí. V teoretické části je nejprve představena studovaná lokalita bývalého lomu, její historie a současný stav, včetně detailního popisu pozůstatků těžby v areálu. Následuje úvod do klíčových topografických a kartografických metod použitých při tvorbě mapy. Topografická část dále zahrnuje analýzu zdrojových dat topografické databáze a jejich zpracování. V kartografické části je popsán postup tvorby mapy, včetně detailního popisu znakového klíče a vyřešení kartografických problémů, které s tvorbou mapy souvisely.

Navzdory detailnímu geodetickému náčrtu, který byl k dispozici, by nebylo možné dosáhnout tak precizní vizualizace terénu bez využití moderních technologií, jako jsou LLS a dronové snímky. Tyto technologie umožnily získat detailní informace o výškopisu a identifikovat průběh skalních stěn a různé tvary mikroreliéfu. I přes výzvu představovanou vysokou mírou zalesněnosti, která komplikovala zpracování těchto dat, tato práce ilustruje potenciál, který LLS a dronové snímky nabízejí v kontextu zkoumaného terénu a jaký mají význam při použití v podobném prostorovém kontextu.

Všechny cíle stanovené v rámci této bakalářské práce byly splněny. Mapa je navržena s maximální efektivitou, aby co nejlépe zobrazovala lokalitu, která byla historicky výrazně ovlivněna lidskou činností, která po sobě zanechala řadu stop. Dnešní vývoj této lokality je předán do rukou přírodě, která celou lokalitu pohltila. Mapa slouží jako nástroj k důkladnému prozkoumání fascinující těžební historie tohoto území a zároveň k připomenutí významného vlivu antropogenní činnosti na krajinu. Mapa zobrazuje lom ve fázi, kdy jsou stopy po lidské činnosti stále identifikovatelné, ale již výrazně redukováné. Mapa navíc poskytuje podrobné a komplexní informace o podobě lomu v této fázi transformace.

Použité zdroje

Literatura

- Agentura ochrany přírody a krajiny ČR (1999): Chráněná území ČR I. – Ústecko, Praha.
- AXELSSON, P. (2000): Generation from Laser Scanner Data using Adaptive TIN model. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 33, 110–116.
- BALATKA, B., KALVODA, J. (1995): Vývoj údolí Labe v děčínské vrchovině. *Sborník české geografické společnosti*, 3, 1995, 173–192.
- BAUER, P., KOPECKÝ, V., STEIN, K. (2012): Krajina zrozená z moře. 3, 2–7. Dostupné z: <https://www.casopis.ochranaprirody.cz/z-nasi-prirody/krajina-zrozena-z-more/> (cit. 7. 11. 2023).
- BELISOVÁ, N. (2023): Hřensko, lomy Steinbruch Commite (též Komitee-Steinbruch). Záznamová karta modelové lokality, Databáze starých lomů a dobytvek na území NP České Švýcarsko a CHKO Labské pískovce. Dostupné z: <https://www.muzeumusti.cz/databaze-starych-lomu-a-dobyvek-na-uzemi-np-ceske-svycarsko-a-chko-labske-piskovce/> (cit. 10. 3. 2024).
- BELISOVÁ, N., VAŘILOVÁ, Z., BELIS, J., PODROUŽEK, K., LOKAJÍČEK, J. (2023): My lomy: Pískovcová krajina v rukách lamačů. In: výstava. Museum města Ústí nad Labem.
- BLÁHA, J. D. (2013a): Tvorba map ve věku geoinformačních systémů (3. část): Vyjadřovací prostředky mapy. *Geografické rozhledy*, 3, 22, 10–11.
- BLÁHA, J. D. (2013b): Tvorba map ve věku geoinformačních systémů (4. část): Znakový klíč. *Geografické rozhledy*, 4, 22, 12–13.
- BOSAK, K. (2011): Secrets of UAV photomapping. Dostupné z: http://s3.amazonaws.com/DroneMapper_US/documentation/pteryx-mapping-secrets.pdf (cit. 10. 1. 2024).
- BRŮHA, L. (2016): Digitální model terénu. Výukový materiál. Univerzita Karlova, přírodovědecká fakulta. Dostupné z: <https://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/projekty/moderni-geoinformacni-metody-ve-vyuce-gis-kartografie-a-dpz/digitalni-modely-terenu/> (cit. 7. 1. 2024).
- ČÁBELKA, M. (2008): Úvod do GPS. Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha, 73 s.
- ČAPEK, R., MIKŠOVSKÝ, M., MUCHA, L. (1992): Geografická kartografie. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 373 s.
- ČERVENÁ, L. (2016): Neřízená klasifikace. Výukový materiál. Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova. Dostupné z: <https://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/projekty/moderni-geoinformacni-metody-ve-vyuce-gis-kartografie-a-dpz/nerizena-klasifikace/view> (cit. 29. 1. 2024).
- DOLANSKÝ, T. (2004): Lidary a letecké laserové skenování. Univerzita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem, 100 s.

- DONÁTOVÁ, K. (2008): Historie Pískovcového lezení v Labském údolí od konce Druhé světové války do současnosti. diplomová práce. Univerzita Karlova, Praha.
- EISENBEISS, H. (2009): UAV Photogrammetry. Dizertační práce. Institut für Geodäsie und Photogrammetrie Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich. 237 s.
- HOGR, R., STANKOVIČ, J. (2007): GPS: praktická příručka. Computer Press, Brno.
- HOLMAN, L. (2013): Zpřesnění DMR v pískovcovém skláním terénu s využitím přesné registrace dat leteckého laserového skenování. diplomová práce. Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha. 83 s.
- CHOCHOLOUŠEK, J., NEHASIL, V. (2017): Horolezecký průvodce, Labské údolí–Pravý břeh. HUDY sport, a. s., Bynovice. 447 s.
- KLUFOVÁ, R. (2019): Geografické informační systémy 1. Ekonomická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.
- Labský Kaňon (2022): Země Světa, 5.
- LÁSKA, Z., TEŠNAR, M., SLABÝ, J., SUKUP, J. (2010): Globální navigační satelitní systémy a jejich využití v praxi. VUT v Brně, Brno. 72 s.
- LINKOVÁ (2022): Tématický atlas Jetřichovických skalních vyhlídek v NP České Švýcarsko. Bakalářská práce. Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha. 78 s.
- LYSÁK, J. (2015): Sesuvy, suť a další kamení v topografických mapách a databázích. geodetický a kartografický obzor, 11, 61 (103), 246–258.
- LYSÁK, J. (2016): Topografické mapování skalních útvarů s využitím dat leteckého laserového skenování. Disertační práce. Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha. 248 s.
- MARTÍNEK, D. (2023): Dokumentace lokality Vidimské lávky na Kokořínsku. bakalářská práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Praha. 70 s.
- MASTROROCCO, G., SALVINI, G., VANNESCHI, R. (2018): Fracture mapping in challenging environment: a 3D virtual reality approach combining terrestrial LiDAR and high definition images. 77, 691–707.
- MIKLÍN, J., DUŠK, R., KRTIČKA, L., KALÁB, O. (2018): Tvorba Map. Přírodovědecká fakulta, Ostravská univerzita, Ostrava. 302 s.
- MIŘIJOVSKÝ, J. (2013): Fotogrammetrický přístup při sběru geodat pomocí bezpilotních leteckých zařízení. Disertační práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Olomouc.
- NGUYEN, Q. L., BUI, X. N., CAO, X. C., LE, V. C. (2022): An approach of mapping quarries in Vietnam using low-cost Unmanned Aerial Vehicles. Test, 2, 2.

- PAVELKA, K. (2003): Fotogrammetrie 10. ČVUT, Praha. 194 s.
- PAVELKA, K. (2006): Laserové skenování – nová technologie sběru prostorových dat. Habituální přednáška. České vysoké učení technické v Praze, Praha. 32 s.
- PAVELKA, K. (2023): Fotogrammetrie 1. Studijní dokument. Stavební fakulta, katedra geomatiky, Praha. Dostupné z: <https://lfgm.fsv.cvut.cz/download/vyuka/fotogrammetrie-celek2023.pdf> (cit. 11. 1. 2024).
- PETERKOVÁ (2022): Mapa okolí Kopicova statku v Českém ráji. bakalářská práce. Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha. 72 s.
- PODROUŽEK, K. (2006): Vesnické stavby na pískovcovém podloží. Filozofická fakulta, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Ústí nad Labem. 84 s.
- SLOUKA, V. (1980): Pískovcové skály v Čechách. Olympia, Praha. 47 s. Dostupné z: <https://ndk.cz/view/uuid:6ce90380-a234-11e9-8fdf-005056827e52?page=uuid:732a0954-e137-401d-b796-b397c6cb39cd&fulltext=Labsk%C3%A9%20%C3%BAdol%C3%AD> (cit. 9. 11. 2023).
- ŠÁKROVÁ, M. (2014): Sesuvy, sutě a další méně obvyklé terénní prvky v topografických databázích a digitální kartografii. diplomová práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Praha. 68 s.
- ŠEBESTA, J. (2012): Globální navigační systém. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, VUT v Brně, Brno. 132 s.
- ŠIMÍČEK, M. (2014): Implementace Metody structure from metion do UAV fotogrammetrie. diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Olomouc. 77 s.
- ŠTRONER, M. (2020): Globální navigační satelitní systém (GNSS). Výukový materiál. Fakulta stavební, ČVUT Praha. 8 s.
- TAJOVSKÁ, K. (2024): GNSS - věda, praxe i zábava. Studijní prezentace. Masarykova univerzita, Brno. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/sci/jaro2014/Z8109/um/GNSS-veda_praxe_zabava.pdf (cit. 15. 1. 2024).
- TOMKOVÁ, M. (2018): Klasifikace dat leteckého laserového skenování v pískovcových skalních městech. diplomová práce. Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha. 64 s.
- TROMMLER, M. (2007): Geodata for the Saxon – Bohemian Switzerland : Cross-border Digital Terrain Models and Digital Ortho Image Mosaic for the National Park Region – Product Information. Institute of Photogrammetry and Remote Sensing, University of Technology, Technische Universität Dresden.
- VAŘILOVÁ, Z., ADAMOVIČ, J., BELISOVÁ, N., COUBAL, M., KUKLA, J., HAVRÁNEK, P., MIKULÁŠ, R. (2020): Geologie Českého Švýcarska. Správa NP České Švýcarsko, Muzeum města Ústí nad Labem a Ústecký kraj, Ústí nad Labem. 575 s.

WOLF, P. R., DEWITT, B. A., WILKINSON, B. E. (2014): Elements of Photogrammetry with Applications in GIS. McGraw-Hill Education, New York.

WRÓBEL, J. (2018): Algoritmus ICP (iterative closest point) pro sesazování mraku bodů. bakalářská práce. Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Brno. 39 s.

Internetové zdroje

4.1 User Manual (2017): Pix4D. Dostupné z: <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/204272989-Offline-Getting-Started-and-Manual-pdf> (cit. 10. 1. 2024).

ARCGIS PRO (2024): Slope (Spatial Analyst), ESRI, <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/slope.htm>. (cit. 6. 2. 2024).

Co je fotogrammetrie? (2023): GISGeography. Dostupné z: <https://gisgeography.com/what-is-photogrammetry/> (cit. 11. 1. 2024).

ČÚZK (2024): ZTM ČR 1 : 5 000 Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(z1yr-voig5pmj5cqpnc1bwdf\)\)/Default.aspx?mode=Text-Meta&side=mapy_ZTM5&text=dsady_mapy_ZTM5&menu=222](https://geoportal.cuzk.cz/(S(z1yr-voig5pmj5cqpnc1bwdf))/Default.aspx?mode=Text-Meta&side=mapy_ZTM5&text=dsady_mapy_ZTM5&menu=222) (cit. 14. 4. 2024)

Digital Cameras in Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for Military and Commercial Uses (2007): Lumenera corporation. Dostupné z: <https://www.lumenera.com/media/wysiwyg/documents/casestudies/UnmannedAerialVehicles.pdf> (cit. 10. 1. 2024).

SPRÁVA NP ČŠ (2023a): Geologie. Dostupní z: <https://www.npcs.cz/geologie>. (cit. 31. 10. 2023).

SPRÁVA NP ČŠ (2023b): Příroda a krajina Českosaského Švýcarska. Dostupné z: <https://www.npcs.cz/priroda-krajina-ceskosaskeho-svycarska> (cit. 31. 10. 2023).

OSM (2024): OpenStreetMap Dostupné z: <https://www.openstreetmap.org/#map=18/50.85636/14.22401> (cit. 11. 4. 2024).

VAŘILOVÁ, Z., BELISOVÁ, N., BELIS, J., PODROUŽEK, K., HORÁK, J., ŠTASTNÝ, D., KUKLA, J. (2024): Databáze starých lomů a dobývek na území NP České Švýcarsko a CHKO Labské pískovce. Online databáze. Museum města Ústí nad Labem, p.o., FF UJEP. Dostupné z: <https://mmul.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=18bbd2bd69f1497ba9bc6d2b8756bb7e> (cit. 5. 3. 2024).

WAGULA, H., FEDOROWICZ, S. (2023): Trať 502: Děčín hlavní nádraží – Dolní Žleb st. hr. [CZ/DE] (- Dresden-Neustadt), Atlas drah. Dostupné z: <https://www.atlasdrah.net/cz/us-tecky/?id=linia&poz=1764>. (cit. 5. 3. 2024).

WIKIPEDIA (2024): Děčínský Sněžník Dostupné z: https://de.wikipedia.org/wiki/D%C4%9B%C4%8D%C3%ADnsk%C3%BD_Sn%C4%9B%C5%BE%C3%ADk (cit. 24. 4. 2024).

Seznam příloh:

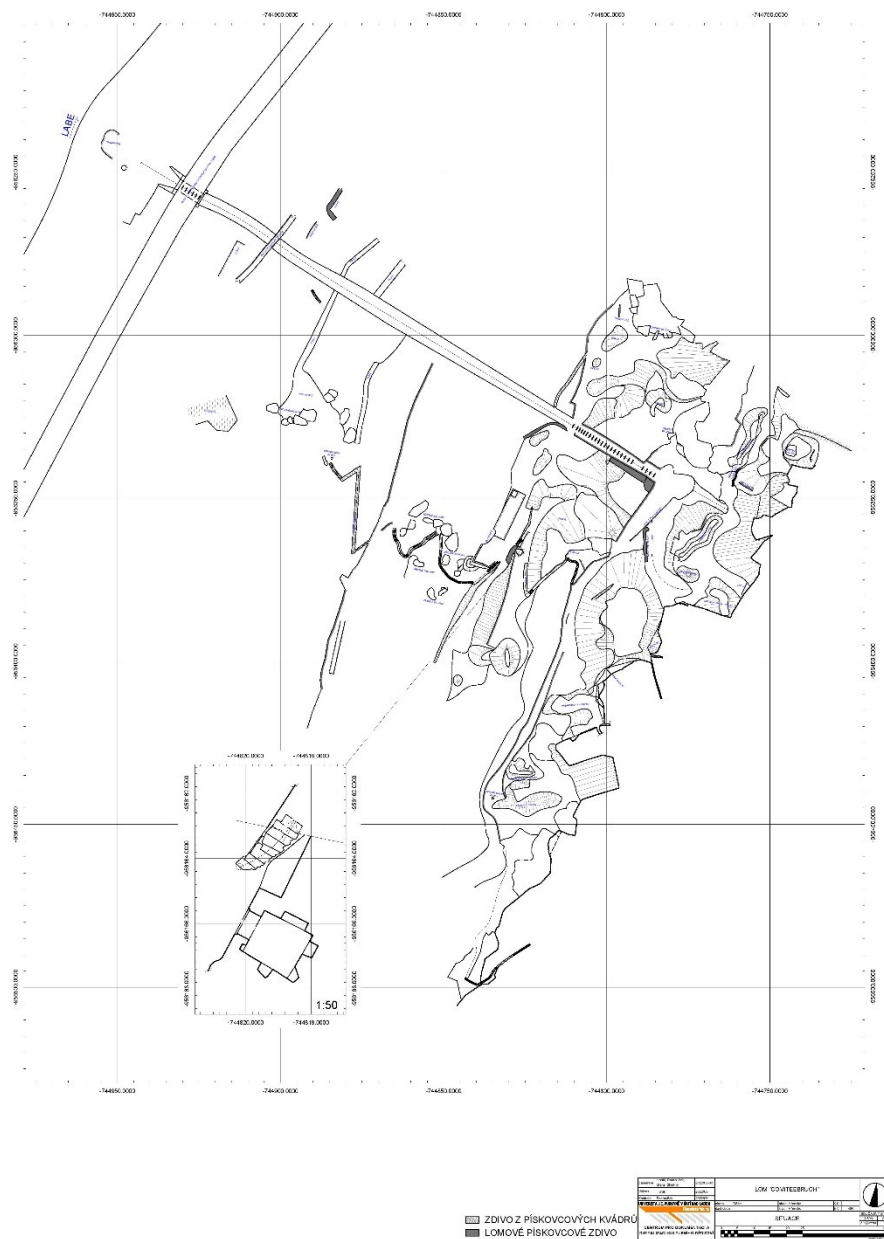
Příloha 1 – geodetické zaměření lomu

Příloha 2 – souřadnice všech měření VLB

Příloha 3 – vážený průměr souřadnic vlíčovacích bodů – výsledné souřadnice VLB

Příloha 4 – ortofoto z dronového snímkování

Příloha 1: geodetické zaměření lomu



Příloha 2: souřadnice všech měření VLB

	X	Y	Z	přesnost XY	přesnost Z
1	5634049,462	445487,39	254,022	0,039	0,04
2	5634049,48	445487,372	254,052	0,033	0,034
3	5634061,531	445475,041	233,695	0,315	0,59
4	5634061,908	445473,813	231,759	0,324	0,597
5	5634061,653	445474,927	234,131	0,282	0,317
6	5634081,416	445463,793	223,177	0,33	0,362
7	5634081,372	445463,8	223,202	0,264	0,316
8	5634081,76	445463,97	223,168	0,591	0,248
9	5634119,655	445475,959	220,752	0,122	0,39
10	5634119,641	445475,926	220,989	0,061	0,191
11	5634119,642	445475,913	221,041	0,023	0,052
12	5634119,624	445475,921	221,053	0,027	0,048
13	5634166,563	445492,322	223,773	0,396	0,836
14	5634166,774	445492,371	223,956	0,399	0,995
15	5634167,272	445492,581	221,631	0,333	0,778
16	5634168,114	445516,837	231,835	0,051	0,097
17	5634168,095	445516,831	231,788	0,038	0,073
18	5634168,07	445516,79	231,819	0,03	0,075
19	5634208,497	445524,031	236,078	0,491	0,978
20	5634208,421	445524,108	235,709	0,155	0,313
21	5634208,475	445524,047	235,967	0,113	0,207
22	5634208,421	445524,119	235,773	0,246	0,493
23	5634208,56	445524,048	236,113	0,04	0,074
24	5634234,057	445484,232	206,184	0,197	0,86
25	5634234,173	445484,195	205,875	0,063	0,138
26	5634234,15	445484,182	205,927	0,057	0,115
27	5634164,457	445455,657	204,067	0,076	0,147
28	5634164,467	445455,629	204,17	0,041	0,088
29	5634164,467	445455,609	204,176	0,022	0,05
30	5634164,472	445455,604	204,18	0,027	0,061
31	5634116,581	445449,281	207,946	0,433	0,826
32	5634116,62	445449,117	209,494	0,349	1,016
33	5634116,663	445449,112	207,884	0,263	0,317
34	5634116,654	445448,999	207,846	0,17	0,155
35	5634116,534	445448,866	207,764	0,178	0,189

Příloha 3: vážený průměr souřadnic vřícovacích bodů – výsledné souřadnice VLB

Sloupec1	X	Y	Z	přesnost XY	přesnost Z
1	5634049,47	445487,38	254,0382	0,03575	0,036756
2	5634066,35	445472,06	229,0169	0,31158896	0,338008
3	5634081,37	445463,80	223,1829	0,264	0,277900
4	5634119,63	445475,92	221,0405	0,03095695	0,066225
5	5634166,89	445492,43	223,0360	0,37338877	0,860450
6	5634168,09	445516,82	231,8120	0,03785156	0,080340
7	5634208,52	445524,06	236,0203	0,07443952	0,139280
8	5648691,64	445484,19	205,9033	0,07793621	0,125454
9	5634164,47	445455,62	204,1623	0,03332230	0,073314
10	5634116,61	445448,98	207,8249	0,19604496	0,201380

Příloha 4: ortofoto z dronového snímkování

