

Univerzita Karlova

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Geografie (bakalářské studium)

Studijní obor: Aplikovaná geografie se zaměřením na sociální geografii a geoinformatiku



Pavel Wolf

VYUŽITÍ UAV PRO TVORBU LEZECKÉ MAPY ČÁSTI ADRŠPAŠSKÝCH SKAL

USE OF UAV FOR CREATION OF CLIMBING MAP OF PART OF ADRŠPACH ROCKS

Bakalářská práce

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

Praha, 2024

Prohlášení

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

V Praze, dne 29. 7. 2024

Pavel Wolf

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl velmi poděkovat RNDr. Jakubu Lysákovi, Ph.D. za užitečné rady, věnovaný čas, ochotu i všestrannou pomoc při terénním průzkumu. Dále bych chtěl poděkovat za poskytnutí dat z projektu č. 132119 GA UK M. Tomkové a J. Lysákovi, dále pak P. Lněničkové za zapůjčení dat z její bakalářské práce. Dík patří také autorům posledního lezeckého průvodce za jejich odvedenou práci i celé lezecké komunitě za její vstřícnost. V neposlední řadě děkuji své rodině a přátelům za podporu v průběhu celého studia.

ABSTRAKT

Práce se zabývá možnostmi využití UAV při mapování terénu pískovcového skalního města Adršpach pro účely lezeckých průvodců. Součástí práce je bibliografie a zhodnocení lezeckých průvodců, popisujících Adršpach. V rámci práce byla oblast fotogrammetricky nasnímána pomocí UAV a z tohoto měření byl vytvořen digitální model povrchu oblasti. Tento model byl pak srovnáván s převzatým modelem vytvořeným pomocí leteckého laserového skenování (LLS). U obou těchto modelů byla dále zkoumána jejich využitelnost například pro určení relativních výšek skalních věží či jejich souřadnic. Zjištěné souřadnice byly srovnány se souřadnicemi těchto věží v lezeckých databázích. Poslední kapitola praktické části práce se zabývá vizualizací digitálního modelu reliéfu (DMR) tohoto území v prostředí ArcGIS Pro.

Klíčová slova:

skalní útvary, pískovcová skalní města, GIS, UAV

ABSTRACT

This work deals with the possibilities of using UAVs in mapping the terrain of the sandstone rock city of Adršpach for the purpose of climbing guides. The thesis includes a bibliography and evaluation of climbing guides describing Adršpach. As part of the work, the area was photogrammetrically imaged using a UAV and from this measurement a digital surface model of the area was created. This model was then compared with the adopted model created by airborne laser scanning (ALS). Both of these models were examined in terms of their usefulness for determining e.g. the relative heights of rock towers or their coordinates. The found coordinates were then compared with the coordinates of these towers in climbing databases. The last chapter of the practical part deals with the visualization of the digital elevation model (DEM) of the area in ArcGIS Pro.

Key words:

rock formations, sandstone landscapes, GIS, UAV

OBSAH

1. ÚVOD	7
2. TEORETICKÁ ČÁST	8
2.1. Vymezení a charakteristika zájmového území	8
2.1.1. Geografie	8
2.1.2. Geologie	9
2.1.3. Geomorfologie skal	10
2.1.4. Topografie	11
2.1.5. Ochrana přírody	12
2.2. Použité technologie	14
3. LEZECKÉ PRŮVODCE A DATABÁZE	18
3.1. Začátky pískovcového lezení v sasku	19
3.2. Začátky lezení v adršpachu	20
3.3. 30. léta	23
3.4. Poválečné období	25
3.5. 60. a 70. léta	26
3.6. 80. a 90. léta	33
3.7. Současnost a online databáze	36
3.8. Shrnutí	39
4. PRAKTICKÁ ČÁST	43
4.1. Použitá data	43
4.1.1. Modely vytvořené z dat LLS	44
4.1.2. Model vytvořený ze snímků s využitím VLB zaměřených GNSS	45
4.1.3. Model vytvořený ze snímků s využitím VLB zaměřených GNSS a doplněných VLB z modelu A	46
4.2. Porovnání přesnosti bodového mračna modelů A, B, C s GNSS zaměřením	47
4.3. Porovnání přesnosti bodového mračna modelu A, B, C s bodovým mračnem DMR 5G	50
4.4. Porovnání přesnosti bodových mračen mezi jednotlivými modely	53
4.5. Využití bodových mračen pro určení relativních výšek skalních věží	56
4.6. Polohové odchylky skalních věží mezi databázemi webu piskari.cz a bodovým mračnem modelu A	60
4.7. Vizualizace vytvořeného rastrového modelu pro účely lezeckých průvodců	66
5. DISKUZE A ZÁVĚR	74

6. POUŽITÉ ZDROJE	77
7. PŘÍLOHY	81

1. ÚVOD

Pískovcová skalní města jsou typickým přírodním fenoménem nejen na Broumovsku. Ve specifické podobě, v jaké je známe a vidáme nejčastěji se nacházejí ve střední Evropě. V Českosaském Švýcarsku, Českém ráji a v neposlední řadě v pro mě tolik významném Broumovském výběžku. K tomuto skalnatému prostředí se ovšem váže další významný historický, kulturní i sportovní aspekt. Podobných přívlasků by se pískovcovému skalnímu lezení dalo určitě přiřadit ještě více.

Specifická a místy stále divoká příroda mi postupně přirostla k srdci a v roce 2020 jsem začal pískovcové skály Broumovska prozkoumávat také lezecky. Od té doby se však tento druh lezení stal v kombinaci s místní přírodou součástí mé identity. S místním lezením se také pojí, z mého pohledu výjimečná lezecká komunita, jejímiž členy byli vždy lezci tělem i duší. Možná i proto, že lezení v Adršpachu nelze brát na lehkou váhu, se v každé generaci lezců vytvořil kolektiv velmi dobrých kamarádů, které pojili nejen zážitky ze skal a přátelství na laně. Vytváření průvodců, udržování skal, dodržování pravidel, ale částečně i tuto bakalářskou práci vnímám jako způsob, kterým lze vrátit místní komunitě potažmo i skalnímu prostředí zpět to, co mi přinesli.

Skalní města na Broumovsku, Adršpach není výjimkou, působí na návštěvníka, který se poprvé vydá za zábradlí turistický cest, jako bludiště. I v dnešní době působí lezci jako objevitelé těchto terénů. Lezecké průvodce, popisující místní topografii spolu s popisy jednotlivých lezeckých cest, zpracovávali sami lezci. Lukavský (1999-2000) a Žwak, Lukavský (2024) využili jako hrubý podklad letecké snímky, vzhledem k dostupnosti dat a zalesnění povrchu se při vytváření těchto průvodců využívalo zejména detailní terénní mapování. Plány vznikající tímto způsobem poměrně dostatečně řeší orientaci v terénu a lezci tak s trochou snahy mohou najít určenou věž, pro topografické mapování skalního terénu lze ale lezecké průvodce použít jen jako vodítko (Lysák 2016). Rozvoj technologií ale v dnešní době umožňuje efektivnější i kvalitnější mapování těchto oblastí.

V další části práce se věnuji charakteristice Adršpašských skal z různých úhlů pohledu, ve třetí kapitole se věnuji také od místních skal neoddělitelnému fenoménu lezení, jeho pravidlům a lezeckým průvodcům po Adršpašských skalách v kontextu historie místního lezení. V rámci čtvrté praktické kapitoly jsou popisovány použité datové sady, včetně fotogrammetrických dat, jejichž pořízení bylo součástí této práce. Tato data jsou dále vzájemně porovnávána, zpracovávána a analyzována na několika ministudiích za účelem jejich praktické využitelnosti pro tvorbu mapových podkladů, resp. prostorových dat využitelných pro horolezectví.

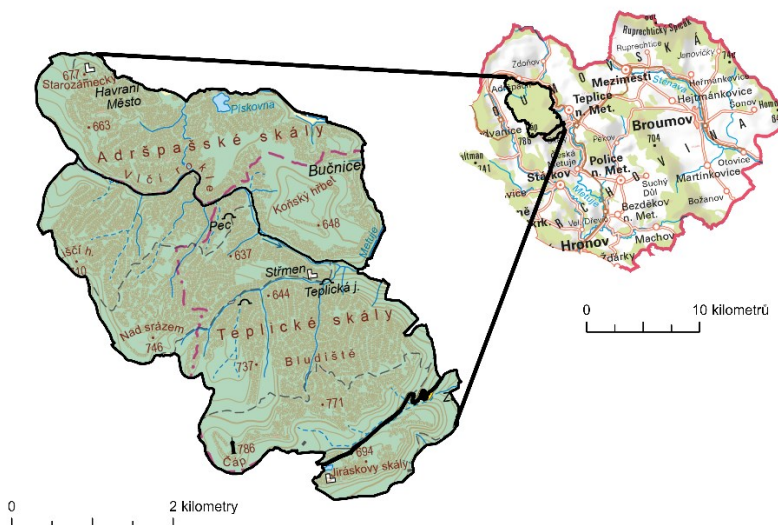
2. TEORETICKÁ ČÁST

Tato kapitola se věnuje vymezení zájmového území této práce, které popisuje z pohledu fyzické geografie, topografie a ochrany přírody. V poslední části této kapitoly jsou vysvětleny pojmy a procesy, používané ve čtvrté kapitole, která se jim věnuje v praktickém použití. V závěrečné části této kapitoly jsou také zmíněny problémy při použití daných technologií a je nastíněno také jejich řešení.

2.1. VYMEZENÍ A CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

2.1.1. Geografie

Adršpaško-teplické skály se nacházejí v severovýchodních Čechách v Broumovském výběžku asi 20 kilometrů od Náchoda. Zájmové území spadá v rámci geomorfologického členění ČR do Broumovské vrchoviny a zároveň se nachází v CHKO Broumovsko. Hydrologicky toto území spadá do povodí řeky Metuje, do úmoří severního moře. Nejvýše položeným bodem území je Čáp (786 m.n.m.) na jižním okraji Teplických skal, nejnižší položený bod území se nachází u vstupu do Teplických skal ve výšce 480 m n. m.



Obrázek 1: Poloha NPR Adršpaško-teplické skály v rámci CHKO Broumovsko. V severní části NPR se nachází Adršpašské skály, ve střední Teplické skály, od nich jsou na jihu oddělené silnicí Jiráskovy skály. Zdroj: ČÚZK (2023a); ČÚZK (2023b); upraveno.

Plošina Adršpašsko-teplických skal, rozkládající se v severní části Polické pánve, se tradičně rozděluje na dvě části – Adršpašské a Teplické skály. Rozdílné působení erozních procesů má za následek i rozdílnou podobu obou skalních měst. Reliéf tabule byl převážně ve vyšších polohách rozčleněn hloubkovou erozí, na dnešních snížených okrajích byl reliéf tvarovaný naopak spíše boční erozí. Také proto jsou pro Adršpašské skály typické samostatně stojící věže a méně pozůstatků původně denudovaného povrchu. Naopak Teplické skály mají více kompaktních skalních masivů, zdejší samostatně stojící věže jsou často blízko okraje skalních masivů, nachází se zde také více pseudokrasových jeskyní (Šmíd 1979; AOPK ČR - RP Východní Čechy 2013).

2.1.2. Geologie

Část vnítrousudetské pánve zahrnující Broumovskou vrchovinu, do které Adršpach spadá, byla výrazně tvarována variskými orogenetickými pochody z doby mladších prvohor, toto vrásnění vytvořilo základ vnítrousudetské deprese. Tato deprese byla později dotvarována od konce druhohor saxonským vrásněním (Onderčová 2004). Saxonské vrásnění dále vytvořilo několik příčných zlomů, nejvýraznějším je tzv. skalský zlom, který prochází jižním okrajem Adršpašsko-teplických skal ve směru JZ-SV a odděluje tak Jiráskovy skály od Supích skal (Vajsarová 2011; AOPK ČR - RP Východní Čechy 2013). Tzv. Broumovské souvrství (Tásler 1979) lze charakterizovat střídáním prachovců, jílovců a smíšených hornin s převážně jemnozrnnými pískovci (Tásler 1979). Tmel, který pískovec v minulosti pojil, byl z části jílovitý, proto u něj v minulosti docházelo k výraznějšímu zvětrávání a vytváření členitějšího povrchu skal (Tásler 1979; Šmíd 1979).

Jak již bylo zmíněno, doba vzniku místních pískovců se odhaduje do svrchnokřídového období turonu, tedy zhruba do doby před 90 miliony let, kdy v oblasti dnešní Broumovské vrchoviny existovala sladkovodní jezera následovaná mělkým mořem, ve kterých vznikaly sedimentační vrstvy pískovce (Meško 2012). Denudační spolu s mechanickými procesy (např. zvětrávání pískovců, svahové pohyby a akumulace materiálu) tvarovaly pískovcový reliéf a mají za následek výslednou podobu Adršpašských skal (AOPK ČR - RP Východní Čechy 2013), výška zde stojících věží se dnes pohybuje v maximech kolem 80 metrů (Tomková 2015). Půdní pokryv v oblasti tvoří kyselé lesní půdy nebo železité podzoly. I vzhledem ke geologickému vývoji oblasti se jedná o mladé půdy, které na skalních hřbetech bývají mělké (Onderčová 2004).

2.1.3. Geomorfologie skal

Geomorfologie se zabývá tvary zemského povrchu, jejich vznikem a vývojem. Adršpach je proto pro geomorfologii zajímavým územím. Tvary reliéfu se v geomorfologii dělí podle velikosti na mikro-, mezo- a makroformy. Z pohledu topografie a mapování tohoto území jsou nejvýznamnější právě meziformy. Níže jsou meziformy reliéfu popsány dle práce Balatka, Rubín (1986) doplněné o Lysáka (2016), zmíněny jsou pouze útvary typické pro území Adršpašských skal.

Nejmenším skalním tvarem je skalní výchoz, jedná se o mírnou elevaci bez strmých stěn. Vyšší je skalka, která má výšku maximálně 5 metrů a alespoň jednu stranu kolmou. Vyšším tvarem je pak již skála, může jít o různě vysokou izolovanou skálu. Izolované skály, jejichž výška výrazně převyšuje délku a šířku, jsou nazývány skalní věže. Působením erozních procesů z některých pak vznikly izolované skály označované jako skalní jehly, skalní hříby a pokličky. Odlišným tvarem je skalní zeď, která je protáhlého tvaru a délka výrazně přesahuje šířku. U skalní hradby pak výšku přesahuje její rozloha. Tvarem, který není izolovaný po celém jeho obvodu od okolního terénu je pak skalní stěna, ta má sklon více než 55° (případně může být i převislá). Skalnatý svah pak má nižší sklon (30° až 50°).

Mezi vhloubené tvary reliéfu s většími rozměry lze zařadit rokle, které byly vytvořeny tekoucí vodou. Po stranách rokles mohou buď vystupovat skalní stěny nebo může být tvořena úzkým dnem a dvěma protilehlými skalními stěnami. Skalní žlaby mají pak zpravidla větší spád, chybí v nich stálý vodní tok a bývají otevřenější a méně hluboké než skalní rokle.

Lezecký pohled na tvary skal se od odborného geomorfologického pohledu v jistých ohledech liší. Pro lezce nebývá často tolik podstatné, zda lezou z geomorfologického pohledu na skalní věž, jehlu nebo zeď. Nejvýznamnějším objektem je pro lezce skalní věž, jež se svou definicí se příliš neliší od geomorfologického pohledu. Z lezeckého pohledu je možné se na věž dostat pouze lezeckým způsobem, to znamená lezeckou cestou (na Broumovsku zpravidla o minimální obtížnosti II) nebo přeskokem (u nejjednodušších přeskoků lze hovořit o překrocích) (Šálek 2009; Lysák 2016). Druhým pro lezce významným skalním objektem jsou masivy (též okraje či okrajovky). Ty jsou přístupné nejméně z jedné strany nelezeckým způsobem (Šálek 2009; Lysák 2016). OVK Broumovsko (oblastní vrcholová komise) navíc v roce 2022 zpřesnilo definici skalní věže jako objektu s minimální výškou 5 metrů z náhorní (nejkratší) strany a skalního masivu s minimální výškou 10 metrů (OVK Broumovsko 2022). Na masivy a věže mohou vést lezecké cesty, které mohou sledovat morfologické tvary, tzv. slabiny stěny. Jedná se o prvky mikro- a mezo- reliéfu, pro které mají lezci svá specifická označení. Mezi prvky, členící terén vertikálně, se

řadí komíny a spáry. Jedná se o protáhlé pukliny, které se liší svojí šířkou. Zatímco komín je puklina, kam se zpravidla vejde celé lezcovo tělo (tzn. asi 0,6 až 2,5 metru), spáry se dále dělí na šířčiny (asi 6 až 60 cm), ruční spáry (asi 3 až 6 cm) a trhliny (menší, případně mělčí spáry) (Šmíd 1979; piskari.cz 2024). Mezi další prvky vertikálního členění lze zařadit kout (kolmý styk dvou stěn, na pískovci většinou se spárou uprostřed), pilíř (malá skalní věž, připojená k větším skalním objektům), hrana (vnější styk dvou skalních stěn, opak koutu) a žebro, lopatka nebo tzv. sokolík (odchlípnutá část skalní stěny, mezi níž a samotnou skalní stěnu je spára) (Meško 2012; Lysák 2016; piskari.cz 2024). Mezi objekty, členící reliéf v horizontálním směru se řadí lišta, římsa, lávka, balkon, rampa či plošina (téměř vodorovné části skalní stěny lišící se podle uvedeného pořadí šířkou, hranice mezi nimi nejsou jasně vymezené). Vymezení na horizontální a vertikální objekty může být lezci považováno za orientační. Lezci spíše rozlišují konkrétní objekty reliéfu, kterým pak přiřazují či vymýšlejí jména. Jako další objekty, které pískovcoví lezci rozlišují, lze zmínit plotnu či rajbas (položená skalní stěna nižšího sklonu bez výrazných skalních struktur), voštiny (shodné s geomorfologickým vymezením), tiskátka, mísy, lavory, díry a mnohé další, kterým jsou přiřazeny názvy podle jejich podoby.

Na skalních věžích jsou téměř vždy umístěné vrcholové knížky, do kterých lezci kultivovaně zveřejní svůj výstup zápisem data, lezené cesty a svými jmény v pořadí, ve kterém vystoupili na vrchol věže. Na některých dominantních věžích (v Adršpachu se jedná pouze o Zámek a Milence) jsou také umístěny plechové či textilní České vlajky. Zajímavostí je, že v únoru 2022 v době invaze Ruské federace na Ukrajinu byla vlajka na Zámku na několik měsíců vyměněna za Ukrajinskou.

2.1.4. Topografie

Z topografického pohledu je reliéf Adršpašských skal specifický velkým množstvím skalních útvarů. Podle Lysáka (2016) jsou skalní útvary v tomto prostředí významné z hlediska topografického mapování hlavně ze dvou důvodů; tvoří v terénu překážky a dělají ho tak hůře průchodným a vzhledem k jejich často vyšší nápadnosti mohou sloužit jako orientační body. Z pohledu orientace však nemusí jít pouze o dominantní skalní věže, ale občas i o menší, nad terén silně vystupující objekty, nebo o útvary s velmi specifickým tvarem, podle kterého mohou být pojmenované. Specifikem místních skal je z topografického pohledu také poměr vertikálního a horizontálního rozměru skály, tedy věž může být velmi vysoká a orientačně poměrně významná, ale půdorys může mít v mapě téměř zanedbatelný. Ještě výrazněji toto platí o skalních stěnách.

Skalní věže se v Adršpachu již tradičně dělí do několika lezeckých obvodů. Toto rozdělení používá i například místní správa CHKO nebo skalní záchranná služba Broumovsko. Takto rozdělené skály do jednotlivých lezeckých obvodů použil poprvé Karel Šmíd v *Prvním defilé* v roce 1962, ve svém průvodci z roku 1979 toto dělení doplnil a upravil do dnešní podoby. Každý z těchto obvodů má svá specifika nejen z pohledu topografie, ale i geologie, morfologie, ochrany přírody i lezení. Některé obvody (například Panoptikum) jsou typické svou neprůchodností a vysokým počtem skalních průrev a chodeb, další obvody (například Vstupní obvod) jsou naopak prošlapané vysokým počtem lezeckých stezek, které jsou k nelibosti strážců přírody i lezců často používány i turisty. V některých obvodech, jako například Město, se nachází vysoké množství dominantních věží a jsou pokryté menším množstvím vegetace, v dalších obvodech (například ve Ztracené, či Janovické Vlčí rokli) stojí naopak spíše menší věže, ukryté mezi velkým počtem stromů. Těchto specifík, podle kterých lze dělit všech 16 obvodů, by se dalo jistě najít mnoho.

2.1.5. Ochrana přírody

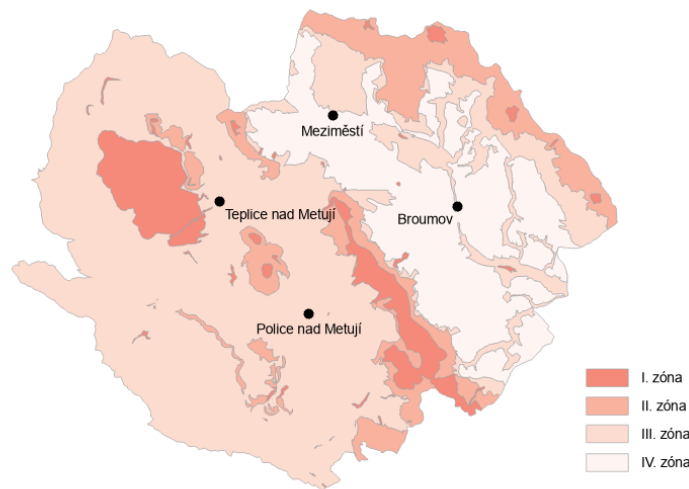
CHKO Broumovsko, ve které se nachází Adršpašské skály, byla založena 27. 3. 1991 vyhláškou č. 157/1991 Sb. Národní přírodní rezervace Adršpašsko-teplické skály byla založena již 31. 12. 1933, ačkoliv se o ní jednalo již dříve (Lisák 2015). NPR Adršpašsko-teplické skály je v dnešní době s rozlohou 1712 ha největším souvislým chráněným územím na Broumovsku (AOPK ČR 2023). Samotné Adršpašské skály pak mají rozlohu 574 ha. V rámci zonace CHKO se NPR Adršpašsko-teplické skály nachází v první, nejvíce chráněné zóně CHKO. V rámci tohoto CHKO se nachází i další skalní města, která, spolu s na ně vázanými lesy, mají status NPR a NPP. Menší skalní území a jejich okolí jsou chráněná v rámci PR nebo PP.

V roce 2023 byly Adršpašské skály s 488 tisíci návštěvníky nejnavštěvovanější přírodní památkou v Česku (CzechTourism 2024). Místní skály jsou již dlouhodobě přetěžovány velkým počtem turistů, roce 2021 zde byl proto zaveden rezervační systém, který navrhovala studie (Šindlerová et al. 2020). Vzhledem k vysokému stupni ochrany přírody se omezení v Adršpašských skalách netýká pouze turistů, ale i lezců. Lezení je ve všech skalních městech na Broumovsku ze zákona zakázáno. Pro každou oblast zvlášť pak uděluje správa CHKO Broumovsko výjimku ze zákazu s různým rozsahem na úrovni jednotlivých obvodů daných oblastí. Adršpašských skal se týká poslední Opatření obecné povahy č. 2/2019 (CHKO Broumovsko 2019). Toto opatření uděluje výjimku k provádění horolezecké činnosti podle daných podmínek. Mezi tyto podmínky patří obecné principy volného lezení na pískovci s výjimkou

boulderingu, kterému zde nebylo uděleno povolení. Z pohledu místních lezců jsou nejdůležitější časové podmínky této výjimky. Tyto podmínky dělí jednotlivé obvody Adršpašsko-teplických skal podle doby, kdy je v nich povoleno lezení. V Adršpašských skalách je povoleno lezení od 1. 5. do 31. 12. v následujících obvodech: Vstupní obvod, Město, Milenecká hora, Ostrov a část věží v Království. V následujících obvodech je pak povoleno lezení od 1. 7. do 31. 12.: Podhradí, Himálaj, Království, Panoptikum, Jezerka, Za pískovnou a část Rokle nad Spáleným Mlýnem. Zbylé obvody (Hůrka, Janovická Vičí rokle, Rokle nad Černým jezírkem, Řeřichové stráně a Ztracená rokle) jsou pro lezení celoročně uzavřeny (poloha jednotlivých obvodů zobrazena na obrázku 12 vlevo).

Dále Opatření obecné povahy č. 2/2019, týkající se Adršpachu, uděluje výjimku k pohybu mimo turistické stezky po vyznačených přístupových stezkách pro horolezce. Tyto přístupové stezky jsou vyznačeny (i když poměrně nepřehledně) v příloze tohoto opatření. Jedná se o několik málo kilometrů hlavních přístupových stezek, kde mají lezci, bez ohledu na členství v Českém horolezeckém svazu (ČHS), povolený vstup. V terénu jsou vyznačeny pomocí červených bodů. Těchto stezek je i pro přístup k největším dominantám v terénu reálně vyznačeno velmi málo; například v největším obvodu Město stezky téměř chybí. Místní lezci se v rámci nepsané dohody pohybují i po pěšinách mimo tyto stezky, které na oplátku udržují a spravují.

Místní lezci si na některá omezení posledních několik let stěžují (Žwak 2018). V posledních letech také nastaly i události, kdy lezci vyvěsili ve Vičí rokli v roce 2014 transparent vyjadřující nespokojenost s vedením CHKO Broumovsko (John 2015) nebo kdy v roce 2023 podala oblastní vrcholová komise stížnost na jednání místní CHKO na MŽP (OVK Broumovsko 2023) kvůli omezení lezení na Ostaši. Letmo lze také připomenout velmi kontroverzní událost, na kterou reagovala nejen lezecká komunita. V roce 2021 bylo povoleno odlomení kusu skály nacházející se v NPP Polické stěny, proti čemuž se zvedla vlna nevole místní veřejnosti (Pošmura 2021). Nutno ale podotknout, že počet stížností na chování lezců ve skalách není malý. Při jednání s CHKO tyto problémy ztěžují místní oblastní vrcholové komisi tato vyjednávání (John 2019). AOPK, kterou zastupuje správa CHKO Broumovsko, je navíc státní institucí, která musí jednat dle platné legislativy.



Obrázek 2: Zonace CHKO Broumovsko, na severozápadě území se nachází NPR Adršpašsko-teplické skály. Zdroj: AOPK ČR (2023); upraveno.

2.2. POUŽITÉ TECHNOLOGIE

Dostupnost moderních technologií může mapování terénů, jako jsou Adršpašské skály, značně ulehčit. Letecké snímkování podobných oblastí výrazně pomáhá při základním přehledu o prostorovém rozložení významných skalních věží. Objekty skryté pod vegetací jsou lépe zachyceny měřením pomocí lidarů. Pořízení takových dat však bývá proti fotogrammetrickému snímkování finančně náročnější. Každou metodu pořizování dat DPZ v tomto terénu mohou provázet různé problémy. Některé jsou způsobeny vlastnostmi snímaného reliéfu a provází pak všechny metody. Cílem této kapitoly je na teoretické úrovni popsat metody použité v praktické části této práce a problémy, které je při jejich využití potřeba řešit.

První z použitých metod je lidar (Light Detection And Ranging). Tato metoda využívá laserový paprsek, pomocí kterého počítá vzdálenost objektu od skeneru. Metody měření lidarem se dělí na statické měření, pozemní měření a měření, kdy je skener připevněn na dálkově řízeném zařízení (například UAV – unmanned aerial vehicle) (Lysák 2016). Tato práce používá data pořízená poslední jmenovanou metodou. Hlavní výhodou lidarů je proti fotogrammetrickému snímkování je možnost proniknutí paprsku pod vegetaci. Při vytváření lidarového modelu není nutné zaměřovat vlčovací body (VLB), obvykle se zaměřují pouze kontrolní body, kterými se ověřuje přesnost modelu.

Druhou metodou použitou v této práci je fotogrammetrie. Tento obor se zabývá zpracováním leteckých snímků. Podle Maršíka (1980) lze opět rozlišovat mezi leteckou a pozemní fotogrammetrií, případně jednosnímkovou a vícesnímkovou fotogrammetrií. Tato práce používá leteckou vícesnímkovou metodu sběru dat s využitím kamery připevněné k UAV. Fotogrammetrické snímkování pomocí UAV je stejně jako lidarové měření prováděno v letových řadách, které se překrývají. Vzhledem k překryvu jednotlivých snímků v letových řadách mohly být při fotogrammetrickém snímkování ve studii použity metody stereofotogrammetrie. Stereofotogrammetrie je metoda, která využívá stereoskopického vjemu (pohled na jeden objekt z více míst) (Böhm 2002). Pomocí této metody mohly proto být získány prostorové souřadnice jednotlivých objektů. Pro větší přesnost výsledného modelu, obsahujícího prostorové souřadnice jednotlivých objektů, byly využity tzv. vlíčovací body. Vlíčovací body jsou body umístěné v terénu se známými souřadnicemi. Vlíčovací body lze dělit na umělé a přirozené (Maršík 1980). V této práci se využívají oba typy vlíčovacích bodů.

Při zaměřování vlíčovacích bodů v terénu byla použita technologie GNSS (Global Navigation Satellite System). GNSS je obecné označení systémů určujících polohu zařízení pomocí satelitů. Mezi tyto systémy lze zahrnout například evropský Galileo, americký GPS nebo ruský Glonass. Při zaměření systémem GNSS dostává přijímač nejméně od čtyřech různých družic informaci o jejich označení, poloze a času vyslání signálu. Z těchto informací lze určit polohu zařízení. S čím více satelity se zařízení zvládne spojit, tím je výsledná poloha zařízení přesnější (Rapant 2002; Štroner 2022). Na dnech roklí a ve skalních soutěskách bývá toto připojení problematické, dále může být připojení ovlivněno také vegetačním pokryvem. Při zaměření vlíčovacích bodů byla využita metoda RTK (Real Time Kinematic). Tato metoda vyžaduje po dobu měření datové spojení mezi vytyčovaným bodem a bodem o známých souřadnicích. Toto spojení může být realizované například připojením na internet prostřednictvím GSM sítě (Štroner 2022).

Vytváření lidarových i fotogrammetrických modelů s sebou nese několik problémů, které vznikají kvůli povaze měření nebo specifickému reliéfu pískovcových skal. V této studii byl prvním z nich vegetační pokryv reliéfu. V Adršpašských skalách se nachází hustá, často jehličnatá vegetace, pod kterou zůstává skryta část skalních objektů. Řešením tohoto problému je klasifikace bodového mračka (viz níže). Pro zvýšení počtu terénních bodů v místech s vegetací je vhodné snížit výšku letu a vytvořit bodové mračno s větší hustotou bodů (Lysák 2016). Toto řešení však nefunguje pro fotogrammetrická data. Bodové mračno vytvořené ze snímků obsahuje

jen malý počet terénních bodů pod vegetací. Objekty skryté pod vegetací tedy v tomto případě není možné přesně modelovat.

Druhým problémem, který se váže ke snímání pískovcových skal, jsou zastíněné oblasti bez dat. Tento problém je způsobený samotnou povahou snímání terénu ze vzduchu. Vzájemná poloha skeneru a vysokého objektu způsobuje zastínění oblasti za objektem (směrem od skeneru) a z dané oblasti nejsou pořízena žádná data. Tento problém lze vyřešit zmenšením rozestupu jednotlivých letových řad (Lysák 2016). Problém nedostatku dat v určitých místech může být způsoben také převisy. Tento problém však již nelze systematicky v terénu tohoto typu vyřešit při snímání dat shora. Část bodového mračka obsahující převislou stěnu má pro jeden bod v prostoru se souřadnicemi x , y více hodnot z . První je bod z_1 , který představuje zem, druhým je bod z_2 , tedy skála nad zemí, pod převisem, třetím je bod z_3 , který je na skále nad převisem a je vidět při vrchním pohledu na věž. Této problematice se věnují Lysák (2016) a Ondrušková (2019) ve svých pracích, ve kterých také navrhují řešení zobrazení bodů nad i pod převisem zároveň.

Pořízené bodové mračko lze hodnotit několika parametry. Důležitým parametrem je jeho průměrná hustota (point density), která je definovaná jako průměrný počet bodů vztažený k jednotce plochy (obvykle na m^2). Průměrná hustota bodového mračka souvisí se střední vzdáleností bodů (point spacing). Po vytvoření bodového mračka přichází na řadu jeho zpracování. V případě bodového mračka pořízeného LLS je jedním ze zásadních kroků při jeho zpracování klasifikace a filtrace bodového mračka. Klasifikace bodů bodového mračka pořízeného LLS slouží k rozlišení bodů, které pocházejí z odrazu od terénu a od ostatních bodů. Filtrační algoritmy pak využívají parametry okolních bodů ke klasifikaci daného bodu do několika tříd, kromě terénu například vegetace, budovy atd. (Tomková 2018).

Hlavním produktem takto zpracovaných dat je DMR (digitální model reliéfu) (Lysák 2016). DMR je reprezentací zemského reliéfu složenou z naměřených dat a způsobu, jak mezi těmito měřeními dopočítávat mezilehlé hodnoty (interpolování). Součástí DMR jsou pouze objekty pevně spojené s povrchem země, ostatní objekty (vegetace, budovy atd.) jsou pak součástí DMP (digitální model povrchu). DMR může mít pravidelnou i nepravidelnou strukturu. Představitelem nepravidelné struktury je TIN (triangulated irregular network). Jedná se o nepravidelnou trojúhelníkovou síť, vrcholy těchto trojúhelníků představují naměřené body, vnitřní plocha a strany trojúhelníků pak představují odhad průběhu terénu lineární interpolací. DMR s pravidelnou strukturou použitý v této práci představuje rastr. Jedná se o mřížku o dané velikosti jednoho pixelu. V ideálním případě by na jeden pixel měl připadnout alespoň jeden bod bodového mračka.

Větší velikost pixelu může mít za následek ztrátu detailů o průběhu terénu. Příliš malé pixely pak nepřinesou větší množství informací, protože vznikají interpolací mezi naměřenými body bodového mračna. Řešení analytických úloh je u DMR s pravidelnou strukturou zpravidla jednodušší než například u TIN (Lysák 2016).

3. LEZECKÉ PRŮVODCE A DATABÁZE

Skalní terény Broumovska jsou často pro jejich návštěvníky bludišti, ve kterých není složité se ztratit. Najít určenou věž ve spleti roklí a labyrintu chodeb je bez lezeckého průvodce často velká výzva, nezdá se stává, že nezalší své hledání vzdají a změní lezecké cíle. Avšak místní lezci se dají považovat za znalce topografie Adršpašských skal. Všechny průvodce zaměřující se specificky na Adršpach vytvořili právě sami místní lezci, od Karla Šmída a jeho průvodce z šedesátých a sedmdesátých let, přes významného lezce a prvovýstupce Stanislava Lukavského, který investoval velké množství úsilí i času a zpracoval dosud nejpodrobnějšího průvodce, až po Jana Žwaka, který několik let pracoval na nejaktuálnějším lezeckém průvodci po místních skalách. Adršpach je z pohledu počtu skalních věží i lezeckých cest největším skalním městem Broumovska (ČHS 2024), není tedy divu, že vydání místního lezeckého průvodce je nejednoduchým úkolem a výjimečnou událostí, na kterou zatím pokaždé čekala lezecká komunita dlouhou dobu.

Tato kapitola krátce popisuje pískovcové lezení a dále vytváří souhrnný přehled lezeckých průvodců, které byly vydány pro oblast Adršpašských skal. Tyto průvodce jsou navzájem porovnávány z pohledu jejich obsáhlosti, přesnosti prostorových informací, které předávají v jejich pláncích. Popis průvodců je doplněn historickým kontextem, událostmi a jmény významných lezců, kteří se podíleli na dění v této oblasti. V poslední části této kapitoly jsou zmíněny moderní online databáze, které jsou obsáhlostí také srovnány s lezeckými průvodci. Tento souhrnný přehled má za cíl popsat vývoj mapování a mapovacích technologií od jejich počátků až po současnost a popisuje i významnost tohoto mapování nejen pro lezeckou komunitu.

Pískovcové lezení a jeho pravidla

Pískovcové lezení je jednou z odnoží tradičního lezectví, která se specializuje na pískovcové skály; k tomu se váže několik specifíků. Obecné pravidlo ve volném lezení je, že lezci by se při výstupech měli snažit, aby po sobě na skále zanechali co nejmenší stopu a nijak neupravovali povrch skály (Lienerth 2004). Toto pravidlo se přeneslo i na pískovec a do způsobů vytváření nových lezeckých cest – prvovýstupů. V dnešních pravidlech pískovcového lezení (ČHS 2020) definuje Český horolezecký svaz (ČHS) přesnou minimální vzdálenost mezi fixními jištěními při jejich umístění stejně jako způsob vytváření prvovýstupů “zdola”, tedy realizace prvovýstupu od nástupu cesty směrem nahoru. Z důvodu obecně menší hustoty fixního jištění umístěného často jen do klíčových míst, používají na pískovci i další výstupci lezoucí danou cestu tzv. smyčky, textilní jistící prostředky, které se zakládají na vhodná místa a dojišťují tak jejich výstup

(Lienerth 2004). Jedním ze zajímavých specifíků typickým pouze pro pískovcové lezení je tzv. stavění, tedy postup, při němž oporu pro další výstup poskytuje tělo jednoho či více spolulezců (při tzv. vydatném stavění, tedy stavění kdy je zapojeno 3 a více lezců, vzniká pyramida s na pohled zábavným zborcením nakonec), přesto, že se nejedná o volné lezení, je kvůli hladkým místům v cestách i při dnešních prvovýstupech používáno (Šmíd 1979; Lisák 2015).

Pískovec při nasáknutí vodou ztratí svoji soudržnost a je náchylnější k poškození. Z toho důvodu je dalším zásadním pravidlem lezení pouze na suché skále právě proto, aby se skála nepoškozovala a nedocházelo tak k povrchovým změnám zapříčiněnými lezci (ČHS 2020). Tradičně se také na jednotlivé skalní věže a někdy i masivy umísťují vrcholové knížky, do kterých se lezecké družstvo může zapsat. Mimo těchto několika vybraných specifíků se k pískovcovému lezení dále váže velké množství dalších pravidel, etických zvyklostí nebo i kontroverzních otázek. Zároveň je třeba zdůraznit, že se jednotlivé pískovcové oblasti v Česku i v Sasku od sebe různými pravidly a etikou liší a každá prošla svým vývojem.

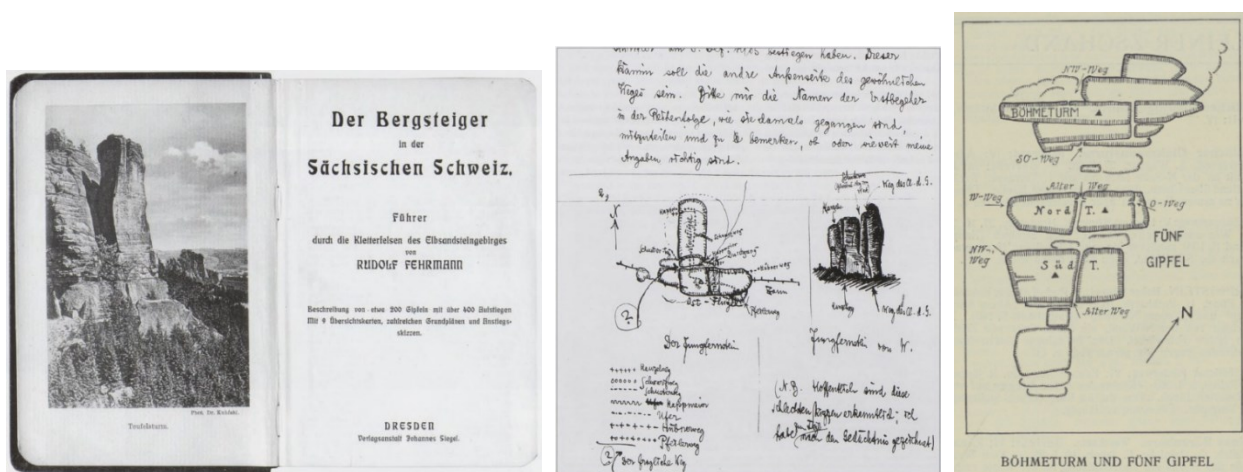
Následující kapitola se zabývá historií lezení v Adršpachu a bibliografií místních lezeckých průvodců. Průvodce popisuje a hodnotí je z pohledu jejich obsáhlosti nebo z pohledu prezentace prostorových informací.

3.1. ZAČÁTKY PÍSKOVCOVÉHO LEZENÍ V SASKU

Pískovcové skalní věže člověka lákají k výstupům dlouhou dobu. Začátky pískovcového lezení se odehrávaly na saských pískovcích. První písemně doložený pokus o lezecký výstup na pískovcovou věž byl dokončen 6. 3. 1864 v Sasku na Falkenstein poblíž Bad Schandau. Věž byla doslova dobyta, za použití sekery i dláta byly sekány stupy a k výstupu používány i žebříky, což je z dnešního lezeckého pohledu nemyslitelný způsob výstupu (Lisák 2015). Tento styl lezení je nazýván technickým, k výstupu byly použity umělé pomůcky, ne pouze síla a technika lezce. Představy o volném lezení (lezení kdy je k výstupu vzhůru využito pouze přirozeného povrchu skály a postupové či fixní body jsou použity pouze pro zajištění lezce (Lienerth 2004) prezentoval v roce 1913 v Sasku Rudolf Fehrmann. Část jeho zásad o překonávání zemské přitažlivosti pouze lezcovou silou a upravování povrchu skály lze nalézt i v dnešních pravidlech pískovcového lezení (ČHS 2020).

Pískovcové lezení se přeneslo do Čech výstupem na věž Pevnost poblíž Hřenska v roce 1888, tehdy pojmenovanou Beckstein po prvovýstupci, jímž byl Carl Beck. Na přelomu 19. a 20.

století se stalo pro pískovcové lezce několik přelomových okamžiků; od vynesení první vrcholové knížky, přes zatlučení prvního kruhu jako fixního jistícího prostředku až po vytvoření prvního lezeckého průvodce (Lisák 2015). V roce 1908 výše zmiňovaný R. Fehrmann vytvořil uceleného lezeckého průvodce (obr. 3), který vycházel hlavně z popisů jednotlivých vrcholů a výstupů na ně od O. Schustera a přehledu 91 vrcholů s popisy výstupů od H. Kurzeho z roku 1904. Fehrmannův *Der Bergsteiger in der Sächsischen Schweiz* obsahoval popisy 214 lezeckých vrcholů s více než 430 výstupy. Obsahoval také 9 přehledových map lezeckých oblastí (Heinicke 2008). Drážďanští lezci vyráželi v té době poměrně hojně i do skal Českého Švýcarska, v průvodci bylo proto zahrnuto také 22 skal v Ostrově, Labském údolí i okolo Pravčické brány (Schindler 2015).



Obrázek 3: Vlevo první strana a vprostřed přípravné nákresy a texty lezeckého průvodce R. Fehrmanna z roku 1908, vpravo druhé vydání z roku 1923 téhož průvodce. Zdroj: Lisák (2015); Deutsche National Bibliothek (2011).

3.2. ZAČÁTKY LEZENÍ V ADRŠPACHU

Informace o českých skalách se k saským lezcům dostávaly i prostřednictvím turistických průvodců, které měly v té době již tradici. Rozmach lezení na českých skalách přišel pro německé lezce hlavně po roce 1920. Nejspíš v roce 1921 lezci z Drážďanského klubu F.K.V. vystoupili na Kapelníka na Hrubé Skále a pár dní na to o Svatodušních svátcích podnikli i další prvovýstupy v Prachovských skalách, např. na Kočičí jehlu (Schindler 2015). Postupnému zvyšování pozornosti u saských lezců se na začátku 20. století nevyhnul ani Adršpach. První písemně doložený výstup v Adršpašských skalách se odehrál 28. dubna 1923, kdy W. Rösel a H. Reinhold vystoupili na věž, jíž dali název *Randturm* (v překladu Krajní věž). Dodnes není jisté, o jakou věž se přesně jednalo, nejpravděpodobněji šlo o věž Větrná v obvodu Podhradí (Lisák 2015).

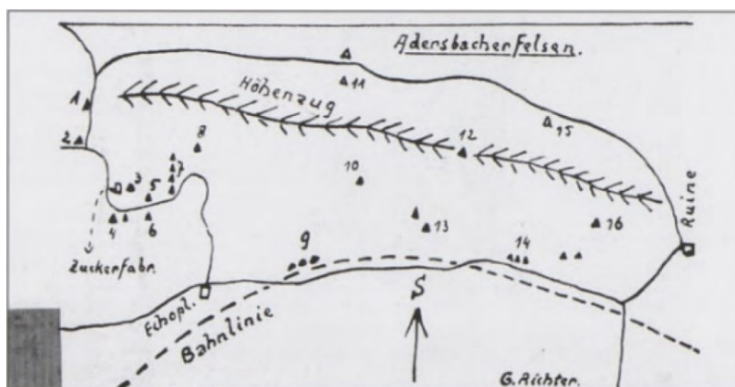
Na svatodušní svátky 20. 5. 1923 se odehrál zásadní výstup, který je dnes lezci oslavován jako skutečný počátek lezení v Adršpachu (Mitáč 2023). Skupina devíti saských lezců z klubu K. V. Lössnitz v čele s Willi Adamem vystoupila komínem na dnešního Krále, tehdy nazvaného *Pfingsturm* (v překladu Svatodušní věž) (obr. 4). Ten stejný den W. Fiehl (pozdější autor prvovýstupu na Milence) provedl pokus o prvovýstup na nedaleké Cimbuří, který se mu J. Ungerem zdařil až další den, spolu s prvovýstupem na dnešního Orla (Sýkora 2004). O rostoucí popularitě Adršpachu svědčí i fakt, že se skupina lezců okolo W. Adama s dvojicí W. Fiehl a J. Unger potkali cestou do Adršpachu 19.5. 1923 v Pruském Schönbergu, dnešním Chełmsku Śląskiem a do konce května téhož roku vystoupili na několik dalších dominantních věží (Sýkora 2004; Lisák 2015).

V červnu tohoto roku byl proveden O. Dietrichem, W. Fiehlem a O. Rülkem náročný výstup na Starostovou. Sýkora (2004) zmiňuje, že výstup neprovedli spárrou z vnitřního prostoru, tak jak je jim dnes obecně připisován, ale místy, kudy vede dnešní cesta "Pravý údolní komín". V průběhu zbytku 20. let do Adršpašsko-teplických skal přijížděli saští lezci z různých lezeckých klubů (zejména z drážďanského klubu Empor) a udělali desítky dalších výstupů i prvovýstupů, z dnešního lezeckého pohledu občas i na technicky obtížně dosažitelné věže jako je například Skalní Koruna v Teplických skalách (první vylezená věž v Teplických skalách) nebo Velký Konšel v Adršpachu (Sýkora 2004; Lisák 2015).



Obrázek 4: Vlevo věž Král a vpravo pravděpodobně druhý výstup na Cimbuří v roce 1923. Zdroj: Lisák (2015).

Skály zlezené v tomto období popisuje G. Richter v prvním horolezeckém plánu Adršpašských skal, který je vydaný o několik let později v časopisu *Der Sächsischer Bergsteiger* (č. 6, 1941). Tento nákres je nejstarším známým horolezeckým plánkem Adršpašských skal (obr. 5) a byl velkým vodítkem při identifikaci starých saských prvovýstupů. Legendu se snažil určit Sýkora (2004), přičemž Lisák (2015) doplňuje další názvy věží. Jedná se o tyto věže: 1. Řeřicha, 2. Uhlířská, 3. pravděpodobně Karbaník, případně Kibic, 4. Želva, 5. Starosta, 6. Starostová, 7. pravděpodobně Štěpánská Koruna, 8. Napoleon, 9. Tři Obři, 10. Orel, 11. Annapúrna, 12. cokoliv na hřebeni, pravděpodobně Zámek, 13. Saská hlava, 14. Cimbuří, 15. pravděpodobně Čtyři gardisti, 16. Král. Jako *Zuckerfabrik* bylo označováno celé souskalí kolem Cukrovarského komínu (včetně Kata nebo právě Karbaníka s Kibicem), *Echoplatz* označuje dnešní Ozvěnu a *Ruine* je zřícenina hradu na Starozámeckém vrchu.



Obrázek 5: Plánek vytvořený G. Richterem vydaný v článku *Kletterfahrten in Adersbach* v lezeckém časopisu *Der Sächsischer Bergsteiger* v červnu v roce 1941. Zdroj: Lisák (2015).

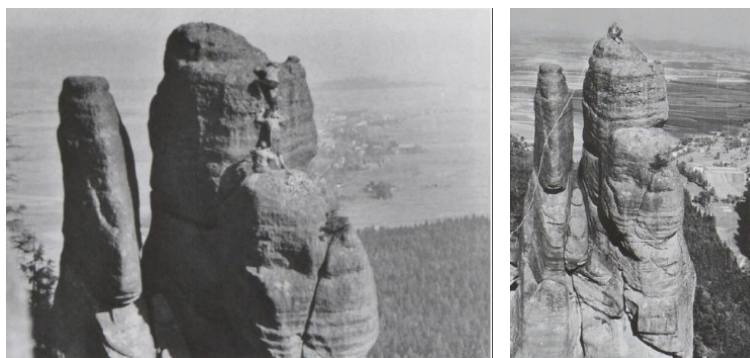
V této době pravděpodobně neexistoval žádný jiný publikovaný plán skal nebo souhrnný přehled výstupů, saští lezci si informace zapisovali do svých osobních a klubových deníků, předávali si je ústně nebo skrze lezecké časopisy. V časopisu *Der Sächsischer Bergsteiger* vyšel v roce 1930 článek, který vyzýval saské lezce k odevzdávání informací o výstupech a prvovýstupech pro připravovaného průvodce po českých skalách (Lisák 2015). Lisák (2015) se o tomto průvodci dále již nezmiňuje, Lukavský (1999-2000) pouze dodává, že materiály k tomuto průvodci byly nejspíše zničeny při náletech na Drážďany za druhé světové války.

Zpětně se o přítomnosti jednotlivých saských lezců ve 20. letech lze dozvědět také z návštěvní knihy, která byla u vstupu Adršpašských skal. Konkrétní informace k jednotlivým výstupům předali zpětně v 60. a 70. letech 20. století někteří původní autoři výstupů Karlu Šmídovi, jenž zpracovával prvního průvodce, který se zaměřoval přímo na pískovcové oblasti ve

východních Čechách (Lisák 2015) a kterému je pro jeho vykonanou práci věnovaná kniha Písaři od Sýkory (2004). Zbylé informace o výstupech z této doby v terénu získali v téže době čeští lezci podle tvaru fixního jištění (slačovacích kruhů, skob a kruhů) či podle nápisů (hlavně iniciál lezeckých klubů) vytesaných ve skalách (Sýkora 2004). Celkově lze pak dohledat 74 saských lezců, kteří zde v této době podnikali výstupy (Sýkora 2004). Zajímavostí může být i turistická vytíženost místních skal v této době. V roce 1928 navštívilo Teplické skály 35 000 návštěvníků. V Adršpašských skalách 11 let poté prošlo dokonce 140 000 návštěvníků (Lisák 2015).

3.3. 30. LÉTA

Předválečná 30. léta pokračovala v duchu německých výstupů, zejména opakování již vytvořených cest, tyto výstupy podnikali také místní sudetští Němci (klub K. K. E.), jejichž jména se začala v této době objevovat ve vrcholových knížkách (Sýkora 2004). Významným výstupem této doby je první český výstup na Milence v roce 1934, o rok později následovaný prvovýstupem na Džbán. Oba podnikli lezci kolem J. Janeby (autor průvodce *Horolezecké cvičení v Prachovských skalách* z roku 1934) a M. Jedličky (autor průvodce *Pískovcové skalní oblasti v Čechách* z roku 1961) z Klubu Alpinistů československých (Sýkora 2004; Lisák 2015; ČHS 2024). Ve zbytku 30. let začalo přibývat výstupů i v okolních skalních městech a byly vystoupeny první věže v Jiráskových a Supích skalách, v různých roklích Broumovských stěn, na Hejšovině nebo Ostaši (Lisák 2015). Na počest odstoupení pohraničí Německu byla vylezena v roce 1939 například dominanta Broumovských stěn, dnešní Lucifer v Třešňové rokli (obr. 6), němečtí výstupci ho pojmenovali *Befreiungsturm* (v překladu Věž osvobození), tento název (stejně jako mnohé další) změnil při prvním českém výstupu Karel Šmíd zpět na Lucifera (piskari.cz 2012; Lisák 2015).



Obrázek 6: První český výstup na Lucifera v Broumovských stěnách 11. 10. 1953. Originální vrcholovou knížku se zápisem výstupců lze najít v piskari.cz (2012). Zdroj: Lisák (2015).

V roce 1938 vyšel první lezecký průvodce *Cvičné skály a horolezectví v Československu* od R. Piláta (obr. 7), v němž jsou zmíněny i adršpašské skály (Pilát 1938). Rozsahově se průvodce věnuje všem typům lezeckých terénů, od pískovců v zemi České, přes Moravský kras v zemi Moravskoslezské nebo Tatry v zemi Slovenské až po dvě skalní oblasti v zemi Podkarpatoruské. Publikace má 64 stran, k jednotlivým oblastem se z dnešního pohledu věnuje okrajově a neobsahuje žádné plány a nákresy, součástí je pouze 10 fotografií lezeckých terénů na několika posledních stranách, jednou z nich jsou Milenci v Adršpachu. V kapitole popisující právě Adršpach uvádí, že se zde nachází “asi 40 věží neb lezeckých skal”, do tohoto počtu zahrnuje podle něj dosud nevylezené věže stejně jako skalky a útvary nacházející se podél turistické stezky, které jsou z dnešního lezeckého pohledu nevýznamné, jako například dnešní Varhany nebo Hromový kámen. V posledním odstavci této kapitoly uvádí seznam vystoupených skalních věží. Těch je z oblasti Adršpachu pouze sedm a spolu s klasifikací obtížnosti výstupu uvádí také jejich výšku. Na tomto seznamu chybí většina do té doby vylezených věží, včetně Krále nebo Starostové, o jejichž zlezení pravděpodobně nevěděl. I přes faktické nepřesnosti a absenci plánů skal se tento průvodce posunul od ústního předávání kusých informací o výstupech k veřejně publikovanému soupisu a lze ho považovat za předchůdce moderních průvodců po místních skalách.



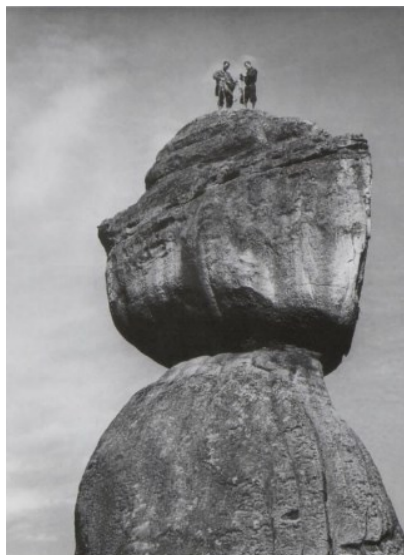
Obrázek 7: Vlevo obálka průvodce R. Piláta z roku 1938, vpravo fotka skalní věže Milenci z tohoto průvodce. Zdroj: Pilát (1938).

3.4. POVÁLEČNÉ OBDOBÍ

Poválečný odsun německého obyvatelstva probíhal i v Adršpachu, bohužel se tohoto období nedožila část saských ani adršpašských lezců. V květnu 1945 se za necelý měsíc stihly objevit na většině dominantních vrcholů bílé vlajky, které na ně umístili právě místní Němci jako symbol kapitulace, výstupci se však ze strachu do vrcholových knížek nezapsali, rozhodně šlo ale o úctyhodný výkon. Tyto bílé vlajky urychlily tempo výstupů českých lezců, kteří je z vrcholů snášeli, některé ale byly umístěny na i z dnešního lezeckého pohledu technicky velmi těžce dostupné věže, na které čeští lezci nezvládli dalších několik let vylézt (Sýkora 2004). Strach místních lezců po válce dokazuje i přejmenování sudetského lezeckého klubu K. K. E. (*Kletter Klub Einheimischen* - v překladu lezecký klub domácích) na K. K. G. (*Kletter Klub Gäste* - v překladu lezecký klub hostí), většina z jeho členů byla ale v následujících letech odsunuta z pohraničí (Sýkora 2004; Lisák 2015).

V tomto období nastal rozmach českého lezení, kterému předcházelo minimálně dvě desítky českých prvovýstupů zejména v dolním labyrintu Ostaše v roce 1944 (Sýkora 2004; Lisák 2015). Náchodští lezci kolem Miloslava Jirky, Vladimíra Kršiaka a Zdeňka Pechra se dají považovat za první místní pískovcové lezce. Výstupy s nimi podnikal už v roce 1944 i Josef Škvorecký, který zažitá dobrodružství přenesl do románů. (Lisák 2015). Členové náchodského a později i polického oddílu se po válce přesunuli i do Adršpachu a Teplic a zároveň zaučili další generaci lezců. Rychlým tempem přibývalo v této době výstupů i prvovýstupů zejména na dominanty a dobře viditelné věže a lezecká etika se od skobování a přípravy do hor čím dál více posouvala k dnešnímu pohledu (Lisák 2015).

V tomto období nebyl vydán žádný lezecký průvodce zaměřující se na Adršpašské skály. Jediná publikace zmiňující lezení v Adršpašsko-teplických skalách, jsou *Skalní města u Teplic nad Metují a Adršpachu* od F. Mikeše z roku 1957 (Lisák 2015). Mikeš (1957) v tomto turistickém průvodci popisuje skály z různých pohledů, přičemž "horolezeckému sportu v Teplických a Adršpašských skalách" věnuje tři stránky, na kterých popisuje obecné principy lezení, krátkou historii, ve které se ale objevují faktické nepřesnosti týkající se jednotlivých výstupů a prvovýstupů. Kniha obsahuje zejména turistické trasy, žádné pro lezce významné plány ani mapky neobsahuje.



Obrázek 8: Pravděpodobně čtvrtý výstup na Starostovou, druhý český výstup, poprvé se jednalo o místní lezce, pravděpodobně Stanislava Čepelku a Františka Frankeho. Zdroj: Lisák (2015).

3.5. 60. A 70. LÉTA

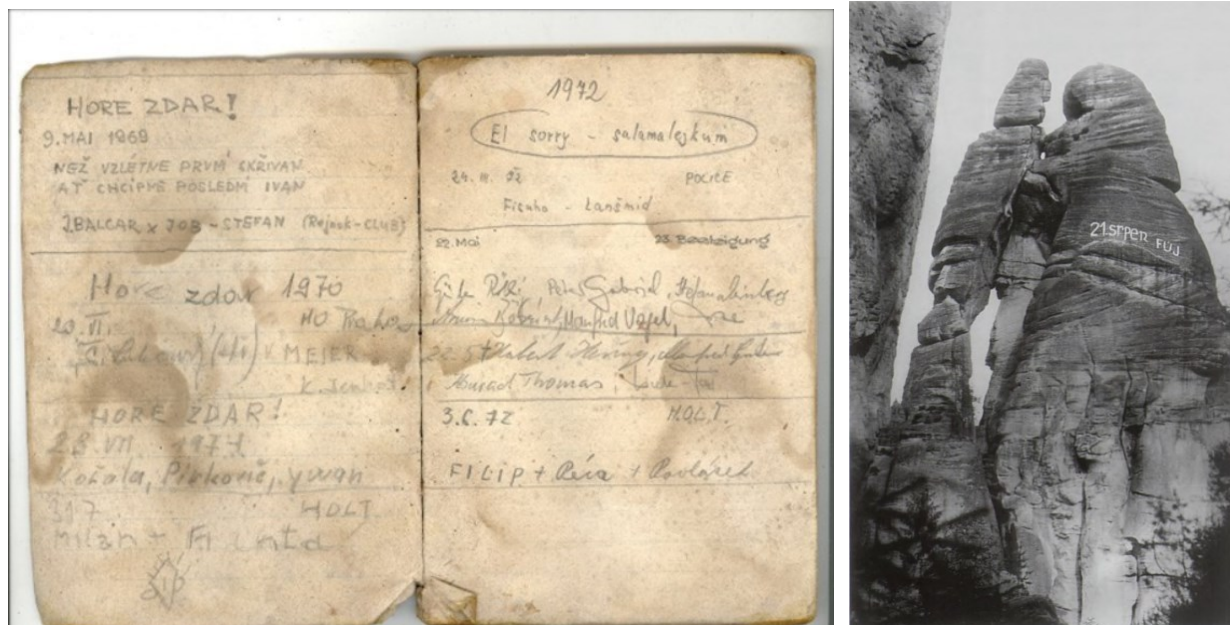
Ačkoliv čeští lezci aktivně zdolávali adršpašské věže už na konci 50. let, velký rozmach přišel až na jaře 1960. V této době bylo dovoleno saským lezcům přijet do Adršpachu a ti jako zkušení prvovýstupci také začali v místních skalách působit. Tato návštěva byla důležitá pro obě strany. Pro saské lezce byly skály bludištěm neznámých věží, čeští kolegové jim proto ukázali věže s možnostmi prvovýstupů a naoplátku obdrželi například nedostatkové karabiny a tenké smyčky. Pro české lezce byla tato návštěva výrazným impulsem ke zvýšení výkonnosti, aby se vyrovnali Sasům, což s sebou neslo vytvoření nových cest i na dosud nezlezené dominanty. I kvůli příchodu pevných silikonových lan se tak vytvořil mezník mezi érou starších lezců 40. a 50. let a výkonnostními lezci nastupující generace. Výsledkem těchto faktorů byl prudký nárůst počtu prvovýstupů spolu s jejich obtížností i odvážností (Sýkora 2004).

Jako významné lezce 60. a 70. let lze uvést (uvedeno abecedně): P. Blahna, bratři Bohadlové, V. Bruckner, S. Čepelka, F. Čepelka, K. Dědek, J. Farkaš, M. Fenik, B. Flegel, T. Gross, K. Hauschke, J. Hejduk, V. Hornych, J. Houser, F. Jaroš, I. Kobr, J. Kobr, I. Koller, bratři Krebachové, S. Lanta, S. Lukavský, bratři Meierové, P. Mocek, L. Návesník, M. Nosek, L. Páleníček, J. Poul, bratři Příbylovi, B. Rosenberg, A. Rousek, M. Rusý, J. Seifert, O. Schejbal, J. Stránský, J. Stejskal, Z. Studnička, B. Sýkora, M. Šmíd, L. Šolc, I. Špitálský, K. Vozáb, R. Zeidler,

K. Živný (Hornych 2004), sám autor ale píše, že nezvládl uvést všechny významné lezce tohoto období, pokud by to vůbec šlo. Mezi saské lezce, kteří zde v této době také působili lze doplnit jména: B. Arnold, M. Biock, H. Böhm, F. Eske, H. Gantze, K. Güntner, B. Maidl, M. Meissner, H. Richter, W. Rump a další (Lisák 2015).

Když má lezec v dnešní době dostatek odvahy, výkonnosti a také štěstí na vybranou věž, je stále možné najít vrcholové knížky, které zde umístili právě tito odvážní průkopníci. Spolu s jejich podpisy je možné nalistovat historky, vázající se k výstupům a někdy i politicky orientované komentáře (obr. 9 vlevo nahoře). K této době se váže také několik zajímavých historek a příběhů. Jedním z nich je hladovka, kterou držel na protest proti invazi vojsk Varšavské smlouvy v roce 1968 místní lezec František Jaroš, který na očích turistům vydržel na pilíři Milenců celkem 5 dní. Také kvůli tomu dostal později výpověď z práce a po zbytek života pracoval na Broumovsku jako kominík. Další rok při srpnovém výročí této události napsal brzo ráno J. Farkaš s pomocí bratra J. Příbyla přes jihovýchodní stěnu Milenky několika metrový nápis “21. srpen FUJ” (obr. 9). I díky jejich promyšlenému svižnému ústupu přes Teplické skály jim nebylo při pozdějším zadržení nic prokázáno. Příslušníci veřejné bezpečnosti potom chodili po adršpašských hospodách a sháněli lezce, který nápis zmaže, a jediná odpověď, která se jim dlouho dostávala byla “Na Milence? Jste blázni? Tam já nikdy nevylezu, to je o život!”, i přesto, že se na místní poměry jednalo o poměrně jednoduchý výstup (Lisák 2015). Stopy po nápisu jsou na věži dodnes patrné. Uvedená historka byla zpopularizována v červnu 2018, kdy byl tento nápis před výročím sovětským okupace neznámými lezci obnoven; tentokrát k tomu ale použili dobře smývatelné magnesium. Příklad řešila Policie ČR i CHKO Broumovsko, nápis nakonec smyli místní lezci (Tůmová 2018).

Téměř rok po prvním popsání Milenců nápisem byla v Peru v roce 1970 zavalena lavinou celá československá expedice. Mezi jejími členy byl i teprve 24letý významný místní lezec Jaroslav Krecbach. Na jeho památku byla 2 roky poté prostoupena cesta Smuteční na Věž Jardy Krecbacha.

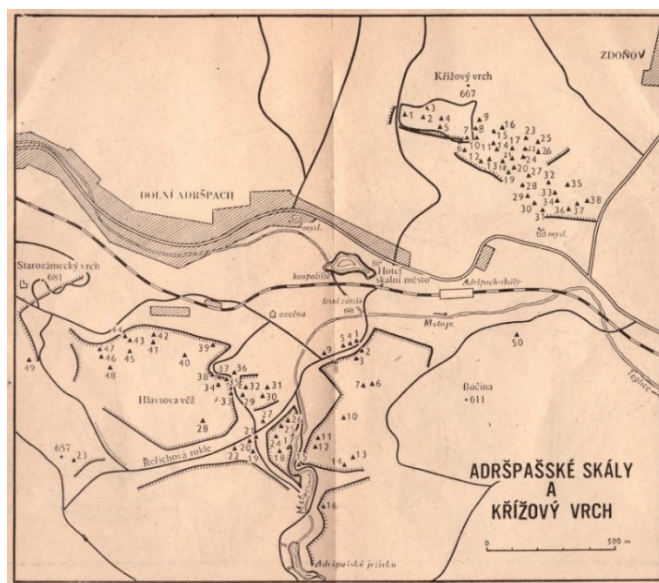


Obrázek 9: Vlevo originální vrcholová knížka z věže Nedělní, vpravo Milenci v roce 1968. Zdroj: piskari.cz (2012); Lisák (2015).

Tehdejší rozmach lezení se odrazil i na počtu vydaných lezeckých průvodců. V roce 1961 vyšel nový průvodce od M. Jedličky *Pískovcové skalní oblasti v Čechách* (Jedlička 1961). Tento průvodce se zaměřuje na všechny v té době lezecky významné pískovcové oblasti v Čechách: Děčínské stěny, ostatní skalní útvary severních Čech, oblasti v Českém Ráji, oblasti v severovýchodních Čechách. Poslední zmiňované kapitole, tedy skalám v Broumovském výběžku, je však věnováno pouze 36 stran z celkových 323 stranám průvodce. Uvedených 50 věží s 60 lezeckými cestami v Adršpachu je pak popisováno pouze na 11 stranách. Jak již bylo zmíněno, éra prvovýstupců 60. let teprve začínala, proto důvod pro tak malý počet popsanych věží a cest lze hledat jak v obecně malém množství provedených výstupů, tak i v nedostatečné inventarizaci výstupů, která vedla k tomu, že se spoustu již provedených prvovýstupů do průvodce neuvadilo. Autor v předmluvě děkuje M. Jirkovi a B. Sýkorovi, kteří měli zásluhu za část průvodce věnovanou místním skalám. Publikace se ve srovnání s Pilátem (1938) mnohem víc blíží podobě dnešních lezeckých průvodců. Byl zde uveden název věže spolu s jejím číslem, lezecké cesty, které na danou věž vedly, jejich popis, obtížnost, autoři i rok výstupu. Autor vycházel z průvodce Janeby (1934) *Horolezecká cvičení v Prachovských skalách*, který tento způsob zapisování výstupů použil před ním.

Průvodce také obsahuje několik plánek jednotlivých oblastí, včetně mapy Adršpachu a Křížového vrchu (obr. 10). V tomto období bylo vydáno několik turistických map. Například

Kartografický a reprodukční ústav Praha vydal v roce 1961 turistickou mapu, která obsahovala podrobné plány prohlídkových okruhů, kde byly jak turisticky zajímavé skalní útvary, tak i (pro turisty nevýznamné) “horolezecké cvičné skály”, tj. v té době zlezené věže (Lisák 2015). Ve zdrojích k průvodci ale žádná není odcitovaná. Naopak i sám autor průvodce hodnotí mapy jednotlivých oblastí jako “mapové náčrtky”, je tedy možné, že byly nakresleny od oka v kombinaci s jednodušším terénním mapováním. Všechny mapy jsou vytvořeny na základě jednoho mapového klíče, který je uvedený v úvodu. Nachází se zde všech 50 věží, které jsou očíslované podle jejich pořadí v popisné části, dále jsou zde také znázorněny, oproti skutečnému terénu, velmi zjednodušeně místa s okrajovými skalními masivy a ostatní základní topografické prvky. I přes velmi malou přesnost poskytuje mapa základní přehled o rozmístění věží a jako první mapa v rámci lezeckých průvodců zaznamenává lezecky významné věže. Zajímavostí je, že oproti dnešním mapám zde není znázorněna zatopená pískovna, těžba zde začala ve 20. letech minulého století, zatopena vodou byla až v 70. letech (Hnyk 2019).



Obrázek 10: Plánek Adršpašských skal a Křížového vrchu z průvodce M. Jedličky (1961). Zdroj: Jedlička (1961).

Rok po vydání Jedličkova průvodce se začalo pracovat na dalším průvodci do místních skal. *První defilé* (Šmíd 1962) byl cyklostylovaný soupis věží (bez plánů a map) vydaný pod vedením K. Šmída Okresní horolezeckou sekcí v Náchodě v nákladu 115 číslovaných kusů s cílem sesbírat informace o výstupech. Proto byly průvodce přiděleny konkrétním lezcům s připojeným reklamačním listem na doplnění nebo opravu informací (Lukavský 1999-2000). Součástí *Prvního defilé* byl také jmenný seznam všech prvovýstupců z každé oblasti, rozdělených

dle příslušnosti k jednotlivým horolezeckým oddílům. Věže byly v soupisu rozdělené do oblastí: Ostaš, Stěny, Křížový vrch, Teplicko-adršpašské skály (ty byly stejně jako Ostaš rozděleny na dílčí obvody). Autoři zde uvádí, že ke konci roku 1961 je úhrnný počet zaevidovaných zlezených věží ve všech skalních územích Náchodska 415, počet cest a jejich variant pak cca 600, v Adršpašských skalách pak bylo evidováno 183 vylezených věží ve 12 lezeckých obvodech, na které vedlo celkem 254 lezeckých cest.

V roce 1966 vyšel v nakladatelství Sportverlag Berlin německý průvodce po českých pískovcích s názvem *Kletterführer Sandsteinfelsen ČSSR* od Dietera Lehmana. Jednalo se o překlad Jedličkova průvodce *Pískovcové skalní oblasti v Čechách* z roku 1961, aktualizovaný a doplněný na přidaných 91 stranách o výstupy z první poloviny 60. let (Lisák 2015). Celkem obsahoval 1086 vrcholů, z toho 301 ve východních Čechách a 131 v Adršpachu (Gipfelbuch.de 2022).

Po necelých 5 letech po ukončení reklamační uzávěrky *Prvního defilé* vychází v roce 1967 první průvodce zaměřující se pouze na skály Broumovské vrchoviny. Jeho autorem byl JUDr. Karel Šmíd, oblast Adršpašských skal mu pomáhali zpracovat také V. Horných a M. Rusý. Vydání *Defilé skalních věží* (Šmíd 1967) proběhlo kvůli potížím s tehdejší cenzurou až v květnu 1967, místo často chybně uváděného roku 1966. Královéhradecké Nakladatelství Kruh odmítlo vydání s odůvodněním: “Mnohé názvy skalních útvarů jsou vulgární, neodpovídají normě českého jazyka a bylo by třeba prověřit, zda uváděná pojmenování jsou oficiální či se pouze používají v horolezecké hantýrce.” (Lisák 2015). Pravdou ale je, že nekorektní názvy cest a věží se nezřídka přímo týkaly tehdejšího režimu (Lukavský 1999-2000). Například v roce 1968 pojmenoval M. Rusý s H. Vorlovou novou věž v Jezerce Ludvík Vaculík, podle tehdejšího disidenta. V průvodci z roku 1978 mohla být věž kvůli cenzuře pojmenována pouze Ludvík (Lisák 2015).

Autor při tvorbě průvodce vycházel z více zdrojů, jedním z nich byly protokoly prvovýstupů, které pro lepší evidenci prvovýstupů sám zavedl. Dalším významným zdrojem byly pro Karla Šmída informace od saských lezců, díky kterým se do průvodce dostaly informace zejména z meziválečného období (v úvodu dokonce autor uvádí, že korespondence vedl i se zámořím). Je možné, že by část těchto informací bez snahy autora časem upadla v zapomnění.

V tomto průvodci se objevuje kvůli většímu počtu skalních věží jejich rozdělení do jednotlivých lezeckých obvodů. Těch uvádí autor celkem 14. Vymezením a některými názvy se proti dnešním obvodům liší, většina jejich názvů je však používána dodnes. Průvodce uvádí na

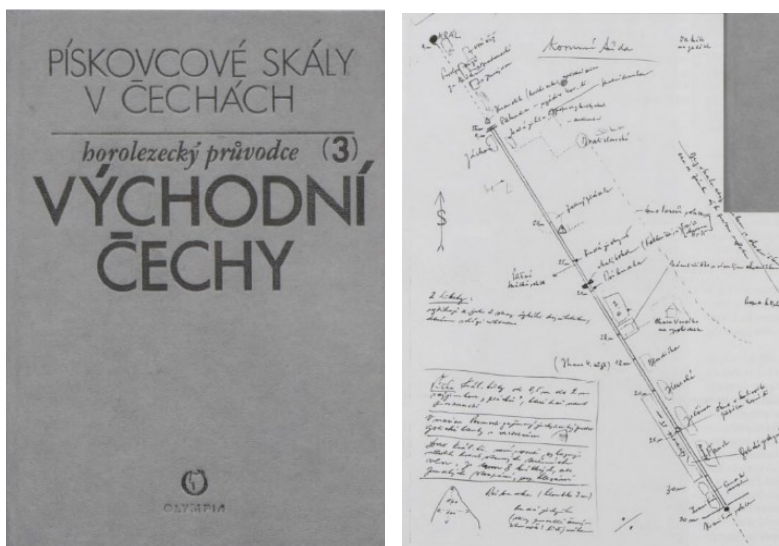
Broumovsku celkem 738 věží, z toho 390 se nacházelo v Adršpachu a vedlo na ně 557 cest a jejich variant. Adršpachu se věnuje 79 stran, na zbylých lze najít Teplické skály, Broumovské stěny, Ostaš nebo Křížový vrch. V průvodci se nachází jeden plánec, ten popisuje pouze blízké okolí věže Slunečná na Ostaši, pro zbylé oblasti je místopis v průvodci jenom slovní. Ten, jak sám autor uvádí, jen velmi nedokonale nahrazuje grafickou formu plánek či map. Autor uvádí, že se nejedná o definitivního průvodce, ten lze podle něj vytvořit pouze velkou spoluprací místních lezců.

Defilé skalních věží každopádně vyplnilo dlouhotrvající vakuum v informacích o místních lezeckých terénech. Celkový počet věží v Adršpachu uváděných v lezeckých průvodcích se zvedl z 50, které uvádí Jedlička (1961) na 390, kterých uvádí Šmíd (1967). I na tomto nárůstu věží uvedených v jednotlivých průvodcích 60. let je vidět, jaký rozmach pískovcové lezení v Adršpachu v této době zažívalo.

V 70. letech počet lezeckých cest stále strmě stoupal a byly prostoupeny směry na velký počet dosud nezlezených věží. V této době se již ustálila pravidla pískovcového lezení i s určitými specifiky typickými pro místní skály (Lisák 2015). V průběhu 70. let probíhala příprava na vydání lezeckých průvodců po českých skalách, odpovědným redaktorem pro Východní Čechy se stal po přesvědčení místními lezci opět Karel Šmíd. Na průvodci se podíleli velkým dílem také místní lezci, zejména Jaroslav Houser a Václav Horných, kteří zpracovávali popisy lezeckých cest, a Vladimír Škaroupka, který řídil mapovací práce a nakreslil všechny plánky obsažené v průvodci (Šmíd 1979), Lukavský (1999-2000) dodává, že plány zpracovával také Josef Hejduk terénním mapováním. Výsledkem snažení jednotlivých lezců se v roce 1979 místní skály dočkaly přelomového průvodce, který i poprvé obsahoval podrobné plánky oblasti i půdorysy věží. Karel Šmíd se jeho vydání bohužel nedočkal, zemřel rok před jeho vydáním v roce 1978.

Průvodce *Pískovcové skály v Čechách: Východní Čechy* (obr. 11) na svých 420 stranách popisoval čtyři skalní oblasti: Ostaš, Adršpaško-teplické skály, Křížový vrch a (broumovské) Stěny, Adršpachu se věnuje 179 z nich, tedy zdaleka nejvíce ze všech zmiňovaných oblastí. Tyto oblasti dělil na celkem 44 lezeckých obvodů ve kterých se celkem nacházelo 1283 věží, na které vedlo 2515 výstupových cest (pro srovnání Jedlička (1961) uvádí, že v celých Čechách se nachází 1000 věží se 2000 lezeckými cestami). Adršpach se pak dělil poprvé na dnešních 16 obvodů, ve kterých stálo 638 věží (obr. 12), na které vedlo 1336 cest a variant. Názvy a územní vymezení těchto obvodů byly v případě nejasností určeny autorem. V obsáhlém úvodu je popsána historie místního lezení, geologické souvislosti, ochrana přírody, pravidla pískovcového lezení spolu s jednotnou pískovcovou klasifikací, která v této době byla uzavřená a na Broumovsku

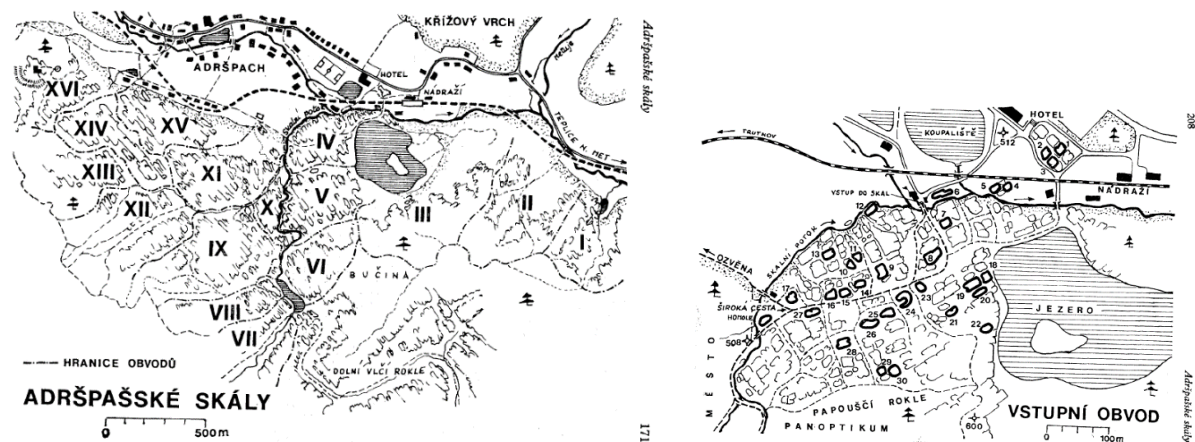
končila stupněm VIIc. Zmiňuje zde také klasifikaci přeskoků (způsob výstupu, kdy se lezec odrazí ze skalního masivu či věže a doskakuje na jinou skalní věž, pilíř nebo do stěny) a pískařské názvosloví s jednotlivými skalními útvary.



Obrázek 11: Vlevo obálka průvodce K. Šmída (1979), vpravo plán Královské třídy vytvořený K. Šmídem pravděpodobně za použití krokování, použitý při přípravě plánek do vznikajícího průvodce, uprostřed lze vidět dnes již neexistující chatu Veverka. Zdroj: Šmíd (1979); Lisák (2015).

Průvodce byl třetím a posledním, na kterém se Karel Šmíd podílel, zároveň byl ale prvním, který obsahoval mapy, na kterých byly zakresleny polohy všech popisovaných věží (obr. 12). Mapy byly kreslené pro každý lezecký obvod zvlášť s různými měřítky, některé obvody byly rozděleny na více listů. Na některých velkoměřítkových půdorysných pláncích byly ke skalám zakresleny pomocí šipek i místa, kde dané lezecké cesty začínají. V pláncích nechyběly další poměrně podrobně zakreslené topografické prvky, které zjednodušovaly orientaci v terénu jako například turistické stezky, přístupové pěšiny k věžím, potoky nebo rokle. Mapy v průvodci pravděpodobně nevycházely z práce předchůdců (jako například Jedličky (1961)), jednotlivým pláncům tedy předcházelo terénní mapování, na něm se kromě Karla Šmída podíleli i další lezci, bylo provedeno se snahou o přesné zachycení polohy skal. Dostupné technologie 70. let neumožňovaly v místním prostředí zefektivnění a ulehčení práce, proto byla část skal mapována jednoduššími metodami jako například krokování (obr. 11) nebo kreslena od oka. Míra podrobnosti zmapování skal zůstala dlouhou dobu nepřekonaná.

Průvodce *Pískovcové skály v Čechách: Východní Čechy* byl v době vydání přelomový a stal se prvním plnohodnotným lezeckým průvodcem broumovskými skalami, který se svojí strukturou od moderních lezeckých průvodců po Broumovsku zásadně neliší.



Obrázek 12: Průvodce K. Šmída z roku 1979. Vlevo plánek Adršpašských skal s vyznačenými lezeckými obvody; I. Rokle nad Černým jezírkiem, II. Rokle nad Spáleným mlýnem, III. Za pískovnou, IV. Vstupní obvod, V. Panoptikum, VI. Jezerka, VII. Janovická Vlčí rokle, VIII. Ztracená rokle, IX. Milenecká hora, X. Ostrov, XI. Město, XII. Řeřichové stráně, XIII. Hůrka, XIV. Himálaj, XV. Království, XVI. Podhradí, vpravo plánek vstupního obvodu s jednotlivými věžemi. Zdroj: Šmíd (1979).

3.6. 80. A 90. LÉTA

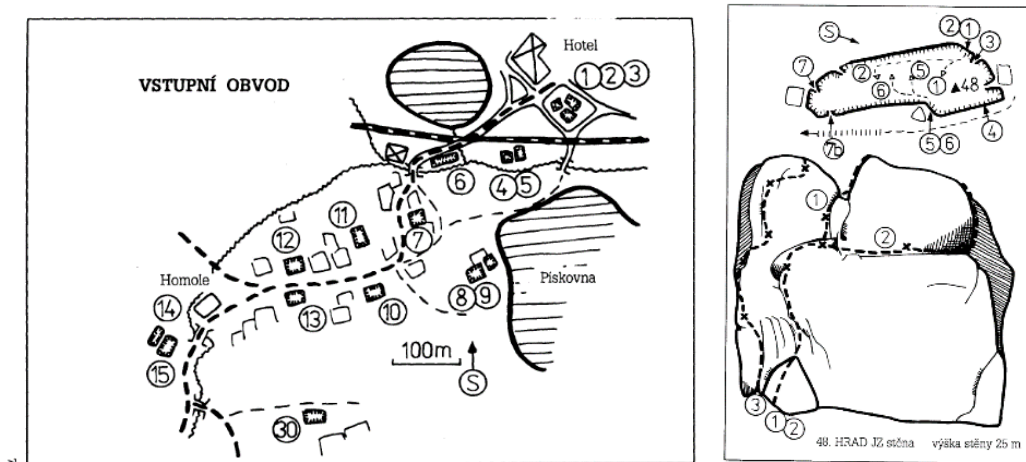
V 80. letech nastala éra prvovýstupů, kdy lezci jako Stanislav Lukavský, Petr Mocek nebo Jaroslav Houser jich vytvářeli každou sezónu velké množství. Pro dokreslení lze zmínit, že v databázi na webu piskari.cz lze vyhledat přes 1200 prvovýstupů provedených v Adršpašských skalách mezi lety 1980 a 1989 (což je o zhruba 500 prvovýstupů více než v 60. nebo 70. letech). Protokoly s těmito výstupy se začaly hromadit, v roce 1983 proto Jaroslav Houser vytvořil dodatky k průvodci Karla Šmída. V úvodu zmiňuje, že oblast Adršpašských skal zpracoval Stanislav Lukavský s pomocí Václava Brucknera, mapky ke všem oblastem doplnil původní autor mapek Vladimír Škaroupka (Lisák 2015).

Tento průvodce měl stejně jako ostatní také problémy se schválením k tisku u Okresního národního výboru v Náchodě. Nemohl se zde například objevit název věže podle disidenta a spisovatele Ludvíka Vaculíka nebo další více či méně korektní nebo jinotajné názvy cest i věží.

Cenzuře naopak uniklo, když v dodatcích Jaroslav Houser změnil příjmení lezců na jejich lezecké přezdívky, a jako autory cesty Postřižiny na Přísahu uvedl: Stanislava Cikána, Jaroslava Piskoře, Petra Idiotka, J. Jojáka (Lisák 2015).

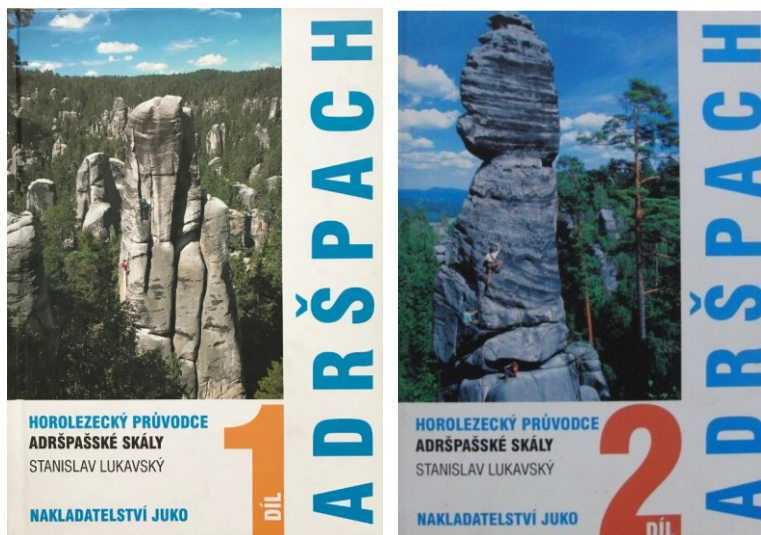
Dalších několik let počet prvovýstupů rostl, nové lezecké průvodce ale pro žádnou z broumovských skalních oblastí nevznikaly. Změna přišla v roce 1993, když Adolf Kadlec zpracoval lezeckého průvodce na Ostaš. Ta byla nejen pro svou dostupnost vždy lezecky velmi využívaná. Na začátku 90. let bylo také založeno nakladatelství JUKO, které bylo od té doby výhradním vydavatelem téměř všech lezeckých průvodců po Broumovsku.

Tím také začalo období vydávání dalších průvodců po místních skalách. Jedním z nich byl *Adršpach 500 horolezeckých výstupů* od P. Lisáka z roku 1994 (Lisák 1994). Jak název napovídá, jednalo se pouze o výběr, který na 88 stranách popisuje 435 cest a 65 variant, které vedou na 73 věží. Autor v úvodu uvádí, že jeho výběr představuje nejznámější cesty, ale je to ovšem pouhý zlomek cest, které byly do té doby v Adršpachu vylezeny. Vzhledem k menšímu počtu popisovaných cest je průvodce podrobnější v grafické prezentaci vybraných výstupů. Nachází se v něm několik plánek, které zobrazují polohu vybraných věží (obr. 13), půdorysů, ale i pro adršpašské průvodce spoustu naprosto nezvyklých bočních nákresů, které zobrazují linie lezeckých cest (obr. 13). Lze předpokládat, že všechny tyto nákresy byly vytvořeny od oka, ale přesto byly pro většinu lezeckých záměrů dostačující. Zajímavostí tohoto průvodce je, že stejně jako další průvodce vydané v této době, používá klasifikaci obtížnosti lezeckých cest UIAA, dnes vnímanou převážně jako sportovní. Od tohoto typu klasifikace se na pískovci po 90. letech ustoupilo a v dalších průvodcích po Adršpachu se již neobjevila.



Obrázek 13: Průvodce P. Lisáka z roku 1994. Vpravo opět vstupní obvod, vlevo čelní a půdorysný náčrt skalní věže Hrad. Zdroj: Lisák (1994).

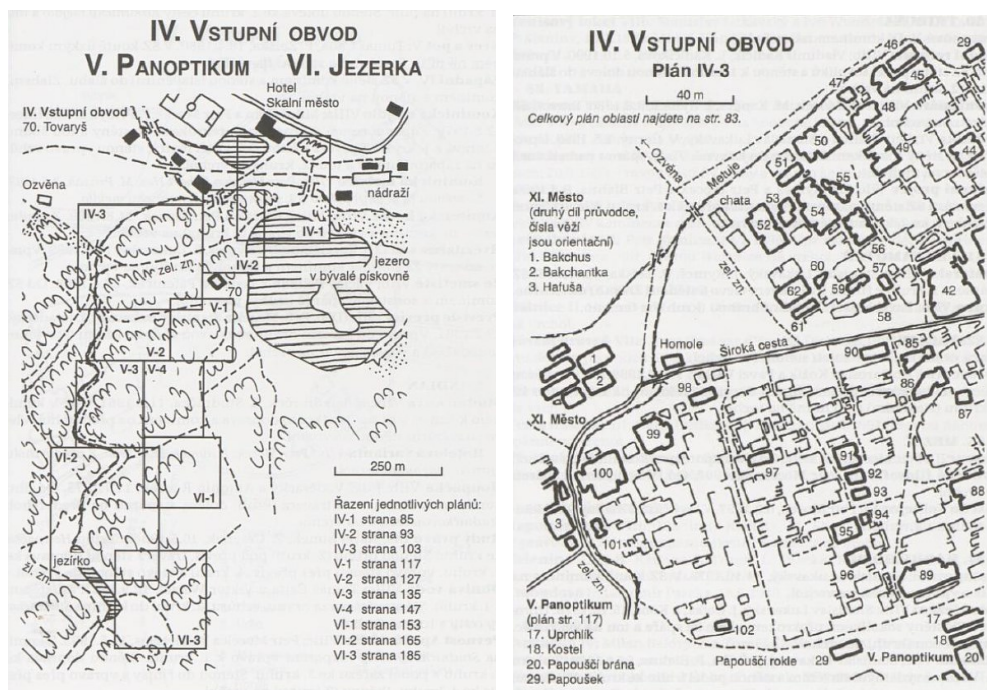
Velký posun v rámci lezeckých průvodců místními skalami bezpochyby představovalo do té doby nejobsáhlejší dílo *Adršpašské skály: horolezecký průvodce* (obr. 14), jehož oba díly vydalo nakladatelství JUKO v letech 1999 a 2000 a jejichž autorem byl Stanislav Lukavský. Je také prvním plnohodnotným průvodcem, který se zaměřuje pouze na Adršpašské skály. S přihlédnutím na počet věží, které bylo třeba takto zaevidovat, není k podivu, že vydání tohoto průvodce předcházelo velké množství příprav. Lisák (1994) píše, že Lukavský na průvodci pracuje už několik let a zároveň naznačuje, že jeho vydání se již blíží.



Obrázek 14: První a druhý díl lezeckého průvodce od S. Lukavského z roku 1999 a 2000. Zdroj: Lukavský (1999-2000).

V prvním a druhém dílu průvodce bylo v Adršpachu zaevidováno celkem 1364 věží a skalních masivů, na které vede alespoň jedna lezecká cesta. Na 227 stránkách v prvním a 287 stránkách v druhém průvodci lze najít téměř 3800 lezeckých cest a jejich variant. Autor čerpal v popisné části, která se týkala jednotlivých výstupů, z protokolů o prvovýstupech, vrcholových knih nebo z konzultací s jednotlivými lezci. Počet a vymezení lezeckých obvodů Lukavský (1999-2000) převzal od Šmída (1979), celkem se jednalo tedy také o 16 lezeckých obvodů, které byly rozděleny do dvou dílů průvodce podle toho, na kterém břehu Metuje se nacházely (až na výjimku Ztracené rokly). Ta tvořila přirozenou hranici, protože protéká zhruba středem skalního města. Tento průvodce se svojí strukturou rámcově podobá Šmídovi (1979) a je téměř totožný s ostatními lezeckými průvodci Broumovska, které vydalo nakladatelství JUKO v posledních letech. Při pohledu na poměr počtu cest a stránek je patrné, že oproti starším průvodcům, je v popisu cest a věží poněkud stručný.

Autor uvádí, že při přípravě kladl velký důraz na přesné plánky jednotlivých obvodů (obr. 15). Těch při rozdělení všech lezeckých obvodů vytvořil 47, v průvodci s výjimkou Milenců ale nebyly žádné velkoměřítkové plánky zobrazující pouze jednotlivé věže či souvěží. Při sestavování plánek byly použity letecké snímky, ovšem pouze k proměření vzdáleností mezi dominantními věžemi. Proto vydání průvodce předcházelo zejména terénní mapování, které bylo časově velmi náročné. Na plochu 180 archů papíru rozměru A4 zpracoval autor plánky v pracovním měřítku 1:1000. V průvodci mají plánky ale různá měřítka, která jsou u každého z nich graficky znázorněna. Pro lepší práci s průvodcem v něm musela být navíc upravena velikost půdorysů vybraných věží, protože menší věže by se jinak v daném měřítku nedaly do plánek zakreslit (Lukavský 1999-2000). Z postupu vytváření průvodce, který autor popisuje, vyplývá, že plánky ani jiné mapové podklady nepřebíral ze starších lezeckých průvodců. Jiné mapové podklady autor také necituje.



Obrázek 15: Plánky z průvodce S. Lukavského (1999-2000). Zdroj: Lukavský (1999-2000).

3.7. SOUČASNOST A ONLINE DATABÁZE

Průvodce z let 1999 a 2000 byl do dneška posledním vydaným průvodcem na oblast Adršpachu, přesto se počet nových prvovýstupů dál hromadil. V roce 2009 vznikl portál piskari.cz, za kterým stojí tým pěti místních lezců. Tento portál byl vytvořen i pro lezce, kteří chtějí relevantní informace

sdílet. Web piskari.cz obsahuje databázi cest a věží na Broumovsku, která je rozdělena podle jednotlivých oblastí, dále lze vyhledat lezeckou cestu na základě parametrů jako je autor, doba vzniku nebo lezecký obvod. Databáze je částečně otevřená pro uživatele. Ti tak mohou vkládat komentáře nebo fotografie k již existujícím cestám nebo vkládat cesty nové. Zároveň databáze obsahuje webový mapový prohlížeč se zobrazenou polohou většiny věží v Adršpachu (pro zbylé oblasti Broumavska a část zakázaných lezeckých obvodů v Adršpachu tato služba není dostupná). Portál svým přístupem velmi podporuje lezení v klasickém duchu podle schválených pravidel lezení na pískovci a uvádí zde také pískařské desatero a pravidla tak v některých bodech doplňuje. Databáze také záměrně neuvádí skalní věže ani lezecké cesty, které se nachází v aktuálně zakázaných lezeckých oblastech na Broumovsku. Zároveň zde lze najít lezecké články, digitalizované historické vrcholové knížky z několika skalních věží nebo další, pro místní lezce užitečné informace.

ČHS vytvořil ve spolupráci se společností Netsystem int. a.s. v roce 2007 databázi lezeckých objektů. Prvotní obsah vznikl digitalizací tištěných průvodců, později pak zadáváním informací jednotlivých členů či převzetím části informací z německé databáze Gipfelbuch a z AOPK (Lněničková 2017). Od roku 2014 tyto dvě společnosti už nespolupracují. ČHS pokračuje do dneška v práci na databázi Skály ČR, společnost Netsystem int. a.s. vytvořila v roce 2014 databázi Skalní oblasti ČR. Současný vývoj obou databází je již zcela nezávislý. Obě tyto databáze se narozdíl od webu piskari.cz zaměřují na všechny lezecké objekty v Česku. Tyto databáze také obsahují i souřadnice některých věží (Lněničková 2017; Strnad 2024).

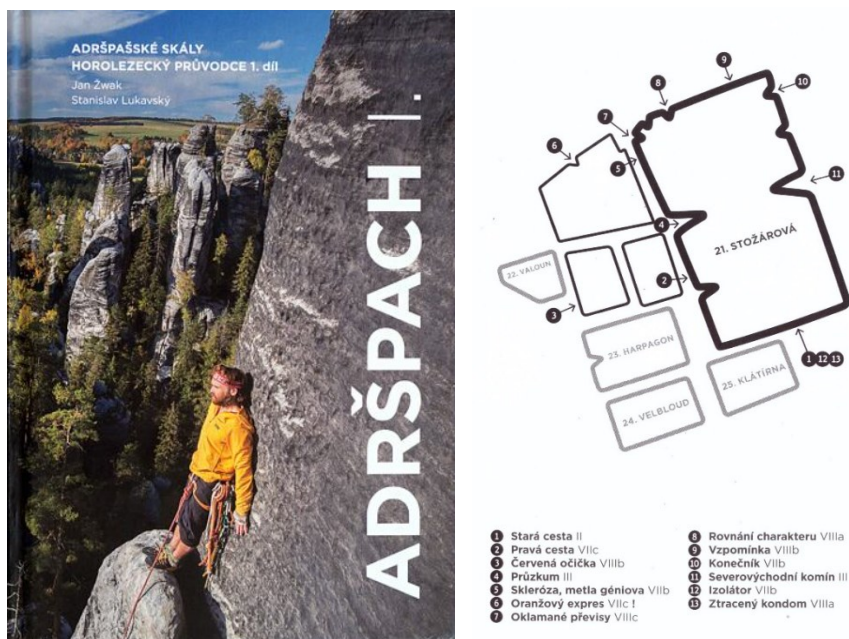
Čtvrtou databází, která obsahuje informace o místních skalách, je německá databáze Gipfelbuch provozovaná Jörgem Brutschnerem. Tato databáze se zaměřuje v rámci Česka hlavně na oblast České křídové tabule (severní oblasti Čech). Informace do databáze mohou zadat všichni registrovaní uživatelé. Dále databáze obsahuje souřadnice lezeckých objektů spolu s jejich přesností (Lněničková 2017; Brutschner 2024). Stejně jako piskari.cz obsahuje také další pro lezce relevantní informace jako například hodnocení lezecké cesty nebo údaje o možnostech jejího zajištění lezcem. Z této databáze byla přenesena část informací do velké australské databáze thecrag.com, která popisuje lezecké oblasti celého světa.

Poslední databází, která obsahuje nezanedbatelný počet lezeckých cest v Adršpachu je lezec.cz. Web je spravovaný společností EnergyCloud Trade s.r.o. a byl založen v roce 2000. V roce 2001 byla k webu připojena také databáze, do které mohou registrovaní uživatelé vkládat lezecké cesty, v různých oblastech (EnergyCloud Trade s.r.o. 2024). Databáze obsahuje lezecké oblasti v Severní Americe, v Česku nebo třeba Austrálii. Do databáze mohou uživatelé přidávat

komentáře, fotografie nebo zapisovat výstupy. Web dále obsahuje diskuzní fórum, zveřejňuje lezecké novinky nebo články. Část databáze zaměřující se na Adršpach obsahuje asi 2500 lezeckých cest, u každé z nich je zaznamenaná věž, na kterou cesta vede. Atribut lezecký obvod zde není, nelze proto cesty rozdělit podle lezeckých obvodů. V rámci Adršpachu se v databázi nachází spíše častěji lezené cesty nebo cesty klasifikačně těžší, ovšem nelze říci, že je to pravidlem.

Dále lze zmínit také databáze, které obsahují pouze výběr několika cest v Adršpachu. Jde například o původně švédskou databázi 8a.nu, ta je v rámci celosvětového měřítka poměrně populární a lze v ní zaznamenávat přelety i z umělých stěn. V Adršpachu uvádí celkem 52 cest. Další podobnou databází je britská UKC.com. Ta obsahuje asi 100 místních cest, u kterých stejně jako 8a.nu neuvádí jejich popis ani autory. Dále existuje několik populárních lezeckých databází (například 27crag.com), které popisují ostatní, zejména boulderingové oblasti Broumovska.

Na jaře 2024 byl vydán po dlouhém čekání lezecké komunity první díl průvodce *Adršpach I.* od Jana Žwaka a Stanislava Lukavského (obr. 16). Popisuje podobné území jako první díl průvodce z roku 1999, počet a územní rozsah obvodů je také zachován. Jsou v něm použity plány z průvodce z roku 1999 a 2000 s dodatečnou korekcí a doplněním nově zlezených skalních věží a masivů. Například v Janovické Vlčí roklí proběhlo terénní mapování a v průvodci je tak doplněna velká část jejího území, která v minulém průvodci chyběla. Autor tuto i jiné rokle popisuje i přesto, že na tomto území není lezení povoleno. Tyto obvody popisuje autor ze stejného důvodu jako Lukavský (1999-2000); průvodce se bude používat několik desítek let a povolení pro lezení se na jednotlivá území vyjednávají pouze na několik málo let dopředu. Průvodce obsahuje podle číslování z obrázku 12 lezecké obvody číslo 1 až 10, kromě 9. obvodu Milenecká hora, která bude součástí druhého dílu.



Obrázek 16: Vlevo nejnovější průvodce pro Adršpach z roku 2024, vpravo velkoměřítkové půdorysné plánky věží v tomto průvodci. Zdroj: (Žwak, Lukavský 2024).

Vytváření těchto plánků probíhalo stejnou metodou jako u předchozího průvodce, letecké snímky byly použity pro základní proměření vzdáleností, do výsledných plánků se nijak přímo nepromítly. Podrobné terénní mapování probíhalo dále u vybraných věží, které v průvodci budou znázorněny ve velkoměřítkových půdorysných pláncích (obr. 16). Zároveň u těchto, ani u jiných věží, nebudou nikde v průvodci uvedeny souřadnice. Pro faktickou správnost textu v průvodci byly nejen z protokolů o prvovýstupu nebo vrcholových knih opraveny informace o jednotlivých lezeckých cestách. Na celém procesu vytváření průvodce se stejně jako většiny výše zmíněných průvodců zúčastnilo několik dalších dobrovolníků. Druhého dílu se plánují ujmout stejní autoři a jeho vydání je v plánu v následujících letech.

3.8. SHRUTÍ

Rozvoj pískovcového lezení byl v jednotlivých obdobích různě rychlý a tempo prvovýstupů se v těchto obdobích také měnilo. Tento rozvoj lze jednoduše sledovat právě na celkových počtech prvovýstupů, které jsou uvedené v jednotlivých průvodcích. Toto srovnání je vidět v níže uvedené tabulce 1.

	Počet věží a masivů	Počet lezeckých cest	Počet lezeckých obvodů
Pilát (1938)	7	7	viz poznámka 1
Richter (1941)	16	16	viz poznámka 1
Jedlička (1961)	50	60	viz poznámka 1
Šmíd (1962)	183	254	12
Lehmann (1966)	131	viz poznámka 2	viz poznámka 2
Šmíd (1967)	390	557	14
Šmíd (1979)	638	1336	16
Lukavský (1999-2000)	1364	3798	16
Žwak, Lukavský (2024)	1426	4501	viz poznámka 3
piskari.cz	1219	3746	16
skalnioblasti.cz	1928	6317	16
Skály ČR	1930	6268	16
Gipfelbuch	2273	7435	16+2
lezec.cz	1114	2495	viz poznámka 1

Tabulka 1: Počty skalních věží a lezeckých cest a obvodů v jednotlivých lezeckých pláncích, průvodcích a databázích. Pro větší přehlednost jsou průvodce pojmenovány podle jejich autorů a let vydání. Zdroj: Pilát (1938); Jedlička (1961); Šmíd (1962); Šmíd (1967); Šmíd (1979); Lukavský (1999-2000); Lisák (2015); Žwak, Lukavský (2024); piskari.cz (2024); Strnad (2024); ČHS (2024); Brutschner (2024); EnergyCloud Trade s.r.o. (2024); vlastní zpracování.

Poznámka 1: V prvních třech uvedených dílech (a pravděpodobně ani v pátém uvedeném) autoři nerozdělovali Adršpach do lezeckých obvodů. Databáze lezec.cz také nijak systematicky obvody nezmiňuje

Poznámka 2: Počet cest z průvodce Kletterführer Sandsteinfelsen ČSSR se nepodařilo zjistit, lze předpokládat, že jich obsahoval maximálně 200.

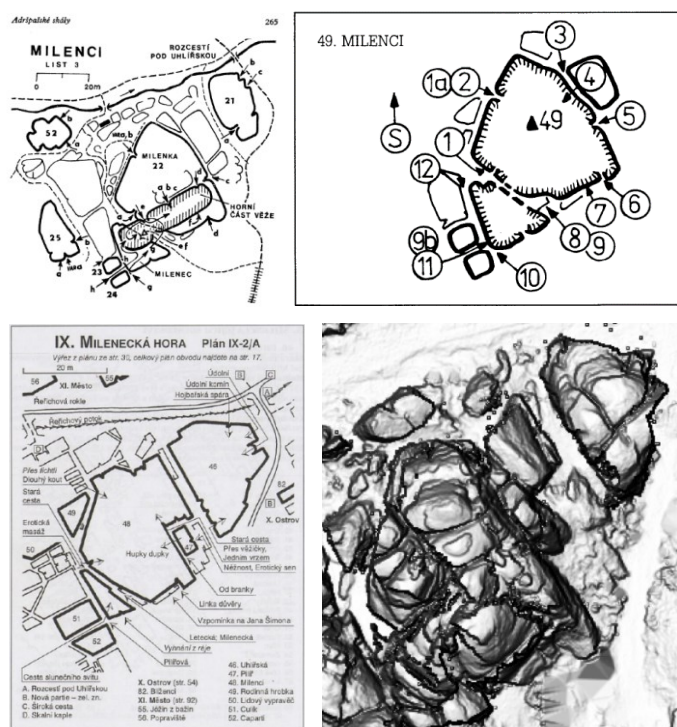
Poznámka 3: Nejnovější průvodce Adršpach I. od J. Žwaka je první díl z plánované dvoudílné série, která bude podle autora opět rozdělena do 16 lezeckých obvodů. Lze předpokládat, že počet popisovaných cest se zhruba zdvojnásobí.

Poznámka 4: Databáze Gipfelbuch uvádí tradičně 16 lezeckých obvodů. Dále pak skupinu nezatříděných věží a jako poslední "obvod" *Hinterland*, ve kterém se nachází pouze dvě věže.

V tabulce 1 lze vidět velikost Adršpašských skal z pohledu počtu lezeckých cest. V některých průvodcích nebyl zmíněn celkový počet cest, proto bylo u některých průvodců časově náročné se k tomuto číslu dostat. Adršpach je z pohledu cest jednou z největších lezeckých oblastí na světě. Databáze Gipfelbuch uvádí v Saském Švýcarsku téměř 25 tisíc cest (Brutschner 2024), rozlohou se však dá porovnávat spíše s celým Broumovskem, se kterým ho lze počtem cest také snadno srovnávat. Celkový počet cest v celém Broumovsku není možné v dnešní době zjistit. Stále existují dosud neevidované výstupy, které jsou zapsány například pouze ve vrcholových knihách, které třeba řadu let již nikdo neotevřel, nebo existují rozsáhlé rokle, hlavně v Broumovských stěnách, pro které dodnes neexistuje lezecký průvodce i přes stovky cest, které se v jednotlivých roklích nachází. Tyto průvodce nebudou zejména kvůli zákazům lezení v těchto roklích ani v blízké době vydány. Celkový počet na Broumovsku není vůbec jednoduché ani řádově odhadnout, na tabulce 1 lze vidět rozdíl mezi oficiální databází ČHS, která prvovýstupy zpracovává a reálným počtem cest v jedné polovině Adršpachu v průvodci z roku 2024. Je ale vhodné zmínit, že Adršpach, například oproti Broumovským stěnám, je lezecky hojně navštěvovanou oblastí.

První lezecké průvodce se zaměřovaly na velké množství lezeckých oblastí, nebylo v nich proto místo na plánky zobrazující místní skály. Prvním plánkem, který se zaměřoval pouze na Adršpach, byl náčrt v saském lezeckém časopisu. Ten měl však k dnešním plánkům velmi daleko. První průvodce s mapou či mapovým náčrtem Adršpachu byl Jedličkův průvodce z roku 1961. Rok poté začala práce na prvním průvodci popisujícím pouze skály Broumovska. I když cyklostylované *První defilé*, které bylo rozdáno 115 lezcům k doplnění, ani kniha *Defilé skalních věží*, která z něj vznikla, neobsahovaly plánky, byly významným krokem ke dnešnímu průvodci. Tři velké následující průvodce byly vždy velmi přelomové. Podle tzv. šedého průvodce, jak bývá lezci nazýván, od Karla Šmída z roku 1979, se lze ve skalách poměrně snadno orientovat ještě dnes. Průvodce od Stanislava Lukavského z let 1999 a 2000 byly pro místní lezce darem z nebe. Velmi obsáhlý průvodce byl vytvořen spolu s mapovými podklady od nuly tvořen několik let a není moc lidí, kteří si dokáží představit množství práce, které za ním stálo. Poslední průvodce vydaný na jaře 2024 je po vzoru posledního průvodce prvním dílem dvoudílné série. Počtem cest, který tento průvodce popisuje, však již tento první díl překonává oba díly předchozího průvodce od Lukavského. V posledních dvou desetiletích přibýlo také spoustu online databází popisujících nejen místní skály. Tyto databáze často spoléhají na příspěvky uživatelů, kteří mohou narozdíl od průvodců často také popsat emoce, které je provázeli při lezení dané cesty. Navzdory tomu zůstávají vydávané průvodce nej přesnějším a nejobjektivnějším popisem místních skal z horolezeckého pohledu a lze očekávat, že tomu tak i bude v blízké budoucnosti.

V rámci této kapitoly se podařilo autorovi získat všechny lezecké průvodce po Adršpašských skalách kromě průvodce *Kletterführer Sandsteinfelsen ČSSR* z roku 1966, o kterém se podařilo zjistit alespoň kusé informace, a dodatků od J. Housera z roku 1983 k průvodci z roku 1979. Tato kapitola je tak prvním větším přehledem téměř všech místních lezeckých průvodců. Tyto průvodce se také podařilo analyzovat z pohledu jejich obsáhlosti a stylů plánek, kterými předávají prostorové informace. Vývoj plánek v posledních třech průvodcích obsahujících souskalí Milenců v porovnání s vizualizovaným DMR (kapitola 4.7) je zobrazen na obrázku 17. První část posledního lezeckého průvodce z roku 2024 obvod Milenecká hora s půdorysem Milenců neobsahuje.



Obrázek 17: Porovnání velkoměřítkových plánek souskalí Milenci v průvodcích od Šmída (1979) vlevo nahoře, Lisáka (1994) vpravo nahoře, Lukavského (1999-2000) vlevo dole a vizualizace DMR vpravo dole (viz kapitola 4.7). Zdroj: Šmíd (1979); Lisák (1994); Lukavský (1999-2000); vlastní zpracování.

4. PRAKTICKÁ ČÁST

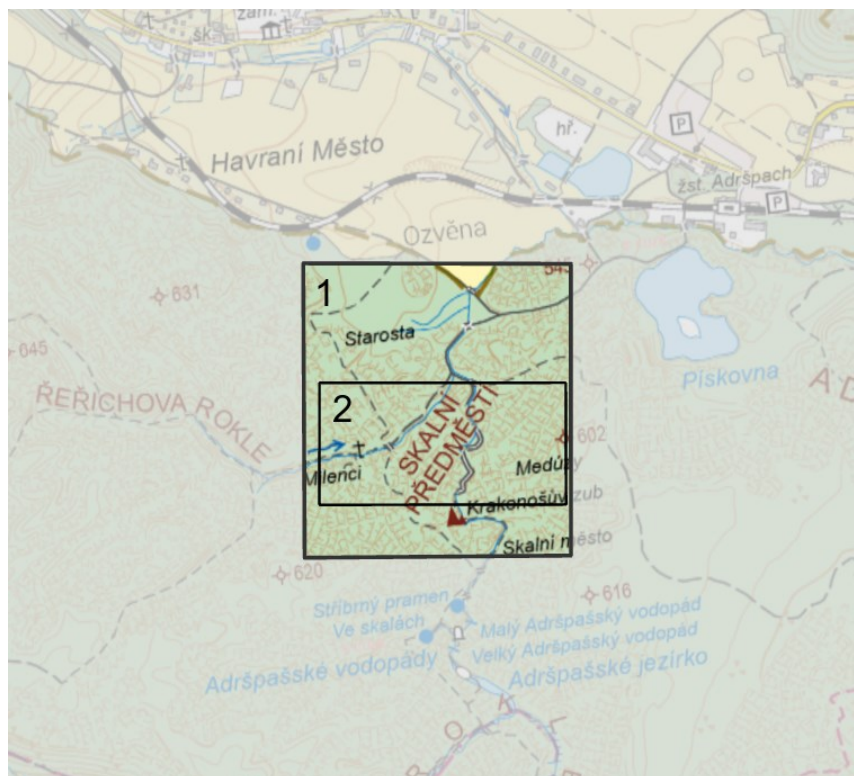
V předchozí kapitole byly popsány způsoby, jakými byly za posledních sto let předávány prostorové informace o lezení v Adršpachu. Od ústního předávání, přes lezecké časopisy a oddílové deníky až po lezecké průvodce různých podob. Za tuto dobu však nebyly prostorové informace hromadně sbírány způsoby, které máme dnes k dispozici. Tento sběr dat má v dnešní době velký potenciál. Tato kapitola se věnuje právě sběru digitálních dat, jejich zpracování a využití.

Oblast Adršpašských skal je se svým reliéfem velkou výzvou pro kartografy a odborné zmapování této oblasti vyžaduje velké množství času a znalostí. Moderní technologie v tom zde mohou být velmi nápomocné, ovšem i ty jsou omezené různými aspekty místního terénu, ať jde o nedostatečné pokrytí GNSS signálem nebo o krajinný pokryv. Získání informací z tohoto území může být výzva nejen technická, ale vzhledem k vysokému stupni ochrany přírody i administrativní.

Vhodným zpracováním nasnímaných dat lze vytvořit různé odvozené produkty (např. mapové podklady) a získat tak užitečné informace pro provozování lezeckví. Tato kapitola se nejprve věnuje popisu dat nasnímaných v tomto území, dále jsou v rámci jednotlivých ministudií datové modely různě srovnávány, je vyhodnocována jejich využitelnost pro různé účely. V rámci poslední studie této kapitoly je pak navržena metoda vizualizace jednoho z datových modelů. Pokud není v textu zmíněno jinak, byl vždy při práci s daty využíván software ArcGIS Pro (verze 3.2.2).

4.1. POUŽITÁ DATA

V praktické části bylo použito několik datových sad, které jsou popsány v následujících kapitolách. Rozsah území, které tyto sady zobrazují, je zachycen na obrázku 18.



Obrázek 18: Území jednotlivých měření; obdélník 1 znázorňuje území snímané lidarem (model A), menší obdélník 2 pak území snímané fotogrammetricky (model B a C), popis modelů níže v textu. Zdroj: ČÚZK (2023c); upraveno.

Území snímané fotogrammetricky v rámci této práce (obdélník 2 na obrázku 18) tvoří 2,24 % z rozlohy Adršpašských skal, území snímané lidarem (obdélník 1 na obrázku 18) pak 5,84 %. Území, které bylo snímáno v rámci fotogrammetrického měření, bylo zvoleno tak, aby bylo součástí území snímaného lidarem v roce 2019. V tomto území se nachází velké množství různých skalních útvarů. Reliéf je zde různorodý i na poměry Adršpašských skal. Nachází se zde úzké rokle, vysoké skalní věže, menší skalní věže, skalních plošiny a proplétá se tudy i turistická stezka. Toto území je, stejně jako zbytek Adršpašských skal, pokryto ze značné části vegetací, zde tvořenou zejména jehličnatými stromy.

4.1.1. Modely vytvořené z dat LLS

Na území Adršpašských skal proběhlo několik lidarových měření v rámci různých projektů. Jedním z nich byl Projekt tvorby nového výškopisu ČR, jehož výstupem byl i Digitální model reliéfu 5. generace (DMR 5G) (ČÚZK 2016). Data byla pořízena v letech 2009 až 2013 a pokrývají celou

Českou republiku. Tento model je volně dostupný a v zájmovém území dosahuje hustoty bodového mračna 0,24 bodu/m² (Brázdil 2009). V listopadu 2013 bylo v této oblasti také Zeměměřickým úřadem provedeno experimentální lokální skenování z nižší letové výšky. Průměrná hustota tohoto bodového mračna dosahovala přibližně 4,5 bodu/m², je však nutné zmínit, že se nejedná o klasifikované bodové mračno (Lysák 2016).

Pro tuto práci je významné měření z prosince 2019, které bylo provedeno v rámci projektu GA UK č. 132119 – Detekce a rozpoznávání objektů v bodovém mračnu laserového skenování z pískovcových skalních měst řešeném M. Tomkovou a J. Lysákem (Tomková, Lysák 2020). Data byla v území na obrázku 19 pořízena pomocí laserového skeneru RIEGL miniVUX-1UAV připevněného na dronu DJI Matrice 600 Pro. Nasnímané bodové mračno bylo manuálně klasifikováno v softwaru ArcMap. Výsledné bodové mračno mělo hustotu 833,77 bodů/m² a celkový počet bodů byl více než 196 milionů (Tomková, Lysák 2020). V rámci zájmového území této studie se hustota mračna pohybovala okolo 1135 bodů/m². Souborům s bodovými mračny byla po jejich sloučení do datasetu také pomocí nástrojů LAS Tools (verze 240415) převedena výška z elipsoidické do nadmořské. Dále jsou data z tohoto měření používána pod označením model A.

4.1.2. Model vytvořený ze snímků s využitím VLB zaměřených GNSS

Snímky využité k vytvoření tohoto modelu byly pořízeny na území vymezeném na obrázku 18. Měření proběhlo 20. 10. 2023 při mírně snížené viditelnosti kvůli nízké oblačnosti, která mohla mít vliv na výsledné modely. Při snímání byl použit dron DJI Mavic 2 Pro s kamerou Hasselblad L1D-20, která pořizovala fotografie v rozlišení 5472x3648. Zařízení bylo ovládáno z oblasti nad Papouščí roklí, odkud bylo na celé snímané území vidět. Střední výška letu byla okolo 655 m n.m., tedy zhruba 50 metrů nad stanovištěm, ze kterého byl dron ovládán. Oblast byla nasnímaná v šesti podélných letových řadách, jednotlivé snímky měly příčný a podélný překryt v prvních čtyřech řadách 80 %, ve zbylých dvou řadách se tento překryt zvedl na 85 %.

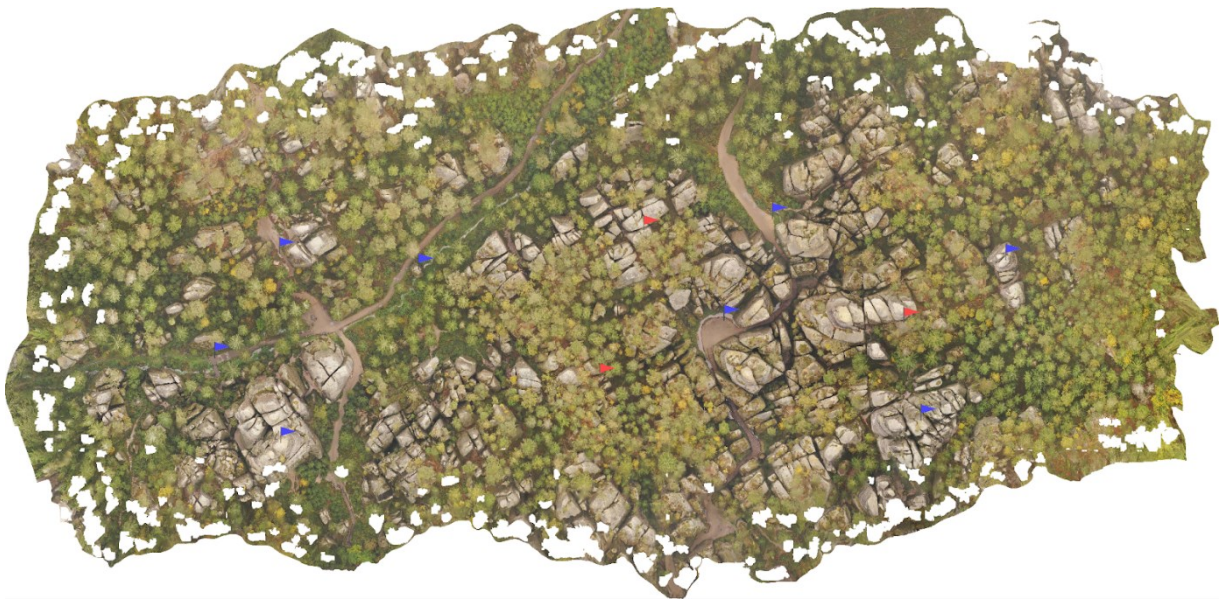
Na snímaném území byly rozmístěny tři vlíčovací body (červené body na obrázku 19), které se nacházely ve výškovém rozmezí 543 až 557 m n. m. Body se nacházely u skalní věže Trutnovská, u vrcholu Ostrovní hory a na předskalí věže Nedělní. Celkové výškové rozmezí snímaného terénu bylo 503 až 606 m n.m. Počet a rozmístění vlíčovacích bodů bylo ovlivněno také menším výběrem míst, kam se daly vlíčovací body na daném území v době měření umístit a zaměřit geodetickým GNSS přijímačem Trimble R10 s využitím RTK. Místa s vyšší nadmořskou

výškou v rámci tohoto území se nachází často na vrcholech skalních věží, kam se vlíčovací body zejména kvůli počasí nedaly v době měření umístit. Umístění bodů do nižších nadmořských výšek v daném terénu taktéž nebylo jednoduché, zejména kvůli omezeným možnostem jejich přesného zaměření GNSS.

Pro zpracování pořízených snímků byl použitý software Agisoft Metashape. Při zpracování byl brán ohled na kvalitu jednotlivých snímků. 33 snímků pod prahovou hodnotu kvality nebylo při vytváření bodového mračna použito vůbec; většina z nich obsahovala pouze vegetaci ve východní svazích zájmového území. V softwaru bylo poté vytvořeno bodové mračno, ortofoto a digitální model povrchu (DMP). Průměrná hustota zpracovaného bodového mračna je 1149 bodů/m². Je nutné ale zmínit, že se nejedná o klasifikované bodové mračno, nachází se v něm i velký počet odrazů od vegetace, narozdíl od modelu A nebo modelu DMR 5G. Ortofoto pak bylo vytvořeno s velikostí pixelu 2,32 cm. Tento model je dále označován jako model B.

4.1.3. Model vytvořený ze snímků s využitím VLB zaměřených GNSS a doplněných VLB z modelu A

Při práci s bodovým mračnem z modelu B bylo zjištěno, že data nemají požadovanou přesnost. To bylo způsobeno nedostatkem vlíčovacích bodů, rozmístěných v terénu při měření a jejich ne zcela ideálním výškovým rozmístěním. Z toho důvodu byly z modelu A vybrány další body, které byly použity jako doplňující vlíčovací body zasazené do bodového mračna modelu B, vznikl tak nový model C. Tyto vlíčovací body se nacházely v různých nadmořských výškách a na různých místech na dobře identifikovatelných objektech zájmového území tak, aby smysluplně doplňovaly původní vlíčovací body (modré body na obrázku 19). Těmito objekty byly například schody a hrazení na turistické stezce nebo vrcholové knížky.



Obrázek 19: Umístění vlíčovacích bodů použitých při vytváření modelu B (červené vlíčovací body) a modelu C (červené a modré vlíčovací body). Zdroj: vlastní zpracování.

Nový model (označovaný dále jako model C) byl pak vytvořen při využití obou typů vlíčovacích bodů. Model je tedy vytvořený ze dvou různých datových sad a jedná se o informacemi z lidarů vylepšenou podobu původního měření. Parametry má tento model stejné jako model B. Zásadní rozdíl tohoto modelu a modelu B je v jeho upravené výšce. V přílohách práce je podrobná zpráva popisující vytvořený model a průběh jeho zpracování.

4.2. POROVNÁNÍ PŘESNOSTI BODOVÉHO MRAČNA MODELŮ A, B, C S GNSS ZAMĚŘENÍM

V roce 2020 bylo v rámci práce M. Tomkové zaměřeno na území Teplických a Adršpašských skal pomocí GNSS několik stovek bodů celkem na 19 lokalitách. Práce prováděli M. Tomková, A. Sedlačík a J. Lysák s využitím GNSS přijímače Trimble R10 s využitím RTK. Výběr lokalit zahrnoval místa s dobrým výhledem na oblohu, dostupným mobilním signálem, pevným skalním pokladem a zároveň relativně snadno dostupná bez náročnějšího lezení. Smyslem měření bylo získat referenční data pro určení výškové přesnosti lidarových dat pořízených dronem. Čtyři z těchto lokalit se nacházejí v zájmovém území této práce a obsahují celkem 130 zaměřených bodů. Cílem této kapitoly je porovnat modely A, B a C s těmito zaměřenými body a odhadnout tak výškovou přesnost modelů v těchto lokalitách. Model DMR 5G nebyl záměrně se zaměřenými body srovnáván kvůli výrazně menší hustotě bodového mračka.

Body na těchto lokalitách byly zaměřeny pomocí GNSS přijímače, který u každého zaměřeného bodu zaznamenával mimo jiných údajů označení bodu, jeho souřadnice v souřadnicovém systému ETRS 1989 UTM 33N, nadmořskou výšku, přesnost zaměření v osách x, y (polohová) a v ose z (výšková) a počet satelitů od kterých přijal přijímač signál. U bodů v zájmovém území byl průměrný počet satelitů, o kterých přijímač věděl zhruba 15. Menší počet měl vliv na výslednou přesnost ve všech osách. Polohová přesnost se pohybovala obvykle v řádu centimetrů, výšková pak zhruba do 10 centimetrů. Body s výškovou přesností mezi 6 a 10 centimetry byly čtyři. Tři z nich se nacházely u vyhlídky Velké panoráma a čtvrtý na dně Řeřichové rokle. Vzhledem k tomu, že se v těchto dvou lokalitách jiné body nenacházely, byly tyto body kvůli jejich nízké přesnosti vyřazeny. V zájmové oblasti proto zůstaly 2 lokality, vrchol věže Šapitó a předskalí věže Nedělní.

Zaměřené body byly původně použity při práci s lidarovými daty, některé z bodů se proto nacházely pod větvemi stromů. Vegetaci v těchto místech bylo možné z lidarových dat odfiltrovat a nepředstavovala proto při práci s lidarovými daty problém. V modelu B a C nebyla přesná klasifikace bodového mračna v těchto místech možná. Zaměřené body nacházející se pod vegetací byly proto ze všech srovnání vyřazeny. Z výsledných srovnávacích dat bylo také dodatečně odstraněno několik bodů, u kterých byl rozdíl výšek příliš velký. Vyřazení těchto bodů u každého z modelů výrazně snížilo hodnotu RMSE. Tento fakt naznačuje, že body mohly být chybně zaměřeny. V případě lidarových dat mohly být tyto odchylky způsobené nepřesnou filtrací, která chybně klasifikovala některou nízkou vegetaci (mechové či vřesové porosty) jako skálu a vznikl tak rozdíl v řádech nižších desítek centimetrů. Tento předpoklad podporuje i fakt, že body s vysokou odchylkou vytvářely shluky ve stejných místech. Zaměření těchto bodů proběhlo o více než tři roky dříve než měření, které bylo základem pro modely B a C. Je navíc tedy možné, že se rozsah vegetačního pokryvu za tuto dobu změnil. Ve výsledku byly z rastrových modelů odečítány hodnoty v lokalitě na věži Šapitó pro 46 bodů, v lokalitě u věže Nedělní pro 19 bodů.

Bodová mračna jednotlivých modelů byla převedena do třídy multipoint, která byla funkcí Clip oříznuta tak, aby zahrnovala pouze dvě zájmové lokality se zaměřenými body. Z těchto dvou souborů třídy multipoint byly vytvořeny soubory TIN, které byly základem pro rastr z nich vytvořený. Dále byly z bodů zaměřených přijímačem GNSS vybrány body, které se v modelech B a C nacházely pod vegetačním pokryvem a ze srovnání byly vyřazeny. Pomocí funkce Extract values to table byly zjištěny výšky bodů z rastrů modelů A, B a C, které se nacházely v místech bodů, které byly zaměřeny přijímačem GNSS. Po přenosu těchto bodů do programu Microsoft Excel v něm byla spočítána hodnota RMSE pro obě lokality podle vzorce:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(\text{výška GNSS bodu} - \text{výška modelu A, B nebo C})^2}{\text{počet GNSS bodů v dané lokalitě}}}$$

Tato metrika ukazuje, jaký z modelů má nejmenší odchylku rozdílů oproti referenčnímu modelu. Číselná hodnota RMSE říká, o kolik se průměrně liší hodnoty odchylky výšek proti referenčnímu modelu. Proto platí, že čím menší hodnota RMSE, tím více se oba modely podobají. Hodnoty této metriky jsou v metrech. Průměrná hodnota RMSE těchto dvou lokalit byla spočítána váženým průměrem, zejména kvůli rozdílným počtům bodů, které se v lokalitách nacházely.

	Šapitó	Nedělní	RMSE vážený průměr
model A	0,07 m	0,18 m	0,10 m
model B	0,12 m	0,12 m	0,12 m
model C	0,09 m	0,14 m	0,10 m

Tabulka 2: Porovnání výškových odchylek jednotlivých modelů proti zaměřeným GNSS bodů ve dvou lokalitách. Zdroj: vlastní zpracování.

Při pohledu na vážený průměr hodnot RMSE pro jednotlivé modely lze vidět, že všechny tři hodnoty se pohybují okolo deseti centimetrů a rozdíly mezi nimi jsou malé. Největší odchylku od bodů zaměřených GNSS mají body v lokalitě na předskalí věže Nedělní v modelu A. Tato lokalita byla totiž použita jako vlíčovací bod modelu B a C, proto je odchylka v těchto místech u modelů B a C o několik centimetrů menší než u modelu A.

Obě lokality, ve kterých se porovnávají body nacházely, měly nadmořskou výšku okolo 555 m n.m. V této výšce se také nacházely vlíčovací body použité při vytváření modelů B i C. V této výšce lze tedy čekat i menší výškové odchylky od bodů zaměřených GNSS. V případě použití více lokalit s body zaměřenými GNSS, které by se navíc nacházely ve větším výškovém rozpětí, lze očekávat, že se hodnoty vážených průměrů RMSE změní a jednotlivé modely se od sebe budou více lišit. Lze předpokládat, že by stejná situace nastala i v případě, kdy by bylo použito v jednotlivých lokalitách více bodů zaměřených GNSS. Výsledky mohou být také ovlivněny drobnou změnou vegetačního pokryvu v měřených lokalitách, zaměření bodů GNSS a pořizování dat pro modely B a C dělí tři roky. Naopak vzhledem k vyřazení bodů, které v nějakém z modelů ovlivňovala vegetace, nemá vliv fakt, že měření bodů GNSS v roce 2020 probíhalo ve vegetačním období na rozdíl od pořizování dat pro modely B a C v roce 2023.

Rozdíly mezi hodnotami vážených průměrů RMSE mezi jednotlivými modely jsou velmi malé, je pravděpodobné, že přidání dalších porovnávaných bodů by pořadí modelů změnilo.

Vzhledem k postupu vytváření jednotlivých modelů je také pravděpodobné, že přidání bodů zaměřených GNSS do lokalit v krajních nadmořských výškách by ukázalo, že chyba modelu A je v těchto výškách nižší než modelu C a zejména pak modelu B. Přesto nelze jasně považovat model A jako nejpřesnější a potažmo jako referenční. Další kapitola se proto věnuje porovnání všech modelů s modelem DMR 5G.

4.3. POROVNÁNÍ PŘESNOSTI BODOVÉHO MRAČNA MODELU A, B, C S BODOVÝM MRAČNEM DMR 5G

Výsledky předchozí kapitoly, která porovnávala modely A, B a C s body zaměřenými v terénu technologií GNSS, neukázaly výrazně větší přesnost některého z modelů. Tato kapitola se snaží určit přesnost jednotlivých modelů v porovnání s body DMR 5G a zodpovědět otázku, který z modelů A, B nebo C je nejpřesnější.

Model DMR 5G má podle technické zprávy nejvyšší úplnou střední chybu výšky v terénu pokrytém hustou vegetací 0,3 metru, v místech bez souvislé vegetace a zástavby pak maximálně 0,18 m (ZÚ & VGHMÚř 2016). Odchylka modelu DMR 5G a bodů zaměřených GNSS popsanych v předchozí kapitole byla maximálně v řádu nižších desítek centimetrů.

Srovnání modelů A, B a C s daty DMR 5G proběhlo podobným způsobem jako srovnání v předchozí kapitole. Místo zaměřených lokalit bylo však vytyčeno deset polygonů (obr. 20), které se nacházely v různých nadmořských výškách a zároveň obsahovaly body z bodového mračna DMR 5G. Bylo dbáno též na prostorově rovnoměrné rozmístění polygonů, podobný počet bodů z bodového mračna DMR 5G v jednotlivých polygonech a na absenci vegetace ve všech polygonech. Ta by vzhledem k absenci klasifikace bodových mračen modelů B a C mohla zapříčinit chybné výsledky. Celkem se ve všech deseti polygonech nacházelo 89 bodů, několik z nich bylo vyřazeno, protože se nacházely na objektech jako jsou lavičky či odpadkové koše, které mohly být mezi měřeními jednotlivých modelů posunuty.



	název věže	nadmořská výška polygonu
1	předskalí Milenců	574 m n. m.
2	Uhlířská	559 m n. m.
3	rozcestí pod Uhlířskou	509 m n. m.
4	Trutnovská	559 m n. m.
5	Sloní náměstí	508 m n. m.

	název věže	nadmořská výška polygonu
6	předskalí věže Nedělní	560 m n. m.
7	Nedělní	573 m n. m.
8	Beduín	559 m n. m.
9	Gotická branka	508 m n. m.
10	Delikvent	564 m n. m.

Obrázek 20: Umístění a střední výšky polygonů pro porovnání modelů A, B a C s modelem DMR 5G. Obsah polygonů je v některých případech orientační, z důvodu nedostatku bodů bodového mračka DMR 5G v některých místech bylo nutné některé polygony zvětšit. Zdroj: vlastní zpracování.

Bodová mračka modelů A, B a C byla v softwaru ArcGIS Pro převedena z původního formátu .las na objekty typu multipoint. Vybrané polygony sloužily jako podklad pro oříznutí bodových mraček. Hustota bodového mračka byla v těchto polygonech maximálně kolem 1200 bodů/m², nejmenší hodnoty se pohybovaly okolo 500 bodů/m². Pro každý z polygonů byl vytvořen TIN soubor, který znázorňoval povrch pomocí nepravidelné trojúhelníkové sítě. Tento soubor byl dále převeden na rastr s velikostí pixelu 1 centimetr, za použití lineární interpolace. Pomocí funkce Extract values to table pak byly určeny hodnoty výšky rastrů modelů A, B a C v místech, ve kterých se nacházely body bodového mračka modelu DMR 5G dříve převedeného do bodového souboru. Tento postup byl opakován pro každý polygon. Dohromady byly pro všechny body bodového mračka DMR 5G ve všech polygonech získány tři hodnoty, každá pro jeden model (model A, B i C). Tyto hodnoty byly poté porovnány s výškou daného bodu modelu DMR 5G. Pro každý model

byla vyexportována tabulka, ve které byla opět vypočítána střední kvadratická chyba RMSE podle vzorce:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(\text{hodnota modelu DMR 5G} - \text{hodnota modelu A, B nebo C})^2}{\text{počet bodů, pro které byla odečtena hodnota z rastru}}}$$

Níže je uvedena tabulka 3 s výsledky porovnání odchylek jednotlivých modelů s modelem DMR 5G.

	RMSE
model A	0,10 m
model B	2,10 m
model C	0,15 m

Tabulka 3: Srovnání modelu A, B a C s bodovým mračnem modelu DMR 5G. Zdroj: vlastní zpracování.

Na první pohled lze vidět, že nejméně přesným modelem a zároveň modelem s největším posunem hodnoty RMSE proti předchozí kapitole je model B, jehož hodnota RMSE je více než 2 metry proti předchozím 12 centimetrům z minulé kapitoly. Takto vysoká hodnota je způsobena zejména polygonem umístěným na severním předskalí Milenců, kde měl model B odchylky proti modelu DMR 5G téměř 4 metry. Hodnota RMSE modelu C je proti předchozí kapitole o 5 centimetrů vyšší. Posun hodnoty o jednotky centimetrů lze jasně odůvodnit vyšším počtem vlícovacích bodů použitých při tvorbě modelu C než při tvorbě modelu B. Modelem, který nejlépe odpovídá hodnotám výšek bodů DMR 5G je model A. Hodnota RMSE se proti hodnotě v předchozí kapitole prakticky nezměnila a zůstala na 10 centimetrech.

Rozdíly mezi hodnotami RMSE jednotlivých modelů jsou ve srovnání s předchozí kapitolou již větší. To je výsledkem srovnání modelů ve více lokalitách, které se navíc nacházejí i ve větším rozpětí nadmořských výšek. Proto lze potvrdit hypotézu předchozí kapitoly o změně přesnosti výsledků při přidání více bodů pro které byly hodnoty z rastru odečítány. Model A je pro jeho nejmenší výškovou chybu v následujících dvou kapitolách proto považován za referenční.

4.4. POROVNÁNÍ PŘESNOSTI BODOVÝCH MRAČEN MEZI JEDNOTLIVÝMI MODELY

Ze způsobů vytváření modelů je zřejmé, že každý model i s jeho bodovým mračnem je výškově jinak přesný. Cílem této kapitoly je srovnat výškové rozdíly jednotlivých modelů pomocí střední kvadratické chyby RMSE a průměru všech chyb ME.

V kapitole jsou srovnávána bodová mračna z modelů A, B a C. Model A je pro jeho pravděpodobné nejmenší zatížení chybou zejména v krajních nadmořských výškách uvažován jako referenční pro zbylé dva modely. Model DMR 5G má pro smysluplné srovnání nedostatečnou hustotu bodů, proto zde není zahrnut.

Porovnání výškové odlišnosti modelů bylo vytvořeno na základě sedmi vybraných čtverců, každý měl rozlohu 9 m². Bylo dbáno na co nejrovnoměrnější polohové i výškové rozmístění těchto čtverců v zájmovém území. Místo vybrané pro srovnávací čtverec však muselo nejprve splňovat několik předpokladů. Pro smysluplné srovnání se nenachází na žádném čtverci výrazný vegetační pokryv, který by zkresloval výsledky modelu B a C. Na daném místě se také nesměly nacházet body, které by způsobily anomálie v souboru TIN (například bod na vrcholu věže, který měl výrazně nižší nadmořskou výšku než okolní body). Čtverce se nachází na turistických stezkách a vrcholech či předskalích věží. Nejsou umístěny v místech s nedostatečnou lokální hustotou bodového mračna nebo v místech, kde mohou nastat jiné výrazné odchylky (například mezivěžní prostory). Konkrétní rozmístění čtverců lze vidět na obrázku 20 v kapitole 4.3 (jedná se o čtverce 1 až 7).

Postup vytváření srovnávacích tabulek probíhal podobně jako v předchozí kapitole. Bodová mračna modelů A, B a C byly převedeny na rastry, ze kterých byly pomocí funkce Extract values to table určeny hodnoty výšky v místech, ve kterých se nacházely body bodového mračna modelu A dříve převedeného do bodového souboru. Tento postup byl opakován pro každý čtverec. Počet těchto samostatných bodů, ve kterých byla určena hodnota výšky rastru se lišil pro každý čtverec. I přesto, že byla vybrána méně členitá místa pro sedm srovnávacích čtverců, lišil se počet srovnávacích bodů ve čtvercích řádově o tisíce bodů. I takto rozdílný počet bodů by však neměl výrazně ovlivnit výsledky, Dohromady bylo totiž ve všech čtvercích srovnáno asi 46 tisíc bodů, pro každý z nich byla zjištěny tři hodnoty, každá pro jeden model. Pro každý ze srovnávacích čtverců byla vyexportována tabulka, ve které bylo vypočítáno střední kvadratická chyba RMSE pro daný čtverec opět podle vzorce:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(\text{hodnota modelu A} - \text{hodnota modelu B nebo C})^2}{\text{počet bodů ve srovnávacím čtverci}}}$$

Dále byla u každého čtverce určena průměrná hodnota všech rozdílů výšek (Mean Error vzorec). Číselná hodnota ME se většinou blíží hodnotě RMSE, je však mírně rozdílná kvůli záporným hodnotám, které u jednotlivých bodů RMSE výjimečně nastaly. Znaménko hodnoty ME také říká, zda je porovnávaný model proti referenčnímu modelu výškově nadhodnocený či podhodnocený.

	model A x model B		model A x model C	
	RMSE	ME	RMSE	ME
Nedělní	1,32 m	1,29 m	0,31 m	0,20 m
Uhlířská	2,21 m	2,20 m	0,24 m	0,20 m
předskalí věže Nedělní	0,40 m	0,36 m	0,23 m	0,19 m
Sloní náměstí	2,68 m	2,68 m	0,19 m	0,19 m
Trutnovská	1,20 m	1,19 m	0,14 m	0,10 m
rozcestí pod Uhlířskou	1,07 m	1,07 m	0,04 m	0,03 m
předskalí Milenců	3,91 m	3,84 m	1,03 m	0,73 m
průměr	1,83 m	1,80 m	0,31 m	0,23 m

Tabulka 4: Výškové rozdíly modelu B a modelu C ve srovnání s modelem A v sedmi polygonech.

Zdroj: vlastní zpracování.

V tabulce 4 lze vidět hodnoty srovnání pro metriky RMSE a ME pro jednotlivé srovnávací čtverce. V obou srovnáních jsou nejvyšší hodnoty čtverce, který se nacházel na předskalí Milenců. Tento srovnávací čtverec je v podobné nadmořské výšce jako čtverec na vrcholu Nedělní věže, přesto se v prvním srovnání hodnoty RMSE liší o 2,6 metru. Hodnoty těchto dvou čtverců se liší zejména proto, že Milenci jsou v krajních částech snímaného území, kde je vytvořený model méně přesný.

V prvním srovnání je nejmenší odchylka u dat srovnávacího čtverce, který se nacházel na předskalí Nedělní věže. Tato odchylka je proti ostatním čtvercům v tomto srovnání malá a je způsobena umístěním čtverce blízko vlíčovacího bodu, který byl zaměřený v terénu. Tento čtverec lze také porovnat se čtvercem na vrcholu věže Nedělní, která se nacházela polohově blízko, výškově o zhruba 25 metrů výše. U tohoto čtverce jsou hodnoty RMSE o téměř metr vyšší. Chybu zapříčiněnou podobným důvodem lze pozorovat i u čtverce, který se nacházel na dně Sloního náměstí v nadmořské výšce 508 m n. m. V tomto případě se nachází naopak v malé nadmořské výšce, ve které má model B, také velkou odchylku. To, že nadmořská výška čtverce ovlivňuje jeho

odchylku proti referenčním datům lze také vidět i u Trutnovské věže, která se nachází pár metrů od vlíčovacího bodu zaměřeného v terénu, výškově je však asi o 17 metrů výše.

Druhé srovnání je mezi modely A a C. Na první pohled se lze všimnout mnohem menších hodnot RMSE. Největší hodnoty se nacházejí opět u Milenců. Zde si lze všimnout relativně velkého rozdílu hodnot RMSE a ME. Ten je způsoben citlivostí metriky RMSE na odlehlé hodnoty, které se při tomto srovnání v daném čtverci nacházely. Hodnota RMSE se proto zvýšila více než hodnota ME. Vysoká hodnota RMSE v tomto čtverci tak zvyšuje i průměr všech hodnot RMSE v tomto srovnání.

Nejmenší, prakticky zanedbatelný rozdíl mezi modely A a C byl ve čtverci, který se nacházel na rozcestí turistické cesty pod Uhlířskou věží. To lze opět odůvodnit rozmístěním vlíčovacích bodů, dva z nich se nacházely v podobné výšce a polohově blízko tomuto čtverci. Hodnoty RMSE u zbylých čtverců jsou v řádu decimetrů, to lze považovat za poměrně malou odchylku od referenčního modelu. Průměr rozdílů výšek (ME) je u obou srovnání kladný. Z toho lze odvodit, že modely B a C jsou proti referenčnímu modelu A výškově nadhodnocené.

Vysoké hodnoty RMSE jsou zapříčiněny zejména dvěma spolu souvisejícími důvody. Srovnávací čtverec se mohl nacházet na okraji zájmového území a měl proto vysoké rozdíly výšek. Druhá situace nastala, když se čtverec nacházel v krajních nadmořských výškách v rámci zájmového území. Na hodnoty srovnání modelu A a B měly vliv obě tyto situace. Na hodnoty srovnání modelu A a C má vliv zejména nepřesnost modelu ve vertikálním směru, tedy druhá situace. Obecně lze ale říci, model C se výškově více podobá modelu A a lze ho považovat za přesnější než model B.

V předchozí kapitole se hodnota RMSE v porovnání modelu A a DMR 5G a v porovnání modelu C a DMR 5G lišila o 5 cm. V této kapitole se při srovnání modelů A a C liší hodnota RMSE o 31 centimetrů. Tento rozdíl může být způsoben extrémně rozdílným počtem bodů, pro které byly odečítány hodnoty z rastrů nebo menším počtem srovnávacích plošek v této kapitole (7 čtverců proti 10 polygonům z předchozí kapitoly).

Tato kapitola provedla zásadní srovnání použitých modelů, které celkem očekávatelně ukázalo, že model C, při jehož vytváření bylo použito více vlíčovacích bodů, se více podobá modelu A, a lze ho považovat za přesnější než model B. Výsledky dále ukázaly, že model C má průměrnou hodnotu RMSE 0,31 metru, tedy téměř šestkrát menší než model B. I když by se tyto výsledky mohly mírně lišit v závislosti na rozmístění srovnávacích čtverců, pořadí modelů ve výškové přesnosti by se nemělo měnit. Provedené srovnání tak ukazuje na poměrně vysokou

výškovou nepřesnost modelu, při jehož vytváření nebyl použit dostatečný počet vlíčovacích bodů s ohledem na uvažovanou členitost zájmového území. Naopak po přidání několika dalších vlíčovacích bodů v optimálních lokalitách se výšková přesnost fotogrammetricky vytvořených modelů může zlepšit a svou přesností se může začít přibližovat modelům vytvořeným z lidarových dat.

4.5. VYUŽITÍ BODOVÝCH MRAČEN PRO URČENÍ RELATIVNÍCH VÝŠEK SKALNÍCH VĚŽÍ

Skalní věže v Adršpachu dosahují často velkých výšek. Data o těchto výškách, částečně určující i významnost dané věže, jsou ale velmi neúplná, a často jde jen o různé opisované odhady (Lysák 2016). Výška Milenců byla dříve obecně uváděna v hodnotách mezi 96 a 110 metry. V roce 2015 si těchto nejednoznačností všimla správa místní CHKO a výšku Milenců určila laserovým dálkoměrem na 80 metrů s tolerancí 1 až 2 metry (Lysák 2016). S použitím experimentálních dat ZÚ byla výška určena na zhruba 81,4 metrů z údolní strany s přesností v řádu decimetrů (Lysák 2016). Správný údaj o výšce této dominantní věže byl poprvé publikován v práci M. Tomkové (2015) (Lysák 2016). Cílem této kapitoly je popsat možnosti určování výšek pískovcových skalních věží z bodových mračen a porovnat rozdíly výšek s využitím dostupných modelů.

Při vymezení výšky dané skalní věže je třeba určit její vrchol, tedy nejvýše položené přirozené místo věže. V těchto místech se obvykle nacházejí vrcholové knížky a výjimečně i vlajky, ty však nelze považovat za nejvyšší bod věže. Dále je nutné určit úpatí věže, tedy dno údolí nebo místo, kde se dolní okraj skály dotýká neskálnatého terénu (Lysák 2016). Při vyhodnocování výšky věží je nutné přihlídnout ke specifikům, vztahujícím se k pořizování a zpracování dat v pískovcových skalních městech, jako například převislost skal a případné pokrytí vegetací. Tato omezení a specifika se častěji vážou k úpatím věží, kde bývá lokální hustota dat menší. Pojem, který se pak váže k úpatí věže, je její půdorys. Jedná se o obvod skalní věže, ve kterém se po celé jeho délce dotýká neskálnatého terénu. Jinými slovy jde o obvod jejího úpatí. Obdobně lze také definovat půdorys masivů.

Pro určení výšek skalních věží byla použita data LLS (data DMR 5G a data z modelu A), data vytvořená ze snímků pořízených v rámci této práce na podzim 2023 (model B) a model C, který je doplněný o vlíčovací body z dat LLS.

Při určování vrcholu byla v jednotlivých modelech vždy identifikována krabička s vrcholovou knížkou, za účelem jejího oddělení od přirozeného povrchu skály. Místo, kde se

krabička nachází bylo určeno terénním průzkumem nebo podrobným prozkoumáním pořízených snímků, které jsou základem pro model B. Oblast, ve které se nachází vrchol skalní věže bylo poté z bodového mračna zhruba vymezeno podle jeho nadmořské výšky. V případě, že se zde nacházela vrcholová knížka nebo vlajka, nebyly tyto předměty považovány za vrchol. Nejvyšší přirozený bod se pak často nacházel na povrchu skály pod vrcholovou knížkou. V některých případech pak oddělení vrcholových knížek nebylo nutné, protože se nejvyšší bod nacházel jinde.

Úpatí věže je proti vrcholu na modelech snímaných z dronu ze zřejmých důvodů často hůře identifikovatelné. V této studii bylo ve většině případů určeno na základě nadmořské výšky z bodového mračna modelu A. V několika zbylých případech bylo vymezeno terénním průzkumem, při kterém lze podrobněji poznat reliéf a určit tak úpatí. Nadmořská výška tohoto místa byla poté určena napříč jednotlivými modely.

V případě, že se v datech DMR 5G nacházel bod ve vrcholových partiích věže, byl tento bod určen jako jeho vrchol. V případě, že se zde nacházelo více bodů, byl jako vrchol určen bod s vyšší nadmořskou výškou. Jako úpatí byl pak určen bod, který se polohově nacházel nejbližše skutečně vymezenému úpatí dané věže. Relativní výška skalních věží pak odpovídá rozdílu nadmořských výšek vrcholů a úpatí věží.

Lezecký obvod	Název věže	Výška v metrech, v závorce rozdíl relativní výšky věže proti modelu A			
		model A	model B	model C	DMR 5G
Milenecká hora	Milenci	81,61	86,56 (4,95 m)	82,11 (0,50 m)	80,90 (0,71 m)
	Uhlířská	52,73	55,40 (2,67 m)	52,16 (0,57 m)	52,30 (0,43 m)
	Řeřicha	40,20	43,81 (3,61 m)	41,32 (1,12 m)	39,82 (0,38 m)
Město	Gilotina – velká věž	46,88	49,71 (2,83 m)	46,87 (0,01 m)	46,94 (0,06 m)
	Gilotina – malá věž	45,05	48,22 (3,17 m)	45,23 (0,18 m)	44,83 (0,22 m)
	Delikvent	45,38	47,88 (2,50 m)	45,19 (0,19 m)	44,49 (0,89 m)
Ostrov	Robinson	34,83	37,41 (2,58 m)	35,35 (0,52 m)	33,48 (1,35 m)
	Dingo	21,94	22,74 (0,80 m)	21,48 (0,46 m)	x

	Kokšův sen	20,81	22,24 (1,43 m)	20,72 (0,09 m)	x
	Anna van Deak	13,77	14,67 (0,90 m)	13,97 (0,20 m)	x
Panoptikum	Harfa	44,70	47,36 (2,66 m)	44,57 (0,13 m)	x
	Sloní věž	41,94	44,86 (2,92 m)	42,39 (0,45 m)	41,80 (0,14 m)
	Věž Jardy Krecbacha	37,08	39,29 (2,21 m)	36,98 (0,10 m)	x
	Falus	29,37	30,92 (1,55 m)	29,09 (0,28 m)	28,49 (0,88 m)
průměrný rozdíl relativní výšky věže proti modelu A		-	2,48 m	0,34 m	0,56 m

Tabulka 5: Výšky vybraných věží rozdělených podle lezeckých obvodů napříč jednotlivými modely. Znak "x" u dat DMR 5G znamená absenci bodů na vrcholu dané věže, není tedy možné určit výšku věže podle dat DMR 5G. Zdroj: vlastní zpracování.

V tabulce 5 lze vidět srovnání výšek vybraných věží s využitím jednotlivými modely. I přesto, že u většiny věží proběhl terénní průzkum s cílem určit přesné místo úpatí i vrcholu, je třeba počítat s tolerancí v řádu decimetrů, ať z důvodu špatné přístupnosti částí věží, kde terénní průzkum neproběhl, nebo absenci přesných dat ze souvěží (například souvěží Gilotin a Delikventa nebo Milenců). Jako referenční model bylo uvažováno bodové mračno modelu A, který je vytvořený z dat LLS pořízených v roce 2019.

Bodové mračno v modelu B má již na první pohled nejodlišnější výšky věží. Tento rozdíl je způsobený nedostatkem rozmístěných vlíčovacích bodů v terénu v různých výškách (viz kapitola 4.1.2). Relativní výšky věží jsou v tomto modelu největší proto, že vrcholy věží měly vždy vyšší a úpatí věží měly vždy nižší nadmořskou výšku ze všech uvedených modelů. Tento rozdíl lze pozorovat i na příkladu skalní věže Milenci, která má v tomto modelu o téměř 5 metrů více než modelu z LLS. I když se nejvyšší bod věže nachází na severovýchodním vrcholu, jedná se o odraz asi metr vysoké plechové vlajky zde umístěné. Přirozený vrchol věže se nachází na jihozápadním vrcholu souvěží v nadmořské výšce 594,55 metru a úpatí v 507,9 metrech n.m. V minulých pracích (Tomková 2015; Lysák 2016) bylo jako úpatí věže považováno dno Řeřichové rokle, která se nachází severně od Milenců. Tato práce pracuje se stejným vymezením úpatí této skalní věže. Milenci jsou složité souvěží, pro přesné vymezení úpatí věže by bylo nutné provést podrobný terénní průzkum a měření.

Rozdíl relativní výšky je tedy největší u Milenců zejména kvůli širokému výškovému intervalu, ve kterém se nachází jejich vrchol a úpatí. Logicky platí, že čím větší výška věže, tím větší rozdíl uvedených relativních výšek. Průměr rozdílů relativních výšek věží v modelu A a B je 2,48 metru, u většiny věží včetně Milenců to odpovídá 5 až 6 % jejich výšky. Největší absolutní hodnoty rozdílů lze najít u Milenců a Řeřichy. Důvodem tohoto rozdílu je zejména u Řeřichy poloha věže na okraji vytvořeného bodového mračka, kde bývá vytvořený model zpravidla méně přesný. Model B je méně nepřesný také u věží jejichž vrcholy či úpatí se nachází blíže k intervalu, ve kterém se nacházely vlíčovací body (543 a 557 m n.m.). Například u vrcholu věže Kokšův sen, který se nachází ve výšce 528 m n.m., se tento model téměř neliší od ostatních uvedených modelů, s výjimkou DMR 5G.

Bodové mračno, ze kterého byl vytvořen DMR 5G, se vyznačuje proti ostatním modelům menší hustotou bodů. U věží, v jejichž vrcholových partiích se nějaký bod z bodového mračka nachází, lze celkem přesně určit jejich výšku. Rozdíly modelu DMR 5G proti referenčnímu modelu A jsou v řádech decimetrů a jejich průměr je 0,56 metru, který zvyšuje odchylka u věže Robinson. U této věže bylo podle výše zmíněné metodiky určeno úpatí jako bod nacházející se nejbližší úpatí stanovenému podle dat z modelu A. Převislost věže přímo nad úpatím ovšem zapříčinila ještě menší lokální hustotu bodového mračka u dat DMR 5G a jako úpatí byl označen bod, který se nachází až dál. U některých věží nelze v datech DMR 5G určit výšku kvůli absenci bodů na jejich vrcholech. To platí zejména pro věže s prostorově méně rozlehlými vrcholy nebo pro věže, jejichž vrcholy byly při skenování ve stínu okolních skal a paprsky skeneru tam nepronikly.

Posledním modelem je model C. Tento model dosahoval podobných hodnot relativních výšek věží jako model A. Narozdíl od modelu DMR 5G dosahoval však mnohem větší hustoty bodů, proto bylo možné určit vrcholy i úpatí věží s poměrně dobrou prostorovou přesností. Rozdíly výšek tohoto modelu a modelu A se pohybovaly v řádech decimetrů (obvykle do 1,5 % výšky věže). Jedinou výjimkou je opět věž Řeřicha, pro kterou vychází rozdíl více než jeden metr. Důvodem tohoto rozdílu je opět umístění věže na okraji bodového mračka.

Většinou ze skalních věží v Adršpachu nebyla dosud s dostatečnou přesností určena výška. Z výčtu zmíněné problematiky vyplývá, že její určení i s omezenou přesností není v tomto terénu jednoduché. Jedno z teoretických využití výšek věží by mohlo být určení délek slanění pro lezce. Slaňovací kruhy se však na většině věží nachází níže než na jejich vrcholech, případně je délka slanění vysoká, proto se další slaňovací kruh nachází v například v polovině výšky věže a slaňuje se na více lanových délek. V lezeckých průvodcích, ve kterých jsou délky jednotlivých slanění

uvedené, vycházeli autoři z odhadu délky lana, které jim při slanění zbylo na zemi, či z délky doskoku do písku, o který bylo lano kratší.

4.6. POLOHOVÉ ODCHYLKY SKALNÍCH VĚŽÍ MEZI DATABÁZÍ WEBU PISKARI.CZ A BODOVÝM MRAČNEM MODELU A

Některé z veřejně dostupných lezeckých databází obsahují i prostorová data o jednotlivých věžích, jednou z nich je databáze na webu piskari.cz. Tato databáze obsahuje polohu věží zobrazenou v interaktivním mapovém okně služby Mapy Google. Celkem se zde nachází 1160 věží s určenou polohou z celkových 1219 věží, které v rámci Adršpachu eviduje.

Tato kapitola má za cíl srovnání polohových odchylek věží a masivů, které obsahuje databáze webu piskari.cz s bodovým mračnem modelu A v rozsahu území zobrazeného na obrázku x. Dále se tato kapitola snaží najít důvody prostorových odchylek v databázi piskari.cz. Jsou proto porovnávány průměrné odchylky těchto skalních objektů podle jednotlivých lezeckých obvodů a pomocí autokorelačních statistik jsou také zkoumány prostorové shluky věží a masivů vzhledem k velikosti jejich polohové odchylky.

Hlavními vstupními daty této kapitoly byla polohová data z veřejně dostupné databáze piskari.cz a bodové mračno z modelu A. Dále bylo za účelem určení vrcholů jednotlivých věží a masivů v rastrové podobě vizualizováno bodové mračno modelu A. Při identifikaci věží přesnější určení jejich vrcholů byly také použity lezecké průvodce Lukavský (1999-2000), Žwak, Lukavský (2024), ortofoto vytvořené z bodového mračna modelu B a fotografie a komentáře z webu piskari.cz.

Zájmové území této kapitoly zahrnovalo téměř celé území modelu A (obr. 18). Území bylo ohraničeno v rámci obvodu Město Předměstím, Rychtou, věží Borovicová, okolím Velké panoramy a Řeřichovou roklí. V rámci obvodu Milenecká hora je vymezeno Smaragdovou roklí, věží Amor a turistickou stezkou. Obvod Ostrov se zde nachází téměř celý, pouze z jihu je ohraničen začátkem jižního cípu. V západní části zájmového území se nachází celý obvod Panoptikum s výjimkou několika málo věží na východním konci Papouščí rokle. Poslední obvod, který byl do této kapitoly zahrnut, je Vstupní obvod. V něm se nachází západní strana věží nalevo od Široké cesty až po věž Džbán a několik málo věží na pravé straně Široké cesty.

Jako vrchol věže bylo určeno místo, ve kterém má přirozený povrch v rámci jedné skalní věže nejvyšší nadmořskou výšku. V případě určení vrcholu masivu, tedy okrajové skály, která

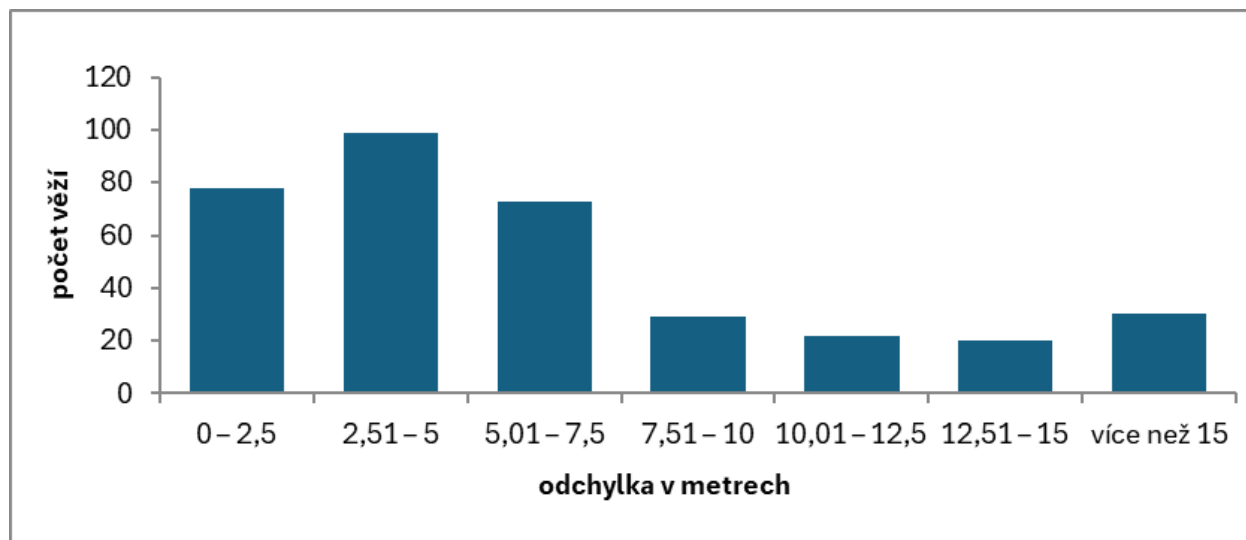
není ze všech stran oddělena od okolního terénu, bylo určeno nejvyšší místo souskalí. V případě nejednoznačného vymezení, bylo souskalí vymezeno podle jeho zobrazení v lezeckém průvodci z roku 2024. Ve vrcholových partiích věží a někdy i masivů se nachází vrcholové kníčky, případně další objekty, které nebyly uvažovány jako vrcholy věží, a to ani v případě, že se jednalo o nejvýše položený bod. Umístění vrcholových knížek bylo zjištěno terénním průzkumem nebo podrobným prozkoumáním snímků z UAV pořízených v roce 2023.

Proces určování jednotlivých vrcholů zahrnoval i jejich identifikaci podle jména. Proces identifikace konkrétní věže byl však zdlouhavý zejména v místech skalních labyrintů nebo u věží s větší odchylkou od skutečné polohy vrcholu. Identifikaci konkrétní věže ztěžovala také podoba dat. Ve shora pořízených datech měly věže často velmi odlišný tvar proti jejich podobě v lezeckých průvodcích a specifické tvary zobrazené v průvodcích (spáry, balvany na zemi) často nebyly v modelech vidět.

Výsledkem procesu určování vrcholů byla bodová vrstva (dále BV1), která zaznamenávala u každé věže její název a souřadnice. Tato vrstva byla pomocí funkce Near porovnána s již existující bodovou vrstvou (dále BV2), která obsahovala věže z databáze piskari.cz spolu s jejich souřadnicemi a identifikačním číslem ID. Funkce Near přidala do BV1 proměnné zobrazující ID a vzdálenost nejbližší věže z BV2. V případě, že se nejednalo o správnou věž, ale o věž s jiným jménem, byla pro danou věž z BV1 použita funkce Generate near table, která vytvořila tabulku několika nejbližše umístěných věží z BV2 spolu s jejich vzdálenostmi a z této tabulky byla vybrána správná věž spolu s její vzdáleností od této věže v BV1. Výsledné vzdálenostní odchylky byly převedeny do programu Microsoft Excel, ve kterém byl každé věži přiřazen obvod, ve kterém se nachází.

	RMSE
Milenecká hora	8,08 m
Město	17,54 m
Ostrov	7,06 m
Panoptikum	6,87 m
Vstupní obvod	8,86 m
celkové RMSE	11,31 m
průměrná odchylka	7,11 m
modus	4,95 m

Tabulka 6: Odchytky vrcholů věží v databázi piskari.cz od skutečných vrcholů dělené podle lezeckých obvodů. Zdroj: vlastní zpracování.



Obrázek 21: Graf věží podle jejich odchylky v daných intervalech (intervaly jsou v metrech). Zdroj: vlastní zpracování

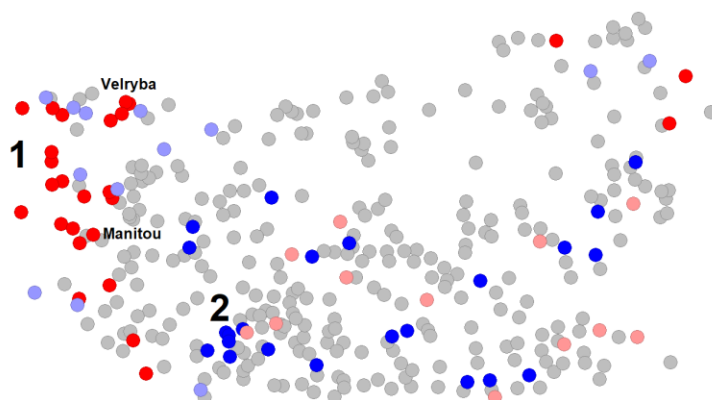
V rámci této kapitoly bylo určeno celkem 352 vrcholů věží a masivů z pěti lezeckých obvodů. Ze srovnání jejich umístění s věžemi z databáze piskari.cz vznikla tabulka odchylek, jejíž shrnutí lze vidět na tabulce 6 a na obrázku 21. RMSE všech vrcholů vybraných věží je 11,31 metru, v ostatních sloupcích je ale vidět, že se odchylka napříč obvody liší. Největší odchylku mají věže v obvodu Město, zejména pak věže kolem Rychty. Nejmenší odchylku mají pak věže v obvodu Panoptikum. Je možné, že vrcholy věží byly určovány z leteckých snímků mapové služby Mapy Google. Tyto snímky byly v této službě od sesbírání souřadnic věží jistě několikrát aktualizovány. V daném území však neproběhla ortorektifikace těchto snímků. Je tedy možné, že souřadnice byly při vytváření databáze určeny nepřesně podle chybně rektifikovaných snímků. Tomu by nasvědčoval i fakt, že se u uvedených obvodů hodnota RMSE postupně zvětšuje směrem od jihovýchodu na severozápad.

Maximální odchylka věže v databázi piskari.cz proti vrcholu věže určeného z bodového mračna modelu A je 128 metrů u věže Vyšehrad (při aplikaci funkce Generate near table se věž v databázi nacházela od skutečného vrcholu až jako 78. v pořadí), druhá největší odchylka je 40 metrů u věže Zefír, dále se v rozmezí odchylky 20 až 40 metrů nachází 14 věží. Zejména u věže Vyšehrad tato odchylka může být způsobena téměř nulovou dostupností GNSS na dně Řeřichové rokle, kde se věž nachází. Odchylka věže Žlebská Kvočna, nacházející se asi 20 m od

ní proti proudu Řeřichového potoka, je 2,4 metru. To naznačuje, že určování souřadnic věží mohlo probíhat několika různými způsoby. Věže s vyššími odchylkami mohly být dodatečně určovány měřením v terénu. Druhou možností je, že u nich jednoduše mohla nastat chyba při zpracování dat. Tyto rozdílné způsoby určení souřadnic věží v databázi piskari.cz ve své práci zmiňuje i Lněničková (2017).

Při určování vrcholů věží bylo u části z nich vidět, že se autoři databáze piskari.cz pravděpodobně nepokoušeli označit vrchol věže, ale střed souskalí. U většiny věží nebyl tento rozdíl znatelný a důvody pro danou odchylku od vrcholu věže lze hledat jinde. U velkých souskalí, jakým jsou například Milenci byl tento rozdíl ale poměrně výrazný, bod označený v databázi piskari.cz jako Milenci se nacházel zhruba uprostřed tohoto souskalí, skutečný vrchol se však nachází o 12,4 metru jižněji. Na histogramu lze vidět, že se největší množství věží se nachází intervalu odchylky 2,5 až 5 metrů. Celková hodnota RMSE je tedy ovlivněna několika vysokými hodnotami. To potvrzují průměr i modus všech odchylek.

U všech věží byla také zkoumána korelace mezi jejich umístěním a velikostí odchylky. Tyto autokorelační statistiky byly provedeny v softwaru GeoDa. Jako vážící schéma bylo zvoleno schéma typu věž. Poté bylo určeno Moranovo I, jehož hodnota pro všechny věže byla 0,145. Hodnota tedy naznačuje mírné pozitivní shlukování věží vzhledem k velikosti jejich odchylek. Jako pozitivní shlukování prvků se označuje prostorové shlukování věží s podobnými hodnotami proměnné, jako negativní shlukování se naopak označuje prostorové shlukování věží s rozdílnými hodnotami. Po provedení jednoproměnné lokální verze analýzy Moranovo I (obr. 22) bylo zjištěno pozitivní shlukování (při p-hodnotě 0,05) v několika místech.



Obrázek 22: Lokální Moranovo I při p-hodnotě 0,05, na kartogramu jsou zobrazeny shluky věží dle jejich odchylek od věží v databázi piskari.cz. Tmavě červené jsou pozitivní shluky věží s

velkými odchylkami, tmavě modré jsou pozitivní shluky věží s malými odchylkami (světle modrou a světle červenou jsou negativní shluky). Zdroj: vlastní zpracování.

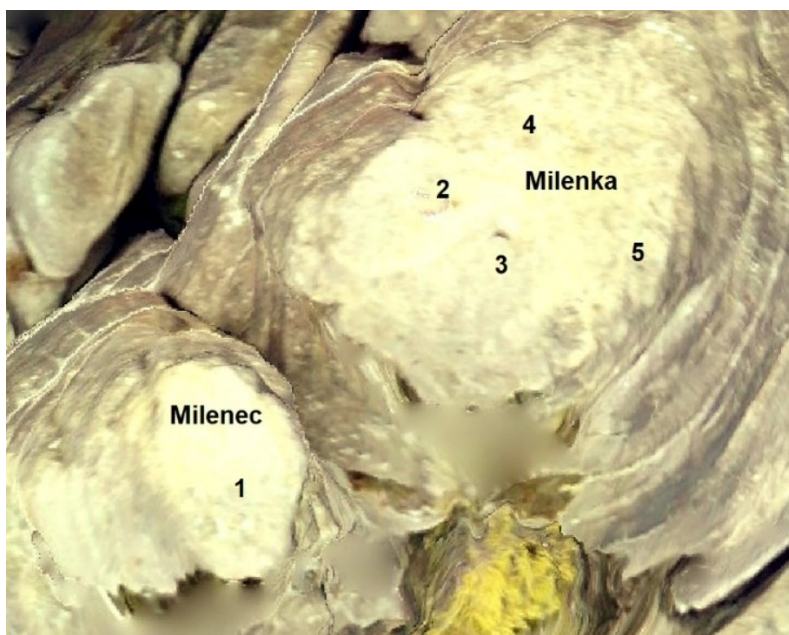
Prvním významným pozitivním shlukem věží s vysokými odchylkami byla oblast Rychty a Velké panoramy v obvodě Město (v obrázku 22 označeno jedničkou). Tento shluk byl očekávatelný i vzhledem k výše zmíněnému vysokému průměru odchylek v oblasti Rychty. Signifikance měřená p-hodnotou dosahuje u věží Velryba a Manitou hodnoty 0,001. V této oblasti se také nacházelo 9 z celkových 16 věží s p-hodnotou 0,01. V těchto dvou oblastech se nachází na místní poměry velmi vysoké věže. Právě jejich výška může způsobovat větší odchylky vrcholů u nerektifikovaných leteckých snímků. Druhý pozitivní shluk, tentokrát věží s nízkými odchylkami se nacházel v západní části obvodu Ostrov u turistické stezky (v obrázku 22 označeno dvojkou). Tento shluk však dosahoval menší významnosti, p-hodnota věží neklesla u žádné z nich pod 0,05. Odchylky umístění věží v databázi piskari.cz proti skutečným vrcholům nevykazovaly jiné pravidelnosti ve směrových posunech.

Průměrná odchylka u jednotlivých věží se liší od 40 centimetrů až do 40 metrů s výjimkou extrémní odchylky věže Vyšehrad. Odchylky umístění věží v databázi piskari.cz od skutečných vrcholů mohou mít různé důvody, diskutované výše. Jedním z nich je označení středu velkých souskalí místo vrcholů. Ačkoliv toto umístění bodu v databázi piskari.cz může být praktické, pro jednoduchou kvantifikovatelnost je vhodnější označit umístění vrcholu věže. Další možností by bylo označení přesného středu věže, který by vycházel z jejího tvaru. Tato možnost by zahrnovala zvektorizování tvaru půdorysu vybraných věží, v manuální podobě by se však jednalo o časově extrémně náročný úkol.

Výsledky této kapitoly byly dále porovnány s prací Lněničkové (2017), ve které autorka provedla integraci lezeckých databází. Ve vytvořené integrované databázi měla část skalních věží i údaj o jejich poloze. Tyto uvedené souřadnice byly určeny ze 3 databází (ČHS, Gipfelbuch, piskari.cz) jako nejpravděpodobnější souřadnice věže, tedy jako průměr souřadnic uvedených ve zdrojových databázích. Tato hodnota byla poté porovnaná se skutečnými souřadnicemi vrcholů věží zjištěnými v této kapitole. Proces srovnání souřadnic je obdobný procesu popsanému výše v této kapitole. Ve výsledné integrované databázi v práci Lněničkové (2017) se nachází ve srovnávaném území o dvě skalní věže méně než v databázi piskari.cz z roku 2024. Tyto dvě věže mohly být do databáze piskari.cz přidány v posledních 7 letech. Srovnání skutečných vrcholů věží a vrcholů těchto věží v databázi v práci Lněničkové (2017) vyšla hodnota RMSE 11,57 m, tedy o 26 cm větší než při porovnání skutečných souřadnic vrcholů věží a souřadnic věží v databázi

piskari.cz. Tento rozdíl je způsobený zprůměrováním souřadnic několika věží s jejich souřadnicemi v dalších dvou databázích, kde souřadnice zjevně také nebyly přesné.

Při získávání prostorových dat v Adršpašských skalách bývá často měřena i dominantní věž Milenci. V rámci této kapitoly proto také proběhl terénní průzkum vrcholu této věže s cílem popsání prostorového rozložení objektů na obou vrcholech a určení jejich velikosti. Prostorové rozložení objektů lze vidět na obrázcích 23 a 24. Vrchol Milence (jihozápadní věž) je osazen pouze slaňovacím kruhem. Na vrcholu Milenky (severozápadní věž) je též slaňovací kruh, umístěný na jižní straně vrcholu, a již téměř nepoužívaný malý dobírací kruh, umístěný na severní straně vrcholu. Na tomto vrcholu jsou umístěny také dva větší objekty: vrcholová krabička a plechová vlajka. Výška tyčky, na které je vlajka je 110 cm, rozměry plechové vlajky jsou pak 62×48 cm.



Obrázek 23: Prostorové rozložení objektů na vrcholu skalní věže Milenci; 1 – slaňovací kruh, 2 – plechová vlajka, 3 – vrcholová knížka, 4 – dobírací kruh, 5 – slaňovací kruh. Zdroj: vlastní zpracování.



Obrázek 24: Vlevo skáče autor práce při terénním průzkumu z vrcholu Milence na vrchol Milenky, vpravo prostorové rozložení objektů při pohledu od slaňovacího kruhu na Milence. Zdroj: vlastní zpracování.

Tato kapitola a její výsledky budou poskytnuty správcům webu piskari.cz s návrhem na jejich využití. Data dále mohou být užitečně využita například určením souřadnic věží, které mají v databázi nulové souřadnice nebo jim souřadnice úplně chybí. V případné spolupráci by mohly být také určeny souřadnice velkého počtu věží, které v databázi chybí. Při upřesnění nebo doplnění souřadnic věží by bylo také vhodné aktualizovat v mapovém okně v databázi piskari.cz podkladovou mapu tak, aby prezentovala informace na podkladu ortorektifikovaných snímků. Získané souřadnice věží jsou obsahem přílohy 3. V přiloženém souboru má každá věž atribut OBJECTID (ID věže), NAZEV (název věže), POINT_X (zeměpisná délka ve stupních), POINT_Y (zeměpisná šířka ve stupních) a POINT_Z (nadmořská výška v metrech). Výšková souřadnice POINT_Z byla u věží určena podle modelu A.

4.7. VIZUALIZACE VYTVOŘENÉHO RASTROVÉHO MODELU PRO ÚČELY LEZECKÝCH PRŮVODCŮ

Mapy a plány v nových lezeckých průvodcích zobrazují terén a půdorysy věží pro lezecké účely často dostatečně, ale často vznikají "od oka". Vzhledem k extrémní členitosti a nepřehlednosti terénu může být zobrazení skalního terénu výzvou i pro kartografy. Standardní metody

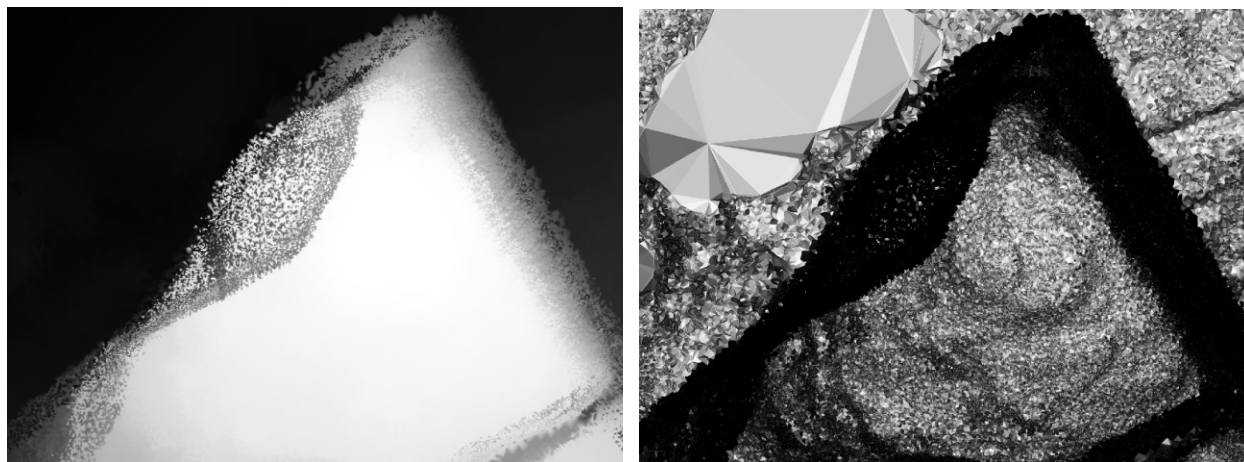
vizualizace terénu zde nemusí fungovat. Tato kapitola se věnuje možnostem vizualizace rastrových modelů, vytvořených z bodových mračen, za účelem názorného a snadno automaticky vytvořitelného zobrazení terénu zejména v budoucích lezeckých průvodcích. Tato vizualizace by pak mohla v průvodcích sloužit jako topografický podklad plánek, které se v nich nachází. Potřebné by byly určitě i další grafické úpravy jako například vhodně rozčlenění vizualizace na jednotlivé stránky průvodce tak, aby žádná část území v průvodci nechyběla. Složené plánky z jednotlivých průvodců pro dané oblasti vydává ve velkých formátech nakladatelství JUKO také samostatně. Takto vizualizovaný terén by, vytisknutý ve velkém formátu, jistě našel místo na zdi nejednoho lezce.

Při zpracování bodových mračen ještě před jejich vizualizací je třeba si uvědomit několik dílčích specifik, která komplikují práci s daty v terénu pískovcových měst. Prvním problémem, který se váže i na pořizování dat, je filtrace, respektive klasifikace bodového mračna, zejména za účelem odstranění vegetace. Při vizualizaci bylo použito manuálně klasifikované bodové mračno modelu A. Jedním z dalších významných problémů při zpracování dat je zachycení převisů. Vzhledem k účelům, ke kterým lezecké průvodce slouží, tedy orientace při pohledu ze země, byla při vizualizaci použita nejmenší hodnota z bodového mračna z_1 . Další problém vyskytující se u zpracování dat je definice povrchu v terénu (například v suťových roklích je těžké určit kudy by měla procházet hranice mezi podzemními prostory, povrchem a atmosférou). Tato problematika je typická spíše pro sousední Teplické skály. V zájmovém území však nenachází tolik míst, kde by tento problém bylo třeba řešit. Tato i jiná specifika nastávající při pořizování dat LLS ve skalách jsou vysvětlena v kapitole 2.2.

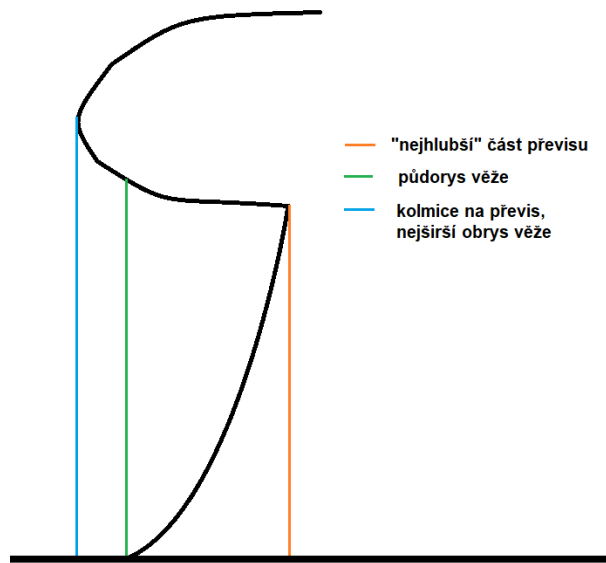
Po zpracování bodového mračna přichází na řadu jeho vizualizace. Existují různé metody vizualizace DMR, některé více a některé méně vhodné k zobrazení skalních měst jako jsou Adršpašské skály. Metoda vhodná pro zobrazení půdorysu jednotlivých věží a ostatních prvků reliéfu skalního města je znázornění sklonu. Metoda zobrazuje úhel, který svírá horizontální a vertikální rovina s jednotlivými body území (Pícek 2014, ESRI 2024a). V ideálním případě vytvoří metoda sklonu půdorysné náčrtky věží.

K podkreslení hlavního mapového podkladu lze využít metodu stínování, která navozuje plastický vjem a lépe simuluje reálný pohled (Pícek 2014). Tento algoritmus virtuálně osvětluje povrch a určením hodnot osvětlení pro každý pixel vytváří stínovaný reliéf. Výsledná hodnota osvětlení každého pixelu závisí na definovaném směru a úhlu osvětlení a na výšce daného pixelu a výšce pixelů v jeho okolí (ESRI 2024b).

Začátkem vizualizace bodového mračna modelu A bylo vytvoření rastrového DMR ze souboru bodového mračna. Při použití funkce Las dataset to raster byly změněny následující parametry. Cell assignment nastavení přiřazující danému pixelu nejnížší hodnotu ze všech bodů bodového mračna, které se v tomto území nacházely. Při použití výše zmíněné terminologie tedy výšku z_1 . Dalším parametrem, který byl třeba při vytváření rastru nastavit, byla velikost pixelu (Cell size). Vzhledem k nastavení parametru Cell assignment na hodnotu minimum by při malé velikosti pixelů stínováním vznikala v oblastech převisů nepravidelná soustava tmavých a světlých pixelů (obr. 25), ve světlých pixelech by se totiž nacházely pouze body, reprezentující hodnotu z_3 , tedy povrch skály nad převisem. Tato soustava bodů po použití algoritmu Slope vytváří v oblastech převisů široké tmavé pásy, ze kterých není možné určit, kde se pata skály nachází (obr. 25). Pata skály se totiž ne vždy nachází nejhloběji pod převisem, naopak někdy pod převis vede od země položená skalní stěna, která do převisu přejde teprve později (obr. 26). V tomto případě by se pata skály mohla nacházet kdekoliv v širokém tmavém pásu (obr. 25 vpravo) znázorněného pixelu s malou velikostí a nebylo možné z takového rastru přesně určit půdorys věže (definice půdorysu věže v kapitole 4.5). Bylo tedy potřeba najít takovou hodnotu velikosti pixelu, která není zbytečně vysoká, ale která zaručuje, že v daném pixelu se bude téměř vždy nacházet bod, reprezentující bod s výškou z_1 , tedy povrch země. Těmto požadavkům nejlépe vyhovovala v daném bodovém mračnu hodnota velikosti pixelu 20 cm (experimentálně zjištěno).



Obrázek 25: Převis v severní stěně Trosečníka. Vlevo soustava tmavých a světlých pixelů při příliš malé velikosti pixelu v místech s převisy. Vpravo stejný rastr po použití funkce Slope. Zdroj: vlastní zpracování.

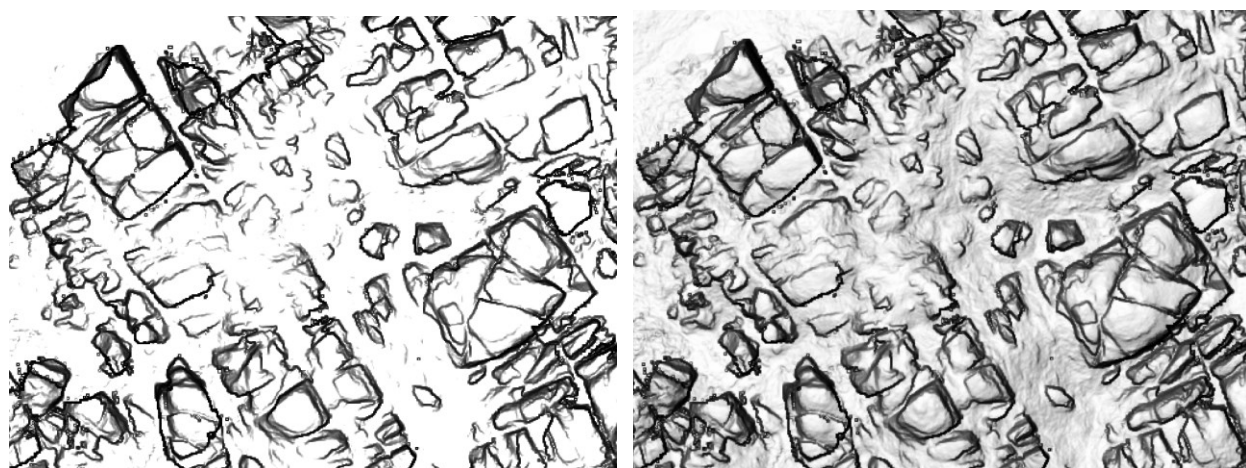


Obrázek 26: Schéma bočního pohledu na věž Trosečnick. Znázornění problému vizualizace půdorysu věže v případě převisu v kombinaci s položenou skalní stěnou pod ním. Zdroj: vlastní zpracování.

Jako hlavní metoda vizualizace terénu byl zvolen sklon. Funkce Surface Parameters při nastavení výpočtu sklonu spočítá gradient sklonu daného pixelu podle výšky okolních pixelů. Sklon pixelu se počítal z okolních 8 pixelů tedy z mřížky 3x3 pixelu. Hodnota sklonu ve stupních se poté uložila do každého pixelu jako datový typ float. Tato vytvořená vrstva pak byla zobrazena s využitím úpravy histogramu Stretch Percent clip, při jehož použití lze manuálně oříznout určitá procenta pixelů s minimální a maximální hodnotou proměnné. Bylo oříznuto 60 % nejsvětějších hodnot, takže byly zobrazeny pouze pixely se sklonem větším než 58°. V intervalu hodnot okolo 58° se v tomto území již téměř nezobrazuje neskalkatý terén, ale zároveň je půdorys věží stále dostatečně výrazný. Pixely s největším sklonem pak byly znázorněny tmavě šedou až černou a ty s nejmenším světle šedou až bílou, tak aby rastr působil logicky.

U terénu tohoto typu dále Lysák (2016) navrhuje použití dvou hodnot prahování. Po určení dvou vhodných prahových hodnot se vyberou oblasti s hodnotou sklonu většího, než je nižší ze dvou prahových hodnot, uvnitř nichž leží oblast s hodnotou sklonu, než je vyšší prahová hodnota. Takto se skalní stěny s velmi vysokým sklonem rozšíří o jejich bezprostřední okolí. Lysák (2016) pro data TUD z Českého a Saského Švýcarska navrhuje hodnoty přibližně 50° a 60°. Podobnou úvahu lze použít pro metodu sky-view factor (SVF) (Lysák 2016). Tato metoda vizualizace vychází z velikosti viditelného nebe nad pozorovaným územím.

Jako vedlejší metoda vizualizace bylo použito stínování vytvořené funkcí Hillshade. Pro terén tohoto typu je vhodný vysoký úhel osvětlení (Lysák 2016), proto bylo zvoleno osvětlení pod úhlem 75° pod azimutem 315° (levý horní roh vizualizace). Rozdíl vizualizace bez stínování a při jeho použití je vidět na obrázku 27. Tato vrstva byla poté převzorkována pomocí bilineárního převzorkování při stejné velikosti pixelu, tj. 20 cm. Ostatní metody, včetně kubického převzorkování nebo funkce Filter výslednou rastrovou vrstvu zbytečně příliš rozostří. Posledním krokem bylo nastavení průhlednosti této vrstvy na 45 %. Tato vrstva pak byla zobrazena nad výše zmíněnou vrstvou sklonu. Nastavení menší průhlednosti stínované vrstvy by mělo za následek sice plastičtější dojem, ale také menší zvýraznění půdorysů věží.

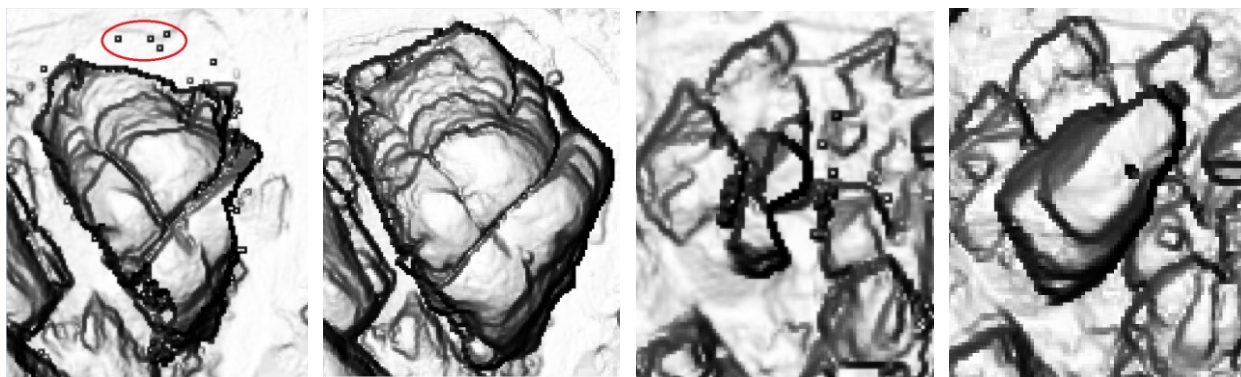


Obrázek 27: Rozdíl vizualizace bez použití stínování (vlevo) a při jeho použití (vpravo). Zdroj: vlastní zpracování.

Rastr znázorněný pouze metodou stínování také přináší poměrně dobrý výsledek, který předá o tomto území mnoho informací. V kombinaci s vhodně zobrazenou vrstvou sklonu je ale výsledná vizualizace přehlednější, plastičtější a i při zachování detailů zdůrazňuje hlavní prvek vizualizace, kterým je půdorys věží. Půdorysy jednotlivých věží jsou díky kombinaci rastrových vrstev dobře zvýrazněny. Zejména u volně stojících věží lze díky tomu jednoduše zaznamenat jejich okraje nebo půdorys. Průrvy a komíny rozsáhlých souskalí vypadají ve vizualizaci často stejně jako okraje skalních věží. Při následné vektorizaci jednotlivých věží by bylo možné tyto objekty rozlišit vytvořením rastru zobrazující SVF, který by zobrazoval soutěsky s malou velikostí výhledu na nebe. Pro správné vymezení hranic souskalí je nutné přiblížení a podrobné prozkoumání jednotlivých souskalí. Dostupnost jiných dat, jakými je například ortofoto, souřadnice jednotlivých skalních útvarů nebo v ideálním případě i lezecký průvodce, může výrazně pomoci při vymezení jednotlivých skalních věží a souskalí.

V místech skalních převisů se někdy nachází černé čtverce s jedním světlým pixelém v jejich středu (označeno vlevo na obr. 28). V prostředním pixelu těchto čtverců se nachází pouze body reprezentující výšku z_3 , v okolních pixelech se nachází pak i body reprezentující výšku z_1 . Okolní pixely mají ve výsledné vizualizaci černou barvu, protože byly funkcí Surface parameters označeny jako místa s extrémním sklonem. Tyto čtvercové elementy však nijak velkou mírou nenarušují celkové vnímání rastru a při pohledu je lze odlišit od skutečných půdorysů skal. Zároveň tyto čtverce vznikají z tohoto bodového mračna až do velikosti pixelu 45 cm. Vzhledem k jednotné podobě těchto nechtěných čtvercových elementů by dalším krokem vizualizace mohlo být jejich odstranění pomocí algoritmu z bodového mračna.

Některé skalní útvary vypadají velmi rozdílně ve výsledné vizualizaci ve srovnání se zobrazením maximální výšky bodů z bodového mračna (obr. 28). Problému převisů se věnovali například Ondrušková (2019), Žuravská (2020), Peterková (2022), Martínek (2023) a Lysák (2016). Autoři pro vymezení převisů zmiňují například možnost odečtení rastru, který v pixelech zobrazoval minimální hodnoty bodů z bodového mračna od rastru, který zobrazoval maximální hodnoty bodů. Takto vymezené oblasti s převisy například Žuravská (2020) dále filtrovala například podle plošné velikosti těchto oblastí nebo jejich převislosti. Toto vymezení a jeho následné znázornění by bylo rozhodně užitečně pro orientaci v terénu a mohlo by být předmětem další práce.



Obrázek 28: Porovnání vizualizace minimální (1. a 3. obrázek) a maximální (2. a 4. obrázek) výšky bodů z bodového mračna. Vlevo je zobrazena věž Uhlířská, vpravo věž Robinson. Červený ovál na prvním obrázku značí pixelové čtverce, které jsou relikty převisu (viz výše). Zdroj: vlastní zpracování.

Věž Robinson se nachází v blízkosti dalších souskalí a její stěny jsou v některých místech velmi převislé, to má za následek méně zřetelný půdorys ve vizualizaci zobrazující minimální hodnoty bodů z bodového mračna. Rozdíl ve vizualizacích je vidět taktéž u věže Uhlířská. Převislé

stěny zejména ve východní a severní části souskálí mají také za následek rozdíly v půdorysu a maximálním obrysu.

Výsledná vizualizace území má také další omezení. Půdorysy skalních útvarů jsou pouze přibližné, na úpatí skal se nachází mnoho menších převisů nebo úzkých, shora uzavřených komínů, které při měření nebyly zaznamenány. Tyto nedostatky by se mohly projevovat v menší míře při nižší výšce letu a větší hustotě nasnímaného bodového mračna. Vizualizaci je třeba také interpretovat v kontextu postupu její tvorby. Přirozený pohled na rastr shora evokuje představu, že jednotlivé pixely jsou zobrazené s maximální hodnotou výšky bodu z bodové mračna. Dalším problémem této vizualizace by mohlo být chybné vymezení půdorysu věže jako místa, kde má věž (typicky pod převisem) nejmenší obvod. Větší obvod by věž měla na jejím vrcholu i na jejím úpatí (obr. 26). Míst, ve kterých by tento problém byl výrazný, se v zájmovém území nevyskytuje mnoho. Pro výrazné projevení tohoto problému by tato místa musela mít téměř hranaté přechody z převislých do kolmých a do položených stěn. Pak by vizualizace pomocí sklonu mohla být chybně interpretována. Přechody z převislých do položených stěn jsou však ve vizualizovaném území velmi pozvolné, vizualizace pomocí sklonu proto téměř vždy funguje. To však nemusí platit v jiných skalních oblastech, ve kterých mají skalní věže jiný charakter (například oblasti, kde je více převisů způsobených výlomem, případně jsou častější přechody z kolmých stěn do položených stěn, případně přímo do horizontálních říms).

Po dokončení vizualizace DMR byly výhradně na jejím podkladu vytvořeny liniové prvky, znázorňující vodní toky, turistické a lezecké stezky. Výsledná vizualizace, včetně vektorizovaných turistických a lezeckých stezek a vodních toků (viz níže) je v příloze práce. Při použití ortofota jako podkladové vrstvy při vektorizaci by mohl být snadno přehlédnutý podrobný průběh stezek ukrytých pod vegetací. Turistické stezky svým vymezením odpovídají turistickému okruhu, jehož část se ve vizualizovaném území nachází. Některá místa na turistickém okruhu mají větší rozlohu než jiná a daly by se znázornit i polygony (například rozcestí pod Uhlířskou, Sloní náměstí atd.). Za účelem zvýšení přehlednosti prostorovou redukcí prvků byly ale také zobrazeny liniemi. Linie v těchto místech sledují logický průběh turistické stezky v těchto rozšířeních, v ostatních místech pak sledují střed turistické stezky. Vodní toky byly znázorněny dva; Řeřichový potok a Metuje. U obou bylo zachycení jejich průběhu bylo složitější než například u turistických stezek, a to hlavně z důvodu lokálních nepřesností DMR, zapříčiněných tím, že se vodní toky nachází vždy na zalesněném dně roklí a skalních soutěsek, kde je hustota bodů bodového mračna menší.

Za lezecké stezky jsou zde považovány veškeré pěšiny v terénu, které se nachází mimo turistický okruh. Tyto stezky bývají nejčastěji používány místními lezci, kteří se také starají o jejich

údržbu. Při vektorizaci těchto stezek se opět vycházelo výhradně z výsledné vizualizace terénu. Na této vizualizaci nevynikaly tolik jako turistické stezky, ale přesto průběh výraznějších lezeckých stezek lze rozpoznat. Dále se při krátkém propojování slepých ramen těchto stezek vycházelo z logických předpokladů o jejich průběhu v terénu. Tím se ve všech pěti lezeckých obvodech podařilo propojit hlavní části těchto obvodů s turistickou stezkou. Průběh lezeckých stezek byl upraven také v případě, že lezecká stezka začíná nezačíná přímo na turistické stezce, ale například až za potokem, který teče podél turistické stezky. Lezecká stezka se v takovém případě napojuje přímo na linii značící turistickou stezku.

Při porovnání vektorizovaných stezek s lezeckým průvodcem Adršpach I. (Žwak, Lukavský 2024), případně průvodcem od Lukavského (1999-2000), ze kterého byly v novějších průvodcích použity plánky spolu s průběhem stezek v terénu, vznikly dva druhy situací. První situací je absence vektorizované stezky ve vizualizaci v místech, ve kterých se stezka v lezeckých průvodcích nachází. Druhá situace je opačná, stezka se ve vizualizaci nachází, průvodce ji však neuvádí.

Turistických stezek se při tomto srovnání netýkala ani jeden typ situace. Turistické stezky byly ve vizualizaci dobře viditelné, vektorizované linie tedy průběhem odpovídají lezeckým průvodcům. U lezeckých stezek nastala častěji situace prvního typu a danou stezku se nepodařilo ve vizualizaci najít a vektorizovat, ačkoliv ji průvodce uvádí. Situace druhého typu nastala pouze u několika málo metrů lezeckých stezek.

Tato kapitola představila základní problémy rastrové vizualizace extrémně členitého terénu pískovcových skalních měst a na příkladu lidarových dat modelu A navrhla základní možnosti vizualizace terénu v Adršpašských skalách. Dále byly navrženy další kroky pro zkvalitnění této vizualizace, které by mohly být předmětem další práce vedoucí k automatizaci vizualizace reliéfu tohoto typu.

Vizualizace tohoto terénu mohou být v budoucnu použity při vytváření plánků v lezeckých průvodcích. Tato vizualizace by také mohla pomoci autorům druhého dílu lezeckého průvodce při jeho vytváření. V druhém dílu se budou mimo jiných nacházet i lezecké obvody Město a Milenecká hora, které jsou zároveň částečně zahrnuty i ve vytvořené vizualizaci. Obsahem této kapitoly bylo také vytvoření vybraných liniových prvků. Na podkladu zmíněné rastrové vizualizace bylo možné vektorizovat celý průběh turistických stezek a část lezeckých stezek. Zbylou část lezeckých stezek by bylo možné vektorizovat při použití dalších podkladů a terénního průzkumu.

5. DISKUZE A ZÁVĚR

Předkládaná práce se věnuje problémům pořizování a zpracování dat v části Adršpašských skal moderními metodami mapování v návaznosti na tradiční způsoby získávání informací o skalách pro účely horolezectví, reprezentovaných mapami v horolezeckých průvodcích. Ve třetí kapitole je vytvořen bibliografický přehled těchto průvodců, tyto průvodce jsou také hodnoceny z pohledu kartografie a popsány v historickém kontextu místního lezení. Moderní mapování je v této práci představováno daty dálkového průzkumu Země, konkrétně lidarem (leteckým i dronovým) a dronovou fotogrammetrií. Část dat byla získána, jedna datová sada vznikla v rámci této práce. Ve čtvrté kapitole jsou tato data navzájem srovnávána, zpracovávána, analyzována a je zkoumána jejich praktická využitelnost. Dílčí diskuze jsou pak jak součástí třetí kapitoly o lezeckých průvodcích, tak jednotlivých studií ve čtvrté kapitole. Zde proto budou uvedeny jen souhrnné obecnější závěry a poznámky.

V rámci této práce byly vytvořeny model B a C (viz kapitola 4.1). Při vytváření modelu C, však byly použity dodané vlíčovací body z lidarového modelu A. V případě běžného měření však nelze předpokládat, že budou pro vytvoření nového fotogrammetrického modelu dostupná přesná lidarová data dané oblasti. Vytvoření modelu C bez použití dodaných vlíčovacích bodů z modelu A by bylo možné za předpokladu rozmístění a zaměření dalších vlíčovacích bodů v terénu. Nejprve by bylo nutné umístit vlíčovací body na vrcholové partie několika věží. Tento předpoklad lze splnit pouze ve spolupráci s lezci, kteří by zde umístili vlíčovací body, vyzvedli potřebné vybavení po laně na vrchol a tyto body zaměřili. Tento úkol se jeví ve spolupráci s lezeckou komunitou jako poměrně realizovatelný.

Dále by bylo pro vytvoření fotogrammetrického modelu bez použití lidarového modelu nutné umístit a zejména zaměřit vlíčovací body v nejnižších nadmořských výškách na dnech roklí. Řešení tohoto problému je obtížnější, protože je potřeba najít místa, kde je mobilní signál (nutné pro využití RTK), výhled na oblohu (nutné pro využití GNSS) a zároveň bude bod identifikovatelný na snímku (nesmí být tedy například zakryt vegetací). V případě, že by první dvě uvedené podmínky nemohly být splněny, bylo by možné provést geodetické měření vlíčovacích bodů, například s využitím totální stanice, což je časově náročnější proces.

V jednotlivých kapitolách této práce byly navrženy možnosti zpracování dat pořízených pomocí UAV. Takto zpracovaná data by dále mohla být využita pro různé účely. Vytvořený model by mohl sloužit jako topografická podkladová vrstva plánků v lezeckých průvodcích. Jako podklad by mohl model sloužit i při sběru prostorových dat v terénu Správě CHKO, lezcům či

výzkumníkům se zájmem o tuto oblast; z oboru neživé přírody lze vyjmenovat například geomorfology, geology a místní speleology. Tento model by mohl být užitečný i pro vědce, zabývající se živou přírodou, například botaniky, či zoology – ornitology, kteří se o tuto oblast zajímají zejména kvůli sokolům stěhovavým. Sokoli v první polovině kalendářního roku hnízdí ve skalách, u těchto hnízd je nutné dodržovat klidový režim. Tento model by mohl být využitý právě při přesné lokalizaci těchto hnízd a zejména pak při vymezení co nejhodnějších omezení vstupu kolem těchto hnízd. Takto vytvořený model může být dále využitý při projektování a údržbě lezeckých stezek, žebříků a turistické infrastruktury ve skalách. Pro tento účel by mohl být model užitečný místní OVK, která se podílí na údržbě lezeckých stezek a Technickým službám Adršpach, které udržují turistické stezky. Stručně řečeno: byl by užitečnou pomůckou pro všechny, kdo se potřebují ve skalách orientovat a přesně lokalizovat konkrétní místa.

Vytvořený model s relativně přesnými souřadnicemi skalních věží v Adršpachu může mít také velké množství využití. Při určení souřadnic většího počtu věží (například všech věží v Adršpachu) by tato data byla užitečná i pro integrovaný záchranný systém. Zorientovat se v takto členitém terénu není jednoduché, při zásazích v Adršpašských skalách proto spolupracují složky IZS se skalní záchrannou službou Broumovsko, jejíž členové pomáhají mimo jiné s lokalizací zraněného v terénu. Právě při lokalizaci by souřadnice skalních věží a další informace o nich mohly být s výhodou využity. Souřadnice věží v budoucnosti mohou být využity také v případě existence přesných mapových podkladů a ortorektifikovaných fotogrammetrických dat i v jiných mapách než těch v horolezeckých průvodcích, například v obecných topografických databázích.

Další potenciál takto pořízených dat je i mimo klasickou 2D kartografii. Dostatečně podrobný model je využitelný ke 3D vizualizaci místních skal. Tomuto tématu se ve své práci věnuje Mrklovský (2020). Jeho práce se zaměřuje na využití fotogrammetrického a laserového snímání dat pro vytvoření 3D modelů, které rozšiřují již hotové lezecké průvodce. V rámci této práce byl mimo jiné vytvořen model části skalní věže Mnich v Prachovských skalách s doplňujícími prvky jako například zakreslená poloha lezeckých cest. I přes odlišnosti v zaměření v porovnání s touto prací Mrklovský (2020) přirozeně navazuje na další úroveň podrobnosti popsání terénů pískovcových skal se zaměřením na lezecké využití. 3D data mají podstatně širší využití než pouze pro horolezce, lze si představit třeba i virtuální procházku skalním městem pro veřejnost, zahrnující i jinak běžně nepřístupná místa.

Na tuto práci by se dále také mohlo navázat například výzkumem znázorňování pískovcových skal pro různé účely; lezecké, turistické, či výzkumné jako například geomorfologické nebo biologické. Při popsaném navázání na tuto práci by bylo však vhodné

vytvořit model většího prostorového rozsahu, než se kterým pracuje tato práce. Toto zvětšení rozsahu by bylo možné při použití UAV provést fotogrammetricky nebo s použitím lidarů. Každá z metod má své výhody a nevýhody, které jsou popsány například v kapitole 2.2.

Tato práce bude v celém rozsahu poskytnuta správě CHKO Broumovsko, OVK Broumovsko, autorům lezeckého průvodce z roku 2024, správcům databáze piskari.cz, Technickým službám Adršpach a Informačnímu centru Adršpach.

6. POUŽITÉ ZDROJE

AOPK ČR - RP VÝCHODNÍ ČECHY (2013): Národní přírodní rezervace Adršpašsko-teplické skály, <https://old.ochranaprirody.cz/lokality/?idlokality=1&hidemenu=1> (22. 7. 2024).

AOPK ČR (2023): Zonace velkoplošných zvláště chráněných území, <https://gis-aopkcr.opendata.arcgis.com/datasets/aopkcr::zonace-velkoplo%C5%A1n%C3%BDch-zvl%C3%A1%C5%A1t%C4%9B-chr%C3%A1n%C4%9Bn%C3%BDch-%C3%BAzem%C3%AD/about> (22. 7. 2024).

BALATKA, B., RUBÍN, J. (1986): Atlas skalních, zemních a půdních tvarů. Academia, Praha.

BŮHM, J. (2002): Fotogrammetrie, <https://www.hgf.vsb.cz/export/sites/hgf/544/.content/galerie-souboru/skripta/Fotogrammetrie.pdf> (23. 7. 2024).

BRÁZDIL, K. (2009): Projekt tvorby nového výškopisu území České republiky. In: Lysák, J.: Topografické mapování skalních útvarů s využitím dat leteckého laserového skenování. Dizertační práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha.

BRUTSCHNER, J. (2024): Gipfel- und Wegedatenbank, <http://db-sandsteinklettern.gipfelbuch.de/adr.php> (22. 7. 2024).

CZECHTOURISM (2024): Rok 2023 a cestovní ruch v Česku, <https://www.czechtourism.cz/cs-CZ/992b43dd-8b4a-4cb0-b264-a8f67152afb6/article/rok-2023-a-cestovni-ruch-v-cesku-tahnou-kulturni-i> (22. 7. 2024).

ČHS (2020): Pravidla lezení v pískovcových oblastech v Čechách, <https://www.horosvaz.cz/pravidla-lezeni/> (22. 7. 2024).

ČHS (2024): Databáze Skály ČR, <https://www.horosvaz.cz/databaze-skal-cr/> (22. 7. 2024).

ČÚZK (2016): ZABAGED® - Výškopis - DMR 5G, [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(enwpmasvzovomesxvhz2swo\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR5G-V&head_tab=sekce-02-gp&menu=302](https://geoportal.cuzk.cz/(S(enwpmasvzovomesxvhz2swo))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR5G-V&head_tab=sekce-02-gp&menu=302) (23. 7. 2024).

ČÚZK (2023a): Mapa České republiky 1:500 000, [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(vqxchh0uo3r2ctuwqiys1aol\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=mapy500&text=dsady_mapy500&head_tab=sekce-02-gp&menu=227](https://geoportal.cuzk.cz/(S(vqxchh0uo3r2ctuwqiys1aol))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=mapy500&text=dsady_mapy500&head_tab=sekce-02-gp&menu=227) (22. 7. 2024).

ČÚZK (2023b): Základní topografická mapa České republiky 1 : 100 000, [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(1nots5q214pekxpbmccagupv\)\)/Default.aspx?menu=31181&mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-MCR500-P&metadataXSL=metadata.sluzba](https://geoportal.cuzk.cz/(S(1nots5q214pekxpbmccagupv))/Default.aspx?menu=31181&mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-MCR500-P&metadataXSL=metadata.sluzba) (22. 7. 2024).

ČÚZK (2023c): Základní topografická mapa ČR 1 : 25 000, [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(uq3hmfqmeg2iouvuku34bwa3\)\)/Default.aspx?menu=3116&mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ZTM25&metadataXSL=metadata.sluzba](https://geoportal.cuzk.cz/(S(uq3hmfqmeg2iouvuku34bwa3))/Default.aspx?menu=3116&mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ZTM25&metadataXSL=metadata.sluzba) (23. 7. 2024).

DEUTSCHE NATIONAL BIBLIOTHEK (2011): Fehrmann, Rudolf: Der Bergsteiger im sächsischen Felsengebirge,

<https://portal.dnb.de/opac/showFullRecord?currentResultId=partOf%3D1016789750%26any¤tPosition=0> (22. 7. 2024).

EnergyCloud Trade s.r.o. (2024): lezec.cz, <https://www.lezec.cz/> (22. 7. 2024).

ESRI (2024a): ArcGIS Pro: Slope, <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/slope.htm> (23. 7. 2024).

ESRI (2024b): ArcGIS Pro: Hillshade, <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/hillshade.htm> (23. 7. 2024).

GIPFELBUCH.DE (2022): Wegendatenbank, <http://db-sandsteinklattern.gipfelbuch.de/boehmen.php?land=Tschechische%20Republik> (22. 7. 2024).

HEINICKE, D. (2008): Jubiläum – 100 Jahre Kletterführer 1908. Der neue Sächsische Bergsteiger, 2, 2008, 38-41.

HNYK, P. (2019): Skály a lidé. Pavel Mervart, Červený Kostelec.

HORNYCH, V. (2004): Nová vlna prvovýstupů. In: Sýkora, B.: Písaři: Kapitoly z historie lezení v Adršpašsko-Teplických skalách. JUKO, Náchod, 56-67.

CHKO BROUMOVSKO (2019): Opatření obecné povahy č. 2/2019. CHKO Broumovsko, Police nad Metují.

JANEBA, J. (1934): Horolezecká cvičení v Prachovských skalách. Klub alpinistů československých, Praha.

JEDLIČKA, M. (1961): Pískovcové skalní oblasti v Čechách. Sportovní a turistické nakladatelství.

JOHN, P. (2015): Problematika lezení na Broumovsku, <https://www.piskari.cz/cs/novinky-nejen-z-lezeni-na-policku/problematika-lezeni-na-broumovsku-46/> (22. 7. 2024).

JOHN, P. (2019): Pravidla moštárny, <https://www.piskari.cz/de/clanky-ze-skal-a-hor/pravidla-mostarny-54/> (22. 7. 2024).

LIENERTH, R. (2004): Úvod do horolezectví, <http://www.climbingschool.cz/var/uploads/files/000000/000044/horolezectvi.pdf> (21. 7. 2024).

LISÁK, P. (1994): Adršpach 500 horolezeckých výstupů. JUKO, Náchod.

LISÁK, P. (2015): Vysoká hra: lezení v Adršpašsko-teplických skalách v datech. JUKO, Náchod.

LNĚNIČKOVÁ, P. (2017): Integrace horolezeckých databází s daty státního mapového díla. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha.

LYSÁK, J. (2016): Topografické mapování skalních útvarů s využitím dat leteckého laserového skenování. Dizertační práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha.

MARŠÍK, Z. (1980): Fotogrammetrie - 1. díl. SNTL, Praha.

MARTÍNEK, D. (2023): Dokumentace lokality Vidimské lávky na Kokořínsku. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha.

- MEŠKO, J. (2012): Skalní lezení v oblastech Broumovské stěny a Ostaš. Bakalářská práce. Masarykova Univerzita, Fakulta sportovních studií, Brno.
- MIKEŠ, F. (1957): Skalní města u Teplic nad Metují a Adršpachu. Sportovní a turistické nakladatelství, Praha.
- MITÁČ, S. (2023): Král stoletý, <https://www.emontana.cz/stolety-vystup-kral-adrspach/> (21. 7. 2024).
- ONDERČOVÁ, J. (2004): Geomorfologie. In: Sýkora, B.: Písaři: Kapitoly z historie lezení v Adršpaško-Teplických skalách. JUKO, Náchod, 244-251.
- ONDRUŠKOVÁ, K. (2019): Detekce převisů z dat leteckého laserového skenování. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha.
- OVK BROUMOVSKO (2022): Zpřesnění pravidel místní OVK Broumovsko, <https://ovkbroumovsko.cz/pravidla-lezeni/> (22. 7. 2024).
- OVK BROUMOVSKO (2023): Zvláštní chování CHKO Broumovsko při vyjednávání nového povolení PP Kočičí skály, <https://ovkbroumovsko.cz/2023/07/zvlastni-chovani-chko-broumovsko-pri-vyjednavani-noveho-povoleni-pp-kocici-skaly/> (22. 7. 2024).
- PETERKOVÁ, L. (2022): Mapa okolí Kopicova statku v Českém ráji. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha.
- PICEK, J. (2014): Vizualizace digitálních modelů reliéfu vytvořených z dat leteckého laserového skenování. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha.
- PILÁT, R. (1938): Cvičné skály a horolezectví v Československu. Klub alpinistů československých, Praha.
- PISKARI.CZ (2012): Historie lezení na pískovcových skalách Broumovska, <https://www.piskari.cz/cs/historie-lezeni-na-piskovcovych-skalach/> (22. 7. 2024).
- PISKARI.CZ (2024): Databáze cest, <https://www.piskari.cz/cs/vyhledani-lezecke-cesty/> (22. 7. 2024).
- POŠMURA, L. (2021): Skálu odlámali, aby projely kamiony se dřevem. Lidé za to správně CHKO spílají Zdroj: https://www.idnes.cz/hradec-kralove/zpravy/skala-panova-cesta-chko-broumovsko-poskozeni-tezba.A210909_084550_hradec-zpravy_kvi, IDNES.cz, https://www.idnes.cz/hradec-kralove/zpravy/skala-panova-cesta-chko-broumovsko-poskozeni-tezba.A210909_084550_hradec-zpravy_kvi (23. 7. 2024).
- RAPANT, P. (2002): Družicové polohové systémy. Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Ostrava.
- SCHINDLER, J. (2015): Jak saští lezci "objevili" Adršpaško-teplické skály. In: Lisák, P.: Vysoká hra: lezení v Adršpaško-teplických skalách v datech. JUKO, Náchod, 16-21.
- STRNAD, Z. (2024): Skalní oblasti ČR, https://www.skalnioblasti.cz/5_index.asp?cmd=1 (22. 7. 2024).
- SÝKORA, B. (2004): Písaři: Kapitoly z historie lezení v Adršpaško-Teplických skalách. JUKO, Náchod.

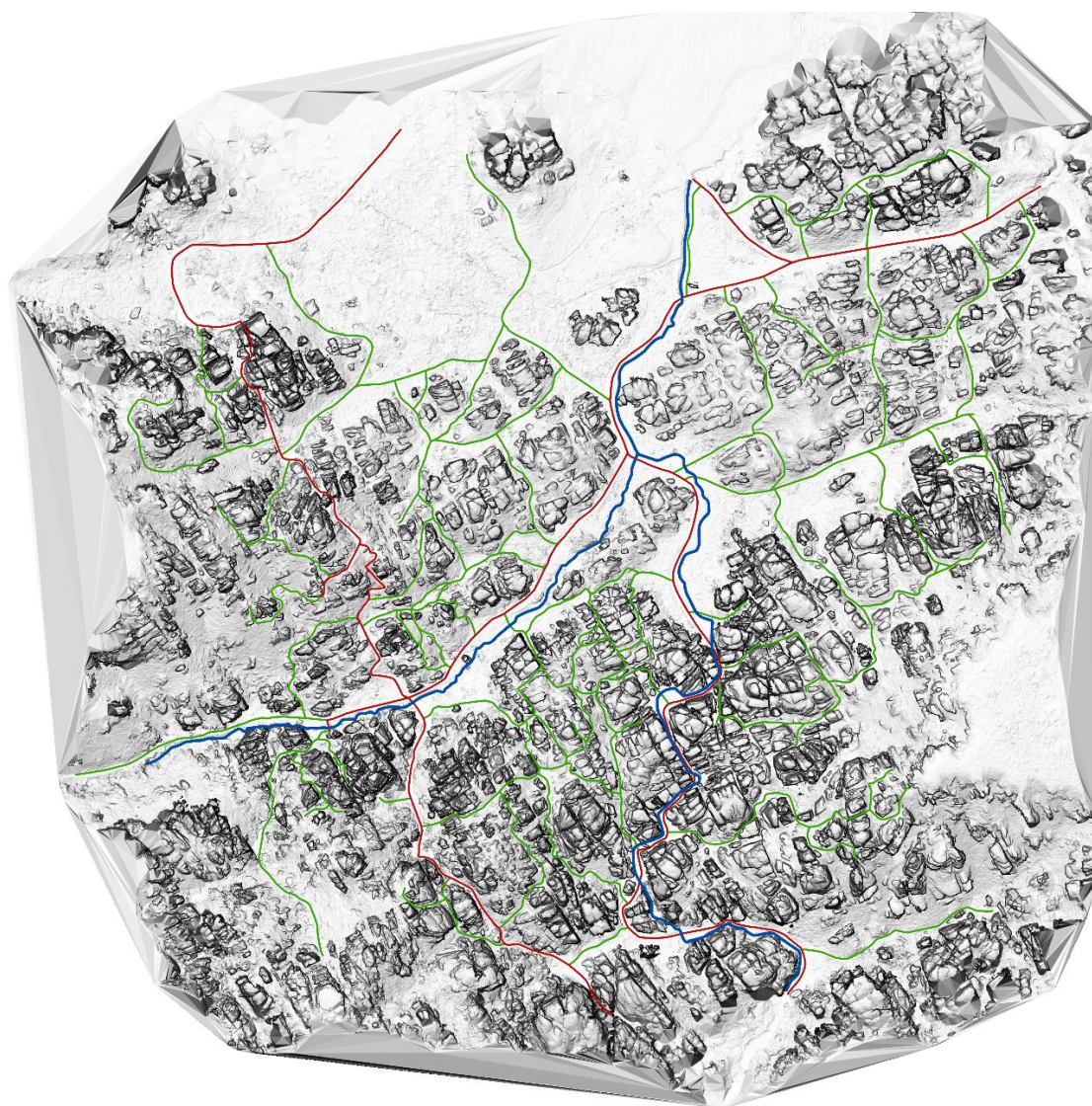
- ŠÁLEK, J. (2009): Horolezecké výstupy v oblasti Adršpašsko-teplických skal. Diplomová práce. Masarykova Univerzita, Fakulta sportovních studií, Brno.
- ŠINDLEROVÁ, V., NOVOTNÝ, V., NÝVL, J., FELCMAN, J., FRANKE, D., HOFMAN, V. (2020): Územní studie specifické oblasti Broumovsko. Královehradecký kraj, Hradec Králové.
- ŠMÍD, K. (1962): První defilé. Okresní výbor svazu tělesné výchovy, Náchod.
- ŠMÍD, K. (1967): Defilé skalních věží. Okr. výbor ČSTV, Náchod.
- ŠMÍD, K. (1979): Pískovcové skály v Čechách: horolezecký průvodce (3) Východní Čechy. Olympia, Praha.
- ŠTRONER, M. (2022): Globální navigační satelitní systémy. Učební texty. ČVUT, fakulta stavební, Praha.
- TÁSLER, R. (1979): Geologie české části vnítrousudetské pánve. Academia, Praha.
- TOMKOVÁ, M. (2015): Pískovcová skalní města v GIS. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha.
- TOMKOVÁ, M. (2018): Klasifikace dat leteckého laserového skenování v pískovcových skalních městech. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha.
- TOMKOVÁ, M., LYSÁK, J. (2020): Zpracování dat laserového skenování pískovcových skal z UAV. GIS Ostrava 2020.
- TŮMOVÁ, Š. (2018): Kdosi obnovil protestní nápis na Milencích v Adršpachu z roku 1969, IDNES.cz, https://www.idnes.cz/hradec-kralove/zpravy/skaly-napis-protest-milenci-okupace-adrspach-adrspasko-teplicke-skaly-policie.A180906_155502_hradec-zpravy_tuu (22. 7. 2024).
- VAJSAROVÁ, I. (2011): Inventarizace vybraných tvarů reliéfu na území přírodní rezervace Ostaš. Bakalářská práce. Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, Olomouc.
- ZÚ & VGHMŮŘ (2016): Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 5. generace (DMR 5G), https://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMR_5G.pdf (23. 7. 2024).
- ŽURAVSKÁ, M. (2020): Turistická mapa okolí pravčické brány se zaměřením na velkoměřítkové mapování pískovcového reliéfu. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha.
- ŽWAK, J. (2018): Bylo nebylo na CHKO Broumovsko, <https://www.piskari.cz/cs/clanky-ze-skala-hor/bylo-nebylo-na-chko-broumovsko-53/> (22. 7. 2024).
- ŽWAK, J., LUKAVSKÝ, S. (2024): Adršpašské skály: horolezecký průvodce. Vivat Rex, Orlová-Lutyně.

7. PŘÍLOHY

Příloha 1 – Vizualizace DMR

Adršpašské skály

vizualizace DMR



0 200 metrů

- vodní tok
- turistická stezka
- lezecká stezka

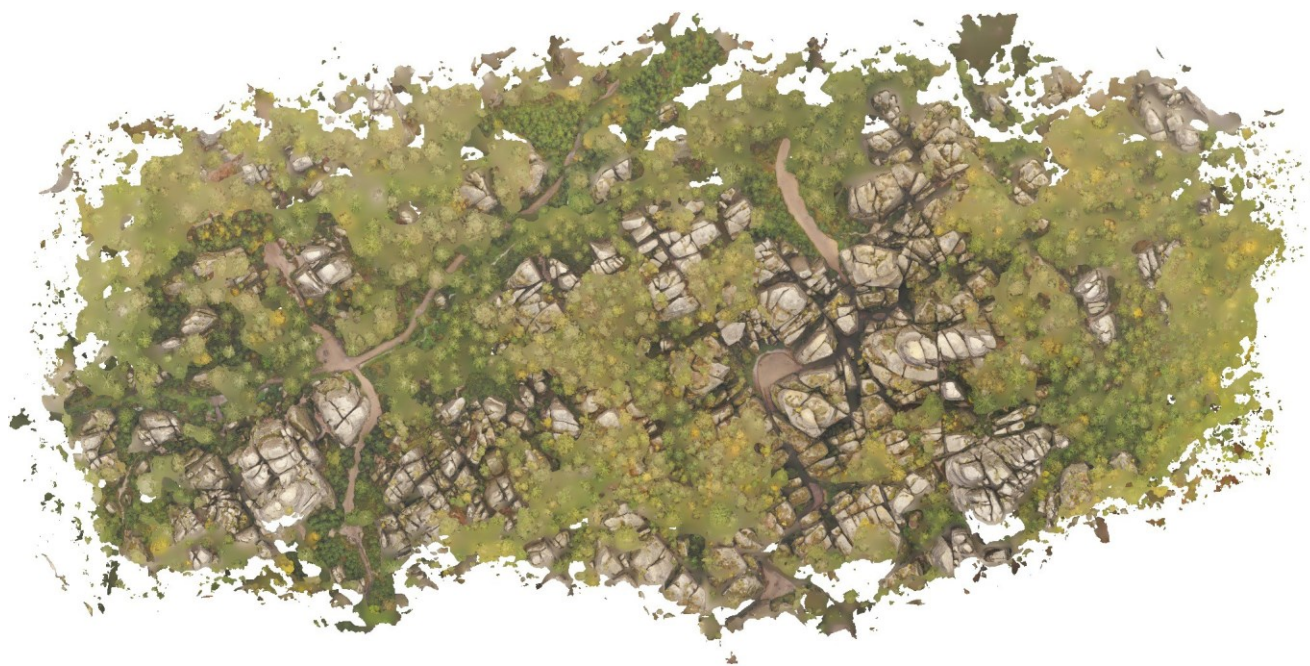
Zdroje:
data z projektu GA UK č. 132119
TOMKOVÁ, M., LYSÁK, J. (2020): Zpracování dat laserového
skenování pískovcových skal z UAV. GIS Ostrava 2020.

Příloha 2 – Zpracovací zpráva z programu Agisoft Metashape

Agisoft Metashape

Processing Report

10 July 2024



Survey Data

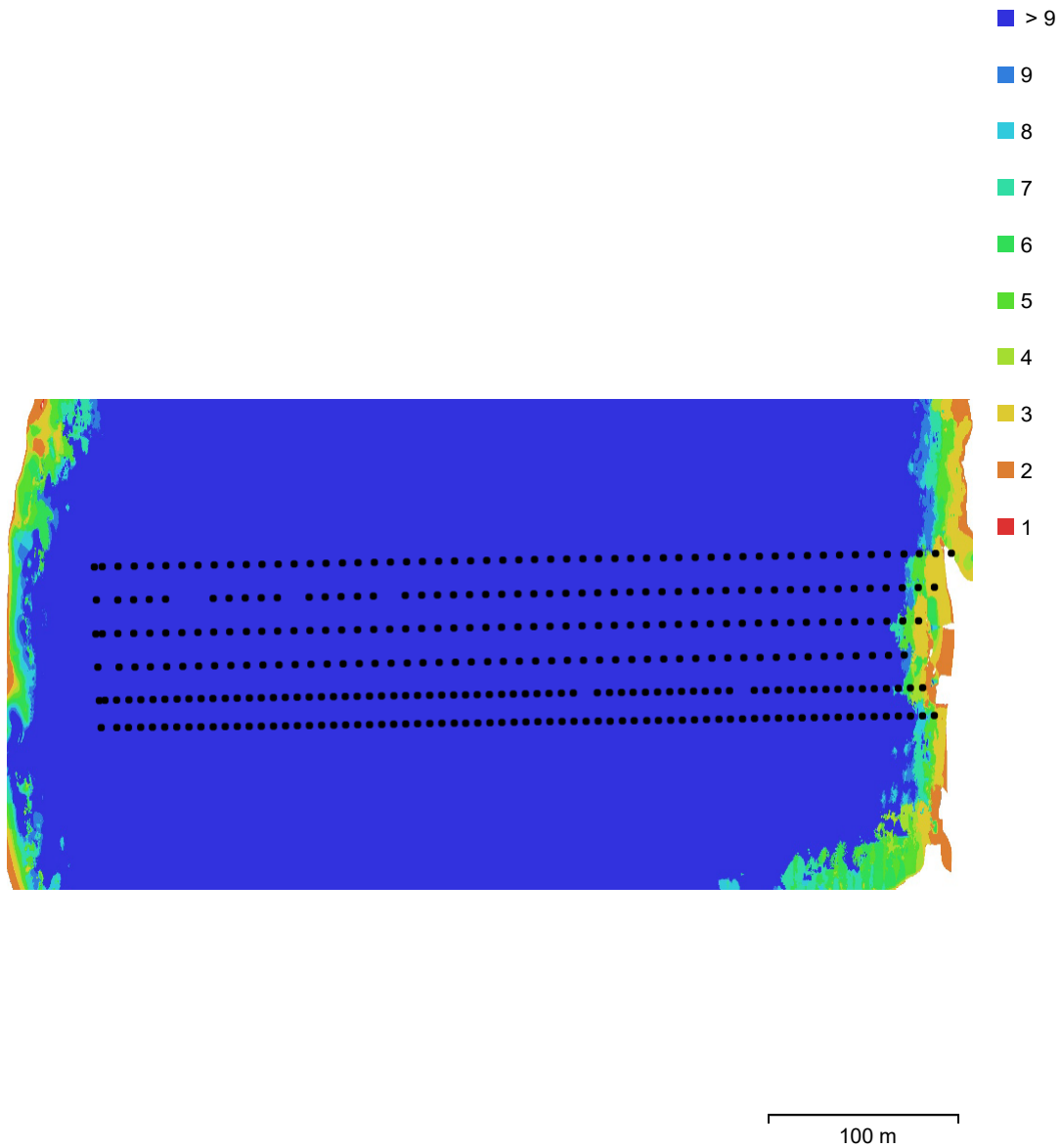


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	401	Camera stations:	346
Flying altitude:	98.1 m	Tie points:	316,532
Ground resolution:	2.32 cm/pix	Projections:	996,009
Coverage area:	0.103 km ²	Reprojection error:	1.46 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
Test_Pro (10.26mm)	5472 x 3648	10.26 mm	2.41 x 2.41 μ m	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration

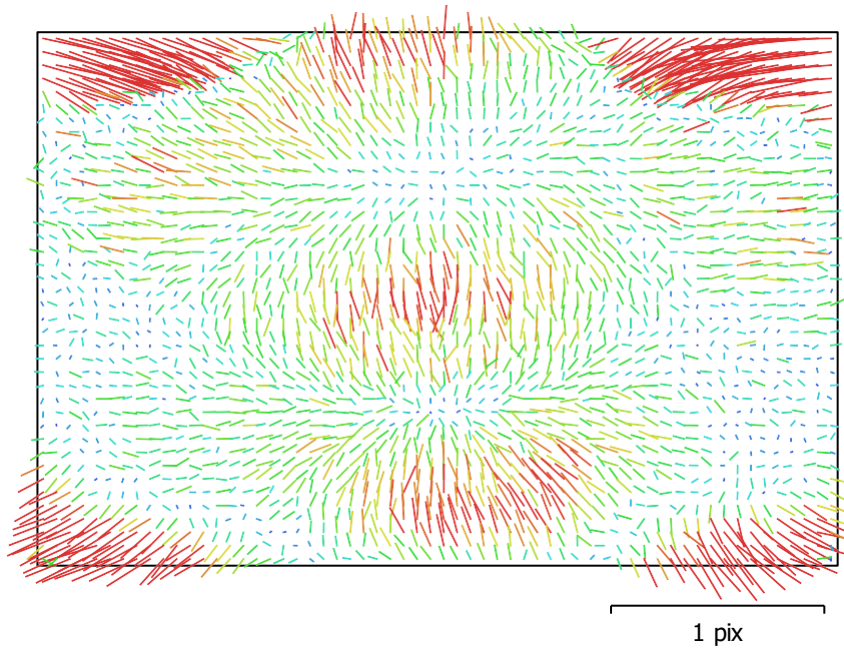


Fig. 2. Image residuals for Test_Pro (10.26mm).

Test_Pro (10.26mm)

401 images

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
Frame	5472 x 3648	10.26 mm	2.41 x 2.41 μm

	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2
F	4373.19	0.41	1.00	-0.36	-0.18	-0.05	-0.00	0.14	-0.02	0.04	-0.07	-0.04	-0.25
Cx	4.21376	0.03		1.00	0.10	-0.06	0.01	-0.06	0.01	-0.01	0.02	0.87	0.14
Cy	-59.1298	0.021			1.00	0.04	-0.08	-0.03	0.01	-0.01	0.02	0.04	0.85
B1	-8.04625	0.066				1.00	-0.01	-0.01	-0.00	0.00	-0.00	0.01	-0.02
B2	3.45016	0.067					1.00	-0.00	0.01	-0.01	0.01	0.05	-0.01
K1	0.0167793	8.7e-05						1.00	-0.95	0.90	-0.85	-0.02	-0.05
K2	-0.0325975	0.00057							1.00	-0.98	0.95	-0.00	0.01
K3	0.116203	0.0015								1.00	-0.99	0.01	-0.01
K4	-0.12417	0.0014									1.00	-0.01	0.01
P1	0.000802712	2.5e-06										1.00	0.04
P2	-0.00424888	1.9e-06											1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Camera Locations

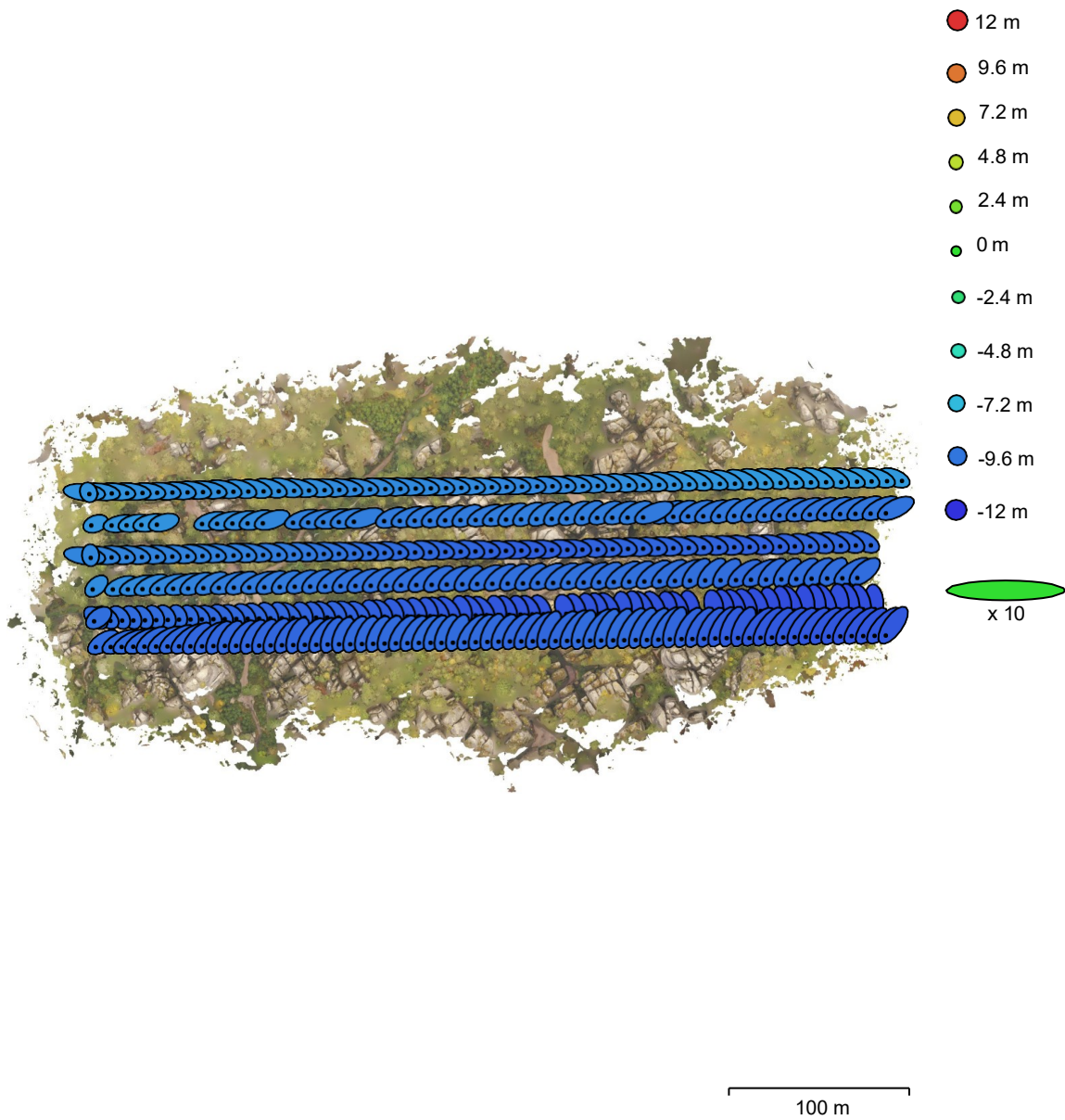


Fig. 3. Camera locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.

Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	XY error (m)	Total error (m)
0.86127	0.653376	9.78817	1.08106	9.84769

Table 3. Average camera location error.

X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Ground Control Points

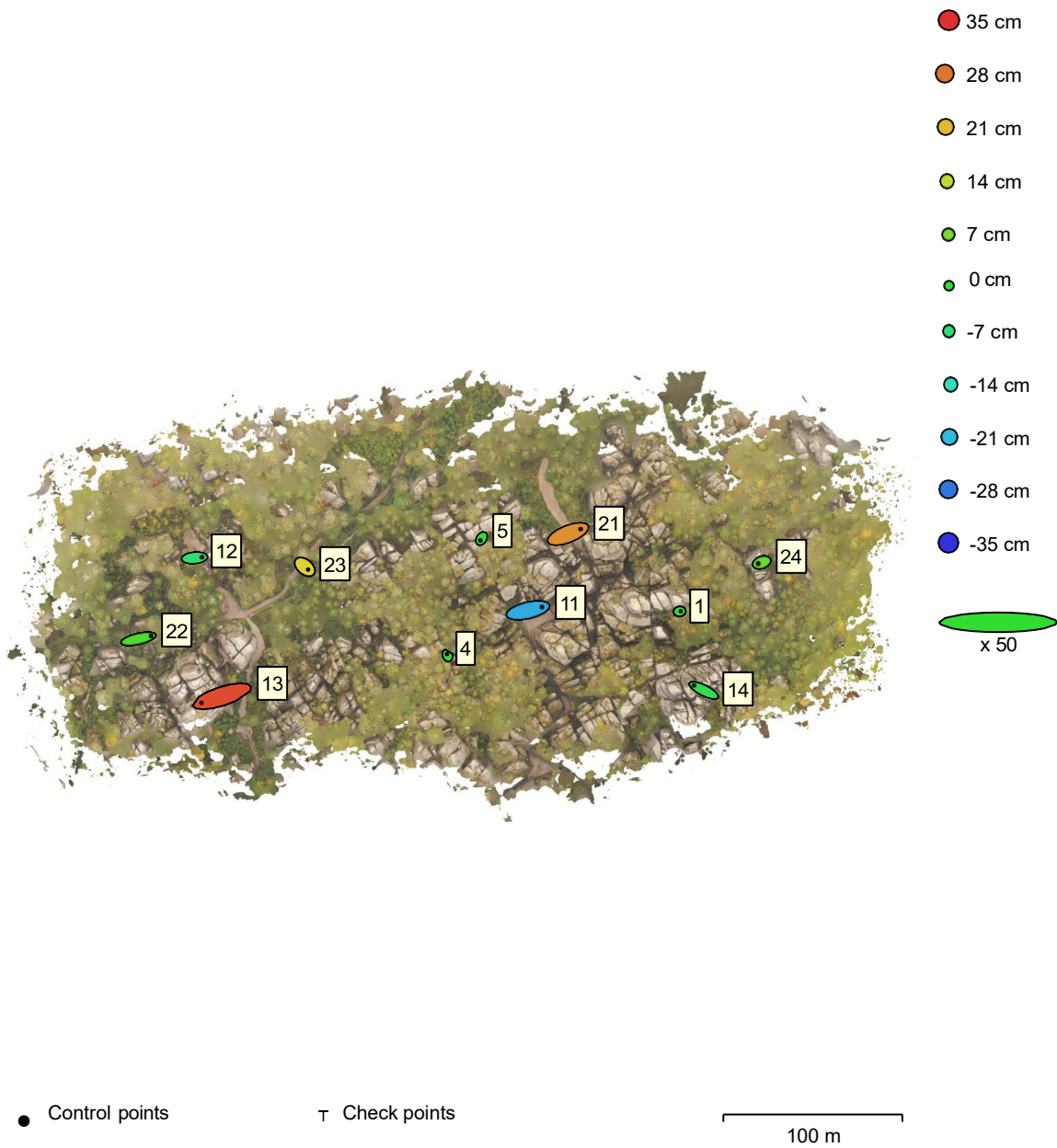


Fig. 4. GCP locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.

Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
11	21.9991	7.33018	15.4747	23.1882	27.8775

Table 4. Control points RMSE.

X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
1	2.34731	0.329018	-1.48383	2.7964	0.792 (23)
4	-1.17592	3.07721	-0.195138	3.30001	0.494 (30)
5	-2.55415	-3.88096	-1.35805	4.84043	0.691 (27)
12	16.0102	1.39357	-6.15809	17.2102	0.535 (6)
11	30.3573	6.94683	-22.6375	38.5004	1.352 (10)
13	-45.5986	-14.7006	32.2689	57.7635	1.416 (5)
14	-21.0128	10.5146	-2.88099	23.6727	1.224 (7)
21	27.3294	10.6181	25.4553	38.828	1.293 (8)
22	27.5149	5.8992	2.85494	28.2847	0.502 (9)
23	7.34368	-6.08365	18.5612	20.8676	0.736 (9)
24	-7.31968	-2.23308	5.42693	9.38168	0.380 (8)
Total	21.9991	7.33018	15.4747	27.8775	0.826

Table 5. Control points.

X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Digital Elevation Model

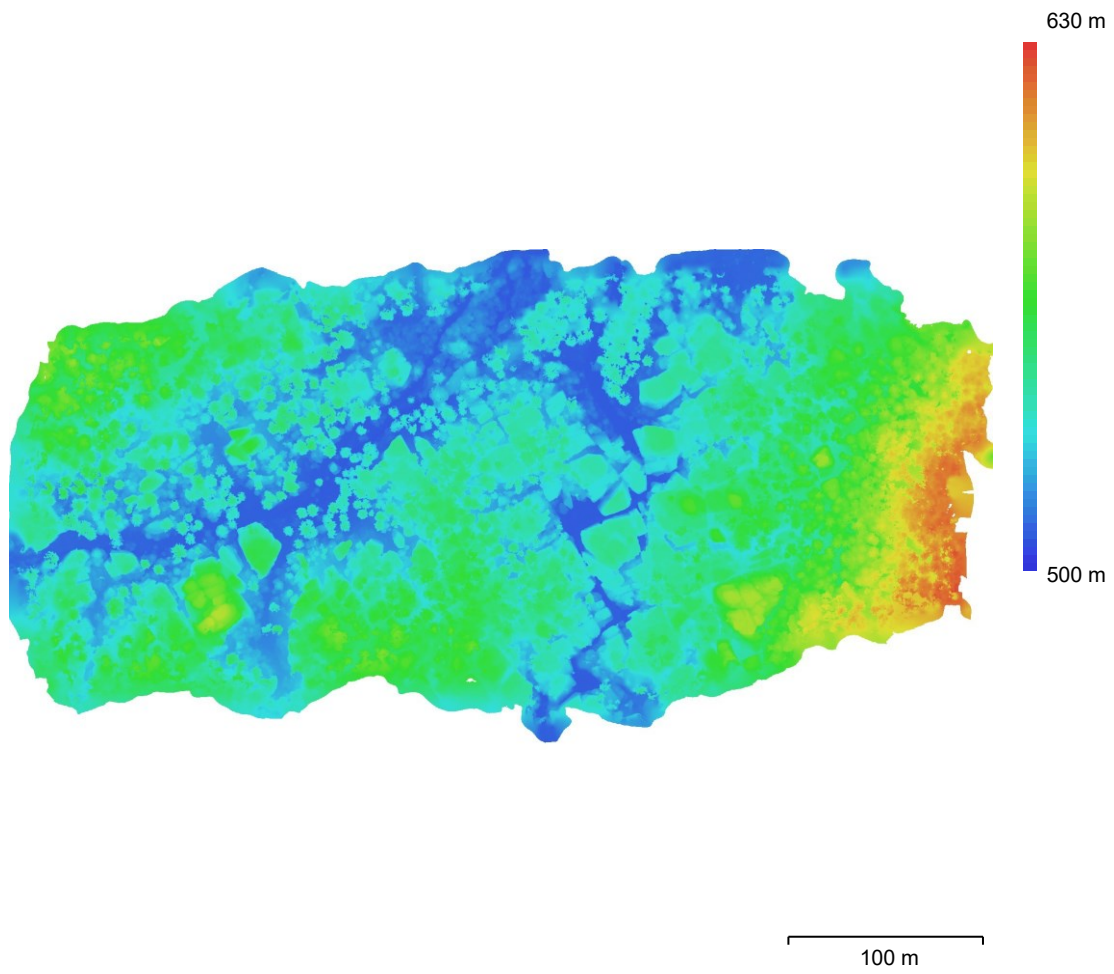


Fig. 5. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 4.64 cm/pix
Point density: 465 points/m²

Processing Parameters

General

Cameras	401
Aligned cameras	346
Markers	11
Coordinate system	ETRS89 / UTM zone 33N (EPSG::25833)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll

Point Cloud

Points	316,532 of 362,640
RMS reprojection error	0.123252 (1.46127 pix)
Max reprojection error	0.487384 (36.7747 pix)
Mean key point size	7.11873 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	No
Average tie point multiplicity	3.6656

Alignment parameters

Accuracy	High
Generic preselection	Yes
Reference preselection	Source
Key point limit	20,000
Key point limit per Mpx	1,000
Tie point limit	5,000
Exclude stationary tie points	Yes
Guided image matching	No
Adaptive camera model fitting	Yes
Matching time	1 minutes 11 seconds
Matching memory usage	492.82 MB
Alignment time	1 minutes 24 seconds
Alignment memory usage	640.29 MB

Optimization parameters

Parameters	f, b1, b2, cx, cy, k1-k4, p1, p2
Adaptive camera model fitting	No
Optimization time	2 seconds
Date created	2024:03:26 11:07:49
Software version	1.8.3.14331
File size	28.62 MB

Depth Maps

Count	344
-------	-----

Depth maps generation parameters

Quality	High
Filtering mode	Mild
Max neighbors	16
Processing time	12 minutes 48 seconds
Memory usage	5.15 GB
Date created	2024:04:29 08:39:57
Software version	1.8.3.14331

File size	2.47 GB
Dense Point Cloud	
Points	148,316,954
Point colors	3 bands, uint8
Depth maps generation parameters	

Quality	High
Filtering mode	Mild
Max neighbors	16
Processing time	12 minutes 48 seconds
Memory usage	5.15 GB

Dense cloud generation parameters

Processing time	24 minutes 25 seconds
Memory usage	12.17 GB
Date created	2024:04:29 09:04:23
Software version	1.8.3.14331
File size	2.07 GB

Model

Faces	44,296,301
Vertices	22,166,135
Vertex colors	3 bands, uint8

Depth maps generation parameters

Quality	High
Filtering mode	Mild
Max neighbors	16
Processing time	12 minutes 48 seconds
Memory usage	5.15 GB

Reconstruction parameters

Surface type	Arbitrary
Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Strict volumetric masks	No
Processing time	16 minutes 42 seconds
Memory usage	12.95 GB
Date created	2024:05:06 11:11:24
Software version	1.8.3.14331
File size	1014.14 MB

DEM

Size	15,116 x 9,299
Coordinate system	ETRS89 / UTM zone 33N (EPSG::25833)

Reconstruction parameters

Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Processing time	48 seconds
Memory usage	349.02 MB
Date created	2024:04:29 09:05:33
Software version	1.8.3.14331
File size	201.82 MB

System

Software name	Agisoft Metashape Professional
Software version	1 8.3 build 14331
OS	Windows 64 bit
RAM	127.92 GB
CPU	AMD Ryzen 9 5950X 16-Core Processor
GPU(s)	NVIDIA GeForce RTX 3090

Příloha 3 – Tabulka souřadnic věží

Z důvodu jejího rozsahu byla tato příloha samostatně přiložena k práci při jejím odevzdání.