

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Diplomová práce

**Potenciál leteckého laserového skenování při
identifikaci a dokumentaci nemovitých
archeologických památek na příkladu okolí Plas
a Střely**

Bc. Martin Loukota

Plzeň 2017

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Katedra archeologie

Studijní program Archeologie

Studijní obor Archeologie

Diplomová práce

**Potenciál leteckého laserového skenování při
identifikaci a dokumentaci nemovitých
archeologických památek na příkladu okolí Plas
a Střely**

Bc. Martin Loukota

Vedoucí práce: PhDr. Petr Krištuf, PhD.

Katedra archeologie

Fakulta filozofická Západočeské univerzity v Plzni

Plzeň 2017

Prohlašuji, že jsem práci zpracoval samostatně a použil jen uvedených pramenů a literatury.

Plzeň, duben 2017

.....

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce PhDr. Petru Krištofovi, PhD., za jeho cenné rady a pomoc při realizaci předloženého textu.

Obsah

1	ÚVOD	9
2	CÍLE A SLEDOVANÉ OTÁZKY.....	9
3	VYMEZENÍ SLEDOVANÉHO ÚZEMÍ	10
4	PŘÍRODNÍ POMĚRY SLEDOVANÉHO ÚZEMÍ	10
	4.1 Geomorfologie.....	10
	4.2 Geologie.....	11
	4.3 Hydrologie	11
	4.4 Klimatické podmínky	12
5	KRAJINA A KRAJINNÁ ARCHEOLOGIE	12
	5.1 Definice krajiny.....	12
	5.2 Paměť krajiny	14
	5.3 Projekty výzkumu krajiny pomocí 3D vizualizace	16
	5.3.1 Vybrané projekty v České republice	16
	5.3.2 Vybrané projekty ze zahraničí	17
6	LETECKÉ LASEROVÉ SKENOVÁNÍ.....	21
	6.1 Definice LiDARu	21
	6.2 LiDAR a jeho vývoj.....	21
	6.3 Princip fungování LiDARu a sběru dat	22

6.4 Zpracování dat.....	23
6.4.1 Klasifikace a filtrace dat.....	23
6.4.2 Základní typy výškopisných modelů	24
6.4.3 Vybrané metody interpolace dat	25
6.4.4 Vybrané metody vizualizace dat	27
6.5 Typy skenerů	29
6.6 Vybrané problémy spojené s LLS.....	29
6.6.1 Stavby.....	30
6.6.2 Vegetace	30
6.6.3 Pseudoobjekty	31
6.7 Možnosti využití LLS.....	32
6.7.1 Mapování urbanizace	32
6.7.2 Mapování liniových staveb.....	32
6.7.3 Mapování vegetace	32
6.7.4 Mapování pobřeží a nízkých vod	33
6.8 Další metody sběru dat při DPZ.....	33
6.8.1 Kolmé a šikmé letecké snímkování	34
6.8.2 Družicové snímky	35
6.8.3 Tvorba DMR pomocí letecké fotogrammetrie	36
6.8.4 Srovnání uvedených metod	38
7 VLASTNÍ VÝZKUM	39
7.1 Plzeň-sever	39
7.1.1 Nástin historie bádání	39
7.1.2 Nástin historie osídlení	40
7.2 Data DMR5G	41
7.3 Metoda zpracování dat	42
7.3.1 Interpolace dat.....	42

7.3.2 Vizualizace dat	44
7.3.3 První úroveň vizualizace dat.....	44
7.3.4 Druhá úroveň vizualizace dat	45
7.3.5 Metoda identifikace objektů	47
7.4 Identifikované objekty	48
7.5 Identifikované pseudoobjekty.....	49
7.6 Databáze	49
8 SYNTÉZA	51
8.1 Objekty typu point.....	52
8.1.1 Mohylová pohřebiště.....	52
8.1.2 Milíře	53
8.1.3 Těžební šachty	54
8.1.4 Jámy	55
8.2 Objekty typu line	55
8.2.1 Mezní pásy	55
8.2.2 Terasování.....	57
8.2.3 Úvozové cesty	57
8.2.4 Zaniklé cesty.....	59
8.2.5 Příkopy a valy	59
8.3 Objekty typu polygon.....	60
8.3.1 Hrad a bašty	60
8.3.2 Zaniklá zástavba.....	61
8.3.3 Tvrziště	62
8.3.4 Těžební areály.....	64
8.4 Výšinné lokality v povodí řeky Střely	65
8.4.1 Babina	65
8.4.2 Dolní Hradiště.....	67

8.4.3 Horní Hradiště	70
8.4.4 Koryta	71
8.4.5 Plasy	72
8.4.6 Obora.....	73
8.4.7 Eneolitická výšinná sídliště	74
9 INTERPRETACE	74
10 ZÁVĚR	77
11 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	78
12 SUMMARY	86
13 SEZNAM PŘÍLOH	88
14 PŘÍLOHY	92

1 ÚVOD

Mezi nejmodernější způsoby výzkumu krajiny v širším kontextu okolí dnes nesporně patří využití LiDARových dat. Možnosti těchto dat jsou velice variabilní a pomocí aplikace několika softwarových metod můžeme vytvořit detailní pohled na krajinu a studovat tak nejen její ráz a vývoj, ale především vliv člověka a dopady jím způsobené. V okamžiku, kdy člověk začne působit na krajinu ve svém okolí, dochází k vytváření terénních anomálií. Po ověření v terénu můžeme tyto anomálie označit za objekty lidské aktivity, tedy jako antropogenní. Následné antropogenní změny v krajině vytvořené ať už intencionálně či nikoli jsou odrazem lidského konání v rámci jeho kulturního přesvědčení a možností dané doby. Na základě studia krajiny ve třetím rozměru vytvořeného v GIS prostředí můžeme domnělé antropogenní objekty v reliéfu identifikovat, hledat mezi nimi souvislosti a pokusit se tak rekonstruovat minulou krajinu, resp. prostředí, ve kterém lidé žili.

Jak už z předchozích slov vyplývá, následující práce bude zaměřena na potenciál leteckého laserového skenování. K identifikaci nemovitých archeologických památek v zalesněném terénu budou využity právě data leteckého laserového skenování, ze kterých bude vytvořena mapa výskytu antropogenních objektů reliéfu, přičemž pozornost bude soustředěna především na výšinné lokality. Detekované objekty budou ověřeny terénní prospekci. Výzkum krajiny bude soustředěn v okolí Plas, kde se nachází členitá a zalesněná krajina, jejíž osa je tvořena korytem řeky Střely. Tento region je z archeologického hlediska jen velmi málo probádán, a proto je ideální pro testování potenciálu leteckého laserového skenování pro archeologickou prospekci.

2 CÍLE A SLEDOVANÉ OTÁZKY

Cílem práce je identifikace nemovitých archeologických památek antropogenního původu v zalesněném terénu s pomocí dat leteckého laserového skenování. V rámci práce bude řešena otázka potenciálu

leteckého laserového skenování v poměrně málo probádané krajině. Na digitálním modelu reliéfu se tak mohou vyskytnout jednak neznámé stopy lidských aktivit, zrovna tak může dojít k rozšíření dosavadních informací o známých areálech aktivit.

V rámci sledovaného území bude kladen důraz právě na otázku vizualizace výšinných lokalit a jejich fortifikačních prvků. Výsledkem práce bude mimo jiné databáze objektů zjištěných na digitálním modelu reliéfu, která bude navrhována tak, aby mohla být základem plošné evidence těchto objektů v rámci celých Čech.

3 VYMEZENÍ SLEDOVANÉHO ÚZEMÍ

Zájmová oblast se nachází v západních Čechách, v okrese Plzeň-sever. Pomyslným středem této oblasti je město Plasy, které leží 24 km severně od Plzně.

Zájmové území můžeme z jihu vymezit obcemi Újezd u Sv. Kříže až Kaceřov, poté Koryta až Kaznějov. Ze západu obce Kaznějov až Strážiště. Severní hranice území je mezi obcí Strážiště a dvorem Hradecko. Z východní strany je to město Kralovice až obce Kočín, Liblín a Chockov. Sledované území je vymezeno na základě LiDARových dat. Tyto data jsou rozdělena do jednotlivých mapových listů SMO-5 ve tvaru obdélníku, přičemž každý obdélník představuje plochu v krajině o velikosti 2 x 2,5 km. V rámci této práce je sledováno 33 mapových listů. Celková rozloha sledovaného území činí 165 km² (Obr. 1).

4 PŘÍRODNÍ POMĚRY SLEDOVANÉHO ÚZEMÍ

4.1 Geomorfologie

Z geomorfologického hlediska spadá okres Plzeň-sever do Poberounské subprovincie. Okresem Plzeň-sever prochází

geomorfologické celky Tepelská vrchovina, Rakovnická pahorkatina a Plzeňská pahorkatina. Nadmořská výška okresu Plzeň-sever kolísá v rozmezí 400–700 m n. m. Jižní část okresu tvoří Plzeňská pánev, kde se nadmořská výška pohybuje okolo 400 m n. m. Směrem na sever pak nadmořská výška roste a přesahuje i 600 m n. m. (https://www.czso.cz/csu/xp/charakteristika_okresu_plzen_sever).

Vymezené území, kterým se zabývá tato práce, se nalézá v místě Plaské pahorkatiny, která je de facto centrální částí zmíněné Plzeňské pahorkatiny. Plaská pahorkatina se rozkládá na ploše 2158,75 km² a nejvyšším bodem je Vlčí hora s výškou 703 m n. m. (Demek 2014, 348).

4.2 Geologie

Z pohledu geologie patří sledované území do soustavy Českého masivu středočeské oblasti. Oblast Plaské pahorkatiny je tvořena nepřeměněnými a slabě metamorfovanými proterozoickými horninami tepelsko-barrandienské oblasti. Dále pak menšími tělesy variských granitoidů, permokarbonských zpevněných a třetihorních nezpevněných sedimentů. Ojediněle se zde vyskytují i neovulkanity (Mištěra 1996, 17).

Plaská pahorkatina představuje homogenní destrukční povrch tektonicky poměrně konsolidované oblasti s nepříliš výrazným pohybem ker, jenž je charakteristický rozsáhlými zbytky neogenních zarovnaných povrchů, strukturně denudačními sníženinami, poměrně vzácnými suký a hluboce zaříznutými údolími s říčními terasami. Na svazích probíhají četné recentní svahové procesy, a to jak ve formě lineární eroze, tak i plošné (Demek 2014, 348).

4.3 Hydrologie

Nejvýraznějším vodním zdrojem sledovaného území je řeka Střela, která protíná poměrně členitou krajinu okolí Plas ve směru toku SZ–JV.

Pramen řeky Střely se nachází poblíž obce Prachometry, přibližně na rozhraní Slavkovského lesa a Tepelské vrchoviny v nadmořské výšce 678 m n. m. Do jihovýchodní části vymezeného území ještě částečně zasahuje koryto řeky Berounky ve směru toku J–S. V jihovýchodní části mapy se koryta řek sjednocují, u obce Liblín se Střela vlévá do Berounky (<http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>).

4.4 Klimatické podmínky

Klimatické podmínky na území Plzeňské (Plaské) pahorkatiny můžeme charakterizovat jako mírně teplé a mírně suché s mírnou zimou. V oblastech v blízkosti toku řeky Střely se projevuje srážkový stín – klima je zde sušší s mírnou zimou. Území vrchovin (kolem 500 m n. m.) je mírně vlhké s chladnější zimou. Průměrná roční teplota Plzeňské pahorkatiny se pohybuje v rozmezí 7–8 °C. Při toku řek Berounky a Střely překračuje průměrná roční teplota 8 °C (Mištera 1996, 26–29).

Většinu srážek přináší do západních Čech cyklonální proudění vlhkých západních větrů od Atlantického oceánu. Na většině území Plzeňské pahorkatiny se srážky pohybují v rozmezí 500–650 mm. V blízkosti toku řeky Střely klesají srážky pod 500 mm (Mištera 1996, 34–35).

5 KRAJINA A KRAJINNÁ ARCHEOLOGIE

5.1 Definice krajiny

Krajinu lze studovat pomocí aplikování nejrůznějších metod. Tato práce je zaměřena na letecké laserové skenování, proto zde bude řešena především problematika spojená s touto metodou.

Za zakladatele krajinné archeologie je považován O. G. S. Crawford. Crawford jako první ke studiu sociálního prostoru v minulosti použil jak geografické, tak i archeologické poznatky a poukázal

tak na důležitost spolupráce těchto věd při studiu krajiny. Chceme-li z archeologického pohledu správně uchopit pojem „krajinná archeologie“, je třeba si nejprve ujasnit definici oné krajiny v archeologickém kontextu. Vytvořit společnou definici pro více vědních oborů je obtížný úkol, neboť každý vědec pracující s „krajinou“ ji bude chápat jinak a svou definici tak bude podřizovat účelu svého výzkumu (Gojda 2000, 63, 76). Pojem krajina je odvozen z termínu landschap, který byl od konce 16. století užíván v Nizozemí pro malířské vyobrazení otevřeného prostoru (Beneš – Dreslerová – Kuna 2000, 67–68). Je zřejmé, že krajina byla v různých lidských společnostech v proměnách času chápána odlišně. Každá lidská společnost vnímala krajinu jinak a jinak k ní i přistupovala. Všeobecně vzato vzniká krajina od chvíle, kdy do přirozeného přírodního prostředí vstupuje člověk a začíná ji nějakým způsobem formovat. Výsledek této interakce vypovídá o principech fungování dané společnosti a o jejich každodenním životě (Bender 2002, 101).

V 19. století F. W. Maitland ve svém citátu: *„Krajina je kouzelný palimpsest, zápisník historie, v němž se napsaná slova překrývají, ale přesto mohou být rozluštěna.“* (Gojda 2000, 53) přirovnává krajinu k pergamenovému rukopisu, jenž mohl být popsán textem, poté vyškrábán a znovu popsán textem novým. Stejně jako můžeme pomocí vhodných metod přečíst několikanásobně přepsaný rukopis, můžeme za pomoci archeologických metod číst i v krajině, kterou člověk v minulosti ovlivňoval svými činy. Krajinu lze tedy chápat, jako určitý prostor v prostředí, který je již ovlivněn lidskou činností (Gojda 2000, 53–55).

V krajinné archeologii zůstává krajina geografickým pojmem, v němž jsou dochovány jednotlivé památky, které spolu nemusí nijak souviset. Takovou krajinu pak nazýváme palimpsest. To, co můžeme dnes v krajině identifikovat, se v archeologii považuje pouze za reprezentativní obraz minulosti (Neustupný 1994a).

5.2 Paměť krajiny

Zajímavý pohled a do té doby poněkud nekonvenční způsob přístupu k výzkumu krajiny přinesl Christopher Tilley a jeho práce „A phenomenology of landscape“ (Tilley 1994). Jak již z názvu práce vyplývá, tak i sám autor je řazen do skupiny s osobitým přístupem k archeologii, která je označována jako fenomenologická archeologie. Tilley se ve své práci snaží vnímat na základě jakých faktorů se člověk rozhodl osídlit dané místo nebo část krajiny. Snahou fenomenologické archeologie je také interpretace a rekonstrukce života v minulosti, ale snaží se vyvarovat přístupů a pojetí tradiční i nové archeologie. Přístup k výzkumu krajiny je zaměřen zejména na možné symbolické aspekty v krajině, které mohly mít při vnímání krajiny člověkem klíčovou roli při výběru sídel, pohřebišť nebo obětišť (Tilley 1994). Taková místa pak sehrají důležitou úlohu při vytváření sociální paměti skupiny lidí, kteří začnou tuto krajinu považovat za vlastní přirozený (tradiční) prostor, ve kterém se rozhodli žít oni a před nimi jejich předci.

Stopy zanechané působením člověka mohou být zničeny nebo nahrazeny, některé ovšem mohou přetrvat velmi dlouho. Zachované objekty jsou v krajině uchovávány díky její paměti. V archeologii je paměť krajiny rozdělena do dvou rovin. Do první roviny jsou zařazeny veškeré komponenty vzniklé přirozeným způsobem i komponenty antropogenního původu. Obě skupiny komponent ovlivnili člověka, a tak i podobu krajiny od dob pravěkých až po současnost. Do druhé roviny patří monumentální objekty, které jsou svým rozsahem tak velkolepé, že jejich budování zapříčinilo zásadní změnu okolní nebo i vzdálené krajiny (Gojda 2000, 61).

Paměť krajiny je do jisté míry nezávislá na lidské paměti. Vejdeme-li např. do lesa, ocitneme se v prostředí, které může být doslova poseté různými „objekty“ z doby dávné minulosti až po současnost. Těmito „objekty“ nemusí být vždy doslova památníky nebo stavby. Často se

stává, že je paměť krajiny reflektována na základě určitých míst, které mohou mít duchovní, symbolický nebo i historický význam pro skupinu lidí žijící v jejich blízkosti. Takovými zvláštními místy mohou být různé skalní výchozy, průrvy, kopce nebo stromy. Nejčastějšími místy, která vypovídají o minulé lidské společnosti jsou místa, související nějakým způsobem s důležitými událostmi. Příkladem mohou být pověsti, jejichž děj se odehrává na místě, které lze v krajině zcela bezpečně identifikovat. Takovým případem může být např. hora Říp. Do jisté míry se může jednat čistě o představy dávných populací. Mnoho příkladů najdeme také v mapách s místopisným pojmenováním skal např. Peklo, Čertova skála atd.

Schopnosti paměti krajiny nemusí být využity pouze pro rekonstrukci minulé krajiny. Paměť krajiny může být využívána právě jako připomínka dávných dob, kdy se lidem při spatření určité krajiny vybaví události důležité pro jejich společnost. Někdy dochází k poničení krajiny a lidé žijící na tomto místě ztrácejí kontakt se svým tradičním prostředím. Náhradou tomu mohou vznikat umělecká díla, rekonstrukce staveb nebo celého původního prostředí (Kučera 2009).

Přístupy k rekonstrukci krajiny se liší dle technologických možnostech doby a společnosti. Teprve čtením uměleckých děl dochází k vyvolání vzpomínek spojené s daným prostředím, což může vést k dalšímu kulturnímu vývoji společnosti a k dalšímu přetváření krajiny. Tímto způsobem podstatě dochází k překryvu několika různých krajin, které vytvořili lidé za dobu své existence Každá krajina je odlišná a odráží společenské a technologické možnosti své doby.

5.3 Projekty výzkumu krajiny pomocí 3D vizualizace

5.3.1 Vybrané projekty v České republice

Mezi významné projekty výzkumu krajiny jako celku můžeme zařadit např. Projekt Archeologie krajiny Podřipska (dále jen AKP), který byl realizován katedrou archeologie Fakulty filozofické Západočeské univerzity v Plzni v letech 2005–2010. Projekt navazuje na starší grantový projekt, prováděný Archeologickým ústavem AV ČR s názvem Sídlní prostor pravěkých Čech. Projekt AKP si kladl cíl, co nejlépe poznat dynamiku pravěkého a středověkého osídlení v odrazu zdejší kulturní krajiny na relativně malém území v okolí hory Říp (Trefný – Švejcar 2011). V projektu AKP bylo k celkovému průzkumu krajiny a jejího rázu využito především letecké prospekce a povrchového průzkumu.

Technologie LiDARu se poprvé v českých archeologických projektech objevuje až od roku 2010, kdy byl zahájen Katedrou archeologie Západočeské univerzity v Plzni první projekt na výzkum krajiny v souvislosti s LiDARem „Potenciál archeologického výzkumu krajiny v ČR prostřednictvím dálkového laserového 3D snímkování“. Cílem projektu bylo testovat možnosti LiDARu v krajinném kontextu vybraných lokalit na území Čech. Především šlo o prvotní vyhodnocení významu výstupních dat v rámci identifikace antropogenních anomálií v reliéfu zkoumané krajiny. (Gojda – John – Starková 2011, 680; Gojda – John 2013, 21–22).

Za první studii, která se využitím LiDARu dotkla českého prostředí lze považovat projekt Národní park České Švýcarsko. České Švýcarsko se rozkládá především na území Čech, Německa a částečně v Polsku. Celkovou rozloha zaujímá téměř 800 km². Oblast Českosaského Švýcarska je vysoce zalesněné a skalnaté přírodní prostředí s kontrastujícími výškovými rozdíly reliéfu. Projekt probíhal pod záštitou Ústavu pro fotogrammetrii a dálkový průzkum Technické univerzity

v Drážďanech, který patří k nej přednějším evropským institucím zabývající se mapování reliéfu pomocí LiDARu (Starková 2010, 107–109).

V rámci projektu došlo v dubnu 2005 k nasnímání celého území NP Českého a Saského Švýcarska, tedy jak české, tak i částí za hranicemi republiky. Hlavním cílem projektu bylo vytvořit digitální mapy pro celé území, nicméně ne pro účely archeologie. Data byla primárně pořízena pro účely ekologie, geologie, turismu, managementu území, dokumentace lesních porostů atp. Laserový skener zaznamenal cca 6 miliard dílčích měření, ze kterých byl realizován rastrový model terénu. LiDARové snímky byly pořízeny německou službou TopoSys. O zpracování naměřených dat se postarala Technická univerzita v Drážďanech, která použila ke zpracování dat program SCOP vyvíjený firmou Inpho ve spolupráci s Technickou univerzitou ve Vídni (Gasior 2006, 69; Starková 2010, 109).

Na území Českého Švýcarska se nachází přes sto archeologických lokalit v podobě zaniklých středověkých vesnic, hradů, těžebních areálů, výrobních areálů, sklářských hutí a úvozů. V případě DMR Českého Švýcarska se tento způsob dokumentace ukázal jako velice efektivní, neboť zdejší charakter reliéfu a hustota vegetace znemožňuje použití alternativních metod, jako je letecké snímkování nebo geofyzikální průzkum atd. Přínosem projektu bylo zmapování oblasti Národního parku České Švýcarsko a začlenění České republiky mezi země zabývajícími se integrací LiDARu do archeologie (Starková 2010, 109–110).

5.3.2 Vybrané projekty ze zahraničí

Mezi velké projekty zaměřené na výzkum krajiny nelze opomenout Polský projekt AZP, který začal už v roce 1978 (Kobyliński 1999; Rączkowski 2011, 153), k roku 2010 bylo prozkoumáno přibližně 90 % území Polska. V některých regionech je průzkum již dokončen. Dosavadní výsledky tak mohly být použity v diskusi o budoucnosti tohoto

projektu. V nedávné době bylo přistoupeno k inovacím v projektu AZP, podobně jako v případě českého projektu AKP bylo v další části polského výzkumu využity i další metody jako je letecká prospekce a geofyzikální průzkum. Tento nový přístup se již nespoléhal pouze na data z povrchového průzkumu a mluví se tak o projektu AZP_2 (Rączkowski 2011, 154).

Na řešení projektu AZP spolupracuje několik archeologických společností, které metodicky rozdělili Polsko na více než 8 000 sektorů o rozměrech 5 x 7,5 km. Ke každému sektoru je přidělen archeolog, který si sestaví vlastní tým pro zmapování přidělené oblasti (Kuna 2004, 342).

V rámci projektu AZP byla vytvořena databáze, vytvářená od roku 1980, avšak jedná se pouze o textovou databázi na základě formulářových dotazníků. Problémem je, že tato databáze nemůže být pro potřeby AZP_2 dále rozvedena, neboť v rámci AZP_2 se počítá s využíváním digitálních technologií (Rączkowski 2011, 157).

Podobný projekt jako AKP v Čechách byl dříve a ve větší míře realizován univerzitou v Sieně ve spolupráci s Laboratoří informačních technologií, společným cílem bylo vytvořit jednotný systém pro dokumentace a evidenci archeologických památek. Práce zahrnovala identifikaci objektů, přípravu a zveřejnění archeologického kartografického výstupu zprostředkovaného pomocí GIS. Výstup by měl umožnit rychlejší řešení archeologického průzkumu při nutnosti výkopu, sofistikovanější zpracování dat a lepší možnosti opatrovnictví dochovaných památek. Ve své podstatě se je jedná o vytvoření velké databáze složené z několika alfanumerických archivů (rysy, obrazy, výsledky povrchových průzkumů a průzkumů DPZ) spolu se základními nástroji pro zpracování v georeferencovaném prostředí, ve kterém je možné definovat plochy a správně vypočítat rozměry, vzdálenosti a možné vztahy mezi objekty (Campana – Francovich 2003, 15–28).

Projekt byl rozdělen do dvou etap, v první došlo k vytváření diachronní archeologické mapy a tematické katalogizace jednotlivých lokalit. Bylo využito především metod systematického povrchového průzkumu vybraných oblastí, analýza vertikálních leteckých snímků a ověření objektů v terénu. Druhá etapa byla zaměřena na určité oblasti, jako jsou např. výšinné lokality předního Atlasu, které zahrnují více než 4500 anomálií zachycených na vertikálních fotografiích. Vytvoření archeologických map má de facto dva hlavní cíle, jeden vědecký, druhý politicko-administrativní. Kombinace těchto dvou cílů umožňuje na jedné straně studium sociálně-ekonomického a sídelního vzoru v regionu, a na druhé straně umožňuje lepší přístupy veřejné správy zabývající se vývojem a ochranou přírody. Do jisté míry se tak jedná i o určitou popularizaci archeologie (Campana – Francovich 2003, 15–28).

V několika zemích vznikla přímo specializovaná pracoviště zaměřená na výzkum krajiny v interdisciplinárním spektru. Příkladem může být vědecké centrum The Discovery Programme Center for archaeology and innovation Ireland se sídlem v Dublinu, které zkoumá krajinu Irska pomocí moderních metod a z pohledu různých oborů. V rámci tohoto vědeckého centra je prováděno několik výzkumných projektů (<http://www.discoveryprogramme.ie/research>), jedním z nich je Tara Research Project zaměřený na lokalitu Hill of Tara. Tento výzkum byl vlajkovým multidisciplinárním projektem The Discovery Programme od jeho založení v roce 1991 (15. 1. 2016, <http://www.discoveryprogramme.ie/research/15-research/199-tara-research-project>). V roce 2008 došlo na lokalitě Hill of Tara k testování systému FLI-MAP, což je de facto LiDAR nesený helikoptérou. Právě díky možnostem helikoptéry, jako je možnost nízké rychlosti, možnosti zastavit a snadno měnit výšku letu, mohla být tato lokalita nasnímána v detailním rozlišení 50 bodů na m². Na modelu takového rozlišení lze rozpoznat i erozní procesy. Protiváhou takového rozlišení je ovšem vysoká cena pořízení dat a s tím i spojená výrazně menší možnost pokrytí velké plochy zemského povrchu oproti LiDARu

umístěném na letadle. V důsledku výzkumu velké plochy krajiny je třeba katalogizace lokalit a objektů v databázích. The Discovery Programme v Irsku využívá aplikaci SHARE-IT vyvíjenou společností ESRI (Shaw – Corns 2011, 81–82, 85).

Posledním velkým projektem zaměřený na výzkum krajiny by měl být jmenován Archaeo Landscapes Europe Project (ArcLAND). Projekt probíhal v letech 2010 až 2015 a podílelo se na něm 34 výzkumných institucí, muzeí a univerzit pod záštitou německého archeologického institutu ve Frankfurtu nad Mohanem jako hlavním řešitelem. Projekt byl zacílen na širokou veřejnost a přiblížení metodiky pro ochranu kulturního dědictví prostřednictvím moderních metod letecké archeologie a dálkového průzkumu Země. Do projektu byly záměrně zapojeny organizace z několika zemí, aby bylo umožněno předání informací vztahující se k metodě výzkumu v různých částech Evropy. Dalším důvodem bylo vytvoření vzájemných vztahů potřebných pro spolupráci při výzkumu a ochraně evropské krajiny v nadcházejících letech. Projekt zahrnoval několik podcelků, které se samostatně věnovaly řešení přidělených úkolů. V první řadě došlo k vytvoření samostatné Archaeo Landscapes Network organizace, která spravovala jednotlivé kroky projektu. V rámci projektu byly propagovány především metody spojené s výzkumem krajiny, a to jak u široké veřejnosti, tak i u studentů a odborných pracovníků. Došlo k realizaci workshopů, kurzů a výměnných pobytů. V některých případech došlo na vysokých školách k vytvoření studijních oborů zaměřených na dálkový průzkum Země. Projekt byl dále zaměřen na samotný vývoj a rozšíření technologií potřebných pro účely letecké archeologie a dálkového průzkumu Země. Řešen byl také přístup k výpovědnosti samotných výstupů a jejich maximální možné interpretace. V rámci toho byly rozvíjeny i softwarové produkty potřebné pro zpracování dat a jejich managementu (Musson 2011; Starková 2012, 19–20).

6 LETECKÉ LASEROVÉ SKENOVÁNÍ

6.1 Definice LiDARu

Ve všeobecné rovině je pojem LiDAR chápán různě a jeho využití je velice široké. LiDARová technologie je využívána např. při výzkumu některých meteorologických jevů. Na principu LiDARu jsou dnes také konstruovány např. policejní radary na měření rychlosti (Dolanský 2004, 9). Tato technologie se dnes nevyužívá pouze k mapování zemského povrchu, přestože je v archeologickém kontextu v této souvislosti pojem LiDAR skloňován nejčastěji. Více o možnostech LiDARu je uvedeno v kapitole 6.7 Možnosti využití LLS.

Pojem LiDAR je akronymem, který vznikl z anglických slov „Light Detection And Ranging“, volně přeloženo do češtiny se jedná o technologii k detekci objektů a k měření vzdáleností. V literatuře se též objevuje zkratka ALS – Airborn Laser Scanning, která se překládá jako letecké laserové skenování (Dolanský 2004, 9–10, 12). Letecké laserové skenování může být v archeologii využito k dokumentaci krajiny a památek, ale také vyhledávání památek doposud neznámých (Gojda – John – Starková 2011, 681). V mnoha případech také může nastat situace, kdy po vizualizaci LiDARových dat dojde k rozšíření areálu aktivit o nové komponenty.

6.2 LiDAR a jeho vývoj

LiDAR začal být vyvíjen v souvislosti s vynálezem laseru v 60. letech 20. století. Vývoj LiDARu také do jisté míry souvisí s vývojem radaru (Crutchley 2010, 3; Gojda – John 2009, 469).

Samotný principu LiDARu ovšem sahá ještě před samotný vynález laseru. V roce 1930 byly provedeny první pokusy měření hustoty vzduchu v horních vrstvách atmosféry pomocí světelných výbojů. V roce 1938 byly

světelné pulsy poprvé použity k měření výšky oblačnosti. Výška oblačnosti byla stanovena na principu měření času od vyslaného světelného pulsu po jeho dopad na cíl. V roce 1953 byly představeny přístroje pod názvem Middleton a Spilhaus, jenž fungovali na popsaném principu (Weitkamp 2005, 2).

Všeobecně radary a LiDARy patří do skupiny tzv. aktivních radiometrů. Princip těchto zařízení se odlišuje od ostatních radiometrů tím, že využívají k měření vlastnosti vlastní zdroj záření (Dolanský 2004, 10).

Komerční využití LiDARových dat se prvně objevuje v polovině 90. let 20. století, kdy byla tato metoda prvně využita k tvorbě map. Do prostředí archeologie se tato technologie dostává až na samém konci 20. století. Dnes tato technologie patří k nejdůležitějším metodám krajinné prospekce a výškopisného mapování. Od počátku 21. století se LiDARová technologie v archeologii velice rychle rozšířila a LiDAR začal být využíván ve významných projektech (Nizozemsko, Rakousko, Itálie, Velká Británie) (Gojda – John – Starková 2011, 682–684).

Za další technologický pokrok v rámci leteckého skenování můžeme umístění LiDARové technologie na dronech. V roce 2012 se L. O. Wallace, A. Lucieer a C. S. Watson pokusili v Tasmanii testovat možnosti a rezervy toho způsobu získání dat. Jedná se opět o způsob sběru dat, kde je potřeba detailnějšího skenování. Při jejich pokusu bylo dosaženo rozlišení 10 až 77 bodů na m². Rozmezí hodnot rozlišení je úměrné výšce snímání, které probíhalo v 30–70 m (Wallace – Lucieer – Watson 2012, 501–503).

6.3 Princip fungování LiDARu a sběru dat

Obecně můžeme princip fungování LiDARu srovnat s principem fungování již zmíněného radaru, který je ve vědeckém prostředí využívá již dlouhá desetiletí (Dudáček 2012, 1). LiDAR se ovšem od radaru

technologicky odlišuje a samotný výstup dat je rovněž odlišný. LiDAR je složen z několika přístrojů. Hlavní komponentou je laserový skener, jenž je zdrojem laserových paprsků o vysoké rychlosti. Laserové impulsy (paprsky) jsou vysílány pod různými úhly směrem k povrchu země. Takto vyslané paprsky se odrážejí od zemského povrchu nebo od první překážky, která je ve směru dráhy vyslaného paprsku. Zpětně odražené paprsky jsou zachyceny citlivým detektorem. Na základě měření časových rozdílů mezi vyslaným paprskem a přijetím jeho odrazu dochází k přesnému určení polohy překážky, od které se signál odrazil (Dolanský 2004, 10–11; Gojda – John – Starková 2011, 681–682).

V případě skenování ze vzduchu je zdroj laserových paprsků (skener) umístěn na letounu, který musí být dále vybaven GPS přijímačem a vnitřním (tzv. inerciálním) navigačním systémem. Sběr dat tak může probíhat během průletů v jednotlivých vzájemně se překrývajících pásích, šířka jednotlivých pásů je závislá na výšce letu. Zjednodušeně řečeno, LiDAR umožňuje rychlý sběr georeferencovaných dat velkých ploch zemského povrchu (Gojda – John – Starková 2011, 682–683).

6.4 Zpracování dat

6.4.1 Klasifikace a filtrace dat

Po sběru dat následuje proces tzv. klasifikace. Data jsou rozdělena do charakteristických skupin. Proces klasifikace je prováděn ve dvou fázích. V první fázi jsou data vytříděna automatickým algoritmem, takto bývá zpracováno cca 90 % dat. Data jsou také podrobena filtraci. Rozdělení dat probíhá právě pomocí automatických filtrů, které jsou schopny rozeznat a odstranit terén, vegetaci, budovy, nadzemní elektrické vedení, výškové chyby atd. (Dolanský 2004, 49, 59; Gojda – John 2013, 12).

V druhé fázi je manuálně upraveno zbývajících 10 % dat, zde dochází k odstranění zbývajících chyb a finální úpravě dat (Gojda – John 2013, 12). K tvorbě DMR (Digitální Model reliéfu) lze použít i data bez konečné ruční filtrace, jako tomu bylo v případě výzkumu lesního komplexu Bezinský na katastru obce Rataje (Čapek – Menšík 2013, 99–100).

Proces klasifikace dat vyžaduje použití speciálních programů, nejčastěji jsou využívány programy TerraScan od společnosti Terra Solid nebo program SCOP++, jenž je společným projektem Technické univerzity ve Vídni a společnosti INPHO. Dále existují programy jako např. ENVI, nebo MARS (John – Gojda 2013, 12).

6.4.2 Základní typy výškopisných modelů

Výsledkem leteckého laserového skenování (LLS) jsou tzv. surová data, která je nutno klasifikovat. Takto upravená data lze dále zpracovat do dvou typů digitálních modelů. Prvním typem je Digital Surface Model (DSM). Jedná se o digitální model povrchu (DMP), kde jsou po vizualizaci vymodelovány jak stavby, tak vegetace. Oproti tomu se staví Digital Terrain Model (DTM), tento digitální model terénu nebo reliéfu (DTM, DMR) je již vytvořen z dat na kterých nebudou budovy a vegetace po vizualizaci vymodelovány, tudíž je vizualizován jen povrch země.

Rozdíl uvedených dvou modelů spočívá ve výběru odrazů laserových impulsů, ze kterých je generován výsledný model. V praxi to znamená, že vyslaný paprsek se odráží od první překážky, na kterou narazí (Gojda – John – Starková 2011, 681–682). Čím je paprsek blíže k zemskému povrchu, tím je jeho průměr v dolní části širší, při výšce letu 500 m nad zemí se šíře paprsku pohybuje kolem 30 cm (Dolanský 2004, 72).

Tento jev je příčinou toho, že část paprsku se odráží např. od koruny stromu, zatímco část paprsku pokračuje dále k zemi, dokud se

neodrazí od další překážky. Jeden vyslaný paprsek může být tedy několikrát odražen zpět a data jednotlivých odrazů budou zaznamenány. Využijeme-li ke zpracování data z prvních odrazů, vygenerovaný model bude odpovídat definici digitálního modelu povrchu (DMP). Budeme-li pracovat s daty posledních odrazů, vytvoříme tzv. digitální model terénu nebo reliéfu (DMT, DMR), ze kterého jsou pomocí specializovaných algoritmů odstraněny nežádoucí objekty (Gojda – John – Starková 2011, 681–682).

6.4.3 Vybrané metody interpolace dat

Zpracovávaná data jsou body s údaji absolutní pozice. Abychom získali výškopisnou informaci vybraného území a mohli data dále vizualizovat v GIS prostředí, je třeba přistoupit k procesu interpolace. Interpolací dat se rozumí vytvoření základního rastrového modelu souvislého povrchu (Křišťuf – Zíková 2015, 88).

Pouze v GIS prostředí lze provést interpolaci dat, následně jejich vizualizaci a vytvořit DMR tak, jako je tomu v případě předložené práce (Kuna 2004, 426–427). Pro zpracování prostorových dat je třeba použít programů, jako jsou např. ArcMap, Surfer, aj. Interpolačních funkcí (metod) je několik a jejich nabídka v užitých program se co do počtu liší (Gojda – John 2013, 13). Výstupem veškerých interpolací je model všeobecně nazývaný Digital Elevation Model, v literatuře se také často užívá zkratka DEM.

Interpolační metody jsou z hlediska principu rozděleny do dvou skupin, a to na deterministické a stochastické. Deterministické metody na rozdíl od stochastických metod nevyužívají teorii pravděpodobnosti. To znamená, že bude pokaždé vypočten totožný výsledný model (Křikavová 2009, 7). Mezi nejběžněji používané deterministické funkce můžeme zařadit metodu lineární interpolaci pomocí TIN, Metodu přirozeného souseda, Metodu inverzních vzdáleností (IDW) nebo metodu Spline

(Krištuf – Zíková 2015, 88). Stochastické metody využívají při interpolaci prvek náhodnosti. Rovněž pracují na principu předpokladu prostorových závislostí mezi jednotlivými body. Výsledný model je brán pouze jako jeden z mnoha možných verzí, jenž mohou být vygenerovány. Mezi stochastickou interpolační metodu patří Kriging (Křikavová 2009, 7; Krištuf – Zíková 2015, 91).

Metoda lineární interpolace pomocí TIN (Triangulated Irregular Network) funguje na principu spojení naměřených bodů do nepravidelných trojúhelníků tak, že uvnitř kružnice opsané kolem každého trojúhelníku není žádný další bod (tzv. Delaunayovo pravidlo). Výsledkem je povrch složený ze sítě trojúhelníků, přičemž každému vrcholu trojúhelníku odpovídá naměřený bod. Výhodou i nevýhodou této metody je fakt, že je povrch tvořen ostrými hranami. Hrany jsou sice vytvořeny na základě vrcholů trojúhelníků s absolutní pozicí (naměřený bod), ale právě tento tip vyobrazení je pro detailní výzkum reliéfu spíše nevhodný (John 2008, 254; Krištuf – Zíková 2015, 88).

Metoda přirozeného souseda je prováděna na principu výpočtu vážené vzdálenosti a zároveň využívá tzv. Thiessenovy polygony, což je výhodou, neboť nevykresluje vrstevnice za hranice polygonů a nedochází tak k extrapolaci okrajových částí plánu, kde mohou chybět naměřená data. K interpolaci povrchu jsou tedy v daném místě použity nejbližší sousední body (John 2008, 265; Krištuf – Zíková 2015, 90).

IDW neboli metoda inverzních vzdáleností využívá princip prostorové autokorelace. Rastr je vytvořen na základě bodů, které jsou si „blízké“ (mají stejné/podobné hodnoty). Problematika této metody spočívá ve výstupu. Tvorba rastru je ovlivněna hustotou a pravidelným rozložením vstupních dat více než u jiných metod a často tak dochází k vygenerování zploštělého modelu s výškovými maximy a minimy (Krištuf – Zíková 2015, 90).

V případě metody Spline dochází k hledání minimálního zakřivení plochy (linie), modelovaný terén musí zároveň procházet všemi měřenými body. Míru vyhlazení lze ovlivňovat vahou spojitosti třetí derivace funkce. Čím vyšší tato váha je, tím je terén více vyhlazován a ztrácejí se detaily.

Metoda Kriging patří do skupiny stochastických metod, oproti výše uvedeným. Tato metoda je často brána jako univerzální a v archeologii je hojně využívána. Výpočet probíhá podobně jako v případě metody IDW, ale s tím rozdílem, že je při výpočtu zohledněno prostorových vztahů mezi jednotlivými body. Výhodou je nastavitelnost parametrů výpočtu, správným nastavením parametrů lze dosáhnout kvalitního výsledku. Nevýhodou je ovšem složitost výpočtu a větší časová náročnost při zpracovávání velkého objemu dat. (John 2008, 265; Křišťuf – Zíková 2015, 91).

6.4.4 Vybrané metody vizualizace dat

Interpolované rastry samy o sobě umožňují základní interpretaci topografie, ale pro detailnější zobrazení charakteru reliéfu včetně archeologických anomálií je lepší aplikovat několik dalších funkcí vizualizace, které pro vygenerování vyžadují výstupy předchozího kroku, tedy interpolace. Takových funkcí je opět velké množství, a proto zde bude uvedeno jen několik nejběžnějších.

Funkce Aspect pomocí škály barev zvýrazní orientaci svahů. Každá světová strana bude reprezentována jinou barvou, vznikne tak barevný model, kde bude každá barva představovat směr sklonu terénu.

Contour je funkce, pomocí které můžeme vygenerovat vrstevnice povrchu. Vrstevnice jsou generovány na základě výšky naměřených dat. Nastavením hodnoty Z-factor při vytváření rastru můžeme ovlivnit zvýraznění převýšení.

Pomocí funkce Slope lze vygenerovat rastr svažitosti terénu. Při vytváření lze nastavit taktéž hodnotu Z-factor (Křišťuf – Zíková 2015, 94). Vizualizace příkrostri srázu je vhodná v případě terénu s prudkými hranami. Na výstupu lze identifikovat především výrazné výškové změny v topografii. Menší objekty nemusí být dostatečně zvýrazněny, pokud se nevyznačují výraznou svažitostí (Challis – Forlin – Kincey 2011, 282,285).

Model lokálního reliéfu (LRM) se pokouší odstranit efekt přirozené topografie a pomocí filtru dolní propusti vymodelovat pouze výrazné topografické prvky (Challis – Forlin – Kincey 2011, 28–282). Pro vytvoření LRM je nutno podstoupit několik kroků. Za prvé je nutné z interpolovaného modelu vytvořit vyhlazený elevační model pomocí funkce focal. Získaný vyhlazený model odečteme pomocí funkce Minus opět od interpolovaného modelu (Hesse 2010, 5). LRM je obvykle zobrazován pomocí binární škály barev, přičemž jedna barva reprezentuje maximální negativní hodnoty a druhá maximální pozitivní hodnoty (Challis – Forlin – Kincey 2011, 285).

Zřejmě nejčastěji využívanou metodu vizualizace interpolovaných dat je metoda Hillshade. Výhodou hillshadingu je jednoduchost a rychlost výpočtu. Výsledný obraz vypadá na první pohled jako přirozený reliéf krajiny, reliéf je vyobrazen pomocí umělého slunce. Změny v reliéfu krajiny jsou v podstatě zvýrazněny vlastními stíny, které jsou vrženy na základě zadaného úhlu azimutu umělého slunce. Úhel naklonění a azimut zdroje světla lze libovolně nastavit (Challis – Forlin – Kincey 2011, 281). Tato metoda je problematická v tom ohledu, že objekty (především liniové) orientované shodným směrem jako je nastavený azimut neuvidíme, objekty zkrátka nebudou vrhat stín. V opačném případě mohou být objekty skryté ve stínu, jenž vrhá např. výrazný kopec. Z toho důvodu není doporučeno spoléhat se při identifikaci archeologických anomálií pomocí hillshadingu pouze na jeden úhel nasvícení umělého slunce (Challis – Forlin – Kincey 2011, 288).

Problém nasvícení z více úhlů se snaží eliminovat vizualizační metoda Principal Component Analysis, zkráceně PCA. Jedná se o variaci stínových modelů nasvícených z různých úhlů světelného zdroje (Devereux – Amable – Crow 2008, Challis – Forlin – Kincey 2011, 281).

Metoda sky-view faktor taktéž nabízí řešení nedostatků na které je upozorněno v případě vizualizace pomocí funkce hillshade. Meto využívá umělého nasvícení podobně jako hillshade, avšak s tím rozdílem že vyobrazení reliéfu je v chápáno jako výhled z oblohy, jak napovídá samotný název metody. Ale ani tato metoda není bezproblémová, nedostatky vizualizace mohou nastat v případě příliš velkého radiusu, jenž má být „nasvícen“ (Zakšek – Oštir – Kokalj 2011, 405).

6.5 Typy skenerů

V rámci LLS jsou využívány dva typy skenerů, konvenční skener a tzv. full-wave skener. Typ použitého skeneru může do jisté míry ovlivnit klasifikaci dat. Full-wave skener se liší od konvenčního tím, že kromě zaznamenání jednotlivých odrazů paprsků, zaznamenává i vlnové křivky odrazu. Konvenční skener nedovede proniknout skrze hustý nízký porost, data pak neodpovídají skutečnému terénu pod vegetací. Záznam vlnové křivky umožňuje vyhodnotit, od čeho byl signál odražen a na základě toho je možné pomocí algoritmů rozlišit, zdali byl paprsek odražen od budovy, vegetace, hromady větví atd. (Gojda – John 2013, 12).

6.6 Vybrané problémy spojené s LLS

Využívání LiDARových dat dnes patří k oblíbeným trendům při průzkumu krajiny. Na základě rychlého rozvoje metod s tím spojených se ukázalo, že mohou být do jisté míry úspěšně aplikovány na většině typech krajiny. Letecké laserové skenování je obzvláště úspěšné především v oblastech, kde nedošlo k intenzivní orbě nebo moderní zástavbě. Mezi takové oblasti nejčastěji patří trvale zalesněná území, vrcholky kopců

a vrchoviny. Pro komplexní zachycení co největšího počtu archeologických objektů je vhodné využít i jiné metody vzdáleného průzkumu země, a to i přes to, že zpracování LiDARových dat je velmi variabilní. Velmi vhodné metody nabízí např. klasické letké snímkování (Crutchley 2010, 161).

Neopomenutelnou součástí výzkumu je skutečná vizuální kontrola identifikovaných objektů přímo v terénu. Práce v terénu by stále měla zůstat nedílnou součástí archeologických projektů, zejména pak projektů, jenž jsou zaměřeny na poznání krajiny pomocí dálkového průzkumu. V případě terénní prospekce může dojít k objevení objektů, které na digitálních modelech nejsou zaznamenány. Příčinou toho může být příliš hustá vegetace a minimální dopad paprsků ve vybrané části krajiny, model je pak vypočítán na základě nízké hustoty bodů a DMR nemusí odpovídat reálné krajině.

6.6.1 Stavby

Jedním z témat spojených s LiDAREm jsou historické stavby, při klasifikaci dat dochází k automatickému odfiltrování staveb, a to i těch historických. Typickým příkladem mohou být pozůstatky hradů, kostelů apod. Tomuto problému se dá vyhnout při aplikaci manuální klasifikace dat s doplňkovým měřením v terénu pomocí totální stanice (Gojda – John 2013, 12).

6.6.2 Vegetace

Díky schopnostem laserových paprsků proniknout některými druhy lesního pokryvu je LiDAR užitečný zejména v oblastech s vysokým procentem smíšených či opadavých lesů; méně úspěšný je při pronikání hustým jehličnatým porostem. Úspěšnost skenování je pak umocněna v případě, že je oblast nalétávána ve správnou roční dobu v čase minimálního vegetačního pokryvu (Crutchley 2010, 160).

Při LLS hraje vegetace velkou roli, především pak při použití konvenčního skeneru může dojít k problémům s odstraněním odrazů od přízemní vegetace. Tento problém také souvisí s datem skenování. Za nejvhodnější období jsou považovány jarní a podzimní měsíce. V některých případech ovšem ani měsíce vegetativního klidu nezaručí stoprocentní skenování, zejména v oblastech jehličnatých lesů. Např. při testování lidarů na anglické lokalitě Welshbury Hill neprošlo jehličnatými stromy 50 % impulzů. V případě listnatých stromů s nízkou vegetací se ztráta impulzů pohybovala v rozmezí 5 % až 12 % (Crow a kol. 2007; Gojda – John 2013).

6.6.3 Pseudoobjekty

Mezi další problémy spojené s laserovým skenováním jsou tzv. pseudoobjekty. Jedná se o objekty, které neodrážejí chování minulých lidských populací, ale většinou se jedná o výsledky působení moderních společností na zkoumanou krajinu. V rámci plošného skenování může dojít i k naskenování skládek dříví či větví, které pak mohou na výsledných modelech vytvářet protáhlé objekty připomínající např. valy. Z tohoto důvodu je nutné ověřit nejen sporné, ale i nově identifikované objekty přímo v terénu. Pseudoobjekty mohou vznikat i neúspěšným neodfiltrovaním vegetace. Např. stromy s hustou korunou ve volném prostoru nemusí být úspěšně odfiltrovány a na vypočítaném modelu se mohou projevit jako objekty připomínající mohylové pohřebiště (Doneus – Briese 2008, 61–62, 64). V této práci byl takový případ „pseudomohyl“ identifikován na louce v těsné blízkosti města Plasy.

Pseudoobjekty mohou vznikat i při zpracování dat. Velkou roli v tomto případě mohou hrát faktory, jako jsou hustota skenování v různých oblastech krajiny, skladba lesů a filtrace dat. Pseudoobjekty ale mohou vznikat i při samotné vizualizaci, zadávání vstupních parametrů při tvorbě jednotlivých digitálních modelů do jisté míry ovlivní výstup. Z toho důvodu není doporučováno spoléhat se pouze na jednu metodu a na

jedeny vstupní parametry. Ke každému výzkumu by mělo být přístupováno jedinečně a pro vyvarování se pseudoobjektů vznikajících vizualizační metodou je dobré vyzkoušet několik různých metod a při různých vstupních parametrech.

6.7 Možnosti využití LLS

6.7.1 Mapování urbanizace

O možnostech využití leteckého laserového skenování pro potřeby archeologie již hovořili předchozí kapitoly, lze ale uvést některé další možnosti využití této technologie. Z dat získaných LLS jde poměrně snadno a rychle vytvořit obrysovou mapu, ze které jdou vyčíst polohopisná data velkých prostorových objektů, to umožňuje rychle vytvořit digitální model zástavby města. Ve spojení tohoto modelu a dat z ortofoto lze vytvořit realistický model města (Dolanský 2004, 70–71).

6.7.2 Mapování liniových staveb

Laserové skenování je využíváno k dokumentaci liniových staveb, jakou jsou silnice nebo např. koridory železničních tratí. Lze tak na základě porovnání dat ze dvou snímků v různých časových intervalech porovnat stav oné stavby. Stejný princip je využíván i k dokumentaci stavu elektrického vedení, kde je sledována především míra vegetačního pokryvu v blízkosti vedení (Dolanský 2004, 71).

6.7.3 Mapování vegetace

Pro mapování vegetace je používán výhradně již zmíněný DMP. Pomocí toho lze dokumentovat objem zalesnění, míru poškození nebo druhovou skladbu lesa (Elbernik – Mass 2000; Dolanský 2004, 72).

6.7.4 Mapování pobřeží a nízkých vod

V této souvislosti lze LiDAR využít ve dvou případech. Lze snímat hladinu vody a sledovat např. vzestup a pokles hladiny. V druhém případě mohou paprsky projít skrze vodní hladinu a lze tak nasnímat terén pod vodou. V tomto případě však závisí na čirosti vody a na druhu LiDARu, respektive na vlnové délce vysílaných impulsů. Při vhodně zvolených parametrech, barevnostního spektra lze v ideálním případě čiré vody snímat i terén 50 m pod vodní hladinou (Dolanský 2004, 73–74).

6.8 Další metody sběru dat při DPZ

Letecké laserové skenování spadá do skupiny tzv. dálkového průzkumu země (DPZ). V anglickém jazyce je tento soubor přístupů k výzkumu nazývána „remote sensing“. Dálkový průzkum země je využíván v mnoha oborech. Jedná se o mezioborovou vědní disciplínu, díky které lze bezkontaktně získat v krátkém okamžiku velké množství dat o zemském povrchu. Získaná data lze různě analyzovat a vyhodnocovat, výsledky jsou využívány např. v geodézii, při tvorbě map, zemědělství nebo právě v archeologii. DPZ lze rozdělit na základě několika kritérií, a to dle druhu nosiče (letadla, družice, modely letadel, balony, vrtulníky), podle zaznamenané části elektromagnetického spektra (panchromatické, infračervené, tepelné, radarové), podle zorného pole kamery (s úzkým úhlem, normální, širokouhlé), podle osy záběru (svislé a šikmé) nebo podle velikosti snímaného území (globální, oblastní, lokální, detailní) (Halounová – Pavelka 2005, 1–2).

Mezi nejčastěji využívané přístroje pro potřeby velkoplošného sběru dat v archeologii patří zejména družice a letadla. Dále jsou využívány vrtulníky a řízené modely (Gojda – John 2009, 468; Gojda 2005, 806). Právě vrtulníky a řízené modely (především drony) jsou v archeologii využívány čím dál více. Vrtulníky jsou v posledních letech spojovány především s technologií FLI-MAP 400

(<http://www.jchance.com/services/lidar-services/fli-map-400/>). Řízené modely, především drony nebo-li multikoptery, lze pak využít např. při fotogrametrii menších oblastí. Pro fotogrammetrické pořízení dat v nižších polohách jsou využívány i balóny nebo malé vzducholodě (Verhoeven 2009, 236–242).

6.8.1 Kolmé a šikmé letecké snímkování

V rámci leteckého snímkování se rozlišuje kolmé a šikmé snímkování. Ke sběru dat kolmého snímkování dochází za pomoci svisle orientované kamery. Kamera je natočena kolmo k zemi s odchylkou 3–5 stupňů. Kolmé snímkování se neobejde bez odborných oborových a speciálního vybavení, především kalibrovanými měřičskými kamerami, komplexními systémy určenými k navigaci atd. Kolmé letecké snímkování a zpracování dat s tím spojené je poměrně náročný technologický proces, proto se v archeologii využívají již hotové archivní snímky. Drtivá většina kolmého snímkování ani nebyla primárně určena pro archeologii, nejčastěji byla data pořízena pro účely kartografie, geologie, vojenského mapování terénu, lesní hospodářství, zemědělské činnosti, ochrany přírodní krajiny nebo územního plánování. (Šmejda 2009, 50–51). Nespornou výhodou kolmého snímkování je nízká pořizovací cena a dostupnost dat. Nicméně nevýhody spočívají ve vypovídací hodnotě snímků, která je značně ovlivněna např. výškou letu, ročním obdobím, meteorologickými podmínkami, formát negativu atd. (Šmejda 2009, 52).

Šikmé letecké snímkování je na rozdíl od kolmého snímkování mnohem jednodušší, a to hlavně v souvislosti s potřebným vybavením. Pro pořízení dat v podstatě postačí běžný fotoaparát a letoun vybavený GPS. Šikmé snímkování se liší od kolmého tím, že nedochází k systematickému nafocení celé plochy krajiny, ale dojde k nafocení pouze té části krajiny, kde byly objekty již dříve identifikovány nebo došlo k jejich objevu v průběhu letu. Princip šikmého snímkování je v porovnání

s kolmým snímkováním v podstatě jeho výhodou, neboť umožňuje detailní nafocení objektu v potřebném čase (Šmejda 2009, 50).

Šikmé snímkování také umožňuje interpretaci objektů ve fázi pořizování dat a vybrané objekty tak lze alespoň rámcově datovat. V případě kolmého snímkování dochází k interpretaci nejdříve při prohlížení již zpracovaných dat velkoplošného snímkování. Šikmé snímkování nabízí i jistou variabilitu pořízení dat, archeolog se v podstatě může sám rozhodnout, z jaké výšky, pod jakým úhlem a v jaký čas pořídí fotografii onoho objektu. Především čas snímkování je důležitý pro viditelnost objektů a jejich správnou interpretaci. Zatímco při šikmém snímkování je nejvhodnější čas fotografování v dobu, kdy je slunce níže nad obzorem, a to z důvodu možnosti námi vybraného úhlu pořízení fotografie a využití stínových příznaků. V případě kolmého snímkování dochází naopak k nejkvalitnějšímu pořízení dat v čase, kdy je slunce vysoko nad obzorem. V tomto případě jsou stíny nežádoucí a mohou vytvářet pseudoobjekty. Šikmé snímkování sice umožňuje detailní zachycení objektů, přesto nevýhodou zůstává právě úhel pořízení fotografie. Chce-li archeolog pořídít měřičsky přesné fotografie, musí jednotlivé fotografie následně rektifikovat. Při rektifikaci může dojít ke zkreslení fotografie, v některých případech dokonce nemusí být rektifikace možná (Šmejda 2009, 55–60).

6.8.2 Družicové snímky

Snímkování zemského povrchu pomocí družic se liší od leteckého především výškou, ve které dochází k pořízení dat. Letecké snímkování se obvykle provádí do 30 km nad povrchem Země. Výška oběžných drah umělých družic se zpravidla pohybuje v rozmezí 200 až 40 000 km nad povrchem Země. Princip snímání a technologie snímačů se až na některé konstrukční prvky v zásadě neliší od případu kolmého leteckého snímání (Šmejda 2009, 49).

Rozvoj družicového snímání je spojován s politickou situací v 2. pol. 20. století, zejména pak od 60. let. Družice byly využívány především pro účely vojenského zpravodajství. Mezi první úspěšné projekty lze zařadit americký program CORONA nebo ruský projekt KVR-1000. V obou případech došlo k pořízení velkého množství snímků, které mimo jiné zachycují tehdejší stav krajiny a archeologických památek. V 80. letech došlo k vypuštění francouzské družice SPOT, která poskytovala vhodná data k tvorbě digitálního modelu terénu (Halounová – Pavelka 2005, 5). Dnešní komerční satelity jsou schopny vyprodukovat kvalitní obraz blížící se úrovni LiDARu, např. satelit Geo Eye 2 je schopen zachytit rozlišení pod 40 cm v panchromatickém záznamu (Šmejda 2009, 49).

6.8.3 Tvorba DMR pomocí letecké fotogrammetrie

Letecká fotogrammetrie vychází z kolmého leteckého snímání. Snímky pro účely fotogrammetrie jsou standardně pořizovány v měřítku 1:30.000 a při rozměrech negativu 23 x 23 cm mají velice dobré rozlišení, což umožňuje zvětšení obrazu bez ztráty kvality až do měřítka 1:5000. Fotogrammetrické letecké snímání je nejčastěji prováděno rovnoběžnými přelety nad krajinou v náletových osách orientovaných ve směru východ-západ. Pro dosažení potřebné kvality je nutné, aby se jednotlivé záběry terénu vzájemně překrývaly. Nejčastější míra návaznosti je 60 % v podélném překryvu a 30 % překryvu mezi sousedícími řadami snímků. Tímto způsobem je zajištěno vzájemné polohové i obsahové návaznosti jednotlivých snímků přeletů (Kuna 2004, 75, 88).

Na základě fotogrammetrického snímání zemského povrchu lze vytvořit digitální model terénu. Jak z výše uvedeného textu vyplývá, využívá dvou vhodně pořízených fotografií, pomocí nichž je zpětně rekonstruován tvar a rozměr trojrozměrných objektů na zachycených fotografiích. Pro snímání jsou využívány tzv. fotogrammetrické komory. Objektivy komor mohou být širokoúhlé i klasické s různou ohniskovou vzdáleností. Ke zpracování DMR potřebujeme vždy dva snímky (tzv.

stereopár), které zobrazují stejnou část krajiny, ale každý snímek je pořízen z jiné pozice, přičemž stále platí pravidlo vzájemného dostatečného překryvu. Přesto že pomocí letecké fotogrammetrie lze dosáhnout kvalitního DMR, fotogrammetrické snímky neproniknou skrze vegetaci. Je-li prováděna fotogrammetrie v zalesněném prostředí, nejedná se o digitální model reliéfu, ale o digitální model povrchu. Při výzkumu krajiny je tedy nutné vzít v úvahu, zdali bude zkoumaná oblast výrazně pokryta vegetací či nikoliv. Výhoda letecké fotogrammetrie spočívá v nižších nákladech a rychlejšího zpracování dat (Brejcha – Pacina 2014, 13–14).

Vyhodnocení fotogrammetrických snímků probíhá jednak pomocí lidského mozku a jeho prostorového vnímání okolí (tzv. stereoskopické vnímání), kdy operátor pozoruje vzájemně stereoskopicky překryté snímky a vyznačuje do nich měřické značky potřebné k určení výšky objektů. Umělá stereoskopie umožňuje operátorovi vidět nasnímanou krajinu ve třetím rozměru a provádět tak potřebná měření, například určení výšky stromů nebo budov, vektorizace objektů na zemském povrchu, a především určení údolnic a hřbetnic pro tvorbu DMR. Další možností vyhodnocení fotogrammetrických snímků je využití digitálních fotogrammetrických stanic se zabudovanou korelační analýzou obrazu, což umožňuje automatickou identifikaci shodných bodů na pravém i levém snímku, a tak dochází k automatickému výpočtu DMR. Automatická korelace je oproti manuální metodě rychlejší, a to především v případě snímání rozsáhlého území (Brejcha – Pacina 2014, 14).

Na základě úskalí fotogrammetrie je možné tuto metodu účinně využít v oblastech nezalesněných velkých územních celků. Mezi takové oblasti patří např. části Velké Británie, kde je dodnes místy dochována krajina bez zásahu moderního intenzivního orného zemědělství (Kuna 2004, 103). Letecká fotogrammetrie může být naopak použita k dokumentaci budov, např. k dokumentaci historických staveb nebo celých historických jader měst.

6.8.4 Srovnání uvedených metod

Všechny metody, jenž zde byly představeny, nabízejí velké možnosti dokumentace krajiny v širším záběru. Každá z metod má své výhody a nevýhody. Letecké snímkování dokáže pořídit reálný obraz krajiny, ale nedokáže poodhalit, co se skrývá pod vegetací. V tomto případě je lepší využít možnosti LiDARu. Za protivažu LiDARu můžeme označit leteckou fotogrammetrii, stejně jako v případě LiDARu i touto cestou dosáhnout kvalitního trojrozměrného obrazu krajiny, zde ovšem opět narážíme na problém neproniknutelnosti skrze vegetaci. Kvalitní výstupy nabízejí též družicové snímky fungující na obdobném principu jako letecké snímkování. Na základě pořízených družicových dat, lze zrovna tak vytvořit digitální model terénu jako v případě letecké fotogrammetrie. Možnosti vyobrazení pořízených dat jednotlivých metod je nutné uvážit předem. Každá metoda je účelná v různých oborech a situacích, např. tam kde je potřeba zdokumentovat rozsah vegetace, není nutné přistoupit na LiDARové snímání, postačí např. letecká fotogrammetrie.

Pravděpodobně nelze jmenovat jedinou metodu jako tu nejlepší a nejvšestrannější pro všechny typy krajiny. Vždy je třeba sledovat celou řadu parametrů, které hrají zásadní roli při rozhodování výběru metody. Je to zejména účel, přesnost a podrobnost výsledného modelu. Dále je nutno zohlednit časovou a finanční dostupnost, rozsah území, vlastní technické možnosti a osobní zkušenosti se správným vyhodnocením výsledných dat.

7 VLASTNÍ VÝZKUM

7.1 Plzeň-sever

7.1.1 Nástin historie bádání

Prvním badatelem, který se zajímal o archeologický potenciál Plaska byl F. X. Franc. V roce 1895 prokopal na lokalitě Červená hora u Kralovic 12 hrobů z období přelomu pozdního halštatu a časného laténu. Na Francův výzkum této lokality následně v letech 1972 a 1975–1976 navázalo Západočeské muzeum v Plzni (E. Soudská). Pracovníci ZČM provedli revizi starších výkopů a dále pokračovali exkavací na základě Francových dokumentací lokality (Beneš – Michálek – Soudská 1975) Dále v povodí Střely bádál V. Čtrnáct, který v roce 1926 zkoumal lokalitu Dolní Hradiště. V roce 1950 se o zdejší výšinné lokality zajímal J. Maličský. V 60. letech 20. století zde působila Expozitura AÚ ČSAV v Mostě a v Plzni společně s AÚ Praha (Baštová 1984, 156).

V 60. – 80. letech 20. století se oblast Plaska v rámci svých výzkumů zajímala Věra Šaldová, která se zde věnovala především otázkám ohledně mladší a pozdní doby bronzové v kontextu západních Čech (Šaldová 1965; 1981; 1983). V 70. letech 20. století se o dobu železnou v okrese Plzeň-sever zajímala Eva Soudská. Práce E. Soudské jsou spojovány především s pohřebištěm Manětín-Hrádek, jenž byl rozsáhlou archeologickou akcí v regionu mezi léty 1965–1980. Dlouhodobým systematickým výzkumem došlo k odkryvu a průzkumu plochy o rozloze cca 22 ha, na níž bylo zjištěno 317 objektů, z toho 221 objektů byly hroby (Soudská 1972; 1992). Dále v 80. letech 20. této oblasti věnovala svou pozornost i Dara Soukupová, později známá jako Dara Baštová, která v okrese Plzeň-sever identifikovala společně s J. Baštou nová eneolitická výšinná sídliště (Soukupová 1983), své poznatky o známých pravěkých sídlištích a nově objevených pak

souhrnně zhodnotila v článku Vývoj pravěkého osídlení v povodí Střely (Baštová 1984). V 80. letech a především v 90. letech 20. století prováděli povrchové sběry a menší archeologické akce v zájmové oblasti pracovníci Západočeského muzea v Plzni (Kamenická – Metlička 2003, Metlička 2008).

Další významnou archeologickou akcí v regionu, kterou nelze opomenout je výzkum pevnosti na hoře Vladař u Žlutic. Hradiště z období halštatu zaujímá plochu 115 ha a je považováno za jedno z mocenských nadregionálních center v době své existence. Pro svou velikost a zachování fortifikačních prvků přitahovala tato lokalita pozornost už v 16. století, kdy ji zmiňuje Václav Hájek z Libočan ve své Kronice české (Šmejda 2012). V průběhu 19. a 20. století pochází několik zpráv o menších archeologických akcích, které byly provedeny v místech porušení terénu na akropoli i na předhradí (Šmejda 2004). V roce 2002 došlo k zahájení výzkumu Vladaře pomocí nedestruktivních metod, environmetálních výzkumů a dokumentace narušených terénních situací (Chytráček – Šmejda 2005, Pokorný – Sádlo 2005). V letech 2009–2011 došlo k objevu a dokumentaci dřevěné nádrže z roubených dubových fošen, které byly datovány do 1. poloviny 5. století (Šmejda 2012, 296).

7.1.2 Nástin historie osídlení

Nejstarší stopy lidských aktivit pocházejí z pozdní doby kamenné, dokladem jsou neolitické broušené nástroje nalézané v plaské kotlině. Tyto ojedinělé nálezy ovšem nelze považovat za přímé doklady dlouhodobého osídlení. Zřetelnější situace lze vysledovat až v období eneolitu, z plaské kotliny je známo několik chamských výšinných sídlišť, např. Plasy, Lomnička, Nebřeziny nebo Ondřejov. Opět za nepřímé doklady osídlení lze považovat nález sekyrky z Kralovic v kontextu s keramikou Kultury se šňůrovou keramikou nebo depot únětických hřiven z okolí Lešovic (Baštová 1984, 166–167).

Doklad dalších archeologických kultur je znám až v mladší době bronzové. Ale ani v tomto období zřejmě nedochází k výrazně hustšímu osídlení krajiny. Rovinná sídliště jsou známa z Plas a z obce Brdo, u obce Brdo je také doloženo pohřebiště. Dva ojedinělé pohřby pocházejí z Pláně a Vrážné. Další nálezy z Horního Hradiště nebo z obce Novosedly jsou opět ojedinělého rázu. Doklady osídlení jsou mnohem koncentrovanější v období pozdní doby bronzové, sídelní aktivity v povodí Střely jsou doložené např. na lokalitách Babina, Brdo u Manětína, Horní Hradiště, Koryta, Kotaneč, Plasy nebo Vladař (Baštová 1984, Bašta – Baštová 1990a).

V rámci středověku jsou dějiny zájmového území spojovány především s cisterciáckým klášteřem v Plasích, který se na dlouhá staletí stává centrem veškerého zájmu v oblasti Plaska. Klášter zakládá roku 1144 český král Vladislav I. a právě v souvislosti s tímto činem se v klášterních donacích objevují nejstarší písemné zmínky okolních vesnic a usedlostí. Vliv plaského klášter v období vrcholného středověku rostl a do konce 14. století spadalo pod správu kláštera 80 okolních vesnic. Po husitských válkách se klášter dostává do hluboké krize a z 80 vesnic má držení pouhých 5. V 1. pol. 17. století dochází k celkovému obnovení a klášter opět přebírá otěže nad okolním osídlením, a to až do roku 1785 kdy byl klášter úředně zrušen, majetek je tedy dále spravován panstvím Náboženského fondu. Roku 1826 dominiální majetek kupuje rod Metternichů a od 2. pol. 19. století funguje většina obcí samosprávně (Bukáčová – Fák 2008, 11–12).

7.2 Data DMR5G

Pro účel této práce bude využito dat digitálního modelu reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G). Data DMR5G byla pořízených metodou leteckého laserového skenování v letech 2009 až 2013. Data pro sestavení DMR jsou dodávána v textovém souboru ve formátu ASCII. V souboru jsou čtyři sloupce dat. První sloupec označuje pouze číslo

řádku, druhý sloupec jsou souřadnice X, ve třetím sloupci jsou souřadnice Y. Ve čtvrtém sloupci je informace nadmořské výšky bodu ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání (Bpv) s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu ([http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(npypxqmspmi33w4ayt0kytsi\)\)/Default.aspx?m ode=eShop&head_tab=sekce-01-gp&menu=13#](http://geoportal.cuzk.cz/(S(npypxqmspmi33w4ayt0kytsi))/Default.aspx?m ode=eShop&head_tab=sekce-01-gp&menu=13#)).

7.3 Metoda zpracování dat

V následujících kapitolách bude popsána metoda zpracování dat. Data ke zpracování byla dodána v souborech ve formátu ASCII. Každý soubor obsahoval data obdélníkového výřezu krajiny (mapový list) v souřadnicovém systému J-STK o rozměru 2 x 2,5 km². Celkový počet zpracovávaných mapových listů je 33, což představuje plochu 132 km². Pro zpracování došlo k převedení dat na formát TXT. V rámci této práce byla zpracována data DMR5G odpovídající územním jednotkám KRAL 27, 29, 36, 37, 38, 41, 46, 47, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 81, 82, 83, 84, 85 a 86.

Následně byla data importována a zpracována v programu ArcMap 10.2. Data byla do ArcMapu importována jako jednotlivé textové soubory, kde každý textový soubor odpovídá určitému mapovému listu. Následně došlo k interpolaci jednotlivých skupin bodů, vizualizaci a identifikaci objektů na vygenerovaných výstupech. Identifikované objekty jsou tříděny do tří základních skupin, typ line (resp. polyline), typ point a typ polygon (Obr. 2: A).

7.3.1 Interpolace dat

K interpolaci dat byla použita funkce Spline (Obr. 2 B), která je umístěna v balíčku funkcí Spatial analysis. Funkce Spline byla vybrána na základě srovnání výsledků. Testovány byly i funkce IDW, TIN, Natural neighbour (přirozený soused) a Kriging. Výsledné modely funkcí IDW

a TIN se jeví jako nejvíce problematické pro následnou vizualizaci terénu, kde je potřeba dosažení modelu reliéfu, který se co nejvíce přiblíží reálnému prostředí. Funkce Kriging využívá k výpočtu celkem složitý algoritmus, nevýhoda Krigingu tak spočívá v časové náročnosti a potřebě odpovídajícího hardwaru, přičemž výsledný model je srovnatelný s výsledkem dosaženého pomocí funkce Spline.

K vytvoření odpovídajícího modelu lze využít i metodu Natural neighbour, výsledný model poměrně dobře odpovídá přirozenému reliéfu, přesto ale byla data interpolována pomocí funkce Spline. Výhodou metody Spline je možnost zvolení vlastních parametrů před spuštěním procesu, které ovlivňují průběh výpočtu, a tak i výsledný model.

Jeden z klíčových elementů, kterému je potřeba při využívání LiDARových dat porozumět je otázka rozlišení. Tento problém je hned dvojí povahy; jednak jde o problém s originálním rozlišením dat definovaným počtem bodů na m^2 a stopou laserového paprsku. Ale také finálního rozlišení, ve kterém jsou výsledná data (DMR) zobrazována, což může limitovat velikost zobrazeného objektu, stejně jak je tomu v případě pořizování jiných obrazových dat jako jsou např. satelitní snímky či standardní letecké fotografování. Kombinace těchto dvou faktorů může znamenat, že i když je v průměru nasnímám dostatečný počet bodů na m^2 , mohou být malé objekty vlivem nastavení vstupního parametru *output cell size* snadno přehlédnuty nebo nemusí být na výstupech vůbec zobrazeny (Crutchley 2010, 163).

Veškeré mapové listy byly interpolovány pomocí funkce Spline při parametrech *output cell size = 0,5; spline type = regularized; weight = 0,1; number of points = 12*. Klíčovým parametrem je, jak již bylo zdůrazněno, *output cell size*. Hodnota 0,5 byla vybrána na základě zkušenosti jako nejvhodnější pro data 5. generace LiDARových dat.

7.3.2 Vizualizace dat

Metoda vizualizace dat je rozdělena do dvou úrovní. První úroveň popisuje vytvoření DMR pro všechny mapové listy.

Druhá úroveň popisuje metodu vytvoření DMR pro vybrané případy. Mezi ty byly zahrnuty výšinné lokality, a to z důvodů testování vybraných vizualizačních technik k identifikaci jejich fortifikačních prvků. Dále byly vybrány případy, kde se ve vytvořené digitální krajině objevují zdánlivě zajímavé situace.

7.3.3 První úroveň vizualizace dat

V první úrovni byl k vizualizaci dat využit program ArcMap 10.2 a vizualizační techniky hillshade a slope (Obr. 2: C). Při tvorbě stínového modelu je zapotřebí vstupní soubor, což jsou interpolovaná data (pomocí funkce spline) z předchozího kroku zpracování (DEM). Při hillshadingu hrají podstatnou roli vstupní parametry jako je azimut a úhel nasvícení umělým sluncem. Podkapitola 6.4.4 mimo jiné pojednává o nevýhodách hillshadingu, konkrétněji jsou to problémy spojené se stíny (tmavé odstíny až černěné oblasti reliéfu), přesvícenými oblastmi (světlé odstíny až bílé oblasti reliéfu) a problém nevyobrazení objektu kvůli shodné orientaci se směrem nasvícení. Z toho důvodu byly jednotlivé stínové modely mapových listů postupně nasvíceny a zkoumány ze čtyř úhlů, a to z jihozápadního úhlu, severozápadního úhlu, severovýchodního úhlu a jihovýchodního úhlu.

Všechny interpolované mapové listy byly postupně vizualizovány ze čtyř světových stran pod úhly nasvícení *azimuth* = 315°; 225°; 135° a 45° a při *altitude* = 45°. Po vytvoření stínových modelů byla v tabulce vlastností každého mapového listu hillshadu nastaveno na zobrazení v odstínech šedé. Podstatným vstupním parametrem je pole *Z-factor*, které udává, jakou hodnotou bude vynásobena nadmořská výška.

V případě vlastního výzkumu práce byl tento parametr nastaven na $Z\text{-factor} = 3$.

V druhém případě došlo k vytvoření digitálního modelu pomocí funkce slope (svažitost), opět pro všechny mapové listy. Vstupními soubory byly opět interpolovaná data (DEM) pomocí funkce spline. Nastavitelným parametrem pro vytvoření modelu spline je pouze převýšení terénu označováno zkratkou Z, všechny modely byly vytvořeny s převýšením $Z=3$. V poli *output measurement* byl ponechán příkaz *degree*.

Po vytvoření modelů byla v tabulce vlastností každého mapového listu slope nastaveno na zobrazení výstupu v odstínech šedého spektra. Výsledkem je tedy digitální model reliéfu, který může být na první pohled k nerozeznání od digitálního modelu reliéfu vytvořeného pomocí funkce hillshade. Funkce slope ovšem provádí výpočet na jiném principu, a tak byl reliéf zájmového území zkoumán i na základě samostatně zobrazených modelech vytvořených funkcí slope.

Jako pozitivní krok se jeví využití vzájemného překryvu modelů hillshade a slope. Rastru slope byla nastavena transparentnost 50 %. Toto nastavení výrazně pomohlo k zviditelnění těch částí krajiny, které byly skryty v uměle vytvořeném stínu hillshade. Jedná se především o zmíněné svahy koryta řeky Střely. Nutno podotknout, že ve svazích říčního koryta je míra zachování možných objektů menší až mizivá, přesto se ale v těchto oblastech mohou nalézat objekty mladšího stáří, především z období novověku. Mezi takové patří např. milíře, těžební areály, ale také cesty.

7.3.4 Druhá úroveň vizualizace dat

V druhé úrovni byl využit opět program ArcMap 10.2, pomocí kterého byl vygenerován local relief model. Dále byl použit program Relief Visualization Toolbox Standalone version, ze kterého byly použity funkce

hillshading of multiple directions, openness positive a sky view factor (Obr. 2: D).

Základem pro vytvoření local relief modelu byl opět použit interpolovaný model pomocí funkce spline. Výhoda LMR spočívá ve vyobrazení minimální a maximální hodnoty v reliéfu. Pro zřetelné zviditelnění maximálních a minimálních hodnot reliéfu bylo nastaveno barevnostní spektrum výstupu na binární, kde krajní barvy spektra budou reprezentovat právě maximální a minimální hodnoty reliéfu. V případě této práce bylo využito spektrum, kde jsou minimální hodnoty zvýrazněné modrou barvou a maximální hodnoty červenou barvou. Nutno dodat že kontrast a sytost barev (modrá a červená) je úměrná minimální nebo maximální výškové hodnotě reliéfu. Zbývající části reliéfu, které jsou výpočtem vyhodnoceny jako nevýrazné, jsou zastoupeny světle žlutou barvou (střední hodnota).

Problém této metody spočívá v tom, že v okrajových částech mapových listů vznikají nežádoucí anomálie a v těchto oblastech pak nelze provést identifikaci. Takové anomálie (někdy pseudoobjekty) jsou ovšem problémem většiny vizualizačních metod, v případě této metody se ale zdá být riziko při plošném použití pro všechny mapové listy větší. Vše je umocněno faktem, že metoda byla využita především při identifikaci výšinných lokalit a dokumentaci jejich fortifikačních prvků, které se nalézají na ostrožnách řeky Střely, tedy v blízkosti říčního koryta se strmými srázy. Krajina je zde členitá a protkána menšími přítoky řeky Střely, proto zde o střídání prudkých výškových rozdílů způsobujících nežádoucí anomálie není nouze.

Při aplikaci LRM může nastat také situace, kdy při vizualizaci fortifikace dojde k zvýraznění prostoru před valem. Toto zvýraznění obvykle indikuje zahluobený objekt, v tomto případě příkop. Existence příkopu ovšem nemusí být reálná, k zvýraznění pseudopříkopu může dojít vlivem výrazné výškové změny v reliéfu, což je zapříčiněno právě valem, který v poměrně rovinném terénu prudce mění nadmořskou výšku. Zdali

valu předchází příkop, můžeme ověřit pomocí nástroje, kterým lze zobrazit vybraný úsek krajiny v řezu.

Postup vytváření modelů pomocí sky-view factor, hillshading of multiple directions a openness positive, jsou prakticky totožné. V první řadě je nutné vyexportovat data interpolovaného modelu do souboru typu .tif. Následně se soubory naimportují do programu RVT, kde si zvolíme metody zpracování. Každá metoda nabízí několik dílčích nastavení, která mohou ovlivnit výstup. Získané výstupy se jako samostatné vrstvy opět naimportují do prostředí ArcMapu. U všech použitých metod v druhé úrovni byly výstupy nastaveny na strached deviants, míra odchylky byla nastavována dle terénu pro co nejlepší vyobrazení objektů, míra se však pohybuje v rozmezí $n = 2-3$.

7.3.5 Metoda identifikace objektů

Metoda identifikace objektů je rovněž rozdělena do dvou úrovní. V první úrovni došlo k identifikaci velké většiny objektů. V druhé úrovni jde spíše o detailnější vyobrazení již identifikovaných objektů. Ovšem není vyloučen objev doposud neznámých.

K identifikaci a interpretaci některých objektů i pseudoobjektů byly také využity mapové podklady, které je možno importovat do ArcMapu pomocí tlačítka „Add Data From ArcGIS Online“. Využity byly mapové podklady Ortofoto České republiky, Základní topografická mapa České republiky, Geologická a geomorfologická mapa České republiky a Mapa druhého vojenského mapování.

Všechny identifikované anomálie, v první i druhé fázi, byly vyznačeny do vytvořené mapy pomocí editoru, který ArcMap nabízí. Pro jednotlivé objekty byl vytvořen soubor typu shapefile typu point, line a polygon. Pomocí editoru byly jednotlivé objekty vyznačeny a přiřazeny do té skupiny kategorie, které odpovídají svou formou, typem a účelem.

V rámci identifikace dojde k dokumentaci několika druhů objektů, které jsou zařazeny do stejné vrstvy, příkladem mohou být různé objekty typu point (např. milíř a mohyla). Proto došlo k vytvoření několika shapefileů pro jednotlivé objekty typu point. Takto byly zpracovány veškeré objekty a tím pádem dojde k vytvoření několika vrstev typologicky rozdělených dle charakteru objektů. Vrstvy lze pak samostatně zobrazovat s různými mapovými podklady a dále zpracovávat.

Objekty byly dle typu vyznačovány do tří skupin:

- point
- line
- polygon

Do skupiny point byly zařazeny menší objekty bodového charakteru. Jako takové byly vyhodnoceny mohyly, milíře, jámy, těžební šachty a další neidentifikovatelné objekty typu point.

Do skupiny line, byly zařazeny zaniklé cesty, úvozové cesty, valy, příkopy mezní pásy, terasování a další neidentifikovatelné objekty typu line. V tomto případě se jedná o protáhlé objekty, u kterých lze určit směr průběhu.

Do poslední skupiny byly zařazeny rozlehlé objekty nebo skupiny objektů. Typickým příkladem jsou těžební areály tvořené množstvím jam. Dále sem byly zařazeny hrady, tvrziště a zástavba zaniklých vesnic.

Do stejných skupin byly tříděny i identifikované pseudoobjekty.

7.4 Identifikované objekty

Dle uvedené metodiky došlo k identifikaci 2 423 archeologických objektů. Objektů typu point bylo zdokumentováno celkem 453. Objektů

typu line bylo zdokumentováno celkem 1747. Objektů, které byly zdokumentovány pomocí polygonu je celkem 256.

7.5 Identifikované pseudoobjekty

Při průzkum DMR zájmového území bylo identifikováno celkem 79 pseudoobjektů. Většina zjištěných případů v této práci spadá do skupiny nedokonalé filtrace dat, kdy je jako pseudoobjekt vymodelována neodfiltrovaná vegetace. Jako příklad pseudoobjektů typu point mohu uvést pseudomohyly nedaleko města Plasy (Obr. 3). Zjištěné anomálie byly identifikovány v nezalesněném terénu o značné rozloze. Na tomto prostoru se ovšem nachází několik samostatně rostoucích listnatých stromů s hustou korunou. Zřejmě tyto důvodu jsou příčinou neodfiltrování, a tak výsledný model skutečně připomíná mohylové pohřebiště.

Mezi příklady pseudoobjektů typu polygon můžeme uvést remízky identifikované opět v nezalesněném prostoru, nejčastěji v polích. Zde je ovšem nutné uvážit, zdali se nejedná o pozůstatek lidské činnosti, např. o pozůstatky mezních pásů.

Zajímavými liniovými pseudoobjekty jsou anomálie vzniklé strukturovanou výsadbou stromů v různých časových obdobích. V lese tak dochází k utváření „ostrůvků“ s rozdílnou výškou koruny stromů. Výškové odchylky pak mohou být vymodelovány na DMR jako liniové anomálie (Obr. 4).

7.6 Databáze

Využití počítačových databází v archeologii je dnes již téměř vždy samozřejmostí. Databáze se používají nejen k dokumentaci archeologických výzkumů v rámci území celého státu, ale i k popisu vlastností jednotlivých nálezů. V případě rozsáhlého výzkumu lze databázi využít k evidenci nálezů a objektů v souvislosti s jedním výzkumem,

v tomto případě jde především o nahrazení klasických papírových evidenčních seznamů nebo dokonce v některých případech i katalogů. Hlavní výhodou databázových softwarů je schopnost třídít záznamy podle mnoha kritérií, které můžeme libovolně volit. Pomocí filtrů lze v databázi jednoduše vyhledat pouze aktuálně potřebná data. Další nespornou výhodou je možnost vzájemné kombinace s jinými databázemi. Data lze libovolně transformovat, což umožňuje provádět libovolné změny a doplnění nových dat při propojení s různými databázemi (Neustupný 1994b, 121–122). Vytváření databázových souborů je možná v některých případech časově náročnější než-li soupis klasické papírové kartotéky, nicméně vytvořený databázový soubor je de facto nehmotný a tudíž je menší pravděpodobnost ztráty dat. Další výhodou je přístupnost dat, které lze sdílet pomocí internetové sítě.

Pravděpodobně nejrozšířenější formou využití počítačové databáze je její využití k sekundární dokumentaci archeologického materiálu. Přesto lze najít případy, kdy se jedná o databázi tzv. smíšenou, tyto databáze zahrnují primární i sekundární data a evidencí. Většina vytvořených databází slouží nejčastěji jako sekundární dokumentace nebo jako evidence, příkladným případem jsou databáze nalezišť (Neustupný 1994b, 125).

Příkladem z domácího prostředí je Archeologické databáze Čech (ADC), jenž byla vytvořena za účelem poskytovat informace o terénních výzkumech na území Čech. První verze 1.0 vznikla v roce 1992, v roce 1995 proběhla aktualizace na ARCHIV 2.0. Poslední verze aplikace Archiv 3.0 využívá prostředí MS Access, který přinesl jednodušší ovládání a nové možnosti správy dat (Kuna – Křivánková 2006, 1).

Součástí předložené práce je databáze objektů zjištěných na digitálních modelech reliéfu. V databázi jsou shromážděny údaje o objektech, které je možné vizuálně identifikovat v reálném prostředí. Je nutné uvést, že některé objekty v krajině nemusí být okem snadno postřehnutelné, neboť jejich podoba je značně transformována. Zejména

objekty identifikované v oblastech postižených moderní orbou vyniknou pouze na DMR. Jako příklad lze uvést valy Dolního hradiště situovaného na skalním ostrohu nad soutokem řeky Střely a Kralovického potoka.

Při vytváření databáze bylo snahou vytvořit deskriptivní systém, kterým by bylo možné evidovat terénní anomálie identifikované pomocí DMR v rámci celé České republiky. Proto bylo nutné při tvorbě databáze alespoň částečně zohlednit i takové aspekty, které při zpracování zvoleného území nemusí vyjít najevo.

8 SYNTÉZA

Na základě analýzy výšinných lokalit v povodí řeky Střely vyplývá, že říční ostrožny Střely nabízely v minulosti příhodné podmínky pro vytvoření opevněných poloh. Dolní tok Střely svými prudkými zákruty vytváří strategicky výhodné ostrožny s úzkou šíjí. Dalším faktorem je skutečnost, že se v této části toku nachází velmi ostré terénní hrany oddělující řeku a plochou ostrožen. Na ostrožnách jsou zastoupeny opevněné polohy z období eneolitu, mladší doby bronzové, halštatu a raného středověku. Tedy především ta období, která jsou charakteristická budováním výšinných opevněných sídlišť a hradišť.

Identifikovaná hradiště z různých období mají společný jeden rys a tím je forma opevnění. Neboť se ve všech případech jedná o ostrožné lokality, tudíž byly oblíbenou formou opevnění především příčné valy přepažující ostrožny napříč. Obvodové opevnění bylo pomocí LiDARu dokumentováno o něco méně úspěšně. Přesto že pomocí LiDARu bylo dosaženo kvalitní dokumentace reliktní opevnění, nepodařilo se identifikovat brány jednotlivých hradišť.

8.1 Objekty typu point

8.1.1 Mohylová pohřebiště

Mohylová pohřebiště se při vlastní užití metodě vizualizace projevují zejména jako konvexní anomálie, většinou kruhového nebo oválného až protáhlého tvaru. Některé mohyly mohou být doplněny vnějším obvodovým příkopem. Pro mohyly, které byly podrobeny výzkumu v minulých století je typický trychtýřovitý výkop uprostřed náspu, stejně tak mohou být viditelné i jakékoliv druhotné zásahy do pláště mohyly.

Raně středověké mohylníky jsou v krajině pro své charakteristické znaky poměrně snadno identifikovatelné. Charakteristickým rysem je nápadné uspořádání mohyl do řad orientovaných přibližně východ-západ (Beneš – Michálek – Zavřel 1999, 108). Raně středověká mohylová pohřebiště jsou často umísťována na dominantních polohách, výrazných vrcholech, terasách nad vodními toky nebo v blízkosti terénních zlomů. Často jsou situována v blízkosti vrcholů kopců, v menší míře také blízko terénní hrany zvláště nad vodními toky. Průměr raně středověkých mohyl se nejčastěji pohybuje v rozmezí od 2 do 18 m s výškou od 0,2 do 2 m. (Lutovský 1996,106). Dalším rysem raně středověkých mohyl mohou být tzv. oběžné příkopy, které částečně nebo zcela kopírují obvod mohylových násplů. Časté taktéž bývají zásahy do reliéfu, které jsou v některých případech interpretovány jako těžební areály odkud byl získáván materiál pro stavbu mohyl (Menšík 2013, 210).

V rámci vlastního výzkumu bylo identifikováno zcela nové mohylové pohřebiště. Mohylník se nalézá 1,7 km severozápadně od obce Dolní Hradiště. Jedná se o skupinu 10 nevýrazných mohylových násplů o výšce maximálně 0,3 m, umístěných v pozvolném východním svahu. Šířka mohyl se pohybuje v rozmezí 5 až 8 m. V okrajových částech mohylového pohřebiště se nachází další 3 anomálie, které lze považovat za možné mohylové násplu. Na základě rozmístění jednotlivých mohyl a jejich

uspořádání do řad lze lokalitu předběžně zařadit do období raného středověku. Zde se nabízí otázka, zdali může mohylové pohřebiště souviset s nedalekým hradištěm Dolní Hradiště. Pohřebiště je vzdálené od akropole hradiště vzdušnou čarou 2,5 km západním směrem (Obr. 5). Dolní Hradiště je datováno do 9. až počátku 10. století (Doubová 1981, 270, Metlička 2008, 80).

Mohylové pohřebiště bylo identifikováno na mapovém listu KRAL_56. Náspy byly identifikovány na modelu hillshading v kombinaci s modelem slope, u kterého byla nastavena transparence na 50 %. Dále byl využit i model lokálního reliéfu, který díky schopnosti zvýraznit výškové odchylky v ploše o něco lépe vykreslil jednak ověřené náspy, ale i ty sporné (Obr. 6: D).

Testovány byly i metody sky-view factor (Obr. 6: B), hillshading of multiple directions (Obr. 6: A) a openness positive (Obr. 6: C). Anomálie mohylových náspů jsou na těchto modelech sice rovněž rozeznatelné, ale oproti prvním dvou zmíněných, podstatně hůře.

8.1.2 Milíře

Pomocí LiDARových dat došlo k poměrně úspěšné identifikaci milíříšť. Celkem bylo identifikováno 236 milířů na modelech hillshade a slope na těchto mapových listech KRAL_38, 53, 54, 55, 56, 64, 65, 66, 75 a 76. Milíře se po vizualizaci projevují, jako kruhové anomálie. Podoba pozůstatků milířů je nejčastěji nepříliš výrazná plocha, z tohoto důvodu je jejich identifikace zcela úspěšná především ve svazích, do kterých jsou v podstatě vysekány.

Identifikace v rovinném terénu je o něco obtížnější, ale není nemožná. Identifikace je úspěšná především v těch částech krajiny, kde se vyskytuje větší koncentrace těchto památek. Milíře jsou také často doplněny na vnějších okrajích úzkým žlabem, který slouží k zachycení

uhlí při jeho rozebírání (Cyrus – Matoušek 2007, 54), tento žlab je na výsledném DMR možné také identifikovat.

Průměr zjištěných milířů se pohybuje v rozmezí 8 až 12 m. Dále je patrné že se milířiště koncentrují v blízkosti velkých erozních rýh a říčních či potočních koryt. Tyto polohy zřejmě souvisí s transportem potřebného dřeva a s výsledným produktem ve formě dřevěného uhlí. V blízkosti milířů můžeme často spatřit množství zaniklých i stále ještě využívaných cest, které zřejmě s milíři souvisí. Na základě vzdálenosti mezi jednotlivým milíři a jejich polohou je zřejmé, že milíře nebyly v krajině budovány bez rozmyslu. Například u milířiště (Obr. 7) jihozápadně od obce Kočín je vidět pravidelné rozmístění milířů ve vzdálenosti 80 m. V další příkladové situaci východně od obce Kaznějov (Obr. 8) je vidět, jak jsou milíře umístěné vzhledem k četným erozním rýhám.

V kontextu krajinné archeologie mohou být milířiště chápány jako indikátory zalesněných částí krajiny, protože aby mohl vzniknout milíř, musel se v jeho okolí nalézat vhodný materiál k přeměně na dřevěné uhlí. Milíře tak mohou vypovídat o podobě krajiny stejně jako o jejím hospodářském využití.

8.1.3 Těžební šachty

Dalším zástupcem bodových objektů jsou těžební šachty. Podobně jako mohylová pohřebiště jsou i tyto objekty konvexního charakteru a opět jako mohyly mají i těžební šachty uprostřed prohlubeň.

Identifikované těžební šachty jsou výrazně konvexního charakteru s konkávním středem. Případ 5 šachet (Obr. 9) ve dvou řadách v orientaci V-Z byl dokumentován jižně od obce Babina u Plas na mapovém listu KRAL_65. Šachty byly identifikovány pomocí modelu hillshade a slope. Typickým rysem pro tyto objekty jsou obvaly, které vznikají při hloubení šachty. V okolí štol se nachází i několik menších jam s charakteristickým obvalem, který vzniká při vyhloubení jámy.

Nejmohutnější štola má průměr 25 m, zatímco nejmenší má průměr 14 m. Šachta v jihozápadní části plánu (Obr. 9) je nyní zatopena, není zde vyloučeno, že byla po zatopení ještě upravena do formy malého jezírka. Geologické podloží v místě šachet je tvořeno rudými i šedými kalovci (prachovité jílovce), pískovci, arkózami, slepenci svrchního karbonu. Vyskytují se zde i uhelné sloje.

8.1.4 Jámy

Další objekty typu point představují jámy, které lze jen obtížně nějak třídít a interpretovat. Na DMR bylo zdokumentováno 197 jam. Jámy se projevují jako konkávní anomálie různých velikostí. Obtížně lze rozeznat, zdali se jedná o objekt antropogenního původu, nebo zdali se jedná o jámu vytvořenou například propadem zemského povrchu nebo o jámu po vývratu stromu.

Na mnoha mapových listech se objevují zvýšené koncentrace jam. V některých případech v blízkosti povrchových dobývek (těžební areály), zde je tyto jámy možné identifikovat jako jámy vzorkovací (Obr. 10) nebo jako samotnou povrchovou dobývku. Na sledovaném území se objevují i těžební areály, které jsou tvořeny ohromným množstvím jam. Tyto areály byly vyhodnoceny jako objekty typu polygon (viz. kap. 8.3.1).

8.2 Objekty typu line

8.2.1 Mezní pásy

Tyto objekty se mnohdy nacházejí v blízkosti menších vsí, posléze v blízkosti zaniklých vsí. Na DMR bylo zdokumentováno celkem 694 úseků mezních pásů. Dokumentace zmíněných objektů je celkem jednoznačná, zpravidla se jedná o dlouhé linie. Mezní pásy se vždy

koncentrují ve větším počtu a díky tomu lze rekonstruovat jejich typ. Díky LiDARu se na sledovaném území podařilo zachytit jak v zalesněném, tak i v nezalesněném prostředí. V případě zaniklých vsí Šebíkov, Trojany – Újezd a Obořice je možné na základě struktury mezních pásů rozeznat typ plužin.

V případě zaniklé vsi a tvrze Šebíkov je identifikace mezních pásů složitější. V blízkosti se nachází i zaniklá ves Trojany – Újezd a není tedy zcela jasné, kde je hranice vlastních mezních pásů. Ke vsi Šebíkov zcela určitě můžeme přiřadit mezní pásy jižně od zaniklé zástavby a tvrze. Na plánu lokality Šebíkov jsou mimo jiné viditelné i četné svazky úvozových cest (více viz. kap. 8.2.3 Úvozové cesty). Mezní pásy severozápadně od tvrziště Šebíkov zřejmě již patří k existující obci Trojany (Obr. 11). V případě zaniklé vsi Šebíkov se zřejmě jedná o mezní pásy delkové plužiny. V případě existující vsi Trojany šlo spíše o mezní pásy nepravé traťové plužiny.

DMR zaniklé vsi Trojany – Újezd nabízí poměrně kvalitní náhled na mezní pásy dokládající plužinu dělených úseků (Obr. 12). Na DMR jsou dobře viditelné jednotlivé úseky, které jsou v reálném terénu takřka nepostřehnutelné (Obr. 13).

Další poměrně dobře zachovalý zemědělský systém můžeme nalézt severně a východně od zaniklé vsi Obořice (Obr. 22). Zdejší mezní pásy dokládají opět nepravou traťovou plužinu. Je pravděpodobné, že další mezní pásy pokračují dále jižním směrem, nicméně pro tuto oblast chybí data.

V poslední řadě bych zmínil mezní pásy u doposud existující obce Čívce. Zde byly mezní pásy identifikovány v nezalesněném prostředí, v poli. Jedná se o mezní pásy dokládající traťovou plužinu (Obr. 14 a 15) západně od obce. (viz. kap. 8.2.4 Zaniklé cesty).

Mezní pásy jsou opět dokladem hospodářského využití krajiny. V dobách své existence se jednalo o objekty dlouhé i několik kilometrů a podobně jako milíře dokládají zalesněné plochy v krajině, mezní pásy dokládají ty nezalesněné části krajiny. Na uvedených příkladech je dobře patrný rozsah zemědělského systému oproti vlastní zástavbě zaniklé vsi.

8.2.2 Terasování

V blízkosti některých vesnic byly identifikovány podlouhlé liniové objekty podobné mezním pásům. Zde se ale jedná o úpravy svažitého terénu tak, aby vznikly terasy s rovným povrchem a nedocházelo k erozi půdy. Na DMR je terasování vizualizováno jako „stupně“ či „schody“ a vzniklé plochy mezi nimi je možné využít jako užitnou plochu. Na DMR bylo identifikováno celkem 74 úseků terasování. Příkladem ze zkoumaného území může být terasování svahu západně od obce Břízsko (Obr. 21).

8.2.3 Úvozové cesty

Mezi časté objekty liniového průběhu dále patří úvozové cesty. Jedná se o objekty příkopového charakter, kde se míra zahloubení může lišit případ od případu. Hloubku úvozové cesty ovlivňuje především stáří a tedy i četnost použití. Dalšími faktory jsou eroze a zemědělské nebo lesní hospodaření. Vznik úvozových cest je spojován s opakovaným sjížděním vozů ze svahů, takto dochází k postupnému vyhloubení úvozové cesty. Častokrát se nachází několik úvozových cest v těsné blízkosti, to svědčí o častém provozu na dané stezce. Na základě míry zahloubení si můžeme alespoň zhruba vytvořit přehled o postupném vzniku jednotlivých cest, nicméně některé úvozové cesty mohou být používány dodnes.

Lze tak jen obtížně rozeznat zaniklou historickou cestu od cesty recentního původu. Z tohoto důvodu došlo na vytvořeném DMR

k vyznačení pouze cest, které nejsou vyznačeny na základní topografické mapě České republiky. V několika případech jsou poměrně dobře rozeznatelné dodnes funkční úseky cesty od úseků, které již nejsou využívány. Zaniklé úseky cest se nachází v okolí hlavního tahu, v případě úvozových cest se může jednat o několik zaniklých úvozů, přičemž hlavní tah může být stále využíván.

Celkem bylo na zkoumaném DMR identifikováno 852 úseků úvozových cest v zalesněném prostředí. V rámci sledovaného území se nabízí hned několik zajímavých příkladů. Jedním z nich jsou úvozové cesty v okolí města Plasy, které bylo v době fungování mýněných objektů důležitým centrem. Na Obr. 16 je patrný jihozápadní směr úvozových cest vedoucích od Dolní Bělé, na protilehlé straně úvozy směřují severovýchodním směrem k zaniklé vsi Trojany – Újezd.

Četnost zaniklých úvozů se dále zvyšuje v blízkosti poloh osídlených ve středověku (zaniklé sídliště, tvrze, hrady) a novověku (existují obce a města). V těchto případech se jedná o cesty, u kterých lze určit jejich průběh a pravděpodobný směr. Jedná se tedy o objekty v minulosti pravidelně využívané. S tímto faktem souvisí i jejich zahloubení (Obr. 17).

Mnohem menší zahloubení a spíše chaotické uspořádání zaniklých cest je možné pozorovat v blízkosti těžebních areálů nebo milířišť (Obr. 18). Je zřejmé, že většina těchto cest nebyla po ukončení těžební nebo výrobní činnosti dále využívána. Důvodem jejich neupotřebitelnosti může být jejich průběh, tyto cesty často propojují pouze těžební areál se zpracovatelským nebo distribučním centrem. Dalším důvodem může být i mnohem menší povědomí o jejich existenci u širší populace obyvatelstva. Jako poslední možný důvod jejich odlišnosti je samozřejmě jejich datace. Ovšem pravidlo „čím hlubší úvoz, tím starší úvoz“ nemusí platit vždy.

8.2.4 Zaniklé cesty

Při průzkumu DMR byly v nezalesněných oblastech krajiny identifikovány liniové objekty. Pomocí modelů hillshade v kombinaci s mapou II. vojenského mapování bylo zjištěno, že se jedná o zaniklé komunikace (Obr. 19: A). Celkem bylo zdokumentováno 88 úseků zaniklých cest. Skupina objektů „zaniklé cesty“ jsou pouze ty cesty, které byly identifikovány v nezalesněném prostředí. Na rozdíl od skupiny objektů „úvozy/cesty“, které byly identifikovány v zalesněném prostředí.

Zaniklé cesty jsou na DMR spíše hůře čitelné. Především z důvodu moderní orby, přesto je ale možné rozeznat podlouhlé anomálie, které v mnoha případech navazují na aktuální komunikační síť (Obr. 19: B).

8.2.5 Příkopy a valy

Do liniových objektů byla zařazena i valová opevnění a příkopy. Opevněným výšinným lokalitám je věnována samostatná podkapitola práce, proto zde nebudou jejich valy a příkopy podrobněji rozebírány.

Valové a příkopové opevnění bylo dokumentováno v případě hradu Libštejn a dvou bašt, které k hradu přiléhají. Dále došlo k dokumentaci příkopového a valového opevnění několika tvrzí typu motte. Fortifikační systémy hradu a tvrzí jsou popsány v kap. 8.3. Objekty typu polygon v rámci kategorie objektu, ke kterému přiléhají.

Objektů interpretovaných jako val bylo vyznačeno 18. Příkopů celkem 9.

8.3 Objekty typu polygon

8.3.1 Hrad a bašty

Na zkoumaném území, na mapovém listu KRAL_37 byly zachyceny i pozůstatky hradu Libštejn. Hrad byl pravděpodobně vystaven mezi lety 1356–1367. O jeho výstavbou stojí zřejmě Oldřich Tista, který je od roku 1367 zmiňován jako Oldřich Tista z Libštejna (Durdík 2002, 328–330).

Hrad je umístěn na dobře chráněném skalnatém ostrohu, jehož svahy na západní straně strmě spadají k řece Berounce. Na severní a jižní straně je ostroh oddělen vodotečemi. Přístup k hradu je tak možný pouze z východní strany, kde bylo též umístěné předhradí a kde můžeme spatřit doklady fortifikací, především příkopy (Obr. 20: A). Předhradí je na západní i východní straně chráněno příkopy, severní i jižní strany předhradí jsou chráněné již zmíněnými vodotečemi. Příkop oddělující hrad a předhradí je dlouhý 60 m a hluboký 3 m. Příkop na východní straně je dlouhý 40 a aktuální hloubka dosahuje 1 až 1,5 m. Areál hradu byl na některých místech chráněn hradbou. Identifikace hradeb či pozůstatků valů je v případě středověkých zřícenin hradů poněkud problematické. Pozůstatky fortifikačních prvků a budovy často splývají s okolním terénem a při filtrování dat může dojít k nepřesnostem a výsledný DMR může být zavádějící. V případě Libštejna jsou pozůstatky opevnění viditelné na severní a západní straně ostrožny.

Na modelu hillshade pozůstatky staveb viditelné nejsou. Nicméně jako pozitivní metoda k dokumentaci pozůstatku zástavby se jeví model sky-view factor, kde nejtmavší anomálie indikují části zachovaného zdiva (Obr. 20: B).

Vlivem proměny způsobu boje byl hrad v 15. století doplněn severní baštou a v století 16. i jižní baštou (Durdík 2002, 328–330). Obě bašty jsou strategicky umístěné tak, aby byla ochrana předhradí a přístup k hradu co nejlépe chráněn. Jižní bašta kruhového půdorysu je chráněna

příkopem ve směru sever, východ, jih až jihozápad o délce 52 m a hloubce 1,5–2 m. Příkop je v nejširším místě široký až 22 m.

Severní bašta oválného půdorysu je chráněna dvojicí příkopů. První, výraznější příkop se táhne ve směru severozápad, západ až jih. Délka příkopu je 80 m a maximální šířka dosahuje 18 m. Maximální hloubka dosahuje až 5 m. Druhý příkop kolmo přetíná hřbet ostrožny svahu ve směru severozápad až jihovýchod. Délka příkopu je 34,5 m, šířka je 10,5 m a hloubka 2 m.

8.3.2 Zaniklá zástavba

Na DMR bylo identifikováno několik zaniklých vesnic. Na DMR nejsou sice viditelné jednotlivé usedlosti, přesto jsou poměrně dobře zřetelné anomálie odrážející někdejší zástavbou.

Zaniklá ves Trojany – Újezd se nachází jihovýchodním směrem od obce Trojany u Mladotic. První písemná zmínka pochází z roku 1230 a roce 1613 je popisována jako mnoho let zaniklá (Rožmberský 1987, 210). Zástavba je rozdělena do dvou částí (Obr. 12). Obě části rozděluje bezejmenná vodoteč. V případě zaniklé vsi Újezd – Trojany se podařilo zdokumentovat rozsáhlé polní systémy (viz. kap. 8.2.1). Vezme-li v úvahu pouze zemědělský systém západně od vsi a budeme-li ho považovat za jeden celek, tak výsledná plocha toho systému činí cca 70 ha. Zatímco plocha zástavby vsi činí 1,5 ha. Je ovšem nutné dodat, že byly zaměřené pouze dochované a ucelené části, zemědělský systém zřejmě zabíral mnohem větší plochu.

Další zaniklou vsí identifikovanou na DMR je Čechín. První písemná zmínka pochází z roku 1180, kdy je zmiňován název Checini. Vesnice je datována do 11. až 15. století (Charvátová – Rožmberský 1987, 9). V blízkosti vesnice se opět objevují doklady polních systémů a úvozové cesty. Zajímavým objektem je kruhová anomálie v západní části areálu zástavby. Anomálie připomíná pozůstatky tvrziště typu motte. Místo

zástavby bývalé vsi bylo ovšem v minulosti zemědělsky využíváno, proto je tento objekt hůře čitelný a není jasné, jestli se může jednat o pozůstatek tvrze (Obr. 21). Podobný objekt byl identifikován i v případě zaniklé vsi Sechutice východně od stejnojmenného dvora. Opět je zde patrný kruhový rozoraný objekt (Obr. tvrze), podrobněji v kap. 8.3.3 Tvrziště.

Zástavba zaniklé vsi byla identifikována i v případě lokality Obořice. Ves je poprvé zmiňována v roce 1250 a na základě keramického materiálu ji K. Charvátová datuje do období 13. až 15. století. Ves pravděpodobně zanikla za husitských válek (Charvátová 1987, 139). Zástavba je situována podél severního břehu bezejmenného potoka (Obr. 22). Plocha identifikované zástavby je 1 ha. Severním a východním směrem se nachází dobře zachovalé pozůstatky polních systémů (viz. kap. 8.2.1). Budeme-li k dochovaným objektům polního systému přistupovat jako v případě vsi Trojany – Újezd a sečteme plochu, na které jsou tyto objekty dochovány, dostaneme plochu cca 90 ha.

8.3.3 Tvrziště

Na DMR byly identifikovány čtyři případy, které byly vyhodnoceny jako tvrziště. Vždy se jedná o kruhový objekt obklopený příkopem a posléze i valem. Ve dvou případech se zdá být interpretace objektu jasná. V případě dvou dalších se jedná o objekty silně poškozené orbou, jejich interpretace je tedy založena vizuální podobnosti a faktu, že byly identifikovány v prostředí zaniklých středověkých vsí.

Prvním tvrziště se nachází v těsné blízkosti jižní části obce Nebřeziny. Dle výzkumu ZČM v Plzni je zánik tvrze datován do 1. pol. 15. století (Frýda – Hus – Švábek 1987, 133). Tvrziště je tvořeno téměř okrouhlým pahorkem, který je ze dvou třetin obehnán valem i příkopem (obr. 23). Neúplnost tvrziště v severní části je zřejmě způsobena činností zemědělských strojů. Fortifikace tvrziště je dále poškozena na jižní straně,

kde je val podélně protnut silnicí. Průměr pahorku tvrziště činí 20 m. Délka dochovaného příkopu je 60 m, délka kompletního příkopu mohla být cca 90 až 100 m. Valové části opevnění jsou dochovány v délce 51 m, původní obvod valu se mohl pohybovat mezi 120 až 140 m. Výška valu se pohybuje v rozmezí 0,5 až 1,4 m.

Druhým tvrzištěm je již zmíněný Šebíkov jižně od obce Trojany. Opět se jedná o okrouhlé tvrziště, nyní ale s kompletním oběžným příkopem a valem. Poškození je zřetelné v severovýchodní části pahorku a jihovýchodní části valu. Tvrz je známa již k roku 1250 a v 16. století je uváděna jako pustá (Durdík 1978, 92). Východně od tvrziště byla identifikována také zástavba zaniklé vsi. Průměr pahorku je 19 m, obvod příkopu je 91 m a obvod valu je 125 m. Val je dochován ve výšce 1 až 1,8 m.

Jeden z nejistých objektů se nalézá mezi obcí Hadačka a dvorem Sechutice. Jedná se o objekt v poli, je tedy silně poškozen orbou. To je zřejmě příčinou toho, že pahorek dosahuje většího průměru (cca 25 m), zatímco příkop (cca 104 m) a val (cca 164 m) jsou hůře čitelné. V místě identifikace tohoto objektu je identifikována zaniklá ves náležící k zmíněnému dvoru (Rožmberský 1999). Otázkou tedy zůstává, zdali se zde nacházela i tvrz. Podoba a rozměry objektu jsou tomu nakloněny (Obr. 25).

Další problematický objekt se nachází v areálu zaniklé vesnice Čečín. Opět se jedná o kruhovou anomálii, ovšem tentokrát bez zřetelného středového pahorku. Viditelný je pouze domnělý obvodový val. Objekt je také silně poškozen orbou, což znesnadňuje jeho čitelnost (Obr. 21). Průměr mezi vnitřními stranami valu je 32 m. Obvod objektu (valu?) činí 191 m.

8.3.4 Těžební areály

Do skupiny polygonů byly zařazeny ty objekty, které jsou charakteristické velkou rozlohou. Takovým objektem mohou být např. lomy nebo všeobecně těžba, která je definována jednou rozsáhlou terénní depresí. Do polygonálních objektů byly zařazeny takové případy, které jsou složeny z více komponent, přičemž jednotlivé komponenty není nutné v rámci vlastního výzkumu sledovat. Stejným způsobem bylo přistoupeno i k těžebním areálům, kde docházelo povrchové dobývce pomocí těžebních jam. Opět zde nehraje role rozmístění jednotlivých jam, ale především rozsah a poloha areálu. V některých případech je terén těžbou porušen v takové míře, že v podstatě ani nelze rozlišit jednotlivé těžební jámy. Na DMR je vyobrazen jen silně destruovaný povrch.

Celkem bylo identifikováno 245 těžebních areálů. Jedna z nejzajímavějších situací se nalézají na mapovém listu KRAL_41 a KRAL_51. Zde se dochovala hned několik těžebních areálů, které jsou pravděpodobně současné a v podstatě by se daly označit za jeden areál. V tomto případě jsou objekty těžby velké lomy polygonálního tvaru. Tyto těžební areály a také i mnohé další jsou často doprovázeny množstvím menších i větších jam (viz. kap. 8.1.4). Je pravděpodobné, že těžba pokračuje dále na sever a na východ, ale pro tyto mapové listy již nejsou data (Obr. 26).

Doklady těžebních aktivit na KRAL_41 a KRAL_51 mohou mít spojitost s barokním dvorem Hubenov. Dvůr stojí v místě zaniklé stejnojmenné středověké vsi, která zaniká za husitských válek. Na počátku 18. století pak z rozhodnutí opata Eugena Tytla byla ves Hubenov opět obnovena, ale následně byla v roce 1726 opět zrušena. V návaznosti na E. Tytla započal s výstavbou hospodářského dvora. Autorem plánů pro výstavbu dvora není nikdo jiný než Jan Blažej Santini, podoba dvora tak získala atypický vzhled oproti dosavadní stavbám

stejného druhu (Poche 1977, 480). Těžba tak může souviset jednak s původní vsí a následně s její obnovou nebo s hospodářským dvorem.

Další zajímavá situace se nachází přímo v korytě řeky Střely (Obr. 32) mezi obcemi Nebřeziny a Dolní Hradiště. Nachází se zde 6 větších těžební areálů a několik menších, jedná se o mapové listy KRAL_66, 65 a 56. Z jejich orientace a vzájemné polohy je zřejmé, že těžba byla úmyslně realizována v říčních terasách, kde je podloží tvořeno břidlicemi a drobnými. Objekty těžby jsou husté kumulace těžebních jam. Podobný těžební areál najdeme i mezi obcemi Nebřeziny a Kaznějov (Obr. 18).

8.4 Výšinné lokality v povodí řeky Střely

V povodí řeky Střely se nalézají několik výšinných lokalit, které poslouží jako studijní materiál pro testování LiDARu při dokumentaci fortifikačních prvků opevněných areálů. Na ploše vymezeného území se na ostrožnách nad meandrující Střelou tyčí několik opevněných lokalit s jednofázovým i polykulturním osídlením. Výšinné lokality v okolí Plas a řeky Střely byly v 80. letech dvacátého století v hledáčku především manželů Baštových. Díky jejich velice aktivní prospekční činnosti došlo k objevení mnoha desítek výšinných hradišť a výšinných sídlišť. Baštovi na několika lokalitách provedli zjišťovací a revizní sondáže, což vedlo k úspěšnému datování. Výsledkem jejich bádání jsou práce, které jsou dnes často jediným základem pro další studie (Soukupová 1983; Baštová 1984; Bašta – Baštová 1988; Bašta – Baštová 1990a; Bašta – Baštová 1990b).

8.4.1 Babina

Hradiště Babina místopisně nazývané „V Dubinách“ se nachází přibližně 1,3 km jihozápadně od obce Dolní Hradiště. V poměrně těsné blízkosti, ale na protějším břehu řeky, se nalézají další hradiště označované jako Koryta „Mlýniště“. Hradiště Babina je vhodně umístěno

na ostrohu v nadmořské výšce 349 m, který obtéká řeka Střela z východní až severozápadní strany. Na západní až severozápadní straně je ostrožna obtékána Lesním potokem. Jediný možný přístup je ze severní strany po cca 100 m široké šíji. Ostrožna je na východní i západní straně vymezena prudkými skalnatými srázy, směrem na jih pak terén klesá o něco pozvolněji. Převýšení hradiště nad tokem Střely činí 60 m. Nejbližším vodním tokem je Střela, ke které je nejjednodušší přístup z jižní strany hradiště.

Hradišti nebyla v minulosti kladena téměř žádná pozornost, poloha byla častokrát zaměňována s jinými lokalitami a až do poměrně nedávné doby nebyla lokalita úspěšně datována. Otázka lokalizace byla vyřešena až v roce 2000 Evou Kamenickou z Národního památkového ústavu v Plzni. Eva Kamenická společně s Milanem Metličkou provedli první geodetické zaměření, z jejich činnosti také pochází soubor keramických zlomků získaných povrchovým sběrem. Keramický materiál pochází plochy ostrožny zorané lesními bránami. Získaný materiál řadí lokalitu do období pozdní doby bronzové. Do stejného období je zařazena i lokalita na protilehlém břehu Koryta „Mlýniště“ (Kamenická – Metlička 2003, 9; Metlička 2008, 57).

Prudké srázy společně s tokem Střely vytvářejí příhodné přírodní překážky a opevnění lokality tak spočívá ve formě přepažení zhruba stometrové sedlové šíje na severní straně. Přepažující val je na dvou místech proražen lesními cestami recentního původu. Zdali se v místě jednoho z porušení valu nacházela brána, není jasné, nicméně ani z DMR jednoznačně nevyplývá umístění brány v jiných částech tělesa valu.

Při pohledu na DMR zaujme přepažující val hlinitokamenité konstrukce s četnými křemennými valouny (Metlička 2008, 56). Val je široký 11–15 m a zaujme především svým tvarem, neboť val není vystavěn rovně, ale při pohledu ze severní strany vytváří jakousi kapsu. Val je tedy vypouklý jižním směrem, v podstatě směrem do ostrožny a na první pohled působí obráceným dojmem. Val je z vnější strany převýšen

od okolního terénu o 2–3 m. Z vnitřní strany maximální převýšení kolísá mezi 1–1,5 m. Délka přepažujícího valu činní 110 m (Obr. 27).

Z DMR není zcela jasná podoba obvodového valu, nicméně na jižní straně hradiště je možné pozorovat několik terénních hran, které mohou indikovat přítomnost valů či alespoň terénní úpravy. Při pohledu na model slope v kombinaci s hillshade je v jihozápadní straně zřetelná velice jemná anomálie, kterou by bylo možné považovat za pozůstatek valu. Tato anomálie je patrná i při aplikaci modelu hillshading of multiple directions. Další anomálie indikující možnou přítomnost valu je ještě o něco jižněji. Bohužel tyto anomálie nejsou v terénu patrné, neboť se jedná o velmi jemné terénní hrany. Bez jasného obvodového valu jen stěží můžeme hovořit o nějaké celkové rozloze hradiště. Plocha s nejspodnějším „valem“ je 2 ha.

8.4.2 Dolní Hradiště

Lokalita Dolní Hradiště místopisně označované jako „Příkopy“ je situované na širokém ostrohu 344 m n. m. nad soutokem Střely a Kralovického potoka. Hradiště se nachází 800 m východně od obce Dolní Hradiště. Plocha předhradí i akropole byla v minulosti intenzivně zemědělsky využívána, což vedlo k zničení velké části terénních reliktvů. Dnes plocha slouží jen pro účely pastvy dobytka.

Hradiště z jižní strany obtéká Střela, ze severní pak Kralovický potok. Oba toky se setkávají na východní straně. Přístup do areálu hradiště je tak možný ze západní strany, kde se nachází trojice valů napříč ostrožnou ve směru sever-jih. Boční srázy jsou příkré a místy skalnaté. Převýšení nad řekou se pohybuje od 70 m do 60 m. Nejbližší zdroj vody představují oba vodní toky, přičemž snadnější přístup je po severním svahu ostrožny ke Kralovickému potoku. Areál hradiště je členěn na akropoli na východě ostrohu, na dvě předhradí na západní straně, která jsou oddělená přepažujícími valy a na třetí předhradí, jenž je

umístěno na severní straně cca 20 m pod plochou druhého předhradí a akropole.

Stav poznání hradiště „Příkopy“ je o mnoho zřetelnější než-li v předchozím případě. První průzkum lokality proběhl už v roce 1926, výzkum přinesl materiální základnu, dle níž bylo hradiště datováno do období halštatu stupně HaC až HaD a raného středověku od 9. až do počátku 10. století (Dobová 1981, 270; Metlička 2008, 80). Svou pozornost věnoval hradišti i J. Maličský po 2. sv. válce. V 80. letech se sem vraceli manželé Baštovi, kteří zde provedli několik povrchových průzkumů a na plošině pod východním svahem ostrožny prokopali zjišťovací sondu. (Baštová 1987, 42; Baštová 1984, 157–158). Na stejném místě položil zjišťovací sondu v roce 1998 i M. Metlička. Z kulturní vrstvy v hloubce 35–40 cm pochází keramický materiál z pozdní doby bronzové náležíci s nejsvětější pravděpodobností nynické skupině (Metlička 2008, 80).

Jak již bylo zmíněno hradiště opevněno trojicí valů. Vzhledem k rozsáhlé orbě po celém areálu hradiště se v poměrně dobrém stavu se zachoval val mezi druhým předhradím a akropolí (Obr. 28). Výška tohoto valu i dnes stále dosahuje v maximu 2,5 m. V minimálních hodnotách 0,3 m je val dochován v krajích partiích. Na DMR nejsou bohužel patrné žádné relikty, které by odpovídali charakteru vstupní brány. Pouze přibližně v jeho středu je val přerušen stejnou cestou recentního původu jako v nadcházejícím případě.

Val mezi druhým a prvním předhradím lze v terénu stále ještě zpozorovat, ale již se jedná o značně destruovaný relik. Výška valu kolísá v hodnotách 0,2 až 0,5 m. Na DMR je patrné porušení valu přibližně v jeho středu, zdali se jedná o druhotné proražení nebo doklad existence brány nelze vyslovit.

Třetí val, předcházející prvnímu předhradí je v terénu takřka nepostřehnutelný. V terénu se jedná o opravdu velice jemnou a pozvolnou terénní vlnu, v tomto případě doslova závisí na úhlu pohledu. Průběh valu

byl v terénu úspěšně identifikován pomocí letecké fotografie P. Brauna, kde jest patrná terénní vlna široká 30 m. Třetí val přepažuje ostrožnu obloukovitě od jihu k severu, kde se pak stáčí podél hrany terénu (Metlička 2008, 79–80).

Průběh třetího byl úspěšně identifikován i pomocí LiDARu a předchozí zjištění zcela potvrdil. M. Metlička ve své práci (2008) spekuluje ohledně umístění bran, bohužel je reliéf až příliš zasažen orbou, aby bylo možné brány s pomocí LiDARu bezpečně identifikovat. Na základě aplikovaných metod nebyly taktéž zjištěny doklady příkopů, což se dalo plně očekávat vzhledem k zemědělskému využití této části krajiny.

Trojice valů je jasně zřetelná na všech vytvořených modelech s výjimkou modelu sky-view factor. V tomto případě zaniká nejspodnější a nejméně čitelný val.

Co se týče obvodového valu, tak ani v tomto případě nelze jednoznačně hovořit o jeho identifikaci. Na DMR může v některých případech vznikat pseudoval. Důvodem může být fakt, že plocha hradiště byla sice zemědělsky využívána, ale ne úplně celá. Mezi hranou a plochou hradiště je kolem celého hradiště asi 1,5 m široký pás tvořený hustými křovinami a porostem. Dále se tam nachází skládky vyoraného kamení. Tyto důvody pak mohou vést k mylným interpretacím. To ovšem nevylučuje, že hradiště v minulosti nebylo obvodovým valem obeháno.

V rámci výzkumu bylo dokumentováno nové mohylové pohřebiště, které svým uspořádáním odpovídá raně středověkému mohylníku a je tak dáváno do souvislosti především s hradištěm Dolní Hradiště. Pohřebiště se nachází 1,7 km severozápadním směrem od obce Dolní Hradiště a 2,5 km západně od hradiště Dolní Hradiště „Příkopy“. Mohylník je situován v pozvolně klesajícím svahu směrem na východ (viz. kap. 8.1.1).

8.4.3 Horní Hradiště

Poloha lokality Horní Hradiště se nachází přibližně 1 km jihozápadně od obce Horní Hradiště. Hradiště je vybudováno na temeni ostrožny nad ohybem toku řeky Střely v nadmořské výšce 410 m n. m.

V roce 1982 při systematickém průzkumu povodí Střely objevili manželé Baštovi nové hradiště. Na základě prokopaných sond na akropoli je lokalita bezpečně datována mezi hradiště nynické kultury z pozdní doby bronzové (Baštová 1984, 159–160).

Ze severozápadní až jižní strany ostrožnu obtéká koryto Střely, z východní strany je pak ostrožna vymezena Hradištským potokem. Boční svahy jsou velmi příkré a částečně tvořené skalními výstupy, jediný možný přístup na úzkou ostrožnu protáhlého charakteru je ze severní strany. Převýšení nad korytem řeky dosahuje až 70 metrů.

Plocha hradiště má být tvořena dvěma sedly, přičemž za druhým, vzdálenějším sedlem má být krátký přepažující val. Část obvodového valu D. Baštová identifikovala na jihovýchodním svahu (Baštová 1984, 160). Identifikace valů na tomto hradišti byla zvláště problematická, neboť se na ostrožně nachází několik dalších liniových objektů, o kterých není v literatuře zmínka. Na DMR jsou tyto objekty vyznačeny jako „Objekty line“. Objekty, které popisuje D. Baštová, jsou vyznačeny jako „Valy“ (Obr. 29).

Obvodový val opět není doložen a pozůstatky valů se zdají být až příliš malými fragmenty pro rekonstrukci plochy hradiště. Přesto D. Baštová odhaduje velikost plochy hradiště na cca 1 ha (Baštová 1984, 160). Anomálie indikující valová tělesa byla v tomto případě potvrzena až díky metodám z druhé úrovně vizualizace (Obr. 29). Horní hradiště se řadí mezi ty případy, kde použití modelu hillshade selhává. Terén je zde natolik specifický, že vytvoření stínového modelu, a to i z více úhlů je vždy

čitelná pouze jedna strana, zatímco ostatní strany terénu jsou buďto příliš světlé anebo příliš tmavé.

8.4.4 Koryta

O této lokalitě s místopisným označením „Mlýniště“ již byla řeč v souvislosti s hradištěm Babina. Jedná se o výraznou protáhlou ostrožnu jazykovitého tvaru v maximální nadmořské výšce 324 m. Poloha lokality se nalézá cca 1 km severně od obce Koryta.

Za objevem lokality stojí opět manželé Baštovi, kteří při systematickém průzkumu v povodí řeky Střely v roce 1982 identifikovali novou lokalitu s mohutným přepažujícím valem. Ze sběru a začištění zářezu cesty ve svahu získali soubor keramiky datující lokalitu do pozdní doby bronzové (Baštová 1985a, 62). Pozdější nálezy keramiky tuto skutečnost potvrdily (Metlička 2008, 107).

D. Baštová i M. Metlička identifikovali v nejužším místě ostrožny mohutný val široký u paty 25–30 m o výšce 3 m. Část valu je ale částečně poškozena lesní cestou probíhající po celém délce téměř 600 m dlouhé ostrožny. Před mohutným valem byla dále identifikována zřetelná deprese protínající ostrožnu napříč, nastává tedy otázka, zdali se může jednat o zbytek vnějšího příkopu. Aktuální šíře příkopu činí 8–10 m a hloubka minimálně 1 m (Baštová 1984, 160–161; Metlička 2008, 107).

Plocha ostrožny je částečně zastavěna chatařskou kolonií (13 chat), přičemž jedna ze staveb stojí přímo na valu. Dále pak především severovýchodní část ostrožny je postižena těžbou písku. Vzhledem k těmto problémům jsou výsledky DMR poměrně zkreslené a příčný val i s příkopem není přes svou velikost jasně zřetelný (Obr. 27). Především v severní části valu dochází k vizualizaci výrazných anomálií zapříčiněných vlivem těžbou písku. Při vizuální kontrole terénu nebyl val jasně identifikován především z důvodu nepřístupnosti k soukromému objektu.

8.4.5 Plasy

Jednodílné hradiště Plasy „Hrádek“ leží přibližně 1,5 km severozápadně od města Plasy. Hradiště je umístěno na vrcholové plošině ostrohu s nadmořskou výškou 382 m. Ostrožnu obtéká řeka Střela ve směru západ-sever-východ. Hradiště je tedy přístupné z jižní strany. Boční srázy jsou jako v ostatních případech značně strmé a místy skalnaté, převýšení plochy hradiště vůči řece je 50 m. Přístup k řece je nejjednodušší severním směrem od vrcholové plošiny.

Přibližně 700 m severozápadním směrem od hradiště Plasy „Hrádek“ se nachází lokalita Horní Hradiště, ve starší literatuře tak často dochází k záměně těchto dvou lokalit. V práci J. Maličkého je lokalita Plasy „Hrádek“ jmenována právě jako Horní Hradiště. Nicméně J. Maličský lokalitu úspěšně datoval lokalitu do období eneolitu a halštat-latén (Maličský 1950, 34). Zařazení lokality do eneolitu následně potvrdila E. Čujanová-Jílková a v 80. letech i manželé Baštovi, kteří nálezy přiřadili chámské kultuře (Jílková 1957, 40–41; Baštová 1984, 163–164).

Hradiště přibližně lichoběžníkového tvaru se nachází na jihozápadní část i vrcholové plošině protáhlého tvaru. Ostrožnou prochází lesní cesta ve směru od jihozápadu k severovýchodu, která na několika místech porušuje opevnění hradiště. Na ostrožně je vystavěno několik rekreačních chat, jedna je dokonce vystavěna přímo v areálu identifikovaného hradiště. Ostatní chaty se pak soustřeďují především v dolních partiích podél břehu řeky, kde lze ovšem také očekávat sídlení aktivity.

Hradiště je opatřeno přepažujícím valem, který je u paty široký 8 m, vnitřní převýšení činí 1,5 m. Vnější převýšení dosahuje až 6 m, a to zejména v případě započítání hloubky sedla, které předchází svahu vrcholové plošiny (Metlička 2008, 159). Obvodové opevnění je částečně dochované pouze na západní straně a ve svahu vytváří obloukový ochoz podél hrany. Plošina hradiště je na severovýchodě kryta přepažujícím

příkopem. Příkop je zřetelný na modelech slope nebo hillshading of multiple directions. Délka příkopu je 20 m, zahloubení se pohybuje v rozmezí 0,6 – 1 m. Plocha hradiště je poměrně malá, vrcholová část nabízí 0,25 ha. Otázkou tedy zůstává, do jaké míry byla využita i plocha severovýchodně od vrcholu ostrožny. Otázkou zůstává i samotná datace vybudování opevnění. Lokalita byla opevněna pravděpodobně až v období pozdní doby halštatské, nicméně podobné valové opevnění jako zde se objevuje i v eneolitu (např. Pernarec, Svojsín) (Metlička 2008, 159–160).

8.4.6 Obora

Mezi lety 1982–1983 identifikovala D. Baštová (Baštová 1984, 163) výšinné sídliště na ostrožně 1,2 km východně od obce Obora u Kaznějova. Ostrožna je přibližně trojúhelníkovitého tvaru s nejvyšším bodem 424 m. Lokalita je z jižní, západní a severní strany obtékána bezejmennými potoky. Přístupná je tedy z východní strany, kde se terén pozvolna svažuje. Převýšení nad potoky dosahuje 50 m.

Ze sondáží pochází soubor keramických fragmentů a mazanic. Lokalita je tak datována do období pozdního halštatu. Zjištěny byly i středověké nálezy, které souvisí se zaniklou vsí Obořice jižně pod ostrožnou (Baštová 1984, 163). V blízkosti ostrožny byly dále identifikovány i četné pozůstatky polí a milířů, které opět patrně souvisí s lokalitou Obořice.

Navzdory průzkumu v letech 1982–1983 se nepodařilo identifikovat fortifikace, a tedy i rozsah plochy lokality. K tomuto problému může přispět vytvořený DMR, kde jsou patrné anomálie indikující možné přepažení ostrožny (Obr. 30, Obr. 31). Při pohledu na vytvořený model je zjevné, že se jedná o velmi jemné hrany, které lze při povrchovém průzkumu jen těžko identifikovat. Na DMR byly identifikovány celkem dvě anomálie nad sebou přepažující ostrožnu od jižního okraje k severnímu. Na vrcholu

ostrožny byl dále identifikován krátký příkop. Budeme-li považovat nejspodnější anomálii za val vnější, pak zabírá tato lokalita plochu 2 ha.

8.4.7 Eneolitická výšinná sídliště

Na území sledované oblasti se nachází několik eneolitických výšinných sídlišť, jsou to Ondřejov – Nad ostrožnou, Ondřejov – Vrážné, Lomnička, Vyšehrad – Hodoviz, Plasy a Nebřeziny. Ani v jednom případě se nepodařilo identifikovat anomálie, které by jednoznačně vypovídaly o valovém či příkopovém opevnění. Vyjma lokality hradiště Plasy, kde se ovšem předpokládá vybudování fortifikace až v průběhu doby železné.

9 INTERPRETACE

Na základě analyzovaných mapových listů byl získán přehled o rozmístění jednotlivých objektů v krajině. Větší pozornost byla věnována především výšinným lokalitám – hradištím a výšinným opevněným sídlištím.

Je zřejmé že, opevněné lokality byly vybudovány na ostrožnách na základě vhodných příhodných podmínek, jenž zdejší druh reliéfu nabízí. Ovšem hradiště a výšinná opevněná sídliště zde nebyly budovány pouze z tohoto důvodu. Pro opevnění polohy je potřeba značného úsilí dané skupiny lidí z důvodu vymezit si jistou část krajiny. Výzkum pravěkých hradišť a výšinných opevněných sídlišť není v archeologii příliš časté téma, proto není možné s jistotou vyslovit jasné důvody budování těchto lokalit. Možných příčin vzniku opevněných poloh je několik, jedním z takových je jednoznačně jejich napojení na obchodní stezky. Nabízí se tedy otázka, zdali byly ostrožné lokality v povodí řeky Střely na tyto stezky napojeny v době svých existencí a jakou roli v tom hrála Střela.

Vzájemné napojení výšinných sídlišť v povodí Střely vyslovila již D. Baštová v článku Vývoj pravěkého osídlení v povodí řeky Střely. Autorka článku si všimla následnosti jednak eneolitických výšinných

sídlíšť, které sledují severní a východní hranici Manětínské vrchoviny. Jedná se o řadu lokalit Dražeň – Osojno, Ondřejov – Chladná, Ondřejov – ostrožna nad Střelou, Plasy, Nebřeziny. Nápadná linie se objevuje i v pozdní době bronzové, kde ale lokality spíše sledují tok řeky Střely. Jedná se o lokality Vladař, Kotaneč, Horní Hradiště a Koryta (Babina). Dále v období halštatu a laténu se objevuje kumulace hradišť Vladař, Jezerský vrch, Preitenstein, Plasy, Obora a Dolní Hradiště (Baštová 1984, 168–169).

Co se týče dokladů opevnění výšinných poloh v povodí řeky Střely, došlo především k dokumentaci přepažujících valů. Důvodem úspěšnější dokumentace těchto reliktních valů je vyšší míra jejich zachování, která může souviset s precizností konstrukce a velikosti těchto staveb. Je možné, že díky příhodnému reliéfu bylo primární záležitostí vybudovat odolný přepažující val. Příkladem mohou být tři příčné valy hradiště Dolní Hradiště, kdy míra zachovalosti valů stoupá směrem k akropoli, kde je poslední val dodnes zachován do výšky až 2,5 m. Obvodovému opevnění ostrožných hradišť již nemusela být kladena větší pozornost, neboť převýšení, strmost a skalnatost bočních svahů ostrožen nabízí přirozenou ochranu lokalit dodnes. Obvodové opevnění mohlo mít například podobu pouze palisádového ohrazení. Valové obvodové opevnění bylo identifikováno v menší míře a pouze fragmentárně, důvodem neidentifikace může být i výraznější erozní procesy na okrajích ostrožen.

K pozitivnímu zjištění při identifikaci fortifikací výšinných lokalit přispěly použité metody vizualizace, a to především hillshade, slope a hillshading of multiple directions. V menší míře se pak osvědčily metody local relief model, sky-view factor a openness positive. Fortifikační systémy se podařilo identifikovat u pěti z šesti předem studovaných lokalit. Otázkou zůstává především lokalita Koryta, která je v některých případech diskutována jako součást hradiště Babina. Neočekávaným poznatkem je identifikace anomálií indikující opevnění lokality Obora.

Metoda openness positive se osvědčila při identifikaci bodových objektů v mírných svazích a rovinách. Na tomto modelu jsou dobře rozeznatelné milíře a jámy od okolního reliéfu.

Model sky-view factor se vůči ostatním metodám osvědčil při vizualizaci hradu Libštejn, kde pozůstatky staveb splývají s reliéfem. Existující budovy jsou totiž odfiltrovány a na jejich místě často dochází pro nedostatek dat k vygenerování rovne plochy. Tyto plochy jsou pak na modelu sky-view factor zastoupeny nejtmaší barvou (černá) a lze tak identifikovat polohu staveb.

Metoda local relief model se při identifikaci valů příliš neosvědčila. Je to dáno tím, že se ve všech případech se jedná o ostrožné lokality s ostrými srázy. A právě zde je tato metoda spíše nepoužitelná, neboť dochází k vysoké tvorbě pseudoobjektů. Metoda LMR se spíše hodí pro vizualizaci objektů v rovinatém (viz. kap. 8.1.1)

V této práci byla sice věnována zvýšená pozornost výšinným lokalitám v povodí řeky Střely, ale díky poměrně ucelenému zalesněnému prostředí došlo i k identifikaci několika druhů objektů, které vypovídají o využití krajiny v časovém období, které můžeme definovat pouze jako středověk – novověk. Některé objekty se zprvu nemusí jevit jako zásadně důležité, například milíře. Ovšem z pohledu krajinné archeologie se jedná o stopu, která dokládá především zalesněné území dřevinou, která je pro tvorbu dřevěného uhlí vhodná. Opačným případem mohou být mezní pásy, jenž dokládají nezalesněné území. V této práci došlo k identifikaci několika poměrně rozsáhlých kumulací milířů, těžebních areálů i mezních pásů náležících zaniklým vsím a dalším sídlům. Můžeme si tak představit rozlehlost plochy, která byla nezbytná k fungování ekonomického systému v určitém období. V tomto ohledu nelze neopomenout ani komunikační síť.

Při celkovém pohledu na rekonstruovanou síť a směr komunikačních tahů se město Plasy jeví jako křižovatka. Nápadné jsou především cesty nacházející se jihozápadně, jižně a severně od Plas.

Autorským výzkumem tak bylo potvrzeno, že výzkum krajiny pomocí nedestruktivních metod může přinést zajímavé a nové výsledky. Poznatky, které plynou z nedestruktivních plošných krajinných výzkumů, vedou k pochopení smyslu krajiny jako celku a zároveň pomáhají pochopit chování člověka v určitých částech krajiny. Tyto poznatky lze pak snadno přenést do sféry destruktivní archeologie a zvýšit tak efektivitu neopakovatelných výzkumů.

10 ZÁVĚR

V posledních letech enormně vzrůstá počet publikací, které interpretují výsledky na základě leteckého laserového skenování, případně DPZ. Je zřejmé že možnosti, jenž moderní archeologie nabízí, budou hrát velkou roli i nadále a počet prací s touto tematikou bude ještě nějakou dobu stoupat. O důležitosti těchto metod svědčí i nově vznikající pracoviště zaměřená na výzkum krajiny pomocí DPZ. V nových projektech krajinné archeologie již není využívána pouze jedna metoda, ale stává se standardem, že je krajina podrobena průzkumu na základě několika kombinovaných metod. Tento přístup samozřejmě vede k efektivnějšímu sběru dat a narůstajícímu počtu nově objevených archeologických lokalit. Ale díky kombinovanému přístupu je možný především rozvoj jednotlivých metod, neboť teprve takto se plnohodnotně ukáže kde, jaká metoda selhává a kde je naopak její účinnost maximální.

Letecké laserové skenování je často kombinováno s leteckými či družicovými snímky, geofyzikou, nebo povrchovými sběry. Kombinace těchto přístupů samozřejmě platí i v jakémkoli jiném pořadí a nelze jmenovat jednu hlavní metodu. DPZ již tedy nelze považovat za soubor metod používaných jen k vyhledávání archeologických objektů, protože DPZ se v mnoha případech stává samostatným výzkumem. Tato slova

platí obzvláště pro LLS, kde existuje mnoho metod pro vizualizaci povrchu nebo terénu země, jejichž principy se liší na základě toho, pro jaké prostředí se je chystáme použít.

S nárůstem velkoplošných nedestruktivních výzkumů stoupá samozřejmě i počet nově identifikovaných objektů. S tímto faktem souvisí jistě i jejich následná ochrana. A nastává zde tedy i otázka, jak chránit lokality jako jsou například rozsáhlé těžební areály, polní systémy nebo dokonce celé úseky krajiny, kde jsou uchovány různé druhy archeologických objektů vztahující se k minulému osídlení naší krajiny.

11 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BAŠTOVÁ, D., 1984: Vývoj pravěkého osídlení v povodí řeky Střely, *Archeologické rozhledy* 36, 157–172.

BAŠTOVÁ, D., 1985a: Koryta, okr. Plzeň-sever. *Výzkumy v Čechách* 1982–83, 62.

BAŠTOVÁ, D., 1985b: Ondřejov, okr. Plzeň-sever. *Výzkumy v Čechách* 1982–83, 121.

BAŠTOVÁ, D., 1987: Dolní Hradiště, okr. Plzeň-sever. *Výzkumy v Čechách* 1984–85, 42.

BAŠTA, J. – BAŠTOVÁ, D., 1988: K problematice počátků a vývoje slovanských hradišť v západních Čechách, *Studia mediaevalia Pragensia* I, 9–31. Praha.

BAŠTA, J. – BAŠTOVÁ, D., 1990a: K otázce osídlení západních Čech v eneolitu a na počátku střední doby bronzové, *Zprávy České archeologické společnosti při ČSAV – Supplementum* 11, 7–16, 67–68.

BAŠTA, J. – BAŠTOVÁ, D., 1990b: Slovanské osídlení v povodí horní Radbuzy. *Sborník ZČM v Plzni. Historie* 5, 5–58. Plzeň.

BENDER, B., 2002. Time and Landscape. In: *Current Anthropology* Vol. 43, 103–112.

BENEŠ, A., 1970: *Pravěk Manětínska*. Manětín.

BENEŠ, A. – Michálek, J. – Soudská, E., 1975: *Mariánský Týnec, obec*. Kralovice, 102–103.

BENEŠ, A. – MICHÁLEK, J. – ZAVŘEL, P., 1999: *Soupis pravěkých a středověkých nemovitých archeologických památek v okrese České Budějovice*. In: Beneš, A. – Michálek, J. – Zavřel, P., *Archeologické nemovité památky okresu České Budějovice. Díl I. Soupis a studie*. Praha, 21–102.

BENEŠ, J., – DRESLEROVÁ, D., – KUNA, M., 2003: *Cesty k evropské krajině: Cesty ke kulturní krajině 2000–2003*, EPCL.

BREJCHA, M., – PACINA, J., 2014: *Digitální modely terénu*. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem.

BUKÁČOVÁ, I., – FÁK, J., 2008: *Paměť krajiny III. Soupis drobných památek Plaska*. Mariánská Týnice.

CAMPANA, J. – FRANCOVICH, R. 2003: *Landscape Archaeology in Tuscany: Cultural resource management, remotely sensed techniques, GIS based data integration and interpretation*. In: *The reconstruction of archaeological landscapes through digital technologies*, Boston, 2001 BAR International Series 1151. Archaeopress, Oxford, 15–28.

Crow, P. – Benham, S. – Devereux, B. J. – Amable, G. S. 2007: *Woodland vegetation and its implications for archaeological survey using LiDAR*. *Forestry* 80/3, 241–252.

CRUTCHLEY, S., 2010: *The Light Fantastic. Using Airborne Lidar in Archaeological Survey*. Swindon: English Heritage Publishing.

CYRUS, M. – MATOUŠEK, V., 2007: Experimentální pálení milíře tradiční technologií. *Archeologia technica* 20, 54–60, Lhota.

ČAPEK, L., – MENŠÍK, P., 2013: Letecké laserové skenování a jeho využití ke studiu archeologických nemovitých památek v lesním komplexu Bezinský na katastru obce Rataje (okr. Tábor). In *Archeologie a letecké laserové skenování krajiny*, Plzeň, 2013, 99–110.

DEMEK, J., 2014: *Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny*. Praha.

DEVEREUX, B.J. –, Amable, G.S., – Crow, P. 2008. Visualisation of LiDAR terrain models for archaeological feature detection. *Antiquity* 8(316), 470–479.

DOLANSKÝ, T., 2004: Lidary a letecké laserové skenování. *Acta Universitatis Purkynianae* n. 99. Ústí nad Labem.

DOUBOVÁ, M., 1981: Středohradištní nálezy v povodí dolní Střely, okr. Plzeň-sever. *Praehistorica* 8, 267–271. Praha.

DUDÁČEK, L., 2012: Radarové měření vzdálenosti. Nepublikovaný rukopis bakalářské práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická, Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací.

DURDÍK, T., 1978: Trojany tvrz Šebíkov, okr. Plzeň-sever. *Výzkumy v Čechách* 1975, 92.

DURDÍK, T., 2002: *Ilustrovaná encyklopedie českých hradů*, Praha.

DONEUS, M., – BRIESE, CH., 2011: Airborne Laser Scanning in forested areas – potential and limitations of an archaeological prospection technique, IN: David C. Cowley (ed.), *Remote sensing for archaeological heritage management*, Budapest, 59–75.

ELBERINK, S., – MASS, H-G., 2000: The Use of Anisotropic Height Texture Measures for the Segmentation of Airborne Laser Scanner Data.

International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXII, Part B3, Amsterdam.

FRÝDA, F., – HUS, M., – ŠVÁBEK, V., 1987: Nebřeziny, o. Plasy, okr. Plzeň-sever. Výzkumy v Čechách 1984–1985, 133.

GASIOR, M. 2006: Laserové skenování pro tvorbu 3D modelu vybrané části Národního parku České Švýcarsko, diplomová práce, Fakulta životního prostředí, Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem.

GOJDA, M., 2000: Archeologie krajiny. Vývoj archetypů kulturní krajiny. Academia, Praha.

GOJDA, M. 2005: Lidar a jeho možnosti ve výzkumu historické krajiny, Archeologické rozhledy 57, 806–810.

GOJDA, M., – JOHN, J., 2009: Dálkový archeologický průzkum starého sídelního území Čech – Konfrontace výsledků letecké prospekce a analýzy družicových dat. Archeologické rozhledy 61, 467–492.

GOJDA, M., – JOHN, J., – STARKOVÁ, L., 2011: Archeologický průzkum krajiny pomocí leteckého laserového skenování. Dosavadní průběh a výsledky prvního českého projektu, Archeologické rozhledy 63, 680–698.

GOJDA, M., – JOHN, J., 2013: Projekt Potenciál archeologického výzkumu krajiny v ČR prostřednictvím dálkového laserového 3D snímání, jeho cíle a dosažené výsledky. In: Archeologie a letecké laserové skenování, Plzeň, 21–37.

HALOUNOVÁ, L. – PAVELKA, K. 2005: Dálkový průzkum Země. ČVUT v Praze.

HESSE, R., 2010: LIDAR-derived Local Relief Models – a new tool for archaeological prospection, Archaeological Prospection 18, 67–72.

CHARVÁTOVÁ, K. 1987: Obora, okr. Plzeň-sever. Výzkumy v Čechách 1984–1985, 139.

CHARVÁTOVÁ, K. – ROŽMBERSKÝ, P. 1987: Babina, o. Plasy, okr. Plzeň-sever. Výzkumy v Čechách 1984–1985, 9.

CHALLIS, K., – FORLIN, P., – KINCEY, M., 2011: A Generic Toolkit for the Visualization of Archaeological Features on Airborne LiDAR Elevation Data. *Archaeological Prospection* 18/4, 279–289.

CHYTRÁČEK, M. – ŠMEJDA, L., 2005: Opevněný areál na Vladaři a jeho zázemí. K poznání sídelních struktur Doby bronzové a železné na horním toku Střely v západních Čechách, *Archeologické rozhledy* 57, 3–56.

CHYTRÁČEK, M., – DANIELISOVÁ, A., – POKORNÝ, P. et al. 2012: Vzestupy a pády regionálního mocenského centra: přehled současného stavu poznání pravěkého opevněného areálu na Vladaři v západních Čechách. *Památky archeologické* 103, 273–338.

JÍLKOVÁ, E. 1957: Západní Čechy na počátku doby bronzové. *PA* 48, 15–57.

JOHN, J., 2008: Počítačová podpora dokumentace terénních reliktnů v archeologii. In: *Počítačová podpora v archeologii 2*. Brno – Praha – Plzeň, 254–262.

KAMENICKÁ, E. – METLIČKA, M. 2003: Babina, okr. Plzeň-sever. *Výzkumy v Čechách* 2000, 9.

KRIŠTUF, P., – ZÍKOVÁ, T., et al., 2015: *Výzkum krajiny: Vybrané antropologické a archeologické metody*, Plzeň.

KŘIKAVOVÁ, L., 2009: *Interpolace bodových dat v GIS*. Nepublikovaný rukopis bakalářské práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra mapování a kartografie.

KOBYLIŇSKY, Z. 1999: Siedemdziesiąt lat archeologii lotniczej w Polsce. Światowit 1, fasc. B, 112–22.

KUČERA, Z., 2009: Jak vnímáme krajinu a její paměť, Geografické rozhledy 4/08–09, 6–7.

KUNA, M. – KŘIVÁNKOVÁ, D. 2006: Archiv 3.0. Systém archeologické databáze Čech. Uživatelská příručka. Praha.

KUNA, M. et al. 2004: Nedestruktivní archeologie. Teorie, metody a cíle. Praha.

LUTOVSKÝ, M. 1996a: Hroby předků. Sonda do života a smrti dávných Slovanů. Praha.

MALIČKÝ, J., 1950: Předslovanská hradiště v jižních a západních Čechách. PA 43, 21–43.

MENŠÍK, P., 2013: Raně středověká mohylová pohřebiště na Táborsku. Některé výsledky zjištěné na základě povrchového průzkumu v letech 2008–2010. In Archeologické prospekce a nedestruktivní archeologie v Jihočeském kraji, kraji Vysočina, Jihomoravském kraji a v Dolním Rakousku. České Budějovice: Jihočeské muzeum v Českých Budějovicích, 207–213.

METLIČKA, M. 2008: Pravěká a raně středověká hradiště v západních Čechách. Plzeň: Západočeská univerzita. Nepubl. diplomová práce.

MIŠTĚRA, L., 1996: Geografie západočeské oblasti. Plzeň.

MUSSON, Ch., 2011: Training for the future: cooperation across Europe. In: Cowley, D. (ed.), Remote Sensing for Archaeological Heritage Management. EAC Symposium Paper No. 5.

NEUSTUPNÝ, E., 1994a: Settlement area theory in Bohemian archaeology. Památky archeologické – Supplementum 1, 1994, 248–258.

NEUSTUPNÝ, E. 1994b: Role databází v archeologii, *Archeologické rozhledy* 46, 121–128.

POCHE, E., 1977: *Umělecké památky Čech*, Svazek I. Praha.

RACZKOWSKI, W. 2011: Integrating survey data – the Polish AZP and beyond. In: Cowley, D. (ed), *Remote Sensing for Archaeological Heritage Management*. EAC Occasional Paper No. 5, 153–160.

ROŽMBERSKÝ, P., 1987: Trojany, o. Bílov, okr. Plzeň-sever. *Výzkumy v Čechách* 1984–1985, 210.

ROŽMBERSKÝ, P., 1999: *Dvory plaských cisterciáků*, Plzeň.

SHAW, R., – CORNS, A., 2011: High resolution LiDAR specifically for archaeology: are we fully exploiting this valuable resource?, IN: David C. Cowley (ed.), *Remote sensing for archaeological heritage management*, Budapest, 79–89.

SOUDSKÁ, E. 1972: Pozdně haštatské a starolaténské pohřebiště v Manětíně, *Archeologické rozhledy* 24/3, 295–304, 365–366.

SOUDSKÁ, E. 1992: Počátky keltské civilizace v Čechách. Manětín – Hrádek, pohřebiště z období formace keltských kultur, *Sborník Západočeského muzea v Plzni, Historie* 8, 97–108.

SOUKUPOVÁ, D. 1983: Nová eneolitická výšinná sídliště na okrese Plzeň-sever. *Archeologické rozhledy* 35, 148–157.

STARKOVÁ, L. 2012: Verifikace obtížně interpretovatelných dat leteckého průzkumu. Plzeň: Západočeská univerzita. Nepubl. disertační práce.

STARKOVÁ, L. 2010 LIDAR. Potenciál a využití laserového skeneru na příkladu studie národního parku České Švýcarsko. In: Gojda (ed.) *Studie k dálkovému průzkumu v archeologii*. *Studies in Remote Sensing for Archaeology*. Plzeň, Katedra archeologie Fakulty Filozofické, Západočeská univerzita v Plzni.

ŠALDOVÁ, V. 1965: Západní Čechy v pozdní době bronzové – Pohřebiště Nynice I. Památky archeologické 56, 1–96.

ŠALDOVÁ, V. 1981: Rovinná sídliště pozdní doby bronzové v západních Čechách. Památky archeologické 72, 93–152.

ŠALDOVÁ, V. 1983: Sídlíštní formy z pozdní doby bronzové v západních Čechách. Památky archeologické 74, 316–349.

ŠMEJDA, L. 2009: Mapování archeologického potenciálu pomocí leteckých snímků. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni.

TILLEY, CH., 1994. A phenomenology of landscape: places, paths and monuments. Oxford.

VERHOEVEN, G., 2009: Providing an Archaeological Bird's-eye View an Overall Picture of Ground-based Meansto Execute Low-altitude Aerial Photography (LAAP) in Archaeology, Archaeological Prospection 16, 233–249.

WALLACE, L., – LUCIEER, L., – WATSON, C., 2012: Assessing the feasibility of UAV-BASED lidar for high resolution forest change detection. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 39, 499–504.

WEITKAMP, C., 2005: Lidar: Range-Resolved Optical Remote Sensing of the Atmosphere, Singapore.

ZAKŠEK, K. – OŠTIR, K. – KOKALJ, Ž. 2011: Sky-View Factor as a Relief Visualization Technique, Remote Sensing 3, 398–415.

Internetové zdroje

https://www.czso.cz/csu/xp/charakteristika_okresu_plzen_sever (15. 10. 2016)

<http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/> (15. 10. 2016)

<http://www.discoveryprogramme.ie/research> (20. 11. 2016)

<http://www.discoveryprogramme.ie/research/15-research/199-tara-research-project> (20. 11. 2016)

[http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(npypxqmspmi33w4ayt0kytsi\)\)/Default.aspx?mode=eShop&head_tab=sekce-01-gp&menu=13#](http://geoportal.cuzk.cz/(S(npypxqmspmi33w4ayt0kytsi))/Default.aspx?mode=eShop&head_tab=sekce-01-gp&menu=13#) (15. 10. 2016)

<http://www.jchance.com/services/lidar-services/fli-map-400/> (18. 9. 2016)

12 SUMMARY

This thesis is focused on identification of immobile archaeological relics in wooded landscape using data from airborne laser scanning. The research area is centered around Plasy, a heavily rugged and wooded region with river Střela flowing through it. It is archaeologically not very known area which means it is ideal testing ground for the potential use of airborne laser scanning in the field of archaeological prospection. There was a digital model relief made using several visualization methods for the documentation of human activities in this area. Their comparison was made mainly on the example of hillforts in the Střela catch basin.

Identified features were sorted into three main groups – Point, Line and Polygon. Small features were sorted into group Point – burial mounds, charcoal piles, pits, exploitation shafts and other features without identification. Group Line consists mainly of hollow ways, abolished ways, ramparts, ditches, cairns, lynchets and other non-recognizable line features. In this case they are elongated features with clear directions. The last group consist of large features or groups of features, typically exploitation areas with number of pits, castles, strongholds or deserted villages. In this group, there are also some identified pseudo-features.

With this method, there was 2423 archaeological features and 79 pseudo-features identified. Out of this it was 453 point features, 1747 line features and 256 polygon features.

It is clear, that fortified sites were built on the promontory with a respect to nature and using the local topography. Most common local fortifications are using partition ramparts. Circumferential fortification was not necessary to use because the degree of incline and the slope of hillside of the promontories was offering a natural protection. Other features connected to human activity such as deserted villages and their field systems, exploitation areas and groups of charcoal piles were found. On the DMR we can clearly see hollow and abolished ways, which were identified also in not wooded areas. Close to the site Dolní Hradiště was located burial ground with mounds which can be preliminary classified as early medieval. The exploration of the Střela catch basin ensured at least factionary knowledge about the landscape and it's changes during the history.

The features were identified with visualization methods offered by ArcMap 10.2 program, but there were also methods from the Relief Visualization Toolbox program tested. For the application, it seems that there is not one universal method, every single one of them is useful for some kind of work. Almost every visualization method can be adjusted by chosen parameters and because of that the DMR output can be affected. When working with the digital models we need to remember that it is just a model and put it into account.

13 SEZNAM PŘÍLOH

Obr. 1: Okr. Plzeň-sever. Vymezení sledovaného území – červená linie.

Obr. 2: Příklad postupu zpracování dat pro DMR. A – jednotlivé body. B – interpolace dat pomocí spline. C – první úroveň vizualizace dat pomocí hillshade a slope s transparentí 50 %. D – příklad druhé úroveň vizualizace dat pomocí hillshading of multiple directions.

Obr. 3: Pseudoobjekty v podobě mohylníku způsobené nedokonalým odfiltrováním vegetace jižně od města Plasy. Pseudoobjekty jsou označeny černými body. A – model hillshade. B – ortofoto.

Obr. 4: Pseudoobjekty v podobě pravidelných linií způsobené pravidelnou výsadbou lesa. Pseudoobjekty jsou vyznačené černými liniemi. A – model hillshade. B – ortofoto.

Obr. 5: Poloha mohylníku předběžně datovaného do RS k hradišti Dolní Hradiště, kde je doložené osídlení v 9. století. Vizualizace pomocí hillshade v kombinaci se slope s transparentí 50 %.

Obr. 6: Vizualizace neznámého mohylníku 2,5 km západně od hradiště Dolní Hradiště dle metody druhé úrovně vizualizace dat. A – hillshading of multiple directions. B – sky-view factor. C – openness positive. D – local relief model.

Obr. 7: Rozmístění milířů ve vybraném úseku krajiny, jihozápadně od obce Kočín. Nápadná je zejména linie ve středu plánu. Milíře jsou budovány po cca 80 m.

Obr. 8: Milíře východně od obce Kaznějov. Milíře jsou plánovaně umístěny vzhledem k četným erozním rýhám.

Obr. 9: Vizualizace těžebních šachet jižně od obce Babina u Plas. Červená šipka ukazuje na zatopenou šachtu. Model hillshade a slope s transparentí 50 %.

Obr. 10: Vizualizace těžebních areálů a samostatných jam severně od obce Bukovina. Těžební areály jsou tvořeny kumulací jam. Model hillshade v kombinaci se základní topografickou mapou ČR s transparentí 50 %.

Obr. 11: Mezní pásy západně od obce Trojany. Model hillshade v kombinaci se základní topografickou mapou ČR s transparentí 50 %.

Obr. 12: Zaniklé polní systémy v okolí zaniklé vsi Trojany – Újezd. Model hillshade v kombinaci se základní topografickou mapou ČR s transparentí 50 %.

Obr. 13: Zaniklé polní systémy v okolí zaniklé vsi Trojany – Újezd bez vykreslení. Model hillshade.

Obr. 14: Identifikované mezní pásy v nezalesněném prostředí západně od obce Čívce. Model hillshade v kombinaci se základní topografickou mapou ČR s transparentí 50 %.

Obr. 15: Identifikované mezní pásy v nezalesněném prostředí západně od obce Čívce bez vykreslení. Model hillshade.

Obr. 16: Úvozové cesty v okolí města Plasy. Model hillshade v kombinaci se základní topografickou mapou ČR s transparentí 50 %.

Obr. 17: Velmi výrazné svazky úvozových cest v okolí zaniklé tvrze Nebřeziny. Některé úvozové cesty se napojují na erozní rýhy. Model hillshade v kombinaci se základní topografickou mapou ČR s transparentí 50 %.

Obr. 18: Četné vozové cesty s menší mírou zahloubení v blízkosti milířišť a těžebních areálů. Model hillshade v kombinaci se základní topografickou mapou ČR s transparentí 50 %.

Obr. 19: Identifikace částí zaniklých komunikací v nezalesněném prostředí v okolí obce Čívice. A – Mapa II. vojenského mapování. B – model hillshade.

Obr. 20: Vizualizace hradu Libštejn a přilehlých bašt. A. – model hillshade. B – model sky-view factor.

Obr. 21: Areál zaniklé vsi Čečín. A – model hillshade s vyznačením rozsahu zástavby a možné tvrze. B – model hillshade bez vyznačení.

Obr. 22: Areál zaniklé vsi Obořice a přilehlé polní systémy. Model hillshade.

Obr. 23: Vizualizace tvrziště u Nebřezin. A – model hillshade. B – model hillshade v kombinaci se základní topografickou mapou ČR s transparentí 50 %.

Obr. 25: Dvůr Sechutice a objekt dokládající možnou existenci tvrze (červená šipka).

Obr. 26: Četné těžební areály v blízkosti dvora Hubenov (červená šipka).

Obr. 27: Vizualizace hradiště Babina. A – model hillshade a slope s transparentí 50 %. B – model hillshade of multiple direction. C – model openness positive. D – model sky-view factor.

Obr. 28: Vizualizace hradiště Dolní Hradiště. A – model hillshade a slope s transparentí 50 %. B – model hillshade of multiple direction. C – model openness positive. D – model sky-view factor.

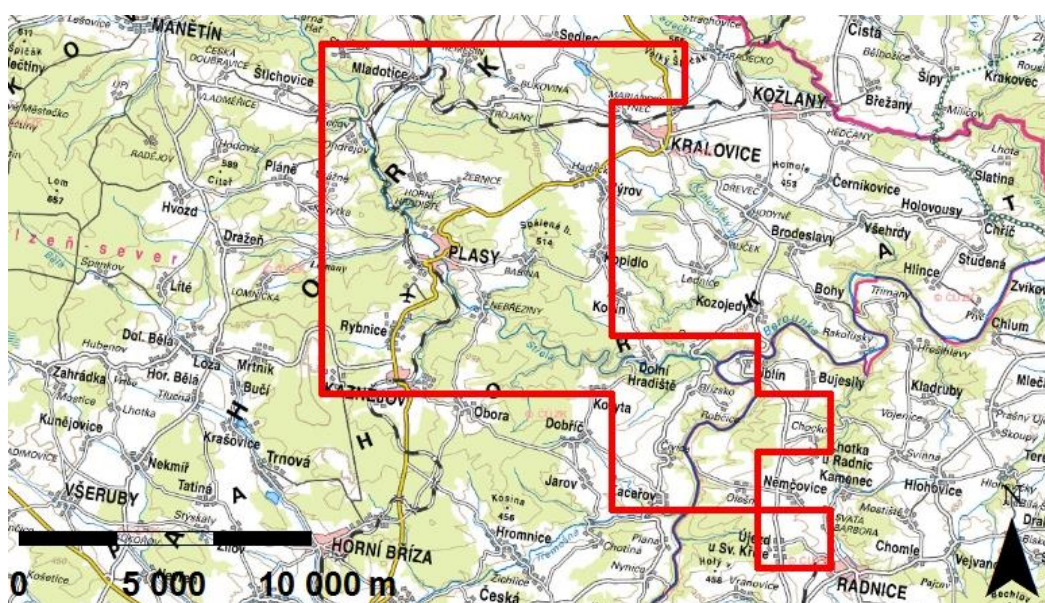
Obr. 29: Vizualizace hradiště Horní Hradiště. A – model hillshade a slope s transparentí 50 %. B – model hillshade of multiple direction. C – model openness positive. D – model sky-view factor.

Obr. 30: Vizualizace výšinného sídliště Obora. Model hillshade a slope s transparentí 50 %.

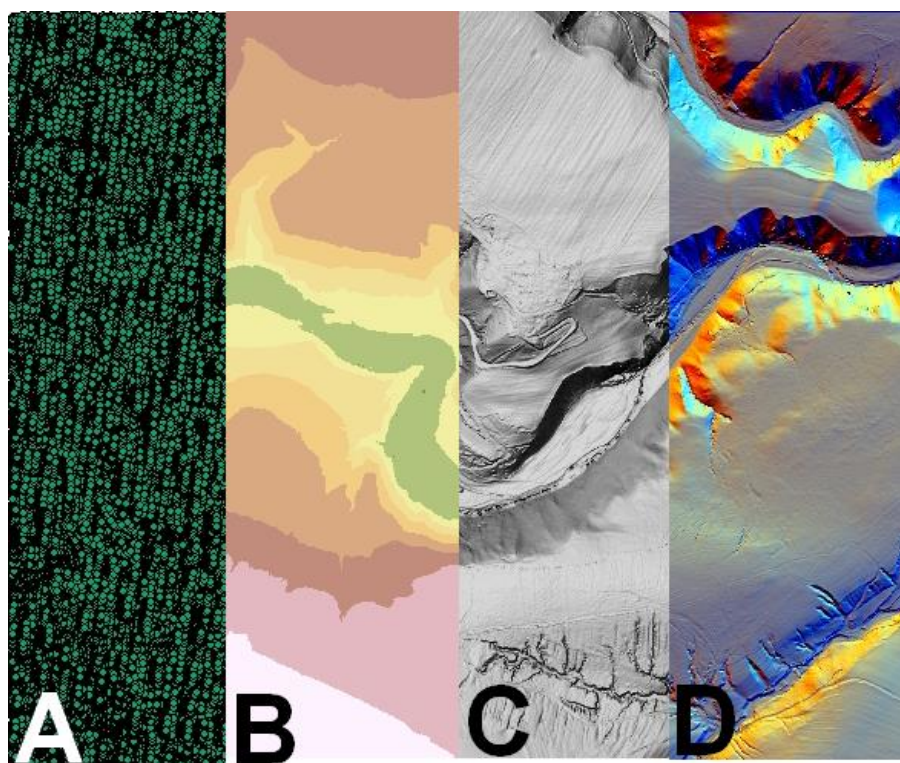
Obr. 31: Vizualizace výšinného sídliště Obora. A – local relief model. B – model hillshade of multiple direction. C – model openness positive. D – model sky-view factor.

Obr. 32: Vybraný úsek krajiny s doklady různého využití.

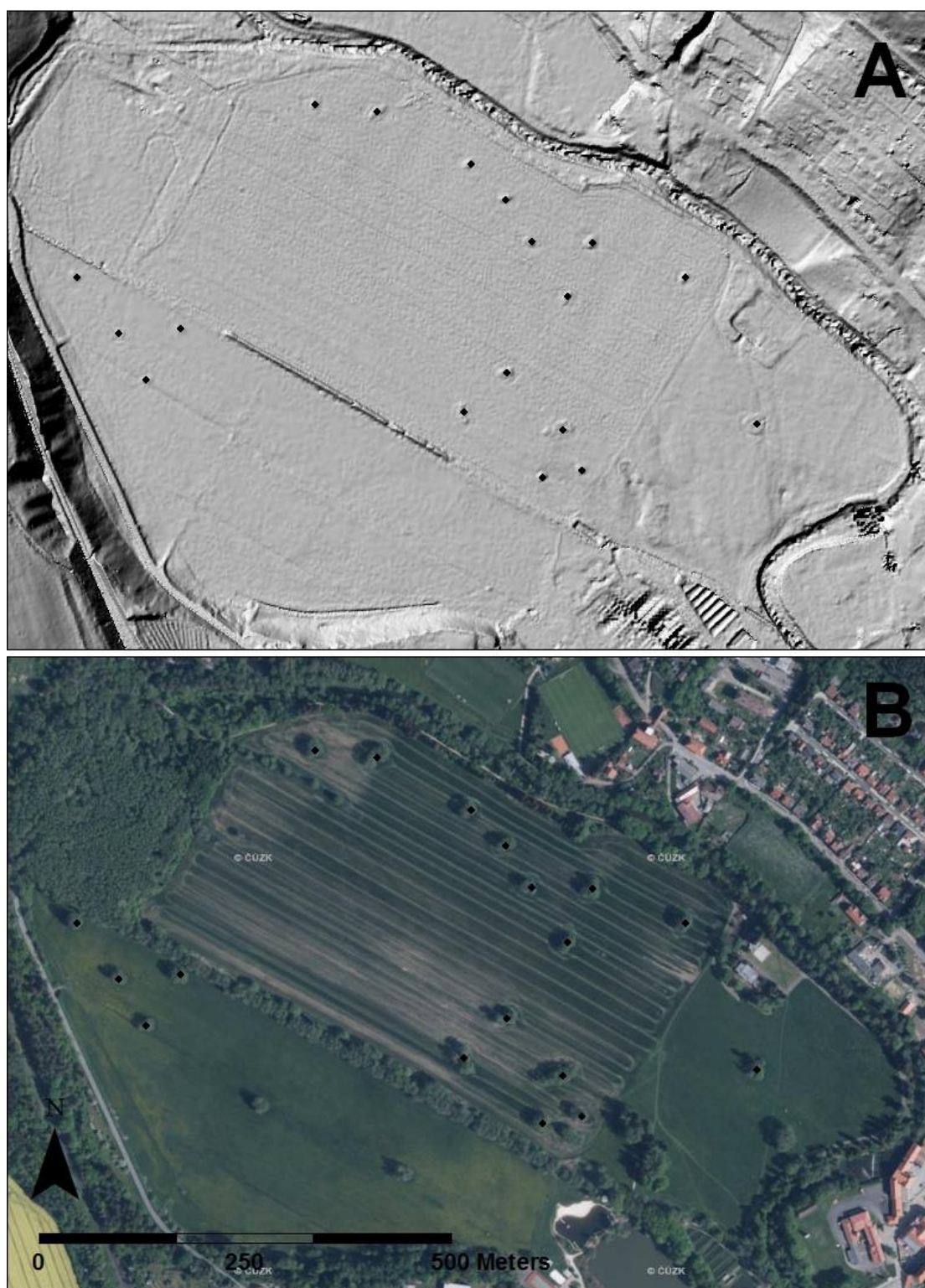
14 PŘÍLOHY



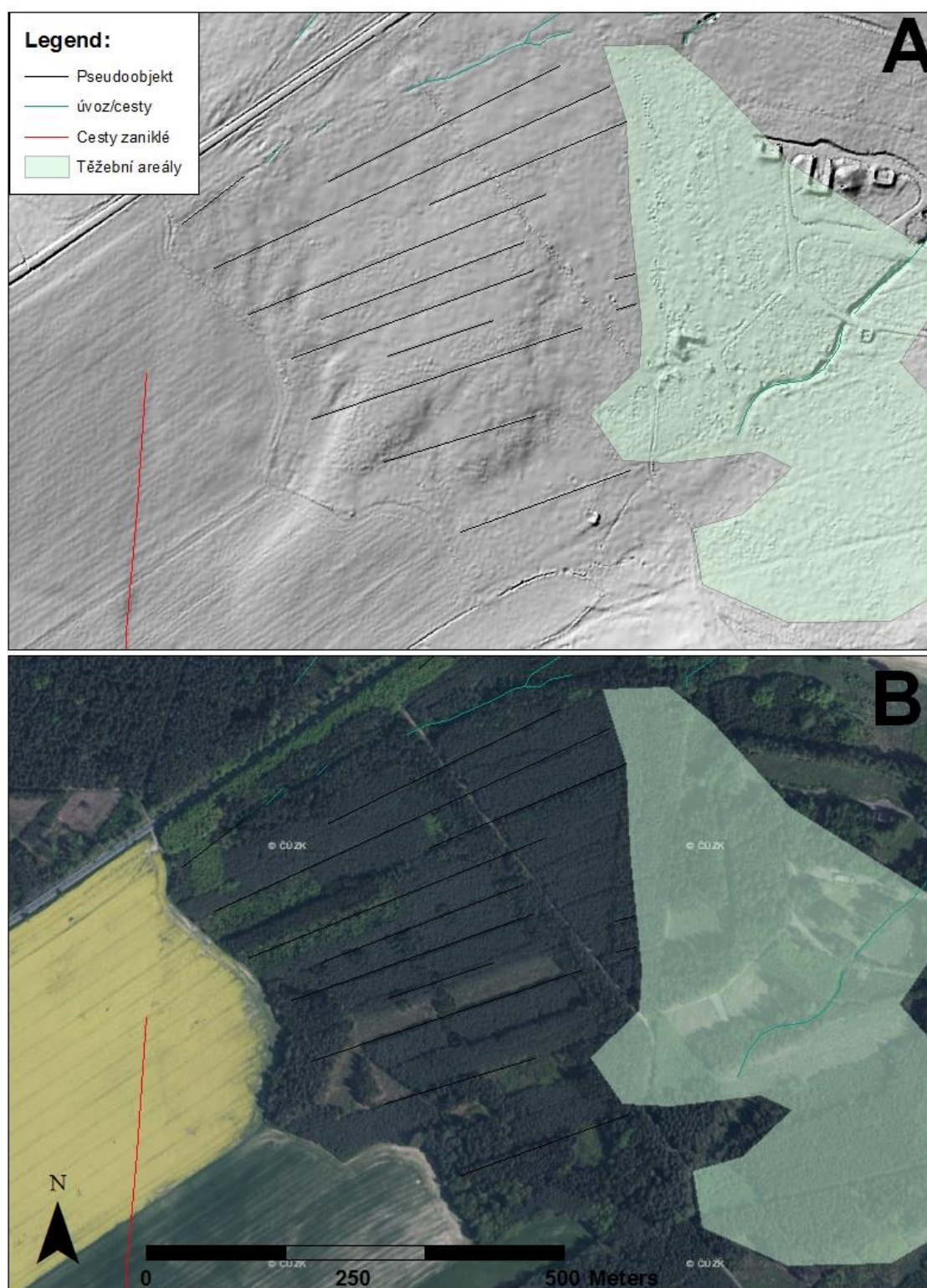
Obr. 1: Okr. Plzeň-sever. Vymezení sledovaného území – červená linie.



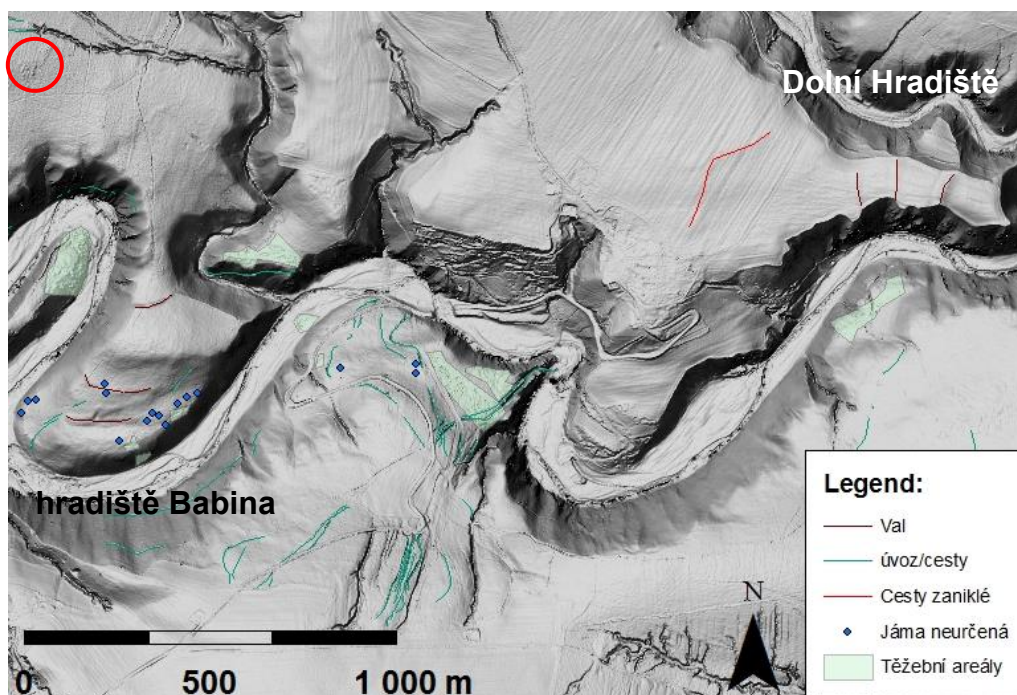
Obr. 2: Příklad postupu zpracování dat pro DMR. A – jednotlivé body. B – interpolace dat pomocí spline. C – první úroveň vizualizace dat pomocí hillshade a slope s transparentí 50 %. D – příklad druhé úroveň vizualizace dat pomocí hillshading of multiple directions.



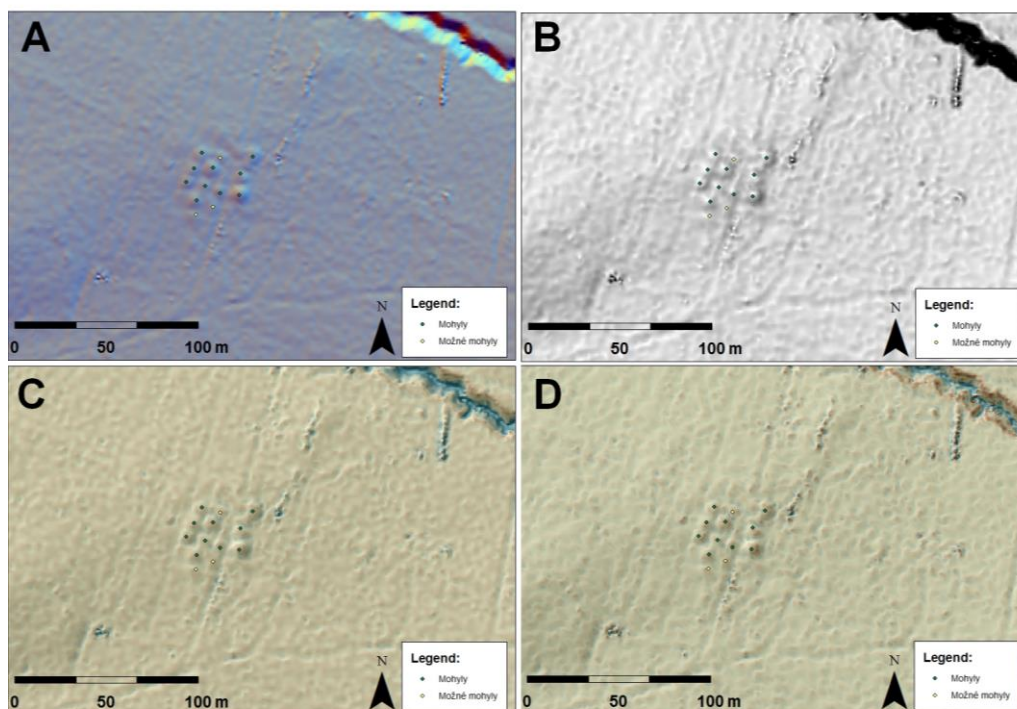
Obr. 3: Pseudoobjekty v podobě mohylníku způsobené nedokonalým odfiltrováním vegetace jižně od města Plasy. Pseudoobjekty jsou označeny černými body. A – model hillshade. B – ortofoto.



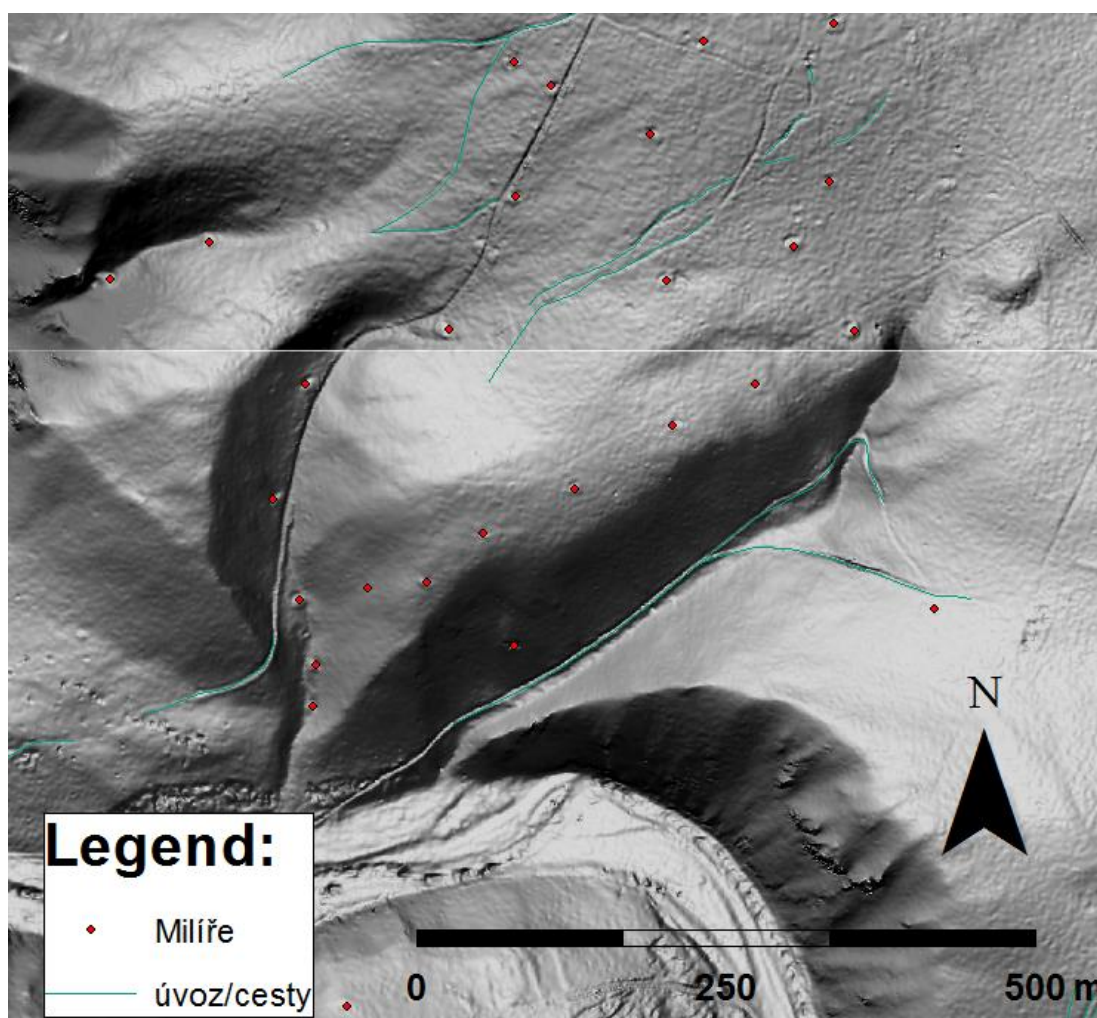
Obr. 4: Pseudoobjekty v podobě pravidelných linií způsobené pravidelnou výsadbou lesa. Pseudoobjekty jsou vyznačeny černými liniemi. A – model hillshade. B – ortofoto.



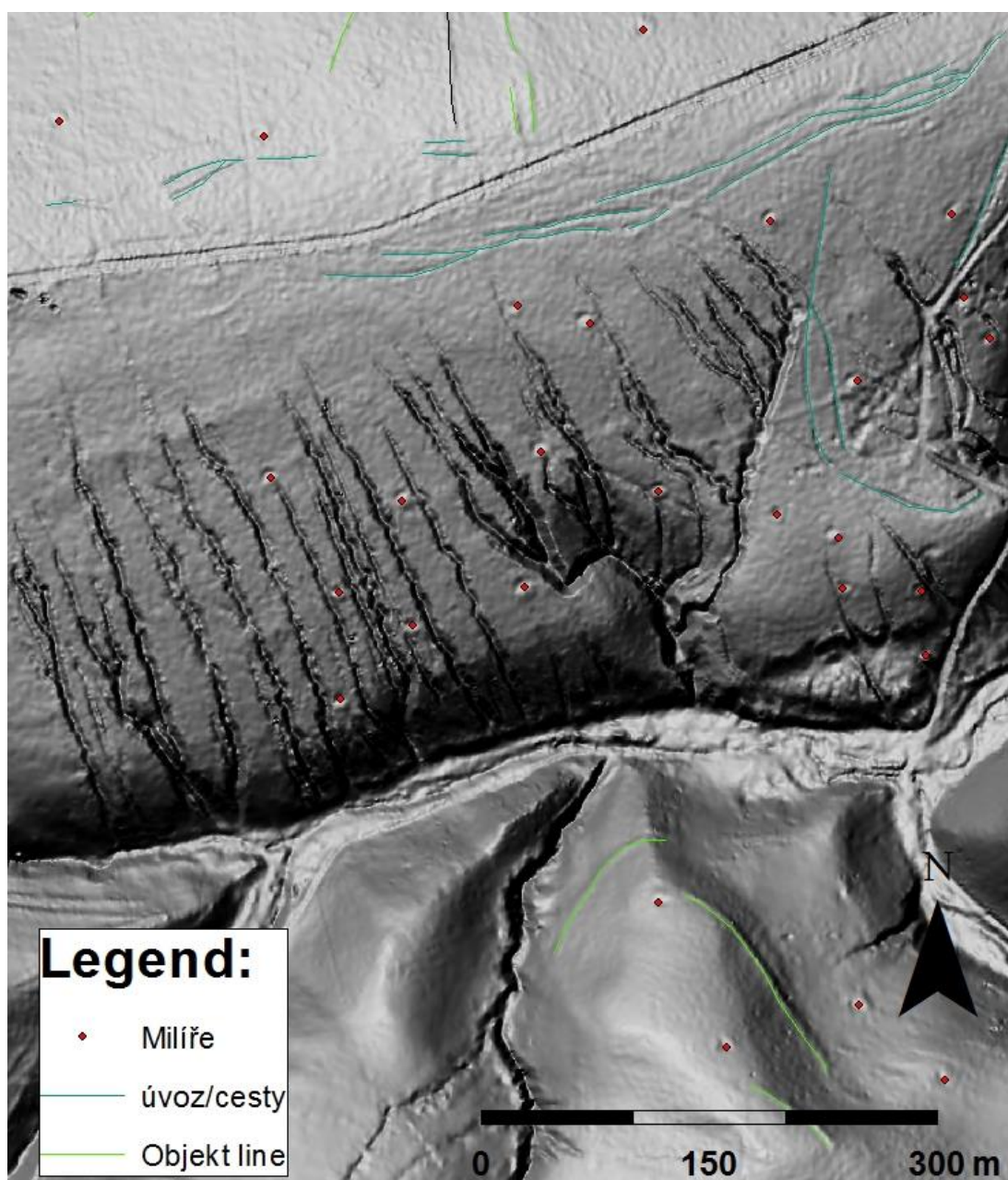
Obr. 5: Poloha pravděpodobně raně středověkého mohylníku (v červeném kroužku) k hradišti Dolní Hradiště, kde je osídlení doložené v 9. století. Vizualizace pomocí hillshade v kombinaci se slope s transparentcí 50 %.



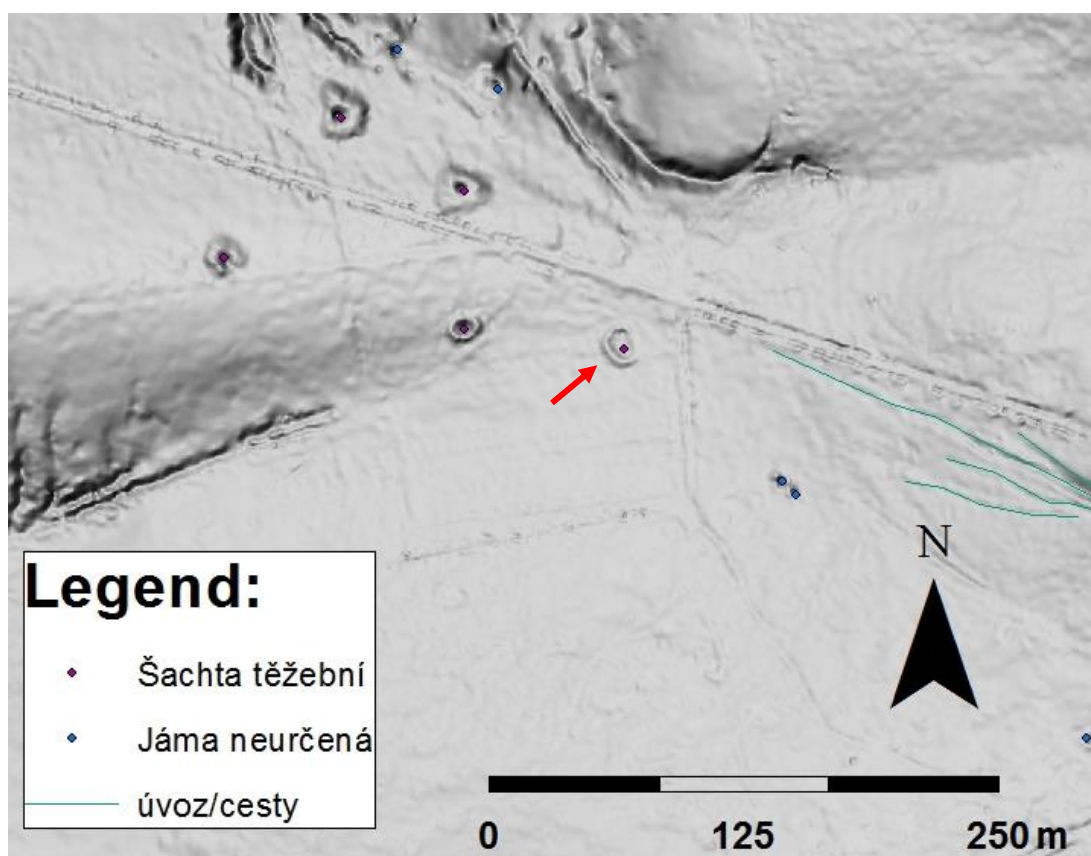
Obr. 6: Vizualizace neznámého mohylníku 2,5 km západně od hradiště Dolní Hradiště dle metody druhé úrovně vizualizace dat. A – hillshading of multiple directions. B – sky-view factor. C – openness positive. D – local relief model.



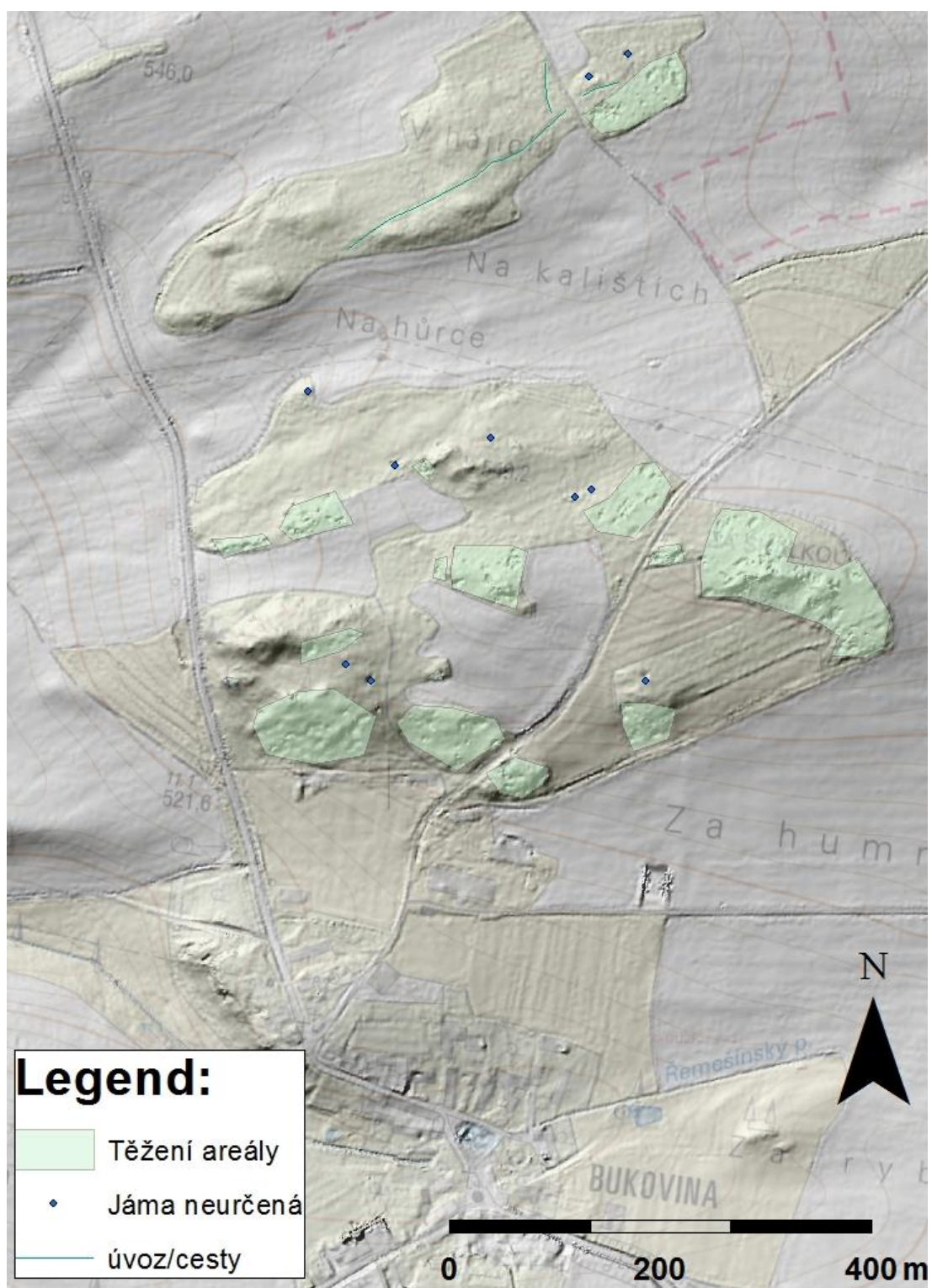
Obr. 7: Rozmístění jihozápadně od obce Kočín. Nápadná je zejména linie ve středu plánu. Milíře jsou budovány po cca 80 m. Vizualizace pomocí hillshade v kombinaci se slope s transparentí 50 %.



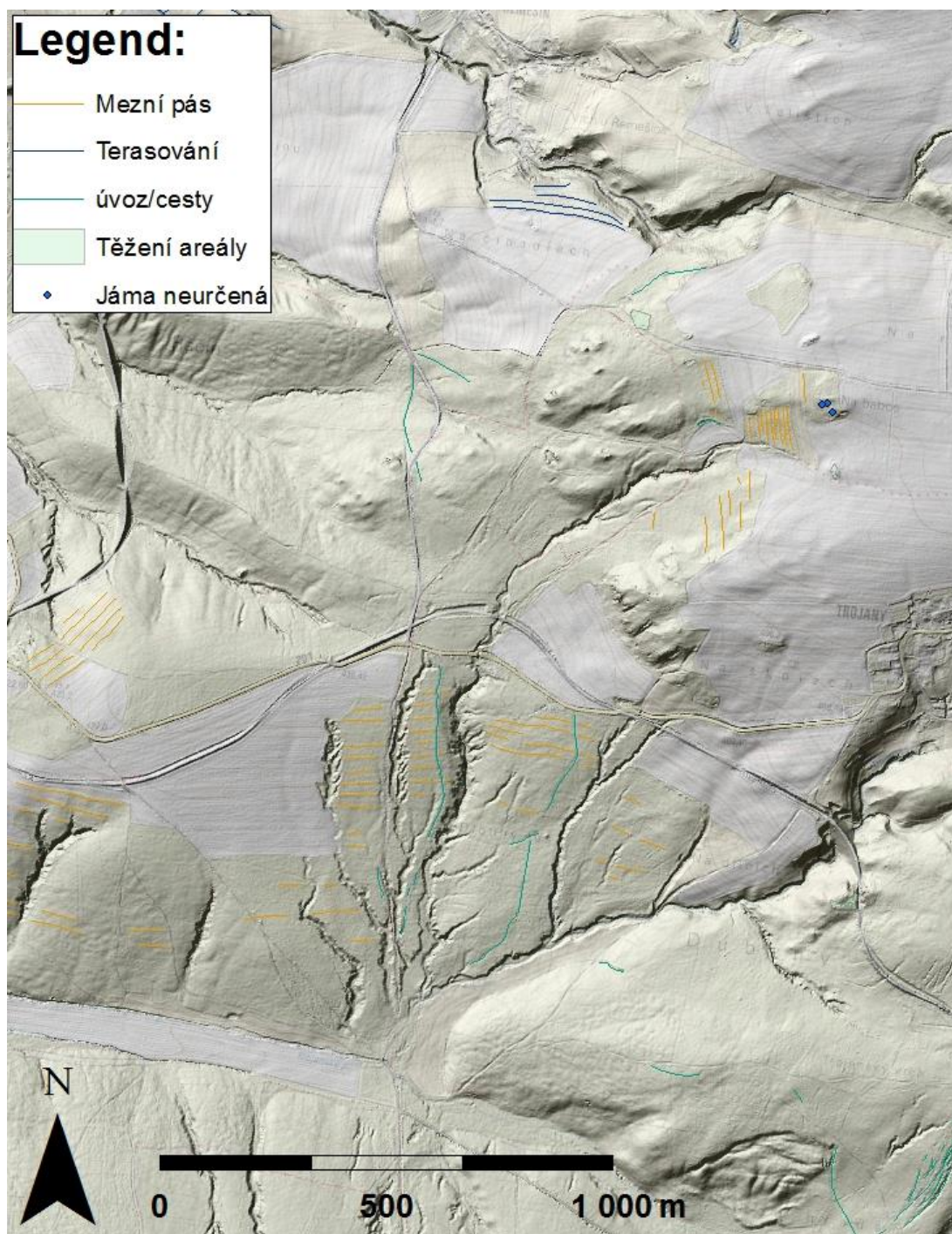
Obr. 8: Milíře východně od obce Kaznějov. Milíře jsou plánovaně umístěny vzhledem k četným erozním rýhám.



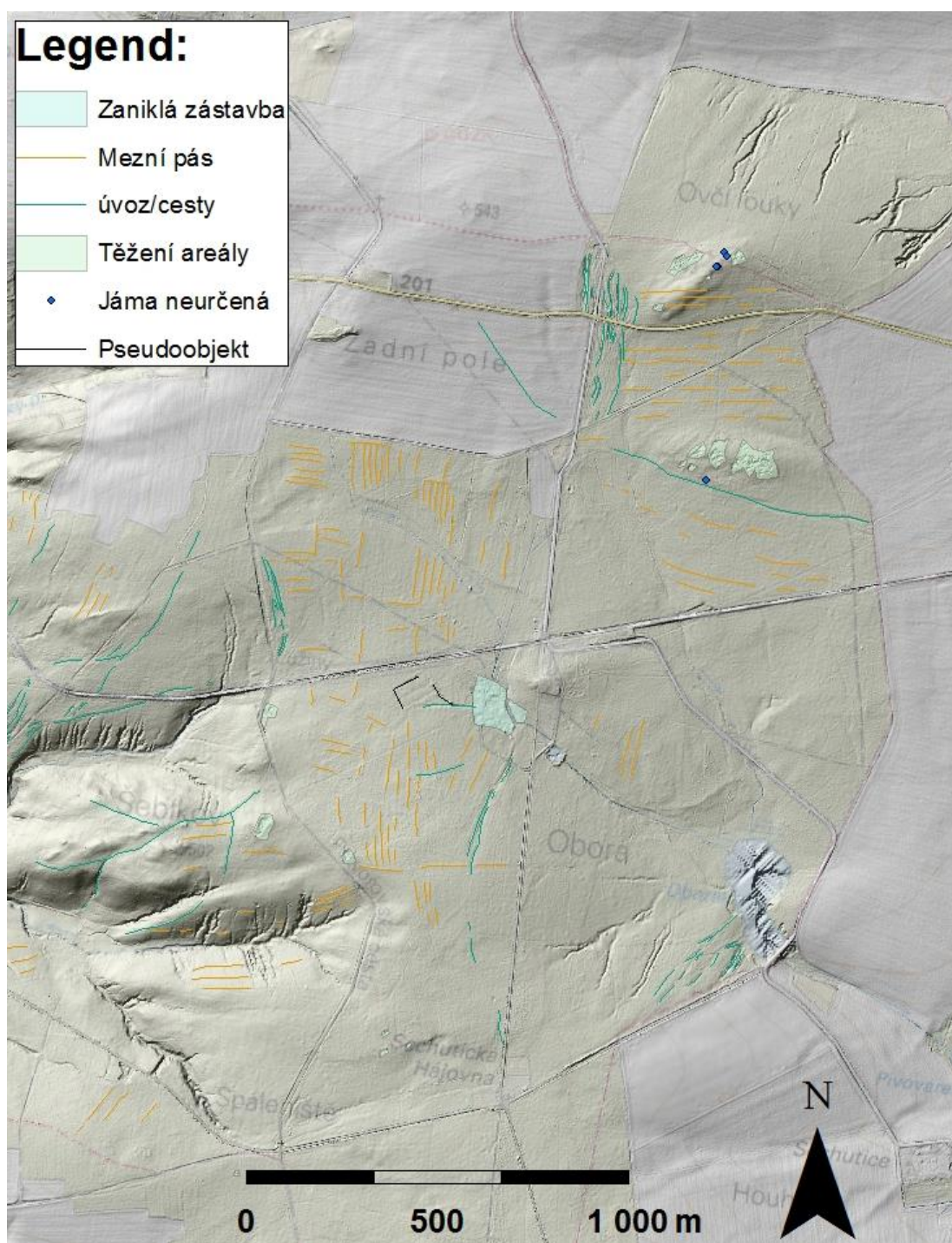
Obr. 9: Vizualizace těžebních šachet jižně od obce Babina u Plas. Červená šipka ukazuje na zatopenou šachtu. Model hillshade a slope s transparentí 50 %.



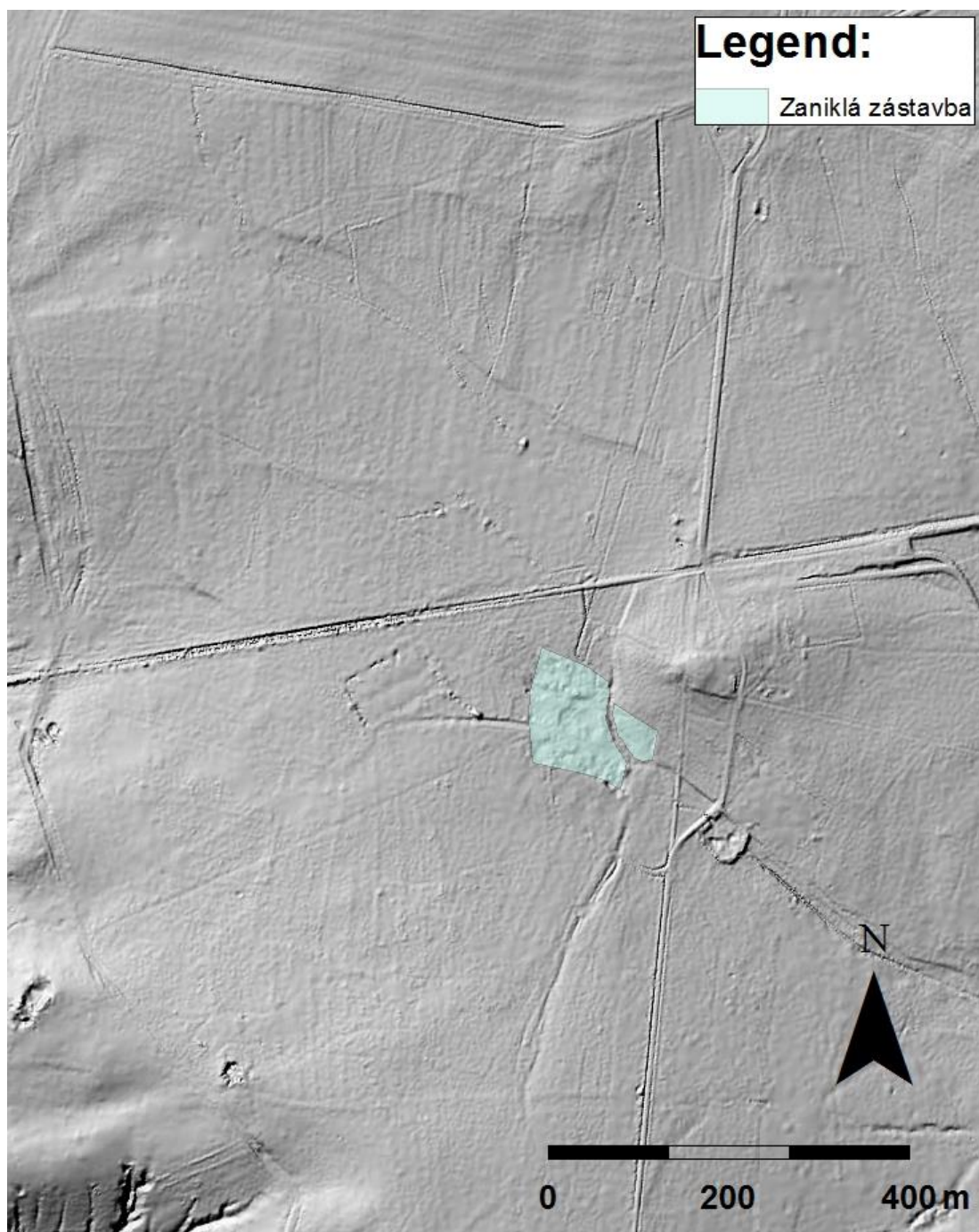
Obr. 10: Vizualizace těžebních areálů a samostatných jam severně od obce Bukovina. Těžební areály jsou tvořeny kumulací jam. Model hillshade v kombinaci se základní topografickou mapou ČR s transparentí 50 %.



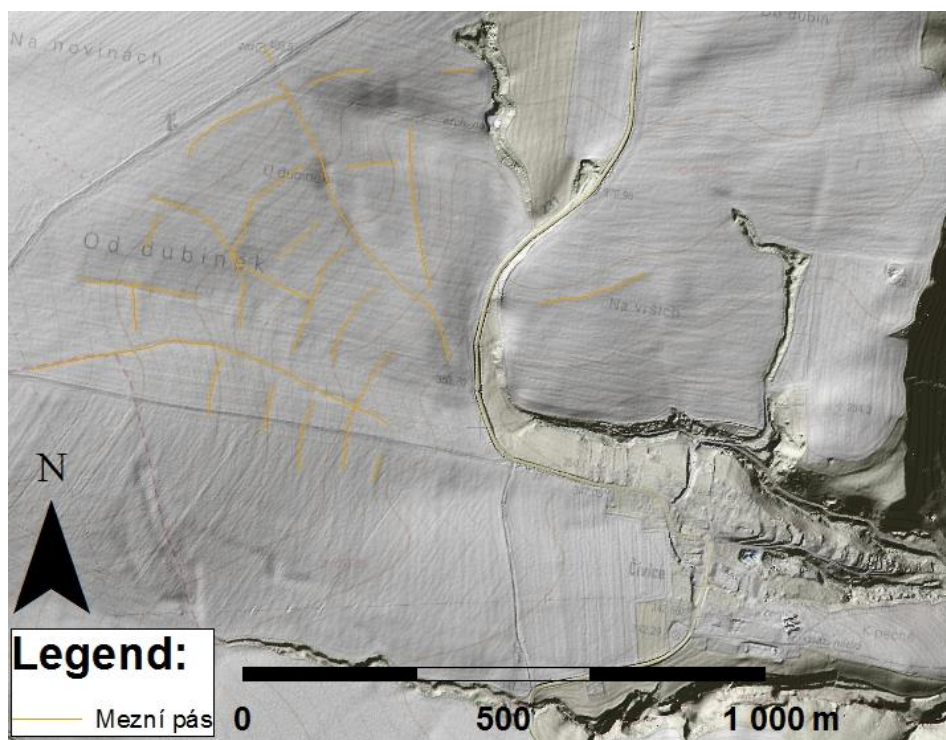
Obr. 11: Mezní pásy západně od obce Trojany. Model hillshade v kombinaci se základní topografickou mapou ČR s transparentí 50 %.



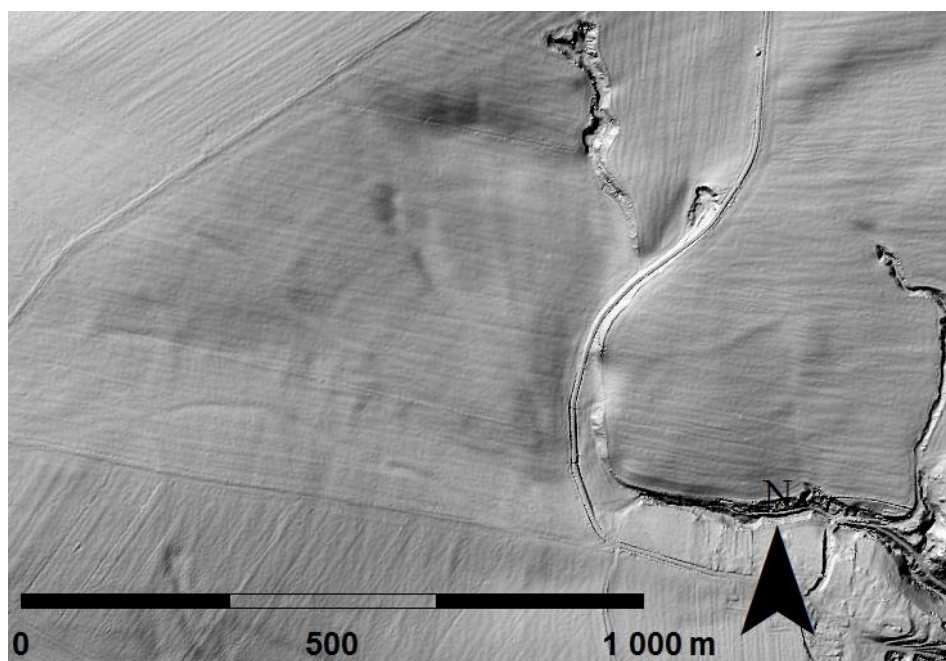
Obr. 12: Zaniklé polní systémy v okolí zaniklé vsi Trojany – Újezd. Model hillshade v kombinaci se základní topografickou mapou ČR s transparentí 50 %.



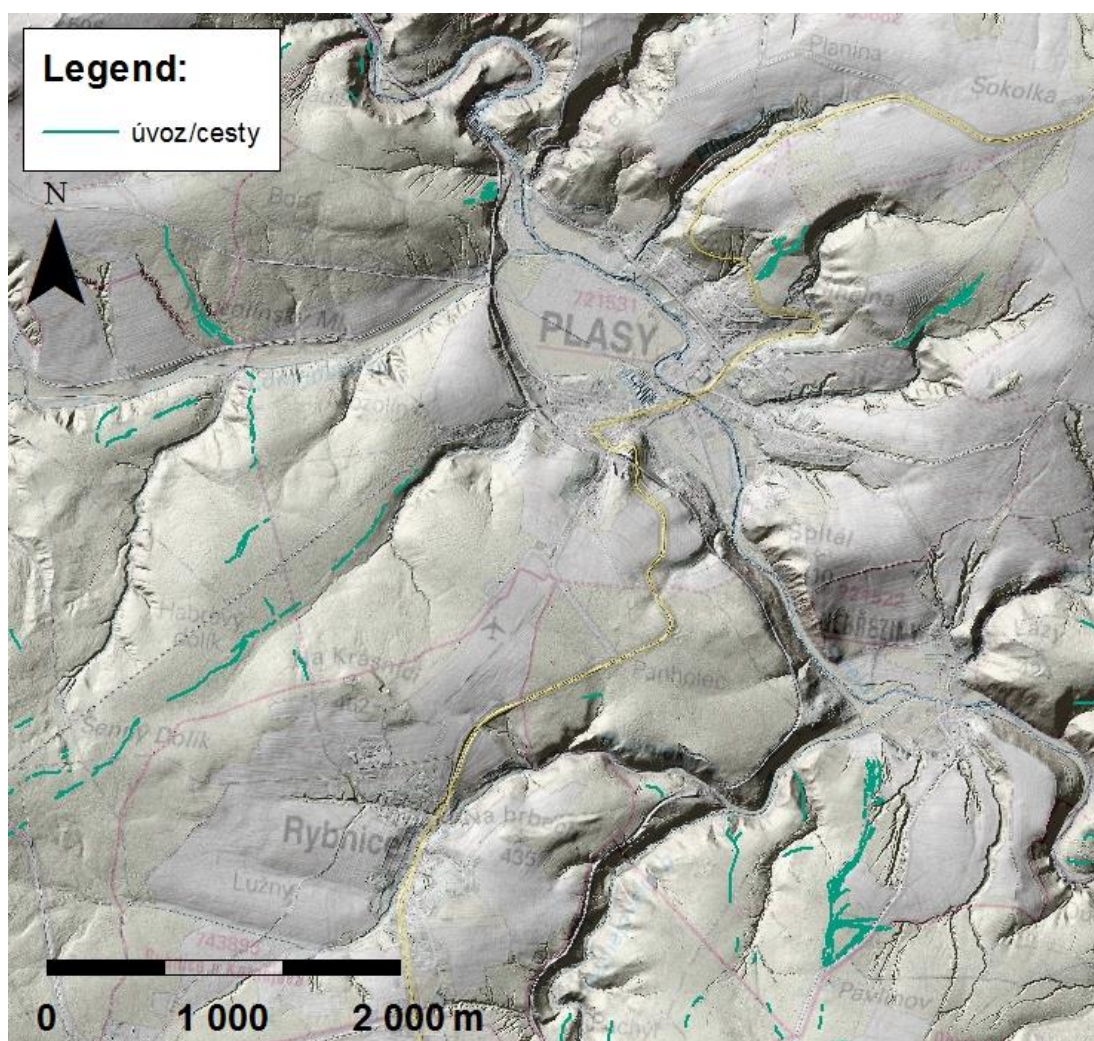
Obr. 13: Zaniklé polní systémy v okolí zaniklé vsi Trojany – Újezd bez vykreslení. Model hillshade.



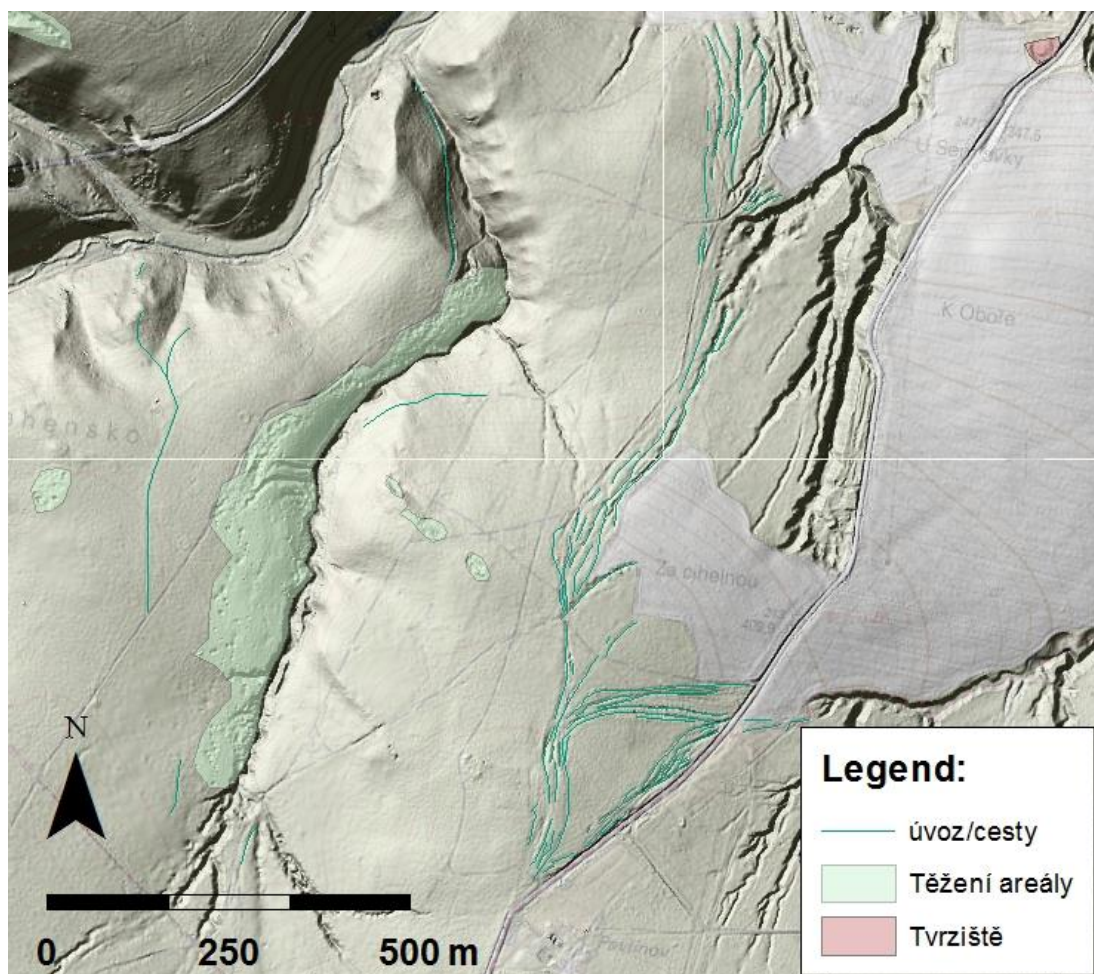
Obr. 14: Identifikované mezní pásy v nezalesněném prostředí západně od obce Čivice. Model hillshade v kombinaci se základní topografickou mapou ČR s transparentí 50 %.



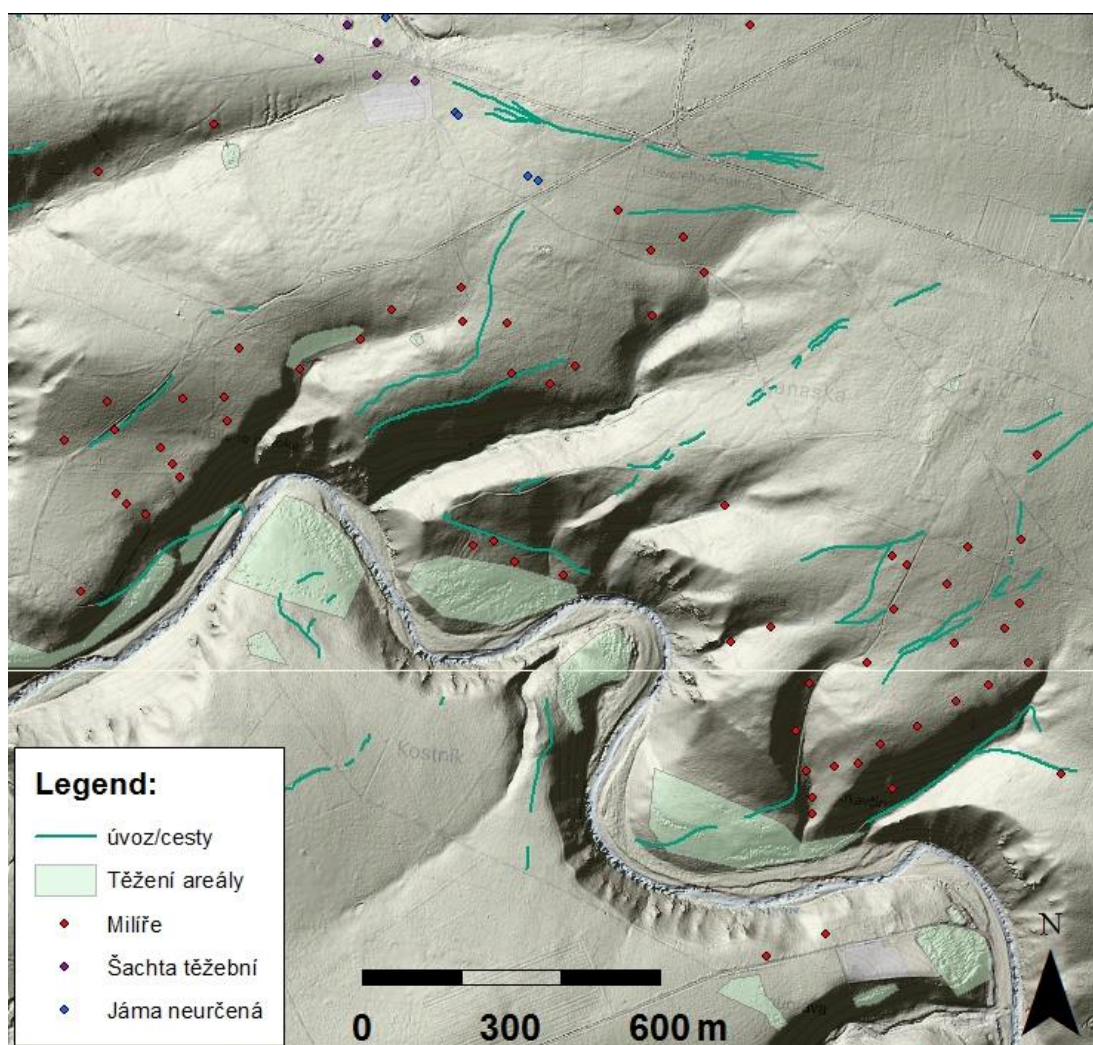
Obr. 15: Identifikované mezní pásy v nezalesněném prostředí západně od obce Čivice bez vykreslení. Model hillshade.



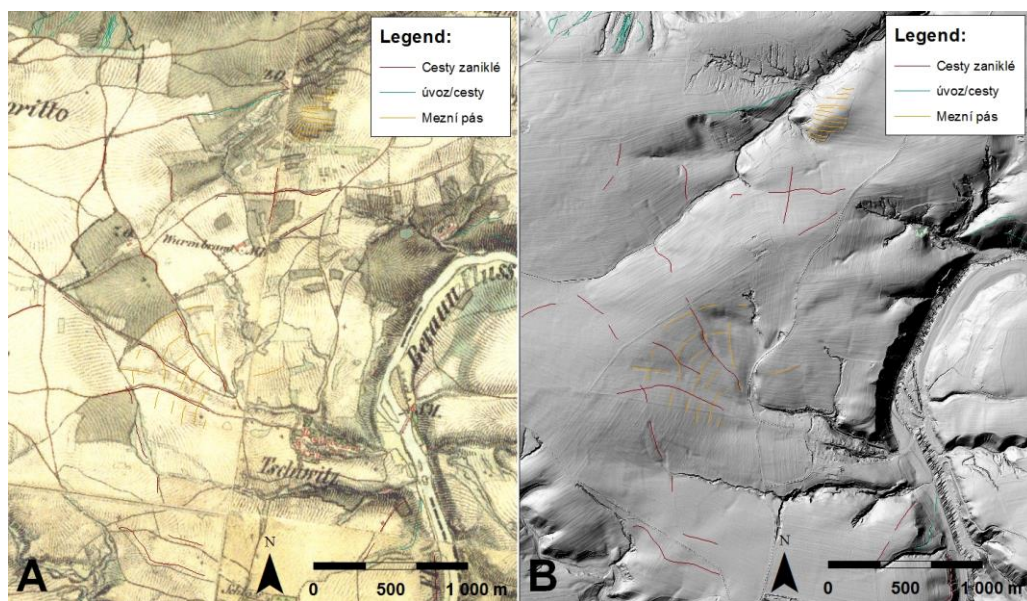
Obr. 16: Úvozové cesty v okolí města Plasy. Model hillshade v kombinaci se základní topografickou mapou ČR s transparentcí 50 %.



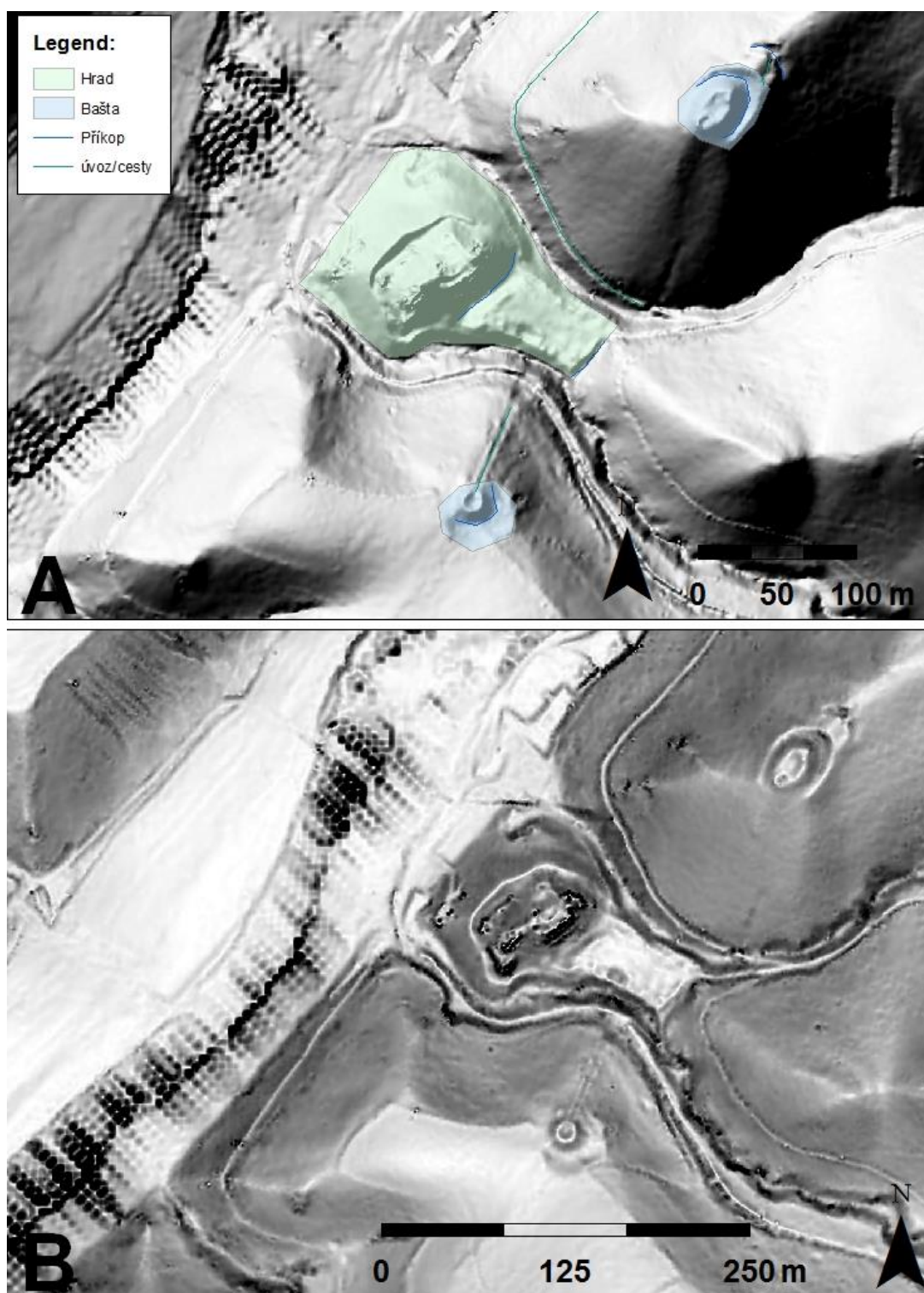
Obr. 17: Velmi výrazné svazky úvozových cest v okolí zaniklé tvrže Nebřeziny. Některé úvozové cesty se napojují na erozní rýhy. Model hillshade v kombinaci se základní topografickou mapou ČR s transparentí 50 %.



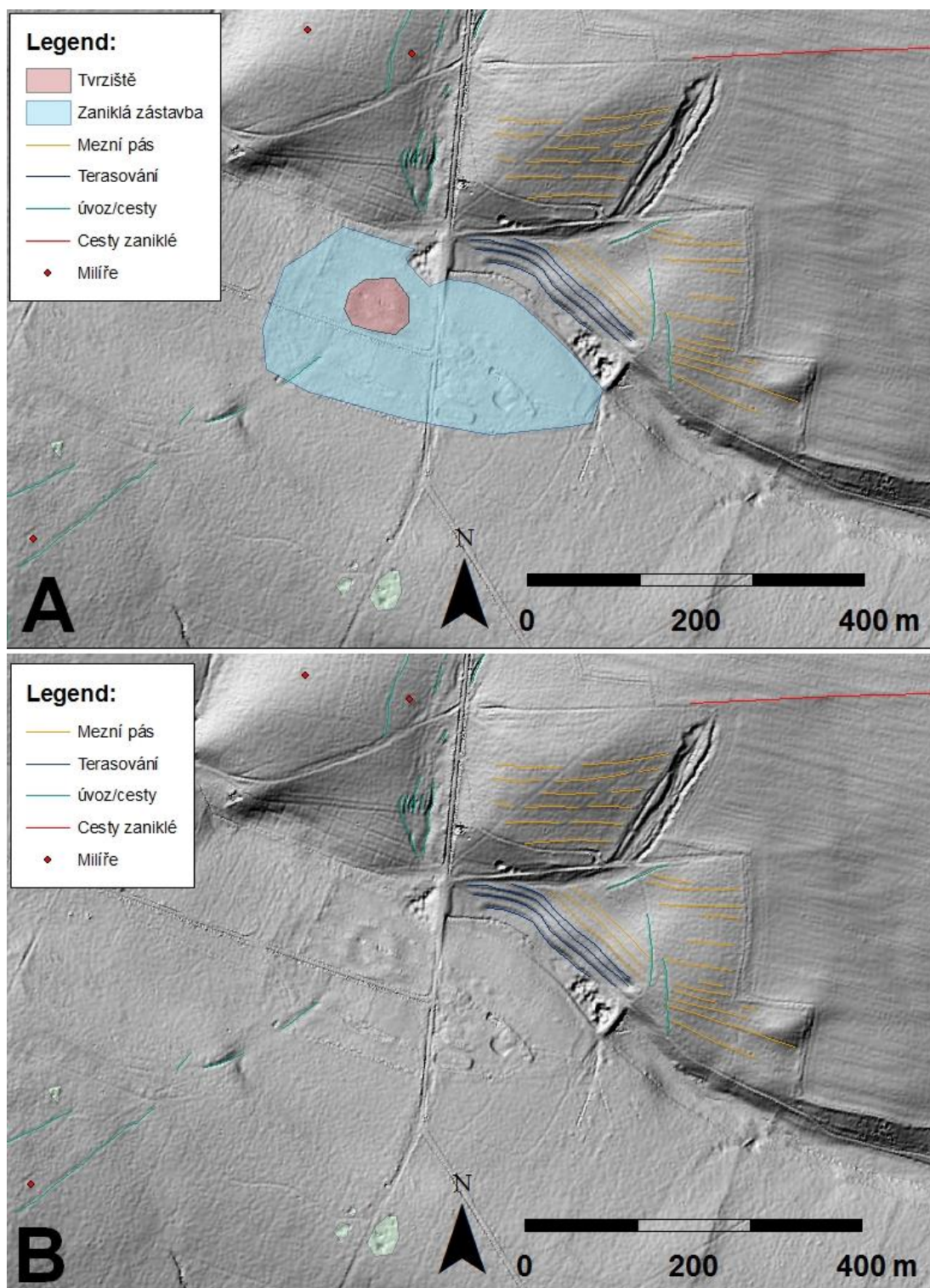
Obr. 18: Četné vozové cesty s menší mírou zahloubení v blízkosti milíříšť a těžebních areálů. Model hillshade v kombinaci se základní topografickou mapou ČR s transparentí 50 %.



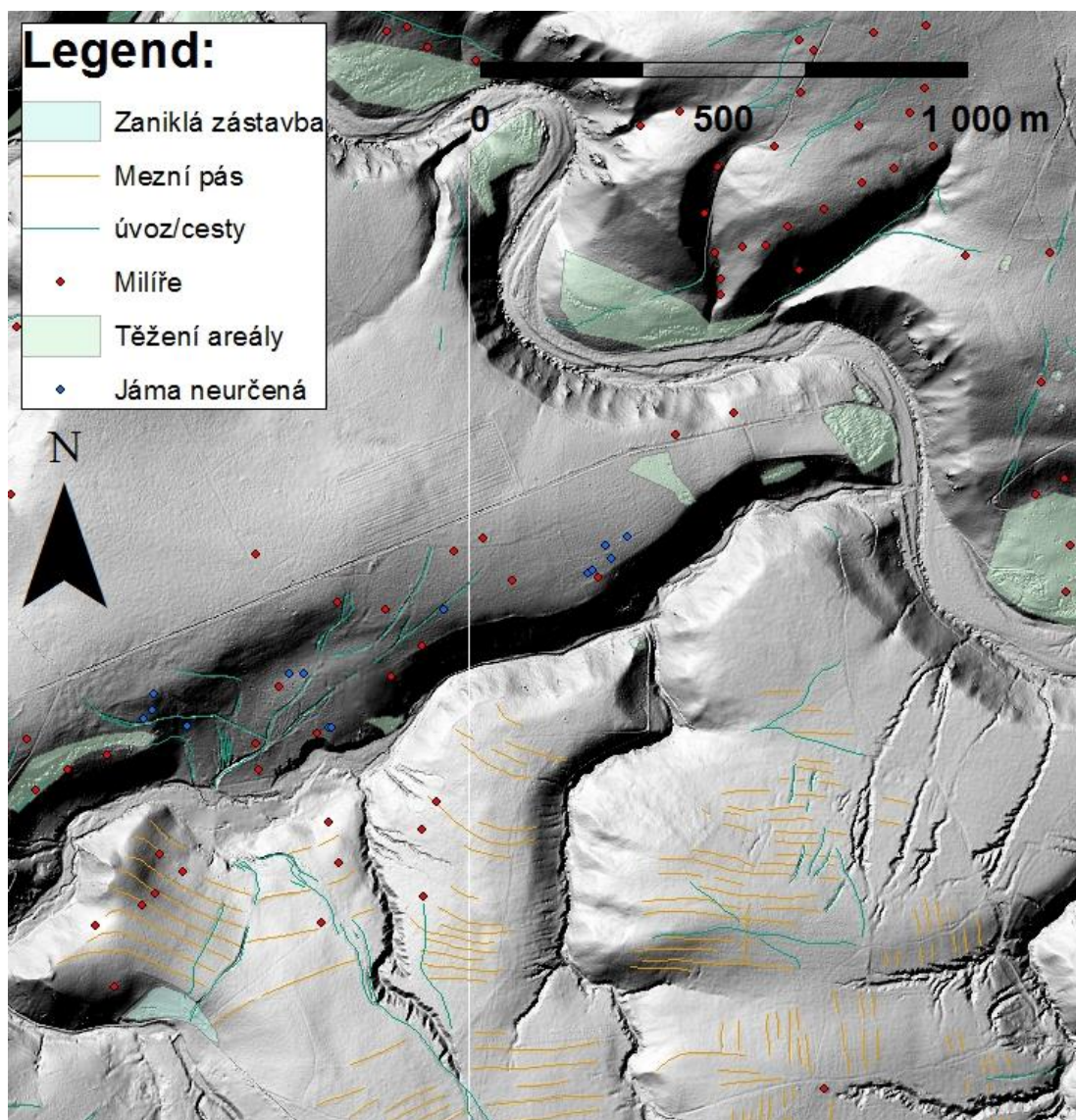
Obr. 19: Identifikace částí zaniklých komunikací v nezalesněném prostředí v okolí obce Čivice. A – Mapa II. vojenského mapování. B – model hillshade.



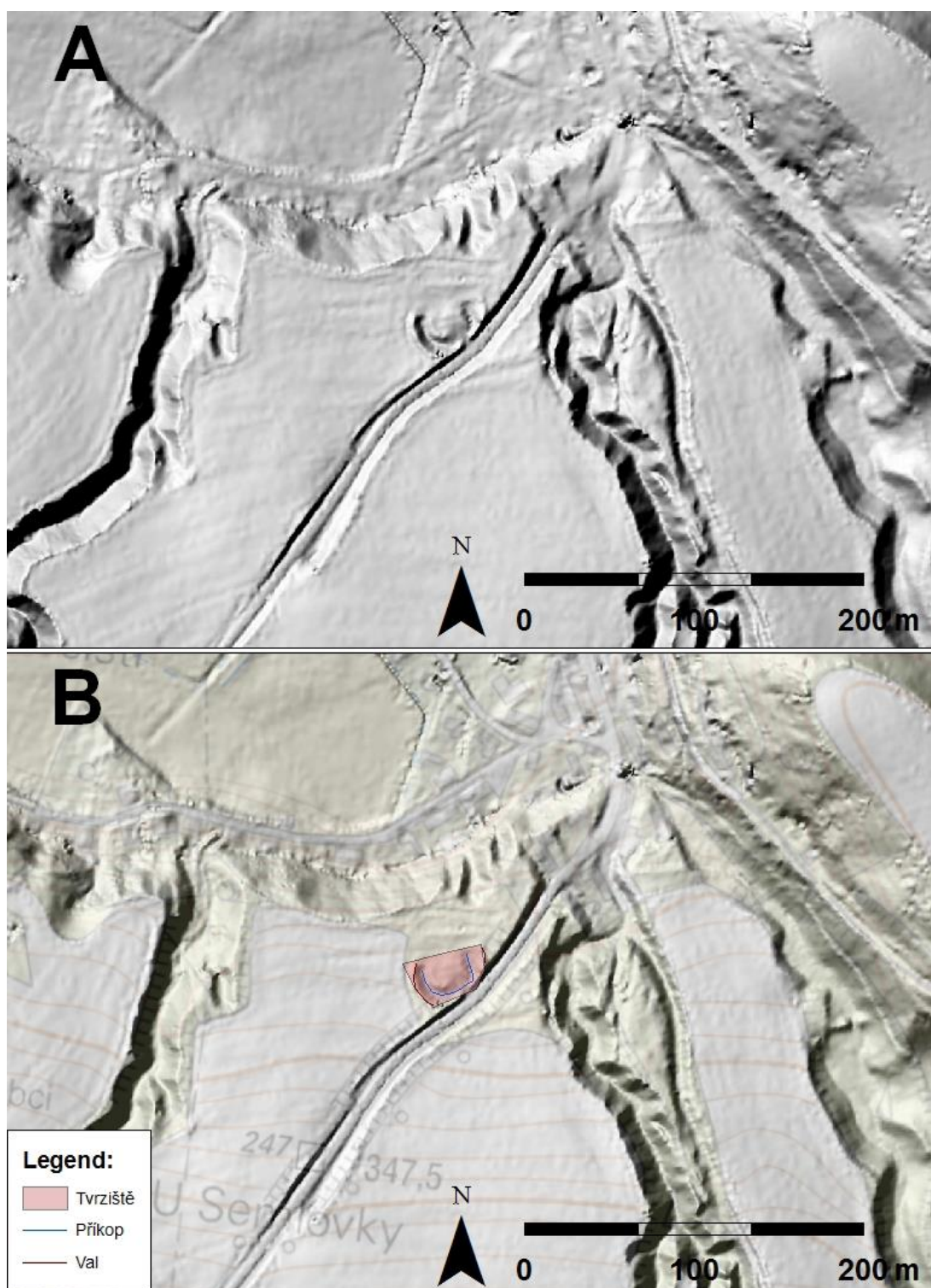
Obr. 20: Vizualizace hradu Libštejn a přilehlých bašt. A – model hillshade, B – model sky-view factor.



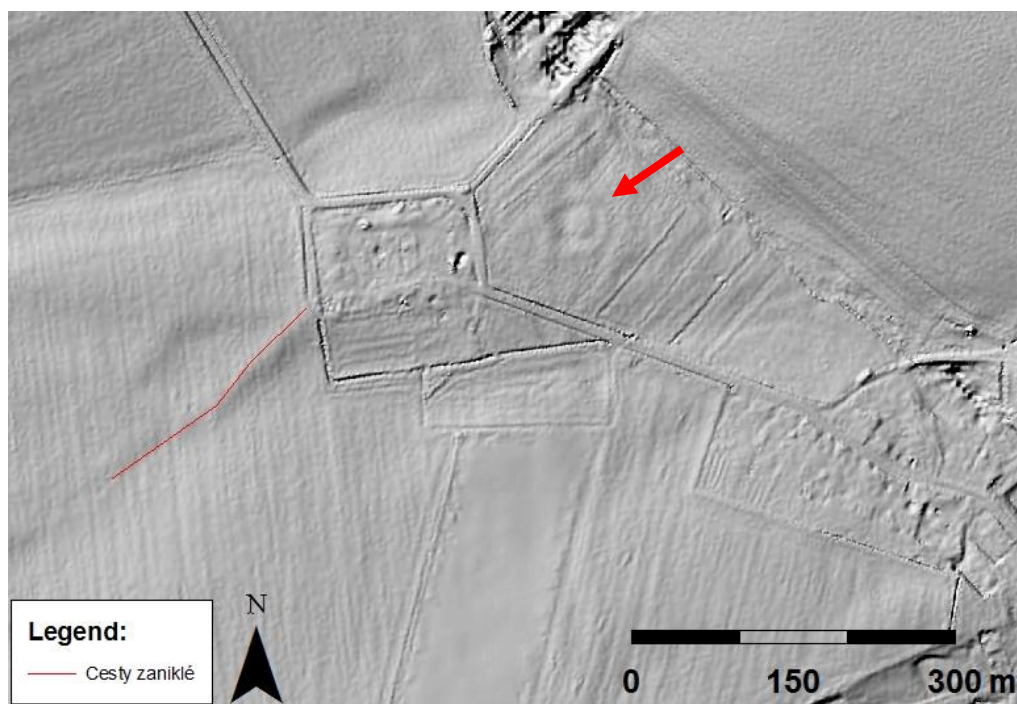
Obr. 21: Areál zaniklé vsi Čečín. A – model hillshade s vyznačením rozsahu zástavby a možné tvrže. B – model hillshade bez vyznačení zaniklé vsi.



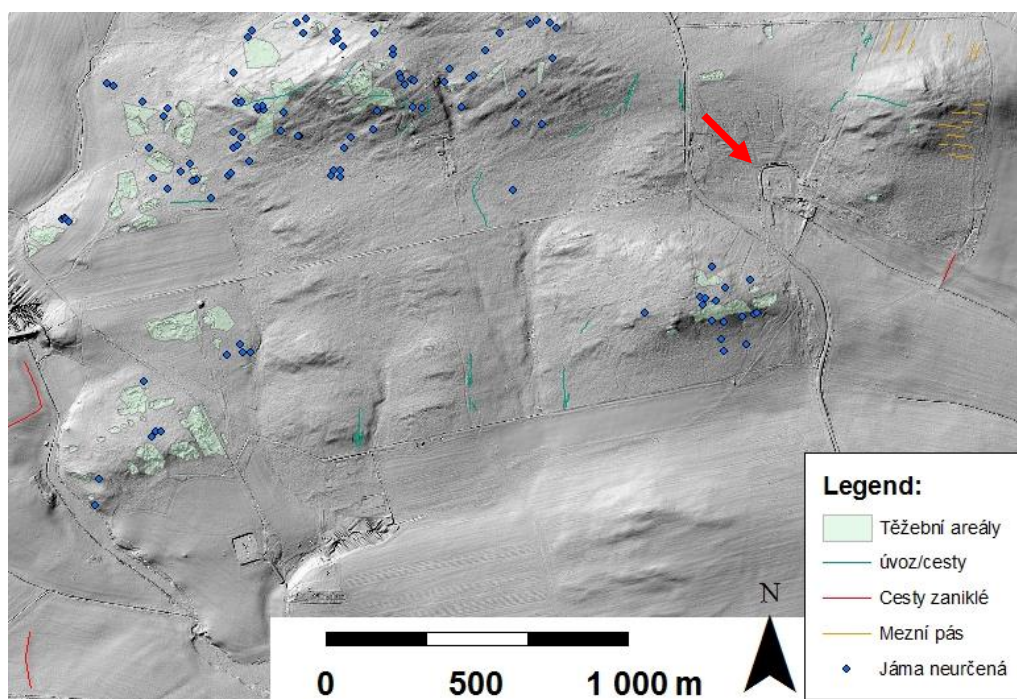
Obr. 22: Areál zaniklé vsi Obořice a přilehlé polní systémy. Model hillshade.



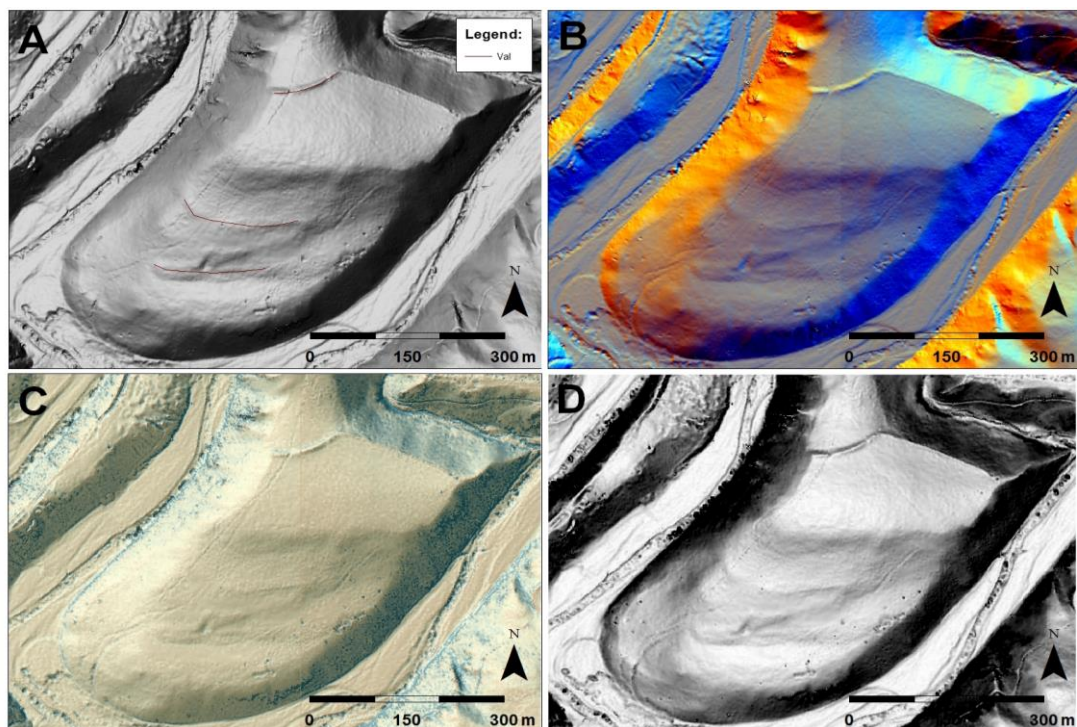
Obr. 23: Vizualizace tvřiště u Nebřezin. A – model hillshade. B – model hillshade v kombinaci se základní topografickou mapou ČR s transparentí 50 %.



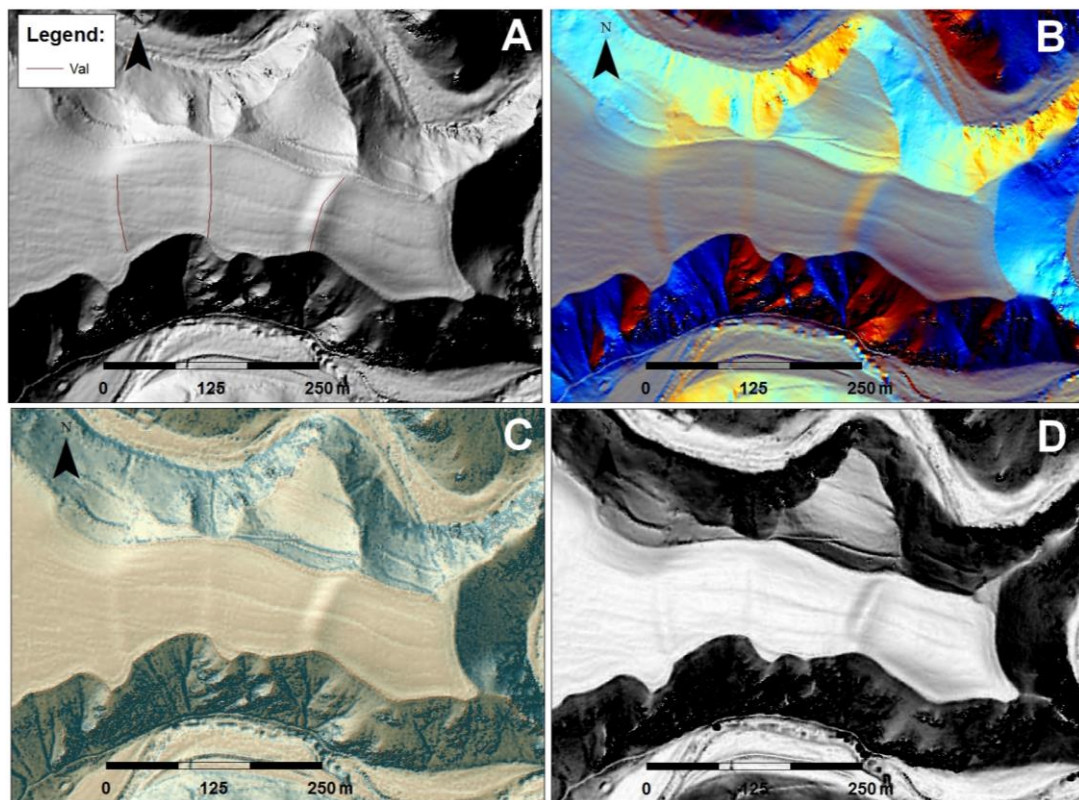
Obr. 25: Dvůr Sechutice a objekt dokládající možnou existenci tvrze (červená šipka).



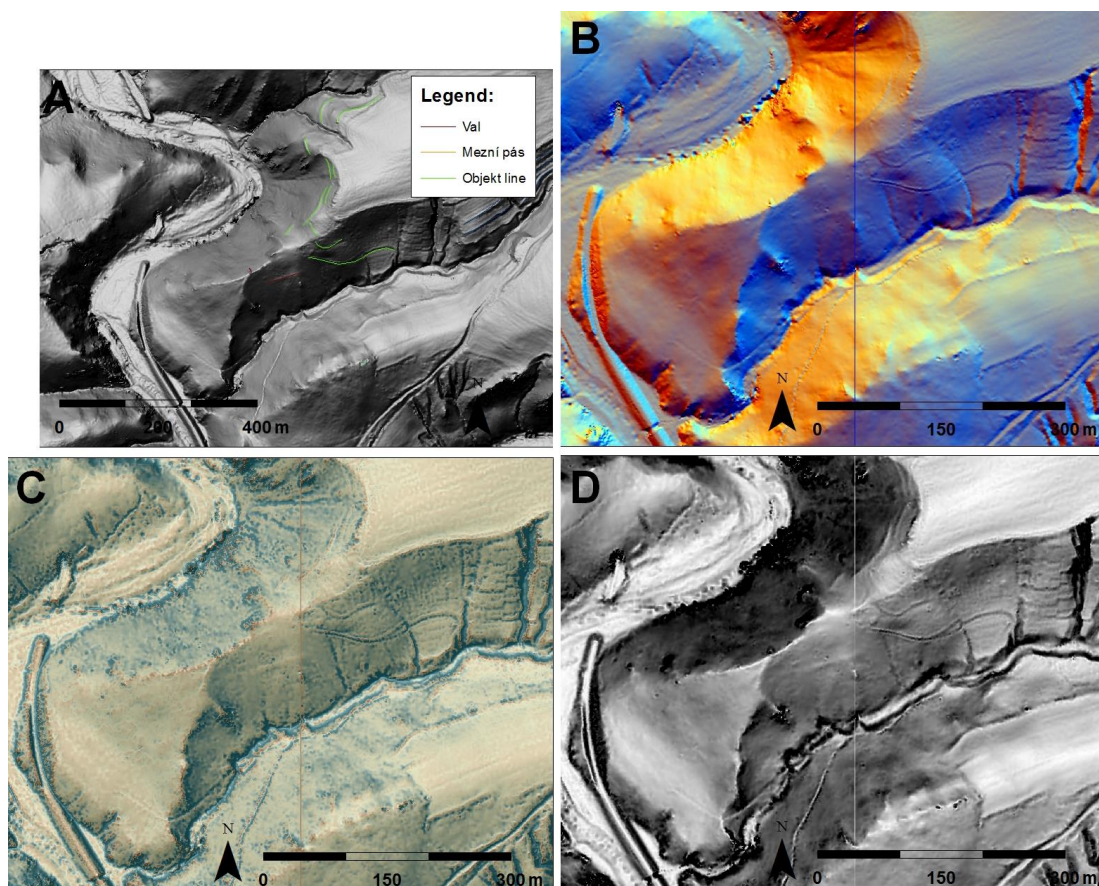
Obr. 26: Četné těžební areály v blízkosti dvora Hubenov (červená šipka).



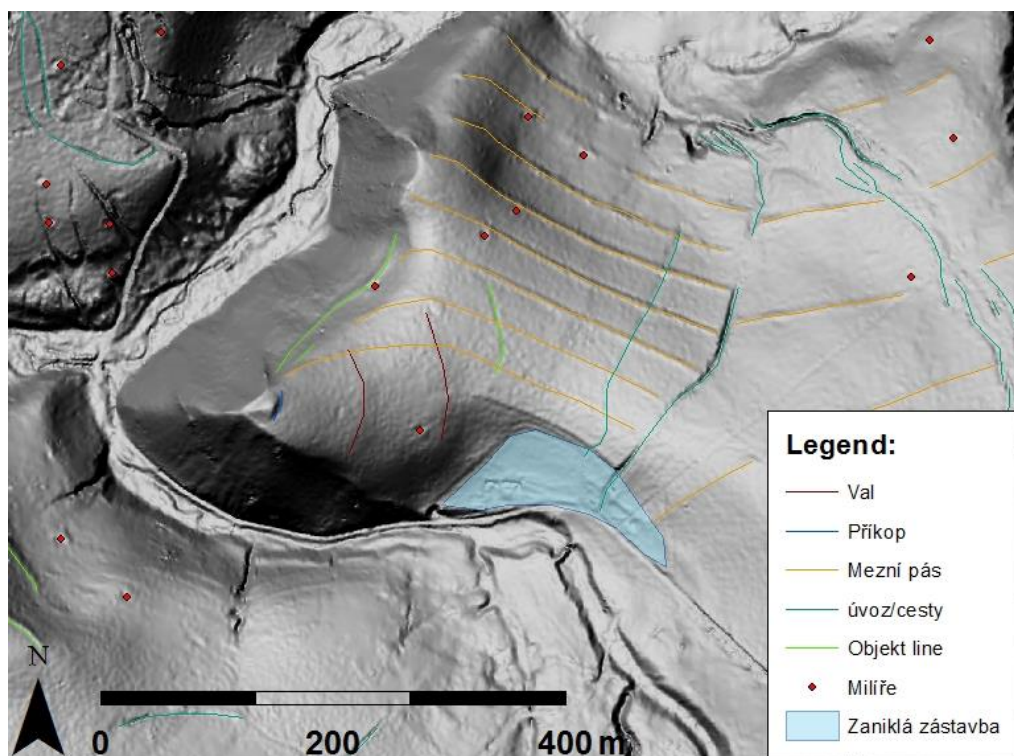
Obr. 27: Vizualizace hradiště Babina. A – model hillshade a slope s transparentí 50 %. B – model hillshade of multiple direction. C – model openness positive. D – model sky-view factor.



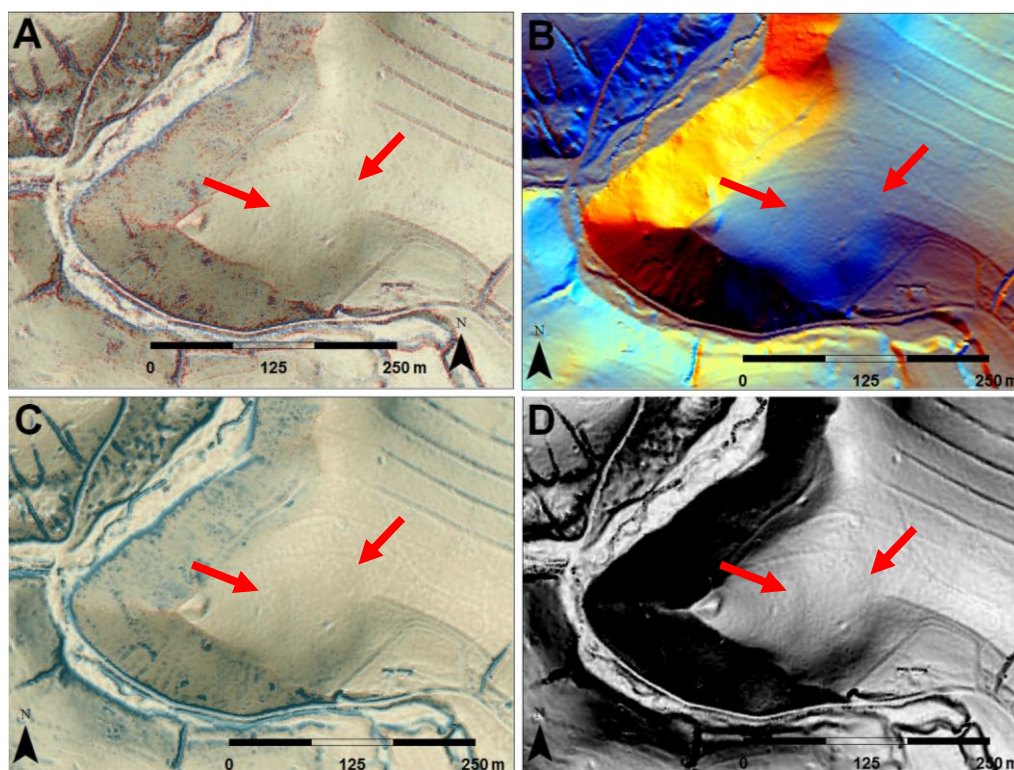
Obr. 28: Vizualizace hradiště Dolní Hradiště. A – model hillshade a slope s transparentí 50 %. B – model hillshade of multiple direction. C – model openness positive. D – model sky-view factor.



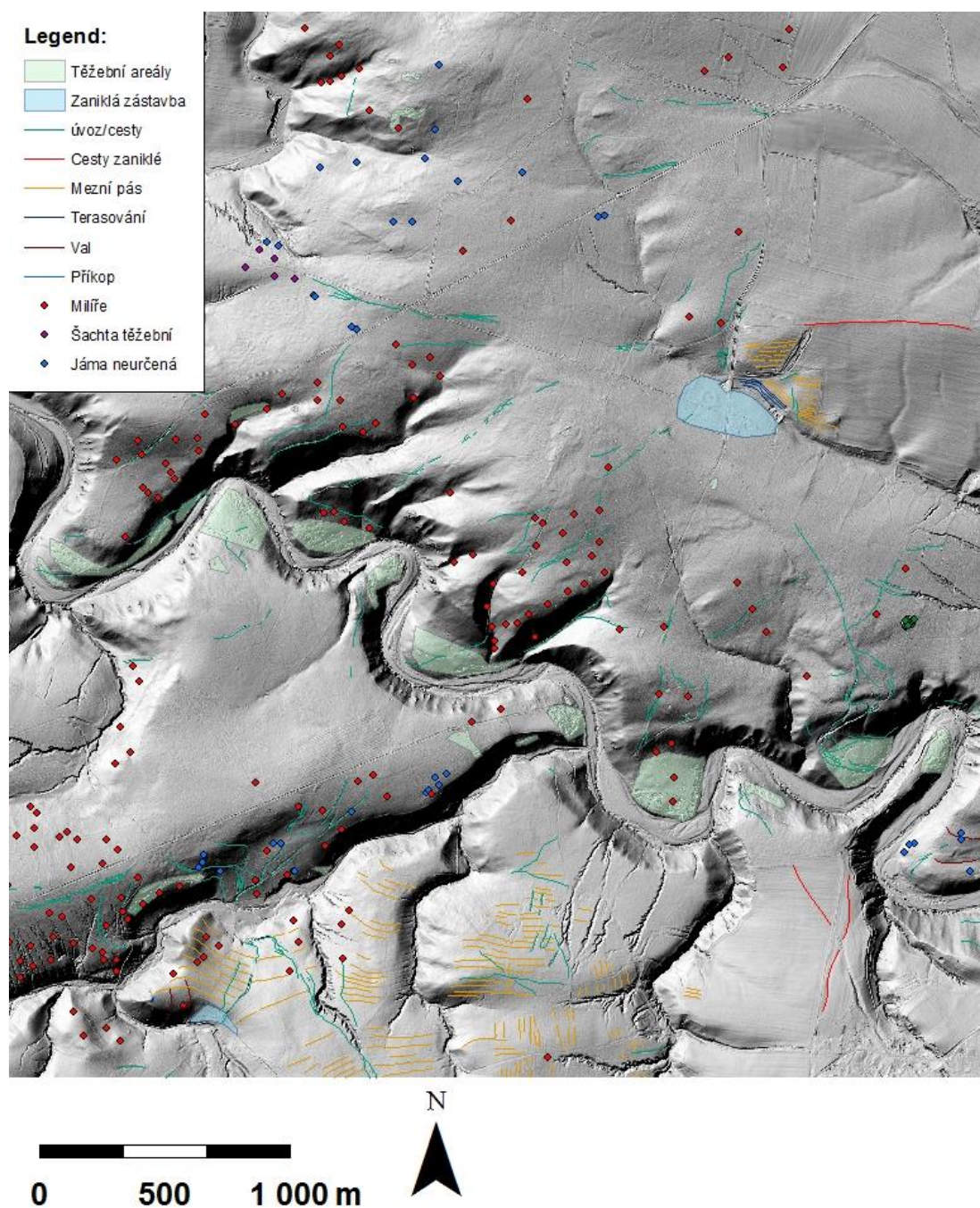
Obr. 29: Vizualizace hradiště Horní Hradiště. A – model hillshade a slope s transparentcí 50 %. B – model hillshade of multiple direction. C – model openness positive. D – model sky-view factor.



Obr. 30: Vizualizace výšinného sídliště Obora. Model hillshade a slope s transparentí 50 %.



Obr. 31: Vizualizace výšinného sídliště Obora. Šipky ukazují anomálie indikující možné doklady fortifikace. A – local relief model. B – model hillshade of multiple direction. C – model openness positive. D – model sky-view factor.



Obr. 32: Vybraný úsek krajiny s doklady různého využití.