

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Diplomová práce

**Mohylová pohřebiště v krajině: Potenciál leteckého
laserového snímkování při průzkumu jižního
Přešticka**

Bc. Jiří Chlevišťan

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Katedra archeologie

Studijní program Archeologie

Studijní obor Archeologie

Diplomová práce

**Mohylová pohřebiště v krajině: Potenciál leteckého
laserového snímkování při průzkumu jižního
Přešticka**

Bc. Jiří Chleviš'an

Vedoucí práce:

PhDr. Petr Krištuf, PhD.

Katedra archeologie

Fakulta filozofická Západočeské univerzity v Plzni

Plzeň 2016

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

Plzeň, duben 2016

.....

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce PhDr. Petru Krištofovi, PhD., za jeho cenné rady a za trpělivost, kterou měl s mojí osobou. Velké poděkování patří především mé rodině za obrovskou, neocenitelnou podporu při mém studiu.

Obsah

1	ÚVOD	9
2	KULTURNÍ KRAJINA JAKO ARCHEOLOGICKÝ PRAMEN	10
3	DĚJINY LETECKÉHO SNÍMKOVÁNÍ	13
4	LETECKÉ LASEROVÉ SKENOVÁNÍ KRAJINY – POTENCIÁL A VYUŽITÍ 15	
	4.1 METODY INTERPOLACE DAT LETECKÉHO LASEROVÉHO SNÍMKOVÁNÍ	20
	4.2 METODY VIZUALIZACE DAT LETECKÉHO LASEROVÉHO SNÍMKOVÁNÍ	29
5	POTENCIÁL PROSTOROVÉHO KONTEXTU MOHYLOVÝCH POHŘEBIŠŤ	36
6	METODA PRÁCE	38
	6.1 Zpracování lidarových snímků	39
	6.1.1 Výběr zdrojových dat	40
	6.1.2 Aplikace interpolace	41
	6.1.3 Aplikace vizualizace	42
	6.2 Testování potenciálu leteckého laserového skenování	43
	6.3 Aplikace prostorových analýz	44
	6.3.1 Svažitost terénu	45
	6.3.2 Analýza nadmořské výšky	45
	6.3.3 Orientace svahu	45
	6.3.4 Vzdálenost od vodních toků	45
	6.3.5 Vzdálenost mezi pohřebišti	46
	6.3.6 Vzdálenost od vrcholů	46
	6.3.7 Vzdálenost od sídelních areálů	46

6.3.8	Prostorové struktury na pohřebištích.....	47
7	KRAJINA JIŽNÍHO PŘEŠTICKA	47
7.1	PRES05	47
7.2	PRES06	48
7.3	PRES07	48
7.4	PRES08	49
7.5	PRES09	49
7.6	PRES15	49
7.7	PRES16	49
7.8	PRES17	50
7.9	PRES18	51
7.10	PRES19.....	51
7.11	PRES25.....	52
7.12	PRES26.....	52
7.13	PRES27.....	52
7.14	PRES28.....	53
7.15	PRES29.....	53
8	SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ.....	54
8.1	Analýza objemu mohyl	54
8.2	Analýza svažitosti terénu	54
8.3	Analýza nadmořské výšky	55
8.4	Analýza orientace terénu	55

8.5	Analýza vzdálenosti od vodních toků	56
8.6	Analýza vzájemné vzdálenosti mezi pohřebišti	56
8.7	Analýza vzdálenosti od vrcholů	56
8.8	Analýza vzdálenosti od sídelních areálů	57
8.9	Analýza prostorových struktur na pohřebištích	57
8.10	Testování potenciálu leteckého laserového skenování	59
8.10.1	Mohylové pohřebiště Teplý les-Blahovka	60
8.10.2	Mohylové pohřebiště Velký les-Křížkovce	60
8.10.3	Mohylové pohřebiště Jižní část „Velkého lesa“	61
8.10.4	Mohylové pohřebiště Vlčí.....	61
8.10.5	Mohylové pohřebiště U Hájovny-Loupensko	62
8.10.6	Mohylové pohřebiště Zelené.....	62
8.10.7	Mohylové pohřebiště Zelené 2.....	63
8.10.8	Mohylové pohřebiště Rudický les	63
8.10.9	Mohylové pohřebiště Třebýcinská planá hora	63
8.10.10	Mohylové pohřebiště Kbel u Přeštic 2	64
8.10.11	Mohylové pohřebiště Kbel u Přeštic	64
8.10.12	Mohylové pohřebiště Stropečko	65
8.10.13	Mohyla Les Kopanina	65
8.11	Testování potenciálního mohylového pohřebiště.....	65
9	DISKUZE	67
10	ZÁVĚR.....	75
11	POUŽITÁ LITERATURA	75
12	POUŽITÉ PRAMENY.....	91
13	INTERNETOVÉ ZDROJE	92
14	RESUMÉ.....	93

15 PŘÍLOHY	94
15.1 Seznam tabulek	94
15.2 Seznam grafů	94
15.3 Seznam obrázků	94

1 ÚVOD

Průzkum krajiny pomocí leteckého laserového skenování (zkráceně LLS), který je založen na využití systému LiDAR – Laser detection and ranging, zaznamenal v posledních deseti letech obrovský rozmach. Výzkum krajiny touto metodou se stává v dnešní době téměř všední záležitostí. Může za to především pokrytí velké části ČR (k dnešním dnům především lidarovými daty 5. generace), přiměřená cena, která se pohybuje v řádech stovek korun za mapový list a snadná dostupnost dat, které jsou přístupné pro civilní sektor. Data jsou získatelná přes jednoduchý objednávkový formulář, který je přístupný na stránkách Českého úřadu zeměměřičského. Zájemce si pouze vybere na stránkách požadovanou oblast, kterou hodlá zakoupit. Na stránkách si také může díky funkci *Analýza výškopisu* zobrazit vizualizovaná data 4. generace DMR, 5. generace DMR a 1. generace DMP. Vizualizace ovšem není provedena s výstupní velikostí pixelů, která by zajišťovala ostrý a přesný model. Tato funkce tedy není vhodná pro analýzu reliéfu terénu, ale může sloužit pouze jako jakýsi náhled pro případné rozhodování při nákupu mapových listů.

Výhodou metody je získání poměrně velkého množství naměřených bodů na určitou prostorovou jednotku za relativně krátký čas, ale především možnost získat obraz reliéfu krajiny v prostředí zarostlém vegetací. Vizualizace naměřených dat je prováděna v prostředí GIS (Geografický informační systém), které již dnes nabízí obrovskou škálu převedení do 3D podoby, ve kterých je možné snímky analyzovat. Proto můžeme díky těmto možnostem zachytit i jinak dříve nezachytitelné změny v reliéfu terénu, které mohou indikovat archeologické komponenty.

Tato práce se zaměří na pravěká mohylová pohřebiště. Především na jejich krajinný a prostorový kontext. Není pochyb o tom, že tato pohřebiště měla svůj společenský význam i symbolický smysl. Proto bude sledován jejich vztah v kontextu dalších archeologických památek. Pomocí dat leteckého laserového skenování bude mapován rozsah mohylových pohřebišť a sledován výskyt dalších nemovitých památek v oblasti. Získaná data budou

ověřována v terénu a mapa archeologických lokalit doplněna o další známé lokality v oblasti.

Cílem práce je sledovat vztah mohylových pohřebišť doby bronzové ke krajinným celkům a k dalším soudobým lidským aktivitám a zároveň testovat potenciál mapování a identifikace nemovitých archeologických památek pomocí dat leteckého laserového skenování. Výsledkem práce bude mimo jiné databáze objektů zjištěných na digitálním modelu reliéfu, kterou se pokusím navrhnout tak, aby mohla být základem plošné evidence těchto objektů v rámci celých Čech.

2 KULTURNÍ KRAJINA JAKO ARCHEOLOGICKÝ PRAMEN

Z celé řady definicí krajiny můžeme vybrat následující: *„Krajina je část území, tak jak je vnímána obyvatelstvem, jejíž charakter je výsledkem činnosti a vzájemného působení přírodních a/nebo lidských faktorů (Úmluva 2000)* Pokud se budeme bavit v následujících řádcích o kulturní krajině, je nutné si nejdříve definovat 2 základní aspekty, které se v tzv. kulturní krajině vyskytují – kultura a příroda. Dle definice je lidská kultura vše co si člověk vytváří pro své působení na přírodu, pro svůj styk s jinými lidmi i co vytváří ve své hlavě (myšlenkový svět sdílený mezi lidmi). Do kultury tedy patří nejen všechny artefakty, ale i způsob uspořádání společnosti, vědecké názory, umění, náboženská učení (viz Neustupný 2010, 39). Lze tedy říci, že kultura je utvářena člověkem a člověk je utvářen ve své podstatě kulturou. Je tedy jeho nedělitelnou součástí. Druhý výše jmenovaný aspekt – příroda, ve své definici představuje základní nevyhnutelnou podmínku pro vznik života a fungování společnosti (Rynda 2011). Příroda je v nejširším smyslu vše, co existuje v nekonečné mnohotvárnosti forem existence. Základní rozdělení přírody je na oblast neživé a živé přírody (Hesková 2012, 7).

Po vyjasnění prvků, ze kterých se pojem kulturní krajina můžeme říci, že patří mezi jevy z pomezí přírody a kultury. Můžeme ji vidět dvěma odlišnými způsoby, podle toho, zda na ní zdůrazníme aspekt přírodní nebo kulturní, oba tyto aspekty však na sobě nezávisí (Sádlo a kol. 2005, 17). Jedná se tedy o soubor přírodních a kulturních procesů. Je vytvořena člověkem a zároveň

sama velmi ovlivňuje lidskou kulturu, sociální vazby i sdílenou identitu. Materiální a sociální kontext krajiny (ať už minulý nebo současný) se vzájemně ovlivňuje a doplňuje (Křišťuf – Zíková a kol. 2015, 5). Krajina může být chápána jako prostředí přírodní, ale i jako kulturní výtvar, ale můžeme ji vnímat i jako scenérie (Kuna 2004a, 476). V této souvislosti je nezbytné studovat krajinu na interdisciplinární úrovni. Dle E. Neustupného (2010, 146-147) ji lze chápat na úrovni artefaktové a ekofaktové také jako pseudoartefakt (především se jedná o krajinu pravěkou, ale také krajinu středověkou a novověkou). Definice artefaktu vylučuje, že by se mohlo jednat o artefakt, či ekofakt (člověk mu nedával formu, aby plnila nějaký účel; artefaktem jsou v tom případě komponenty krajiny – areály polí a jiné areály, jako například pohřební). Lidé pohlíželi dříve na krajinu, jako na artefakt, protože ji brali jako entitu vytvořenou nějakými bytostmi s nadpřirozenými vlastnostmi a schopnostmi. V určitém slova smyslu ji tedy za artefakt označit můžeme. Optimální kulturní krajinu zpravidla poznáme na první pohled: člověk a příroda se tu doplňují a konečný výsledek je barvitější, než pouhá příroda, či kultura (Sádlo a kol. 2005, 17).

Ve 2. pol. 19. století byly společenské vědy ovlivněny koncepcemi darwinismu a evolucionismu. Prostředí samo bylo evolucionistickým paradigmatem chápáno jako soubor přírodních podmínek, zásadním způsobem usměrňujících vývoj lidské společnosti. Tento názor pocházel z tzv. *antropogeografické školy*, která byla tvořena německými a rakouskými geografy, přírodovědci a etnology jako byli K. Ritter, F. Ratzel, L. Frobenius, R. Grandmann. Antropogeografická škola vycházela z představy, že lidská kultura je určena přírodním prostředím, a to zejména jeho základními faktory, jako geologické podloží, klima, nadmořská výška, nebo síť vodních toků. Geografický prostor, zde byl chápán staticky, charakterizován stálými neměnnými vlastnostmi (Ratzel 1882). Až s rozvojem přírodních věd (klimatologie, paleobotaniky) i archeologie byl determinismus tohoto typu postupně zmírňován, přičemž i samo přírodní prostředí (krajina) začalo být chápáno jako prvek dynamický, rozvíjející se, procházející vývojem (Kuna 2004a, 447). S rozvojem poválečné vědy a začleňováním přírodovědeckých poznatků a výzkumných technik se studium historické krajiny začínalo

obohacovat o nové impulsy a možnosti. Rozvíjí se enviromentální archeologie, jenž přehodnocuje představy o charakteru krajiny, zejména o jejím stavu a odlesnění v různých pravěkých a historických etapách (Gojda 2000a, 83). Pojem krajinná archeologie vykryštoval ve Velké Británii v průběhu sedmdesátých let 20. století. Poprvé byl pojem „krajinná archeologie“ použit M. Astonem a T. Rowley v roce 1974 (Aston – Rowley 1974). V dnešní době je však problémem archeologa, studující krajinnou archeologii, prostorová dimenze nasbíraných dat. Jsou vytvářeny postuláty několika významných škol, jako je prostorová archeologie, „off-site archaeology“, sídlištní archeologie, kontextuální archeologie. Pronikají zde také geografická paradigma. I přes zaměření škol na prostorové uspořádání archeologických pozůstatků a interpretací, můžeme toto zaměření nazvat spíše krajinná archeologie, jelikož se odlišuje mírou konceptualizace. Krajina archeologie má možnost poskytnout integrující teorii, zahrnující krajinu jako ústřední pojem, jako rovinu, odrážející a hrající aktivní roli v procesu sociálních a ekonomických změn. Přístupy výše jmenované mohou být použity jako dílčí metodologie pro zmíněnou krajinnou archeologii (Zvelebil 1994).

Práce J. Sádla a kol (2005) se věnuje krajině v širším kontextuálním smyslu a předkládá přístup který se liší od tradičního pohledu na ni ve třech ohledech. V širším kontextuálním smyslu je totiž v tradičním pohledu na krajinu její role odstavena na vedlejší kolej. Například z hlediska humanitních věd je hlavním hrdinou ve vyprávěných dějích člověk. Jedná se tedy o jakousi kulisu. Odpověď na otázku, zda člověk utvářel krajinu (tedy alespoň tu kulturní), nebo zda krajina utvářela člověka je v tomto směru jasně dána – člověk je aktivním tvůrcem, kdežto příroda pasivní objekt, či produkt. Dnes z pohledu například obecné ekologie a evoluční biologie je vztah člověka a přírody koevolucí, tedy vývojem, během nějž se aktéři vzájemně přizpůsobují a ovlivňují zpětnými vazbami. Zřejmý je ovšem fakt, že až teprve v posledních desetitisíci letech dokázal člověk přejít od víceméně pasivního využívání přírodních zdrojů k jejich aktivní kontrole a exploataci (vznik zemědělství). Pokud však vezmeme v úvahu historii vývoje lidského druhu, dochází k tomuto jevu ve velmi krátké době (Gojda 2000a, 55). Jak tedy bylo řečeno, možným pohledem tedy může být, že k ovlivňování docházelo postupným přechodem ze strany samotné

krajiny, následované svým způsobem více či méně vzájemným ovlivňováním a nakonec vyústilo v okamžik, kdy tvořil krajinu sám člověk. Třetím pohledem je pohled na krajinu jako celku. Nelze jednoduše řečeno vyzvihovat dané prvky od jiných. Problémem je redukce, která je nutná, z hlediska výkladu, ale je nutné vědět, co vše jsme potlačili a jaké nám tato redukce přinese důsledky.

Můžeme říci, že člověk zanechal v krajině těžko smazatelné stopy. Tyto stopy se odvíjely od délky a intenze lidského osídlení. V některých případech jsou proto tyto stopy rozsáhlé, někdy jsou přes sebe převrstvené. V tomto případě můžeme citovat výrok, který pronesl britský historik F. W. Maitland: „*Krajina je kouzelný palimpsest, zápisník historie, v němž se napsaná slova překrývají, ale přesto mohou být rozluštna*“ (cit in Gojda 2000a, 53). Čímž Maitland vystihl, že krajina stejně jako středověký rukopis, kde je seškrábán původní obsah a je použit pro sepsání nového, není ničím jiným, než přepisovanou stránkou historie lidského rodu. Stejně jako u jmenovaného druhu dokumentu, lze i u krajiny díky různým metodám odkrývat navrstvené zápisy.

3 DĚJINY LETÉCKÉHO SNÍMKOVÁNÍ

I když se tato práce přímo nevěnuje fotografickému snímkování z letadla, je dobré alespoň nastínit historii letecké archeologie, a to s ohledem k nosiči, který je dnes ve většině případů pro LIDAR v archeologii využíván, tj. letadlo. Letecké snímkování patří v dnešní době k jednomu z nejdůležitějších způsobů sběru archeologických dat. V tomto směru lze použít letecké snímky v archeologii k průzkumu nebo dokumentaci nejrůznějších, někdy i rozsáhlých a špatně dostupných poloh, který může vést k odhalení celého komplexu vztahů mezi objekty, jenž jsou pohřbené. Letecké snímkování spadá do nadřazenějšího bloku, kterým je Letecká archeologie (Gojda 2004, 49).

Vývoj letecké archeologie můžeme rozdělit do několika periodických etap, ke kterým vždy řekneme pár slov, jelikož je bezúčelné se zde zabývat celkovým přehledem tohoto odvětví. Jak již bylo řečeno vývoj leteckého snímkování, respektive letecké archeologie se dá dělit do několika významných period. Pokud se poohlédneme po historii leteckého snímkování, můžeme říci, že prvními nejstaršími snímky, které byly pořízeny z výšky (ne však za účelem

archeologického bádání) jsou fotografie pocházející z balonu z konce 50. a počátku 60. let. Tyto snímky zachycují Paříž, americký Boston a londýnské předměstí (Gojda 2000a, 118 – 119; Gojda 2004, 54-55).

Další etapou byl konec 19. století, který byl spjatý s fotografováním významných míst a archeologických lokalit. Především se jednalo o římské Forum Romanum, Pompeje či přístav v Ostii. Různé experimenty s horkovzdušným balonem prováděl také kolem roku 1900 J. McKenzie Bacon a ačkoliv se ve svých zprávách zmiňuje o pozorování archeologických památek (Stonehenge nevyjímaje), zdá se že žádnou fotografii nepořídil (Barber 2005). První pravěkou památkou vyfotografovanou z výšky se stalo Stonehenge. Stalo se tak roku 1906 a autorem fotografie byl P. H. Sharp. Pravý rozvoj snímků pořízených z letadel však umožnily až válečné potřeby, především propuknutí 1. světové V této době došlo k pokroku jak u letadel, tak u fotografických aparátů. (Gojda 2000a, 119; Gojda 2004, 55).

Vznik letecké archeologie, jako takové a metod s ní souvisejících se dá vysledovat do období po první světové válce. Tento významný jev je spojován s postavou geografa a archeologa Osberta Guye Stanhope Crawforda. Za otce letecké archeologie jej můžeme označit právě proto, jelikož popsal základní způsoby indentifikace pohřbených nemovitých památek a vysvětlil příčiny vzniku příznaků – především porostových a stínových (Gojda 2000a, 119; Gojda 2004, 57). Tyto své poznatky vydal v první souhrnné práci o letecké archeologii a principech, na nichž je tato disciplína založena – Air Survey and archaeology (Crawfor 1923). Následné období druhé světové války projektům letecké archeologie zcela nepřál, avšak měl velký vliv na vývoj letadel a fotoaparátů a především snímky pořízené za války brity daly později základ nejrozsáhlejších archivů svého druhu (Gojda 2000a, 120). Velký rozvoj nastal právě až v poválečném období.

Na území bývalého Československa se letecké snímkování uplatňovalo od konce 20. let 20. století, a to především v oblasti vojenského mapování. Najdou se však také případy, kdy jsou v meziválečném období dokumentovány archeologické památky. Iniciátory těchto snímkování byli A. Stocký a J. Böhm (Böhm 1939), kteří nechali poprvé na našem území pořídit

snímky několika archeologických lokalit, které byly v té době zkoumané: Stehelčevy-Homolka, Stradonice, Libušín, Davle-Ostrov (Gojda 1997; Gojda 2004, 60-61). V poválečném období bylo obtížné provádění takovýchto leteckých průzkumů z politických důvodů. Nový rozkvět zaznamenalo až období po sametové revoluci. Od roku 1992 je zahájena M. Gojdou (Gojda 1993a; Gojda 1993b) a Z. Smržem (Smrž 1995) moderní etapa výzkumu pomocí letecké archeologie. V případě M. Gojdy se jednalo o práce pod AÚ AVČR, naopak Z. Smrž se zabýval leteckým průzkumem v rámci Ústavu archeologické památkové péče Most (Gojda 2000a, 120). Od roku 1996 se nabízel M. Bálek na Masarykově univerzitě kurzy, které se zaměřovaly na leteckou archeologii (Gojda 1998). M. Bálek tyto kurzy vyučoval až do roku 2003 (Gojda 2009). Od roku 1992 uchovává AÚ AV ČR šikmé letecké snímky v analogové i digitální podobě (viz. Gojda 2011 - John, 338).

Od 90. let 20. století se v archeologii stále více uplatňuje pojem Dálkový průzkum Země (zkr. DPZ; v angl. Remote sensing). Jedná se o užívání družicového snímkování zemského povrchu. Jeho výhodou je sledování poměrně velké oblasti v krajině. Naopak nevýhodou je především stále nedostatečné rozlišení multispektrálních snímků, které je až 4x menší než u snímků panchromatických, a také obtížnost načasovat snímkování zvolené oblasti (Gojda – John 2011, 35-36). V průběhu 80. let se začíná objevovat nová možnost zkoumání krajiny z výšky. Jedná se o LIDAR (více v další kapitole).

Od roku 2004 se ke studiu leteckých snímků a snímků dálkového průzkumu připojila i Katedra archeologie na ZČU v Plzni (Šmejda 2007, Šmejda 2009, Čulíková 2013). Ta navíc od roku 2004 poskytuje také praktické workshopy pro studenty v oblasti letecké prospekce krajiny, a to především co se týče krajiny Podřipska (Gojda 2009).

4 LETECKÉ LASEROVÉ SKENOVÁNÍ KRAJINY – POTENCIÁL A VYUŽITÍ

Lidé již od odjakživa zkoumali krajinu k získání informací, které vedly k jejímu co nejefektivnějšímu využití. Dnešní potřeby lidí se od potřeb lidí

minulých příliš neliší. Rozdíl je pouze v možnostech, které jim technologie poskytuje. Vedle tachymetri, kterou v posledních letech nahradila spíše metoda fotogrametrie, se na počátku třetího tisíciletí začala pro potřeby mapování krajiny rozvíjet metoda leteckého laserového skenování (zkráceně LLS, v angličtině ALS – airborne laser scanning). Fotogrametrie je velké míře závislá na atmosférických podmínkách, jelikož využívá pasivní přijímač/film. Tento nedostatek odbourávají ve velké míře aktivní senzory, které jsou zastoupené radary a tzv. lidary (Dolanský 2004, 8).

Termín lidar je akronymem slovního spojení light detection and ranging, který se vztahuje obecně k fyzikální podstatě měření vzdálenosti a polohy pomocí laserového paprsku. Toto měření může probíhat trojím způsobem, a to ze země – buď z pevné, nebo pohyblivé základny (ze stojanu, resp. z automobilu), nebo ze vzduchu, kdy je nosič upevněn v letadle nebo vrtulníku (Gojda – John 2013a, 8). Samotná metoda patří do rodiny tzv. DPZ, nebo-li Dálkového průzkumu Země, ve které se uplatňuje průzkum krajiny za pomoci družicových snímků, snímků z letícího letadla, které mohou pořizovat multispektrální, či panchromatické snímky a další přístroje (radar, termovize) zkoumající krajinu Země ze vzduchu. Podle typu nosiče, na kterém je připevněno snímací zařízení můžeme dále DPZ dělit ještě na letecký a kosmický (Gojda 2004, 102). Díky nulovému zásahu do terénních situací, které jsou skryté pod zemí, spadá DPZ do tzv. Nedestruktivní archeologie

Každá z metod ze zmiňované rodiny DPZ nese určité výhody a nevýhody. Družicové snímky poskytují poměrně velký záběr krajiny za relativně nízkou cenu, ovšem značnou nevýhodou je neprostupnost oblak. Jelikož družice přelétají nad územím pouze v určitou denní dobu, je někdy obtížné sladit snímkování s klimatickými a přírodními podmínkami. Výhodou snímků pořizovaných z letadla je jejich relativní nenáročnost na techniku. Techniku navíc obsluhují v obvyklých případech pouze dva lidé (pilot a archeolog). Nevýhodou může být finanční náročnost přeletů za účelem pořízení zcela nových snímků. Také je nutné zmínit, že principy detekce archeologických komponent u fotografických snímků jsou stejně jako u snímků družicových povětšinou závislé na denních a přírodních podmínkách. V neposlední řadě je zde také nevýhoda

spočívající v nemožnosti zachytit komponenty v zalesněném prostředí. Radarové snímky jsou schopny proniknout přes mlhu a oblačnost, také proniknou zčásti pod povrch země, ovšem jejich nevýhodou je malé geometické rozlišení (max. 5-10 m; Gojda 2004).

Jelikož existují dva typy skenerů, může tento výběr mít vliv na pozdější klasifikaci dat. Existují konvenční a tzv. full-wave skener. Druhý jmenovaný zaznamenává nejenom odraz paprsků, ale i jejich vlnové křivky. Při odrazu od vegetace má paprsek odlišnou vlnovou křivku, než v případě odrazu od zemského povrchu. Pomocí tohoto můžeme odlišit jednotlivé odrazy použitím vhodných algoritmů (Gojda – John 2013a, 12; Doneus – Briese 2006). Přelomovou byla práce na rakouské lokalitě Purbach, kde se pomocí LLS s použitím full-wave skeneru podařilo odlišit mohylové násypy od hromad ořezaných větví velmi podobného tvaru (Doneus et al. 2008). Jak již bylo zmíněno v úvodu je výhodou také dostupnost dat, které lze využít k poměrně kvalitní a přesné vizualizaci reliéfu terénu. Navíc i cena je především pro potřeby archeologie celkem nízká oproti ostatním zmiňovaným metodám. Uvádí se, že cena lidarových je dat je přibližně o 40% levnější než pořízení klasických fotogrammetrických snímků. Navíc rozdíl mezi těmito metodami představuje také rychlost pořízení, zpracování a extrahování požadovaných informací (Young 2011, 21). Metoda, zahrnující full-wave skener, se hodí pro výzkum zalesněných oblastí. Velkou výzvou jsou například výzkumy památek zarostlých hustou vegetací, jako jsou džungle Jižní Americe (Chase et al 2001, Diaz 2011; Pingel et al. 2015), ale i zarostlé lokality v Asii, konkrétně v Kambodži, kde leží lokalita Angor Vat (Evans et al. 2013). V případě mapování archeologických památek ve střední Evropě je nejvhodnější provádět plánované přelety na začátku prvních jarních týdnů. V těchto dnech je ve zdejších podmínkách krajina nejvíce přístupná pro prostupnost laserového paprsku a navíc převažuje ve většině případů absence sněhové pokrývky (Gojda – John 2013b, 27). Výzkum prokázal, že v případě svíslého laserového skenování je paprsek schopný proniknout v evropských jehličnatých a listnatých lesích k zemi ve 20-40%; v zimních měsících se tato pravděpodobnost zvyšuje až na 70% (Ackermann 1999). Pokud použijeme také LIDAR, který obsahuje laser o vlnové délce blízké zelené barvě, máme

zaručeno, že paprsek pronikne do malé hloubky vodní ploch a skenovat reliéf vodního dna (Cracknell et al. 2009). LLS skenování má ovšem tu nevýhodu, že nepronikne oblačností, mlhou a kouřem (u faktorů není specifikováno do jaké míry; Young 2011, 4). Navíc laserové paprsky narozdíl od radaru nejsou schopny proniknout skrz pevný materiál, a to včetně zemského povrchu. Nelze tedy zkoumat archeologické komponenty, které jsou plně zahloubené pod povrch terénu (Gojda-John 2013a, 9). Získaná surová lidarová data prochází dále klasifikací, kdy jsou jednotlivá data zařazena do skupin podle své povahy (b – budova, e – hluboká chyba /10m pod terénem/, g – terén atd.). K interpolaci modelu reliéfu se používá skupina „g“, čili terén, dále „v“ pro nízkou vegetaci a dále některá chybná měření, které slouží pro další práci (Holata – Plizák 2013, 50-51). Výzkum navíc ukázal, že data po robustní filtraci jsou pro práci s antropogenními relikty mnohem lepší, než finální produkty, které nabízí v ČR Český úřad zeměměřičský a katastrální (zkr. ČUZK). Data navíc ve formátu .LAS navíc nabízejí informace o době skenování, čímž můžeme odvodit jejich kvalitu vzhledem k vegetačnímu cyklu (Holata – Plizák 2013).

Lidar se ve svém počátku užíval především pro různá environmentální měření (rozsah eroze, sledování stupně zalesnění krajiny (Gojda 2005). Jako první užití systému lidar můžeme označit přelet, který podnikl Thomas Sever z organizace NASA v letech 1984-85 kolem vulkánu Mount Arena na Costa Rice. Přelet zahrnoval užití radaru, infračerveného fotografického filmu a zařízení lidar. (Bahn - Renfrew 1998, 82; Štular 2011, 393; Sever – Sheets 1988). Uvedení lidarů do oblasti archeologické prospekce a výškopisného mapování mělo však několikaleté zpoždění. Před počátkem 21. století se tato metoda prakticky neuplatnila, o to dynamičtěji se pak ale začala využívat jak v lokálních, tak v mezinárodních projektech dálkového archeologického průzkumu (Gojda – John 2013a, 10). Mladost metody dokazují také články publikované až s uplynutím roku 2000, které se věnovaly lidarů (Štular 2011; Bewley et al. 2005; Devereux et al. 2005 aj.). Metoda lidar vnáší do archeologie nové možnosti průzkumu krajiny.

Bylo jen otázkou času, než se tato metoda uplatní také v české archeologii. Do roku 2005 nebylo o této metodě v našich končinách zmínky. Dokonce neexistovalo ani pracoviště, které by touto technologií disponovalo (Gojda 2005). V České republice došlo k prvnímu cílenému užití lidarů pro archeologickou prospekci v rámci projektu prováděném Univerzitou v Hradci Králové a Muzea Českého ráje v Turnově, jehož vedení měl na starosti P. Šída. Výzkum byl proveden v listopadu 2009 a měl za úkol dokumentovat reliktů neolitického těžebního areálu Jibstebsko v Jizerských horách. Sníkování poskytla firma Argus Geo z Hradce Králové (Šída – John – Prostředník – Raminnger 2013). První komplexní projekt zaměřený výhradně na metodiku, možnosti užití LLS a na zkoumání krajiny za pomoci systému lidar probíhal od roku 2010 po dobu dvou let. Jeho nositelem byla Západočeská univerzita v Plzni, konkrétně Katedra archeologie. Projekt byl realizován díky finančním prostředkům z GA ČR. Cílem projektu s názvem *Potenciál archeologického výzkumu krajiny v ČR prostřednictvím dálkového laserového 3-D snímkování (LiDAR)* bylo testovat možnosti užití tohoto systému v podmínkách české krajiny a ke zhodnocení jeho budoucí role v oblasti heuristiky (identifikace a evidence), mapování a dokumentace archeologických památek (Gojda – Starková 2011; Gojda – John a kol 2013;). Studie, která mapovala archeologické památky v oblasti Národního parku České Švýcarsko pomocí zmíněné technologie ukázala nespornou výhodu LiDARu při průzkumu krajiny, u které je přímá exkavace téměř vyloučena (Starková 2010). Pokud pohlédneme k tématu této práce, je v současné době také testován potenciál při identifikaci mohylových pohřebišť v západních Čechách (Krištuf-Švejcar 2014).

Jak již bylo zmíněno výše, lidar funguje na principu měření vzdálenosti a polohy za pomoci laserového paprsku. Ze zkušenosti můžeme znát například systém radar (zkratka *radio detection an ranging*). Tento systém je v mnohém podobný systému lidar, s tím rozdílem, že radar emituje pro svojí práci vysokofrekvenční radiové vlny, kdežto lidar vlny světelné (Young 2011, 3). V podstatě se tedy jedná o aktivní systém dálkového průzkumu, který měří vzdálenost mezi nosičem (emitoru) lidarů a zemským povrchem na základě času, který uplyne mezi vysláním laserového paprsku (v případě radaru

radiových vln), jeho následným odrazem od překážky a návradem do lidarového (radarového) přijímače odražených impulsů (Gojda-John 2013a, 9).

Nyní by bylo vhodné osvětlit, jak laserové snímání vůbec funguje. Složení lidarů je ve své podstatě jednoduché. Přístroj obsahuje zdroj laserového záření, optickou soustavu, mechanický prvek, detektor elektromagnetického záření a nakonec velmi přesné hodiny. V dnešní době se dá užít velká škála zdroje laserového záření (emitorů). Rozhodnutí pro použití konkrétního emitoru se řídí konkrétní danou situací a tedy musíme rozlišit její specifika pro výkon. Je nutné zmínit, že energie světla klesá s druhou odmocninou vzálenosti zdroje od objektu, musí být detektor laserových paprsků velice citlivý. Optická soustava zajišťuje v přístroji koncentraci laserového paprsku do velmi úzkého paprsku a zároveň souosost emitoru a detektoru (Dolanský 2004, 10). I přes tuto optickou soustavu může mít paprsek u země až desítky centimetrů a může tedy dojít k odrazu i od větších objektů nad terénem (stavby, zvířata, rostliny; Gojda-John 2013a, 9). Poslední částí jsou zmiňované velmi přesné hodiny. Důležité je mít na paměti slovo *velmi přesné*. Tyto hodiny mají za úkol měřit dobu, která uplynula od vyslání laserového paprsku emitorem po jeho zaznamenání detektorem (Dolanský 2004, 10). Dobré výsledky začíná poskytovat tzv. systém FLI-MAP 400, který byl původně navržen pro mapování silnic, železnic a elektrických sítí. Systém využívá 3 Lidarové sensory, které jsou připevněny na přídě, nejnižším místě a zádi a díky tomu má velkou šanci, že získá data z odrazu z povrchu, která na něj za normálních okolností neproniknou a jedná se tedy o data získaná z korun stromu. Navíc je systém připevněn na helikoptéru, takže díky menší výšce a menší rychlosti je možné získat data ve velkém rozlišení (Corns – Shaw 2009).

4.1 METODY INTERPOLACE DAT LETECKÉHO LASEROVÉHO SNÍMKOVÁNÍ

Narozdíl od sběru dat a jejich klasifikace, kdy je nutná spolupráce archeologa a specialisty na LLS, či popřípadě zapojení pouze specialisty pro vhodné

výstupy, v případě interpolace může tuto část provádět sám archeolog. Díky rozdílné klasifikaci můžou vzniknout dva typy digitálních modelů. Jsou jimi DMP (Digitální Model Povrchu; v angličtině se můžeme setkat také s označením DSM – Digital Surface Model) a DMR (Digitální Model Reliéfu; v angličtině DTM – Digital Terrain Model). DMP zahrnuje body odražené od vegetace, zástavby a povrchu. DMR oproti tomu obsahuje informace o „čistém“ povrchu, kdy jsou vegetace a zástavba odfiltrovány. Takovýto model je zpravidla mnohem přesnější a detailnější než obvyklé mapy, ale také nemusí být, a to z důvodu sběru dat a následné klasifikace (Gojda - John 2013a, 13). V dnešní době můžeme dělit DMR podle jeho struktury do následujících typů: 1) sestava *vrstevnicových vektorů*, 2) *mřížka* – GRID - rastr (nebo-li výšková matice), 3) *TIN* (Triangulated irregular network). Nejpoužívanější typy jsou rastr a TIN. Soustava vrstevnicových vektorů je použita k definování stejných vlastností podél probíhajících linií. Jinak řečeno vrstevnice k sobě spojují polohy, které jsou si rovny. Vrstevnice představují výšku, kdy linie spojují body se stejnou elevací a jsou většinou položeny na údaj, který symbolizuje hodnoty nadmořské výšky (Childs 2004). U *mřížky* je základním stavebním kamenem buňka (*cell, pixel*). U tohoto typu se používá několik tvarů buňek – čtyřúhelníková, trojúhelníková, hexagonální. Tyto buňky mají jasnou topologii, čili víme která buňka sousedí s kterou. Nejčastěji se setkáme se čtvercovou. Důvodem je jednoduchost a její soulad s kartézským souřadnicovým systémem. Každá buňka má jasně danou velikost (*cell size*), která je pro všechny stejná, a která udává, jak velké skutečné území reprezentuje (Oršulák - Pacina 2010, 27). Mřížka, nebo-li rastr, či GRID představuje maticovou strukturu, která v sobě nese údaje o vztazích zahrnutých bodů. *Mřížka* může být uchována pouze jakou dvoudimenzionální řada výšek (Weibel – Heller 1993), kde jsou buňky rozloženy ve stejných řádkách a sloupcích. V případě *mřížky*, která reprezentuje povrch, každá buňka obsahuje údaj, jenž reprezentuje změny ve výšce (Child 2004). V případě TIN se jedná se o soustavu trojúhelníků jejíž vrcholy tvoří navzorkované body (Weibel – Heller 1993; více níže). Vrstevnicový DRM má pouze funkci kartografické reprezentativnosti, je zaměřený především na vylepšení čitelnosti mapy. Pokud porovnáme nejpoužívanější dva typy, což

jsou *TIN* a *mřížka*, můžeme říci že každá má určité výhody i nevýhody. Tak například *mřížka* má výhodu v jednoduchém způsobu uložení, je kompatibilní se satelitními daty a lze s ní dobře provádět povrchové analýzy. Na druhou stranu její nevýhoda spočívá v pomalejší době výpočtů, je zde možnost výskytu nadbytečných bodů a navíc je zde výskyt jednotné velikosti pixelů. U druhého typu DMR, což je *TIN*, můžeme pozorovat výhody v potřebě méně bodů pro stejnou přesnost jako u *sítě*, rozlišení se přizpůsobuje terénu a v neposlední řadě *TIN* zahrnuje možnost studia topologie. Jako *mřížka* však má i jisté nevýhody, které můžeme pozorovat v nemožnosti provádění analýz povrchu, některé operace nemají dostatečně účinný algoritmus, počáteční tvorba je časově náročná (Peucker 1978; Mark 1979; <http://ibis.geog.ubc.ca/courses/geog570/notes/dtm.html>). Nelze proto ani říci, že by některý z těchto typů byl nadřazenější druhému. Výběr by měl být založen na dostupnosti dat, podstatě povrchu, aplikacích (metodách, které budou užity pro analýzu a manipulaci s povrchem), měřítku a rozlišení dat.

Tvorba DMR zahrnuje následující body (cf. Weibel – Heller 1990):

- Tvorba DMR: vzorkování půdodního terénu, formování vztahů mezi rozdílnými pozorováními (tvorba modelu);
- Manipulace DMR: modifikace a zjemňování DMR, odvození přechodných modelů;
- Interpretace DMR: analýza DMR, získávání informací z DMR
- Vizualizace DMR: vykreslování DMR a odvození informací
- Aplikace DMR: vytváření příhodných aplikačních modelů pro specifické disciplíny.

Velké množství geografických dat je získáno z bodů nepravidelně rozmístěných v prostoru. V případě výškopisné mapy (modelu) nejsou dostupné výškové body na každém metru čtverečním, ale pouze vybrané geodetické body. V numerické matematice znamená interpolace nalezení přibližné hodnoty funkce v nějakém intervalu, je-li její hodnota známá jen

v některých jiných bodech tohoto intervalu (Krištuf - Zíková a kol. 2015, 88). Interpolace je především použita pro následující operace (cf. Weibel – Heller 1993):

- Výpočet výškového bodu (z) pro jediný bod
- Výpočet výškového bodu (z) pro čtvercovou mřížka z původních dat
- Výpočet polohy (x, y) bodů vytvářející vrstevnici (platí ve vrstevnicové interpolaci)
- Zahušťování (tzv. hrubnutí) čtvercové sítě (tzv. převzorkování).

Díky interpolaci tedy můžeme spojit izolované body do kontinuálního terénu. Jedná se o převod vektoru na rastr (vytvoříme rastrový digitální model reliéfu – DMR). Existuje obrovské množství interpolačních algoritmů. Tyto algoritmy jsou obsaženy povětšinou v softwarech GIS. Některé jsou pro účely zpracování určeny lépe, jiné naopak hůře. V dnešní době je pro tyto potřeby asi nejvyužívanějším prostředím GIS software ArcGIS od společnosti ESRI. Existují však i specializované programy na zpracování výškopisných dat jako například český software ATLAS DMT. Dalším takovým je kupříkladu program Surfer (John 2008), který nabízí až 12 metod a dokáže spočítat až desítky milionů souřadnic. Tyto možnosti ovšem závisí také na výkonosti počítače. Zmíněné softwary však zahrnují jednu nevýhodu, a tou je licenční poplatek za užívání. V případě ArcGIS se nabízí možnost pořízení studentské licence, která je bezplatná, pro ostatní uživatele je však program poskytován za úplatu. V dnešní době však existuje řada tzv. *open source* softwarů z rodiny GIS (GRASS, SAGA apod.). Od interpolačních metod očekáváme, že budou splňovat několik důležitých požadavků, jsou to: přesnost, schopnost predikce, robustnost, flexibilita v jevech (například chybějící body nad vodní hladinou, jemnost, co se rušivých dat týče, aplikovatelnost velkého množství dat, účinnost výpočtů a snadné užívání. Bohužel, zda se že v současné době nenajdeme metodu, která by uspokojivě splňovala všechny výše zmíněné požadavky (Mitas – Mitasova 1999).

Nejčastěji používané algoritmy můžeme rozdělit na dvě hlavní skupiny – přesné a vyrovnávací. První zmiňované metody zachovávají hodnoty v datových bodech. Patří mezi ně triangulace, metoda inverzních vzdáleností (IDW) bez vyrovnávacího faktoru, Kriging, Spline a Natural Neighbor (<http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/3d-analyst/comparing-interpolation-methods.htm>). Vyrovnávací interpolační algoritmy působí na jemnější vyrovnávání mezi jednotlivými body, načež nejsou zachovány hodnoty datových bodů. Celkový průběh výsledného gridu je proto hladší a dochází k vyrovnání lokálních nerovností. Mezi tyto metody patří Kriging s nugget efektem, IDW s vyrovnáním a polynomická regrese. Dále máme ještě metodu jako je lineární interpolace pomocí TIN (Křišťuf – Zíková 2015, 89). Ke každému případu vstupujících dat je potřeba posuzovat užití metody individuálně. Snad jen můžeme říci, že u dat, jejichž objem je vyšší je vhodnější použít přesné metody interpolace. Naopak v případě dat vystihujících terén, kde je jejich objem menší se hodí spíše užít vyrovnávací algoritmy (John 2008).

V této situaci by bylo vhodné nastínit, na jakém principu jednotlivé algoritmy fungují. Jako první můžeme přiblížit *metodu přirozeného souseda (Natural Neighbor)*. Tato metoda, vytvořená v roce 1981 R. Sibsonem (Sibson 1981) používá pro výpočet vážené vzdálenosti. Při výpočtu vychází z thiessenových polygonů. Nevykresluje vrstevnice za hranicemi těchto polygonů (John 2008). Metoda vytváří dvě sítě polygonů – původní a novou, která vznikla přidáním určovaného bodu, způsobí tedy přebudování sítě v okolí tohoto bodu. Polygon nového bodu překrývá určité části původních známých bodů (Křišťuf – Zíková 2015, 90). Metoda neodvozuje trendy a nevytváří jámy, vrcholy, hřebeny nebo údolí, které nejsou přítomny ve vstupních datech (<http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-natural-neighbor-works.htm>). Výhoda také spočívá v účinnosti u použití velkého počtu vstupních dat (Childs 2004; Agarwal – Beutel – Molhave 2010). Je však nutné mít na paměti opět výkonnost počítače, na kterém dochází k výpočtům. Při srovnání s metodou založenou na vzdálenosti bodů (jako IDW – viz níže) přiřadí tato metoda interpolovanému bodu, který si bere údaje z stejně vzdálených bodů (mají podobné výšky) podobné hodnoty. U metody přirozeného souseda však

přiřadí interpolovanému bodu výšku, která je odvozena od procenta překrývaných polygonů (<http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-natural-neighbor-works.htm>). Další metodu, kterou popíšeme je *metoda inverzních vzdáleností (IDW)*. Vychází z obecného předpokladu, že věci blízké si v prostoru jsou si více podobné než věci vzájemně vzdálené. Pro výstupní buňku jsou tedy brány prostorově nejbližší body a z nich je počítán vážený průměr. Výsledný interpolovaný povrch může také ovlivnit způsob, jakým získáváme hodnoty pro výstupní hodnoty buňek. K tomu slouží dvě možnosti podle kterých dochází k výpočtu vážené hodnoty. Buď můžeme postupovat způsobem že hodnoty pro zamýšlenou váženou hodnotu jsou získány z tzv. *maximálního počtu bodů (Maximum number of point)* nebo způsobem kdy se využije *pevná hodnota radiu (Fixed radius)* vyjádřená v mapových jednotkách od středu žádané buňky (Childs 2004). Metoda není příliš vhodná pro výpočet dat s různou hustotou rozmístění. Je tedy vhodné mít pro model body co nejpravidelněji rozmístěné (Křišťuf – Zíková 2015, 90; Mitas – Mitasova 1999). Pokud u metody IDW zmenšíme vstupní hustotu bodů, vytvořený povrch má stejnorodější chování (Garnero – Godone 2013). K problému nepravidelně rozmístěných bodů byla navržena řada vylepšení (Burrough 1986; Franke and Nielson 1991; Watson 1992), která vedou k vytvoření třídy, která je jakási smíšená metoda IDW s vícerozměrnými metodami. Většina těchto metod však nebyla implementována v rámci GIS. Metoda *lineární interpolace pomocí TIN* (Triangulated irregular network - trojúhelníková nepravidelná síť) vychází z Delaunayovy triangulace. Jedná se o vyhlazený TIN, který se hodí pro pravidelně rozmístěné body s velkou hustotou (John 2008). Ale co vlastně TIN je? Jak už bylo zmíněno, jedná se o trojúhelníkovou nepravidelnou síť, což je struktura digitálních dat používaných v prostředích GIS pro prezentaci povrchu. Přesněji řečeno, jedná se o struktury vektorových dat užitých pro ukládání a zobrazení povrchu, které využívají soubor x , y a z hodnot. Tyto hodnoty vytváří uzly a jsou spojeny hranami sousedících trojúhelníků, které tvoří nepřekrývající se kontinuální povrch (Childs 2004). V případě lineární interpolace se hodnota v neznámém bodě odvozuje z roviny, která je definována třemi body tvořícími vrcholy trojúhelníku, ve kterém leží neznámý

bod. Při dostatečné hustotě a rovnoměrně rozložených a měřených bodech je výsledkem plocha, která poměrně přesně kopíruje modelovaný povrch (Křišťuf – Zíková 2015, 89). Výhodou metody jsou její uspokojivé přijatelné výsledky a zároveň je dostatečně rychlá a výpočetně úsporná – dokáže spočítat až desítky milionů souřadnic na běžných stolních počítačích (Gojda – John 2013a, 13). Oproti lineární interpolaci pomocí TIN, která využívá rovinnou lineární stránku každého trojúhelníku (Akima 1978, Krcho 1970; Mitas – Mitasova 1999, plate 26 (b)), máme ještě nelineární interpolaci, což jsou spojené funkce (polynomy) používané pro doplnění plynulého stavu pro první, nebo pro první a druhé zadání u výstupů, které mají zaručit „hladkost“ spojů u trojúhelníků (Akima 1978; McCullagh 1988). Další používaným interpolačním algoritmem je metoda *Spline*, která používá matematicky generované křivky, které modelují daný povrch. Pro tuto metodu Spline křivek je typické, že generují *hladký* povrch, procházející vstupními body. Tvorbu nového povrchu si lze představit tak, jako kdybychom se snažili zohýbat pružnou desku tím způsobem, aby se dotýkala vrcholů všech různě vysokých tyček umístěných v bodech měření, jejich výška odpovídá naměřené hodnotě. V hodnotě spline by měly být body rozmístěné rovnoměrně, jelikož imitovaný flexibilní povrch prochází přesně naměřenými body, ale zároveň musí mít tento povrch minimální zakřivení. Máme dva typy metody Spline: tension spline a regularized spline. Tension spline vytváří „ztuhlý“ povrch, který spíše odráží vstupní data. Podmínka minimalizace křivosti zahrnuje členy první derivace. Parametr váhy vyjadřuje váhu přiřazenou první derivaci při minimalizaci. Hodnota nuly odráží v základu tenkou desku při *Spline* interpolaci. Pokud použijeme větší hodnoty, redukuje „ztuhlost“ desky. Obvyklé hodnoty jsou 0, 1, 5, 10 (<http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-spline-works.htm>). Pokud u zadání zvolíme typ regularized spline, obměňujeme podmínku minimalizace křivosti přidáním členů třetí derivace. Parametr váhy v tomto zadání vyjadřuje váhu přiřazenou třetí derivaci při minimalizaci. Vyšší váha znamená menší křivost nebo-li hladší povrch (Křišťuf - Zíková 2015, 91). Typickou vstupní váhou je hodnota mezi 0 a 0,5 (<http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-spline-works.htm>) Tento typ tedy vytváří povrch jemnější a postupně se měnící.

Zajímavostí je, že Spline (počítaný ve všech jeho dostupných typech) ve srovnání s interpolačními metodami IDW a Natural Neighbors má poměrně velký problém při výpočtech, ve kterých je hustější rozložení bodů na menší velikost buňky. K tomu všemu vytváří metoda Spline neočekávané vrcholy (Garnero – Godone 2013). Poslední diskutovanou metodou je *Kriging*. Jedná se o geostatistickou interpolační metodu. Má společný základ algoritmů s IDW, jelikož přiřazuje váhu okolním měřením dle jejich vzdálenosti. Liší se však v tom, že při přiřazování vah bereme u metody Kriging v potaz i prostorové vztahy mezi jednotlivými měřeními. Prostředkem pro tato studia prostorové autokorelace je semivariogram a základním předpokladem stacionární vývoj studovaného jevu v prostoru (Krištuf – Zíková 2015, 91). Výhodou je kontrola množství parametrů a jeho možnost použití na nepravidelně rozložená data, v nichž se snaží postihnout hlavní trendy v využitím již zmíněných semivariogramů. Metoda je velice přesná, zároveň však velice náročná na výpočet (John 2008). Metodě se totiž připisuje, že existuje až 95,5% pravděpodobnost, že skutečná výšková hodnota se rovná predikované výškové z-hodnotě (<http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/kriging.htm>). Pokud v archeologii použijeme u metody Kriging nugget efekt je pravděpodobné, že odhalíme také mikro reliéfy, které by byly za pomoci jiných metod skryty nebo špatně identifikovatelné. Příkladem jsou tzv. keltská pole (Humme – Lindenbergh – Sueur 2006). Nugget definuje míru variability při nulové vzdálenosti.

Méně používanými metodami jsou poté *PointInterp*, *Topo to Raster*, *Trend*. První zmíněná metoda je podobná metodě *IDW*, avšak poskytuje více kontroly nad vzorkováním sousedních bodů. Vliv konkrétního interpolovaného bodu na mřížku buněk a jejich hodnot záleží na tom zda je interpolovaný bod v sousedství buněk a jak daleko je umístěn. Bod mimo sousedství s interpolovanou buňkou nemá žádný vliv. Zahrnuté hodnoty uvnitř „sousedství“ jsou propočítány pomocí *IDW* interpolace nebo pomocí inverzní exponenciální vzdálenosti. Tyto interpolace užívají vlastnosti bodů, které dovolují dosáhnout rozdílných typů „sousedství“. To může být omezeno geometrickým tvarem, jako je kruh, čtverec, nepravidelný polygon aj. (Childs 2004). Druhá zmiňovaná metoda je interpolační metoda vyvinutá firmou Esri a

zajišťující hydrologicky korektní data pro DMR, která jsou získána z běžně dostupných dat (zejména vrstevnic, ale také z bodů, linií a polygonů (<http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/topo-to-raster.htm>)). Tato metoda kombinuje interpolační metody, které optimalizují účinnost výpočtů a ztráty návaznost povrchu globálních interpolačních metod, jako *Kriging* a *Spline* (Childs 2004). Jedná se vlastně o diskretovanou metodu *Spline plátování*, u které je umožněno, aby výsledný povrch kopíroval náhlé změny terénu jako vodní toky.

Jako poslední z metod by bylo vhodné definovat tzv. *Trend*. Tato statistická metoda, která hledá povrch, jenž nejlépe odpovídá vzorkovaným bodům. K tomuto algoritmu se užívá metoda nejmenších čtverců. Jedna polynominální rovnice odpovídá celému povrchu. To znamená, že zde máme povrch, který minimalizuje povrchové odchylky v poměru vstupních dat. Povrch má být vytvořený tak, že pro všechny typy vstupních dat bude rozdíl mezi predikovanými a skutečnými daty co možná nejmenší. Tato metoda je bohužel nepřesná pro interpolaci a výsledný model málokdy „pasuje“ na vstupní data. Nicméně, metoda detekuje trendy ve vzorkovaných datech a je podobná přirozenému fenoménu, který vykazuje plynulé kolísání.

Nakonec, jak již bylo zmíněno výše, software Surfer nabízí také některé další možnosti interpolace. Mezi prvními metodami, které nebyly již jmenované dříve je *Modifikovaná Shepardova metoda* (Modified Shepard's Method). Vychází z výpočtu vážené vzdálenost, která je doplněna vyrovnáním metodou nejbližších čtverců. U této metody může dojít k největšímu zkreslení. Dalším algoritmem je *Radiálová funkční báze* (Radial basis function), která zahrnuje několik interpolačních metod, které produkují podobné výsledky jako *Kriging*, avšak poskytují silnější vyhlazení terénu (John 2008). U každé metody se tedy výsledek z menší nebo větší části liší, což může být ovlivněno i užitím softwaru, který data zpracuje. Z výsledků výzkumu LiDARového snímkování ve Španělsku (Montealegre – Lamelas - de la Riva 2015) můžeme říci, že při výběru velikosti buňky je vhodné vycházet z bodové hustoty laserového skenování. Tyto výsledky jsou však získané ze skenování ve Španělsku, ve Středomoří a naše prostředí může vykazovat trochu nebo naprosto odlišné

výsledky. Zdá se však, že co se výběru interpolační metody v zalesněném prostředí týče, není žádná metoda ve větší míře přesnější. Všechny vykazují téměř podobné elevační výsledky vzhledem k reálné výškové hodnotě, avšak liší se v době výpočtu modelu. Zajímavostí však je, že metoda Kriging v tomto výzkumu zajišťovala o něco větší přesnost při menším rozlišení (okolo 2m). Jak se zdá spíše je vhodné používat menší rozlišení DTM (okolo 1m).

V případě interpolace je tedy stále platný výrok P. A. Burrough (1986): Není moudré podstoupit data první dostupné interpolační technice bez pozorného zvážení, jak bude ovlivněn výsledek vlastní podstatou metody. Dobrý GIS by měl nabízet rozsah interpolačních metod, které umožní uživateli vybrat tu nejvhodnější pro jeho požadovanou práci. Určitou pomůckou pro vhodný výběr dokládá metody nabízí Weibel a Heller (1993, Fig 19.18; převzato z práce –

Nejvhodnější je, alespoň v našem prostředí, pořídit Lidarová data speciálně pro dané zkoumání objektů a nespolehat se na data plošného pokrytí nabízená společnostmi (např. ČÚZK – Český úřad zeměměřičský a katastrální). Alternativou může být pořízení dat, které jsou určeny primárně pro archeologickou lokalitu. U takových dat je potom možné kontrolovat počet bodů u konečného souboru. Jelikož u snižujícího se počtu bodů nastupují na řadu interpolační algoritmy, které mohou ve větší měřítku ovlivnit výsledný DMR (Holata – Světlík 2014)

4.2 METODY VIZUALIZACE DAT LETECKÉHO LASEROVÉHO SNÍMKOVÁNÍ

V předchozí kapitole byla věnována pozornost interpolaci množině geodeticky naměřených bodů, z kterých byl vytvořen rastrový nebo TIN povrch modelu DMR. Rastrový povrch je však obtížné, především pro potřeby archeologie, analyzovat vizuálně, tedy pouhým okem a následně interpretovat, proto je nutné použít nástroje pro analýzu rastrových povrchů, kdy se vytváří nový rastr, který je jednodušší vizuálně pochopit. Díky vizualizaci můžeme mimo jiné odhlásit chyby ve vstupních datech, popřípadě nesprávně zvolený typ interpolace, či nastavení jejích parametrů. Správná vizualizace tedy prezentuje

výsledky a navíc oproti papírovým mapám můžeme zvolit vytvoření 3D virtuální interaktivní vizualizace, které dnešní GIS nabízejí (Oršulák – Pacina 2010, 36). V převážné většině vizualizací se však v archeologii jedná o rastrovou vizualizaci 2D povrchu. Vizualizace jako taková tedy stanovuje dva hlavní cíle: a) vytvoření interaktivní vizualizace, která pomáhá vědci prozkoumat model a vylepšit hypotézy, b) vytvoření statické vizualizace (chápáno jako tradiční papírové mapy), které jsou určeny pro sdělování výsledků a koceptů (Weibel – Heller 1993).

Metody se dají také rozdělit do kategorií (cf. Štular – Kokalj – Oštir – Nuninger 2011):

- Metody, které osvětlují a stíní reliéf
- Metody přidělující barvy
- Metody, které manipulují s DMR
- Metody, které mají obrazy zpracované filtry

Metody, které osvětlují a stíní reliéf jsou založené na osvětlení reliéfu pomocí světla a zvýraznění struktur, které tím pádem vrhají stíny. Patří sem například technika, hillshade, multidirectional oblique-weighted (MDOW) shaded relief, Lambertian reflection shaded relief, principal component analysis (PCA) of hill shadings from multiple directions, metoda Sky-view factor a Openness.

Metoda, která přiděluje barvy je v archeologii celkem zažitá, ovšem je užívána spíše na pobřežním nebo záplavové nížině. V ostatních terénech se totiž poněkud ztrácejí výškové rozdíly, reprezentované výškou archeologických objektů ve srovnání s topografickými výškami. Tento problém můžeme řešit technikou *Bipolar differentiation*, také známá jako *Relative height-coding*. Touto metodou můžou být například vizuálně kontrolovány metody Aspect, Slope (česk. překl. Svažitost), Curvature (česk. překl. Zakřivení; Wood – Fischer 1993), které jsou založeny na přidělování barev, nebo aplikací techniky *Bipolar differentiation*.

Co se metod manipulujících s DMR týče dnešní softwaru GIS nabízejí množství balíčků, které dovolují morfometrické analýzy. Dvě nejslibnější metody jsou Slope gradient a Trend removal. Slope gradient dosahuje slušných výsledků v kombinaci s algoritmem Hillshade (Štular – Kokalj – Oštir – Nuninger 2011). U Trend removal platí, že tato metoda svou vizualizací vytváří Lokální model reliéfu (ang. Local relief model – LRM).

Jako poslední máme metody, které mají obrazy zpracované filtry. Ty jsou aplikovány na DMR za účelem odhalit vysokofrekvenční odchylky. Těmito metodami jsou například Laplacian filter, Sobel's filter, Robert's filters a unsharpen mask. Nejpoužívanější je Laplacian filter. Tento filtr však vytváří také jeden problém a to ten, že při filtraci navyšuje jak viditelnost archeologických objektů, tak šum (Stal et al. 2010; Štular et al. 2011).

Jako v předchozí kapitole, se i zde hodí představit nejužívanější metody, které se v archeologii využívají pro vizualizaci reliéfu terénu. Pro vhodné použití je také podstatné zmínit princip zpracovávání dat. Dá se říci, že nejpoužívanějšími metodami pro analýzu rastrového DEM jsou Aspect, Contour (česk. překl. Vrstevnice), Hillshade, Slope (Svažitost). Dále se potom ještě dá použít pro archeologické účely metoda Sky-view faktor či Local relief model. Popisy následujících metod (jmenovitě Aspect, Contour, Hillshade, Slope), především jejich vstupních parametrů, se budou vztahovat převážně na práci v nejběžněji užívaném GIS softwaru ArcGIS od společnosti ESRI.

Aspect je funkce, která generuje rastr orientace svahu vůči světovým stranám. Metoda je velice jednoduchá, co se požadavků na uživatele týče. Jako vstupní parametry slouží pouze vrstva obsahující rastrový DMR (Input raster) a umístění výstupu (Output raster). Velikost výstupu a rozsah výsledného rastru jsou stejné jako u rastru vstupního. Pixely výsledného rastru obsahují hodnoty azimutu. Rastr je podle těchto hodnot barevně rozdělen do 8 kategorií podle světových stran. Devátá kategorie je vyhrazeny pro pixely s nulovým sklonem (Krištuf – Zíková 2015, 92-93).

Další z metod je Contour. Tato metoda není v archeologii příliš užívána. Je zmíněna pouze jako jedna z možností vizualizace. Technika generuje vrstevnice nad celým povrchem DMR. Kromě nastavení vstupního a výstupního rastru, můžeme nastavit také vzdálenost mezi vrstevnicemi (Contour Interval), hodnoty základní vrstevnice (Base contour), od které se bude interval počítat a můžeme si také nastavit tzv. Z faktor. Jedná se o číslo kterým budou hodnoty nadmořské výšky vynásobeny. Čím bude tedy faktor vyšší, tím bude převýšení povrchu výraznější (Krištuf – Zíková 2015, 93). Hlavním nedostatkem metody je nejspíše fakt, že nevytváří bezprostřední vzezření modelu topografického tvaru (Weibel – Heller 1993).

Technikou, která je archeologii poměrně používanou je vytvoření stínovaného modelu v tzv. Hillshade (Kuna a kol. 2015; Šebková 2014; Gojda – John 2013 aj.). Funkce, která byla poprvé automatizována P. Yoeli (1965; 1967) pro kartografické účely, vytvoří nad vstupním DMR stínovaný model reliéfu. Jedná se o rastr, kde každý pixel má hodnotu osvitlu slunečním světlem. Používá se ke zvýraznění plasticity povrchu a vytvoření 3D efektu. Kromě vstupních a výstupních parametrů se dá nastavit ještě poloha hypotetického slunce, resp. zdroje světla. Zadává se tedy jeho azimut a výška nad povrchem. (Krištuf – Zíková 2015, 93). Osvětlení pro DMR je počítáno ve dvou krocích. Nejprve je vypočítán a vyčleněn model obvyklostí pro jednotlivé hrany a poté je aplikován model osvětlení (Weibel – Heller 1993). Metoda ve své podstatě využívá princip stínových příznaků, které jsou vidět na leteckých snímcích. Jak už jsme si však mohli všimnout výhodou této metody spočívá v tom, že si vytvoříme „slunce“, které si můžeme nastavit podle potřeb i do nepřirozené polohy. V reálného fotografického snímkování archeologických objektů musíme koordinovat přelety podle denního cyklu slunce a jeho omezení je jeho směr, který může svítit pouze ve směrech Z-V a V-Z (Šmejda 2009). Nevýhodou však můžeme vidět v momentě, kdy zvolíme úhle slunce tak, že jeho „paprsky“ jsou paralelně s liniivými objekty a navíc nelze očekávat příliš detailů v místech velkého stínování a místech velké jasnoti (Devereux et al. 2008). Metodu hillshade je možné také provést v obměně v tzv. Principal component analysis (PCA) of hill shadings from multiple directions. Metoda vytváří vysoce

korelující vizualizace, s tím že se změní vzorec stínů a osvětlení v závislosti na počtu úhlů, ze kterých bude světlo dopadat. Jelikož spolu tyto obrazce vysoce korelují, je možné je sumarizovat pomocí matematické transformace PCA (Analýza hlavních komponentů; angl. Principal component analysis). Nejbezpečnější pro pokrytí všech archeologických komponent je zdá osvětlit zkoumanou oblast ze 16 směrů (Devereux et al. 2008).

Metoda Slope nám vygeneruje rastr sklonu svahu. Platí zde, že velikost pixelu výstupu a rozsah výsledného rastru je stejný jako u rastru vstupního. Standardní nastavení vstupního a výstupního rastru doplňuje možnost určení hodnoty sklonu jednotlivých pixelů (výběr mezi stupněmi a procenty) a hodnoty Z faktoru (Krištuf – Zíková 2015, 94). Tato metoda se například hodí pro mapování zemědělských oblastí a jejich zavlažování, především potom pro mapování úzkých údolí. Naopak se pro tuto oblast bádání se neosvědčilo užít „stínování“ (hillshade) a ani metodu sky-view faktor. Důležité je ovšem zvolit vhodnou klasifikaci zlomových bodů (break values; McCoy et al. 2011). Metoda nejvíce vyniká při vizualizaci strmě se svažujících stran. Naopak je značně neúspěšná při identifikaci jemně se svažujících hřebenů nebo brázd (Hesse 2011).

Zmiňována byla také metoda Local relief model (LRM; také jako Trend Removal), která je poměrně nová. Jedná se v podstatě o krajinu v malém měřítku, která je extrahována z krajiny s velkým měřítkem, zobrazuje nízké reliéfy ukryté v krajině a eliminuje právě znaky z DMR velkého měřítku (Hesse 2010). Díky tomu můžeme odhlalít například jinak špatně viditelné a zachytitelné archeologické objekty, jako jsou kupříkladu rozorané mohyly. Nejdříve je vypočítán trendový DMR a poté se tento model odečte od originálního DMR (Štular et al. 2011). V porovnání s nejpoužívanější vizualizačními metodami „stínování“ vykazuje metoda jisté výhody, ale i nevýhody. Tak například výška objektů neukazuje skutečnou nebo statisticky interpolovanou metodu, jelikož se jedná o rozdíl dvou druhů DMR. Konvexní a konkávní tvary, jako jsou hory, hrany plošin atd. jsou sice na LRM jako

pozitivní a negativní znaky, ale jejich interpretace vyžaduje zkušenosti (Hesse 2010). Metodu LRM je možné nechat vypočítat v externím nástrojovém balíčku Relief visualization toolbox - RVT 1.1 (více níže). V dnes asi nejrozšířenějším softwaru ArcMap, který nabízí prostředí GIS je vytvoření takového modelu LRM poměrně jednoduchá záležitost, avšak pro běžného uživatele může jeho algoritmus představovat poměrně obtížný proces, jelikož se tato činnost neobejde bez použití více nástrojových balíčků a je zde tvořena tedy i vyšší náročnost na uživatele z hlediska nastavení hodnot. Proto je již dnes k dispozici také toolbox, který přímo slouží k vytvoření LRM (Novák 2014) přímo v softwaru ArcMap.

O něco málo mladší je vizualizace za pomoci techniky Sky-view faktor. Sky-view faktor měří viditelnost oblohy z určitého bodu, tedy v obecném znění se tedy povrch „zahřívá“ či „ochlazuje“ rychleji, čím je výškový parametr nebe viditelnější. Výpočet je založen na rozptylu osvětlení. Imaginární zdroj světla osvětluje reliéf z nebeské polokoule. Části viditelného nebe jsou omezená horizontem reliéfu korespondující s osvětlením reliéfu, tz. hřebět je více osvětlený než spodní hrana příkrého srázu, jelikož jsou osvětlovány ze stejného místa. Výpočet techniky Sky-view faktor je závislé na zvolení hodnoty, která určuje radius vyhledávání horizontu (Search radius). Čím větší radius je, tím bude víc zobecněný; malý radius se využívá spíše pro vizualizaci a třídění lokálních tvarových forem (Zakšek et. al. 2011; Kokalj et al. 2011). Co se počtu směrů hledání týče, zdá se že mezi hodnotami 8,16,32 se neukazují téměř žádné rozdíly. Mezi počtem směrů 32 nebo 64 se již relativní rozdíly snižují a není zde téměř žádná odchylka (Zakšek et a. 2011). Na základě metody sky-view faktor se také vytváří vizualizační technika Diffuse solar radiation (spadá do kategorie metod Solar insolation models; Challis et al. 2011). Metoda sky-view faktor je k dispozici, v již zmíněném, volně dostupném softwarovém balíčku RVT 1.1, který slouží pro vizualizulizaci dat dálkového průzkumu. Tento software byl vytvářen ZRC SAZU – výzkumné centrum akademie věd Slovinska; <http://iaps.zrc-sazu.si/en/rvt#v>). Na základě porovnání metod (Zakšek et. al. 2011; Kokalj et al. 2011; Štular et al. 2011) se dá říci, že metoda Sky-view faktor se hodí pro zobrazení většiny scénérií

více, než hillshade z jednoho směru, což jak bylo řečeno byla hlavní podstata vyvinutí metody SVF. Jistou nástavbou SVF, je Anisotropic SVF. To předpokládá, že nebe je jasnější v určitém směru než v jiném, je tedy anizotropní, narozdíl od metod Sky-view faktor, Openness a Negative Openness, které jsou izotropní. Vážená hodnota je založena na funkci cosinus polovičního úhlu (Zakšek et al. 2012)

Poslední metodu, kterou jistě není dobré opomenout je metoda Openness, tedy otevřenosti. Metoda byla vyvinuta v roce 2002, který tvořili R. Yokoyama, M. Schirazawa, R. J. Pike (2002). Pracuje na principu, kdy získáme výsledek výpočtem průměru úhlů zenith (vrcholový) a nadir (nejspodnější) v osmi směrech (jsou reprezentovány kompasovými azimuty) z určitého bodu v určité kruhové vzdálenosti. Metodou Openness můžeme ještě rozdělit na pozitivní a negativní. Toto záleží na výsledku hodnot získaných z průměrů úhlů. Průměr všech úhlů zenith se rovná pozitivní *otevřenosti*, naopak průměr všech úhlů nadir se rovná negativní *otevřenosti*. Jednoduše řečeno pokud máme průměr úhlů zenith větší než úhlů nadir, jedná se o objekty konkávní a naopak pokud je průměr úhlů nadir větší oproti zenith, máme objekty konvexní. Techniku Openness lze propočítat v softwarovém balíčku OPALS (Orientation and Processing od Airborne Laser Scanning data), spravovaný Katedrou Geodezie a Geoinformatiky na Vídeňské Technologické Univerzitě (<http://geo.tuwien.ac.at/opals/html/index.html>). Kokalj et al. (2013) navrhují pro zobrazení SVF obrazů je vhodné použít *Histogram Stretch*, jako u všech map, u kterých byla užitá metoda Openness. Metodě SVF je metoda Openness velmi podobná. Tato volba ukázala vysokou míru účinnosti při zobrazení drobných konkávních objektů, tedy u pozitivní *otevřenosti* (Doneus 2013). Lze říci, že metoda Openness představuje jakousi doplňující metodu pro další vizualizační techniky

Zdá se, že stejně jako u interpolačních metod, neexistuje zcela stoprocentní univerzální metoda pro vizualizaci DMR, co zobrazení všech archeologických objektů týče. Některé snímky mohou nabrat jiný rozměr pohledu díky

podstoupení jinému dalšímu algoritmu, nebo kombinací rastru s více rastry, které jsou výstupem různých typů algoritmů, čímž může být dosaženo celkem přijatelných výsledků. Kombinací Sky-view faktor a metody Slope můžeme dosáhnout celkem „přírodní“ reprezentace terénního reliéfu a toto spojení může pomoci odhalit větší množství archeologických objektů (Štular et al. 2011).

5 POTENCIÁL PROSTOROVÉHO KONTEXTU MOHYLOVÝCH POHŘEBIŠŤ

Stejně jako artefakty, jejichž tvary jsou podřízené kulturním zvyklostem, tak tomuto jevu podléhá také pohřbívání. Mohyly můžeme chápat jako specifický artefakt. Každé mohylové pohřebiště složené z mohyl, vytvořené určitou archeologickou kulturou má vedle instrumentálního také expresivní účel (Neustupný 2010, 32). Tento expresivní účel vyjadřuje určité obvyklosti ve vyjádření dané společnosti. Můžeme tedy říci, že pohřeb pod mohylou, složení hrobové výbavy, způsob se kterým je zacházeno s ostatky a další vyjadřují určitou obvyklost pro danou komunitu, protože právě tyto obvyklosti jim dle jejich zvyklostí a mínění mohly pomoci v dosažení klidu v posmrtném životě, a tím mohou být takovéto praktiky akceptovány. Rozmístění mohyl může taktéž vázáno na společenské a symbolické systémy. Takto mohou vznikat struktury v událostech. Tyto struktury se mohou vyskytovat také v rozložení mohyl na pohřebišti. Například jejich nepravidelná distribuce a kumulace v určitých oblastech mohou pomoci s odhalením pravěkých cest (Krištuf 2012). Jelikož je jsou v některých oblastech považovány za monumenty, podél kterých jsou cesty budovány (Bourgeois 2010).

Víme, že jedinci minulých populací měli různé statusy odvíjející se od jejich pohlaví a věku. Pohlaví bylo ve většině případů silnějším determinanem pro uložení rozdílných předmětů v hrobech či v prostorové distribuci hrobů. Bohužel nelze tyto elementy pohřbů ve většině případů srovnat s antropologickým materiálem. Důvodem může být převaha žehu v období doby bronzové (Čujanová-Jílková 1964) a pozdní doby halštatské (Venclová ed. 2008, 137-138). Většinou se ukazuje, že hroby žen reprezentovné šperky

a hroby mužů, které jsou reprezentované zbraněmi mají na pohřebišti oddělenou prostorovou distribuci hrobů (Křišťuf – Švejcar 2015; Chlevišťan – Křišťuf 2015).

Zdá se, že mohylová pohřebiště, na kterých pokračovalo pohřbívání do mladší doby bronzové koncentrovaly své pohřby do míst, která jsou dnes nejhustěji pokrytá mohylami. U takovýchto shluků můžeme hovořit, že bylo pohřebiště využíváno dlouhodobě, snad i kontinuálně. Větší mohyly jsou většinou rozmístěny kontinuálně a menší tvoří hustotu jednotlivých skupin mohyl. Milavečské kultuře náležejí ve většině případů menší mohyly. Monumentalita větších mohyl nemusí být ovšem vůbec zamýšlená, ale způsobena až pozdějšími dodatečnými pohřby (Křišťuf – Praumová – Švejcar 2013). Většina mohylových pohřebišť vykazuje takovéto shluky mohyl, které jsou navíc vzájemně oddělené. Některé z nich jsou patrné na první pohled, na jiné je nutné se uchýlit k použití nástrojů prostorové analýzy. Takovéto nalezené shluky mohou demostrovat přítomnost a příslušnost vyšším společenským jednotkám – rodinám (Křišťuf – Praumová – Švejcar 2011; Křišťuf – Švejcar 2012; Neustupný 1983).

Pokud se podíváme na středověké křesťanské pohřebiště můžeme vidět, že např. dětští jedinci, především novorozenci jsou nalézáni velmi sporadicky nebo na jiném místě než je běžné pohřebiště. Důvodů těchto nálezů může být hned několik. V prvním případě se kosti z důvodu tafonomie nemusí dohovat, druhým důvodem může být zkušenost archeologa, či antropologa při odhalování kostí (záměna s ptačími kostmi; Stránská – Dobisíková – Likovský – Velemínský 2010, 155). V případě třetí možnosti je jejich umístění na jiný, odlišný prostor než dospělý jedinec (Mays 2000, 180). Tento jev je z velké míry způsoben jiným společenským postavením, než má dospělý jedinec, Jde především před a po křtu (jedinec stále nese dle církevního dogmatu prvotní hříchy, a proto si nezaslouží být pohřben na řádném posvátném místě). Pokud však tento teoretický předpoklad přeneseme na pohřebiště pravěké, konkrétně doby bronzové a halštatské narazíme na výše zmíněný problém, kterým jsou spálené ostatky, které mohly navíc podlehnout dekompozici. Jediným způsobem, jak odhalit zmíněné systémy může být analýza prostorového

uspořádání a analýza artefaktů. Stejně, jako prostorové rozmístění pohřbů dětí a novorozenců, vzbuzuje otázky také rozmístění nemocných, či tělesně odlišných jedinců na pohřebištích. Tito jedinci byli například ve středověku separováni pohřbívání na jiných místech, než jsou běžné pohřebiště. Nejčastějšími případy jsou většinou lidé trpící leprou (*Mycobacterium leprae*) (Benike et al. 2005).

Prostředí GIS může díky prostorovému kontextu napomoci k lokační analýze mohylových pohřebišť. Z několika důvodů může být však tato analýza více problematická než například lokační analýza sídlišť. Předně, pohřební komponenty se většinou vyskytují na úrovni regionů. Ve srovnání se sídlištními areály jsou méně kompletní a/nebo hůře detekovatelné dostupnými povrchovými výzkumnými metodami. Zadruhé, vztah pohřebních areálů k prvkům přírodního prostředí je více variabilnější a méně srozumitelný současnému pozorovateli než v případě sídlišť. U těch je návaznost podmíněna praktickým aspektem přírodního prostředí, zatímco lokace pohřebišť byla pravděpodobně méně poutaná těmito faktory a spíše odpovídala převážně jedincům či specifickým normám kultury (Kuna 2006, 83).

6 METODA PRÁCE

K práci s lidarovými snímky (především k interpolaci a k vizualizaci) bylo užito softwaru, který se řadí do skupiny geografických informačních systémů (dále jen GIS). K tomu posloužil softwarový balíček ArcGIS od firmy ESRI, kde byl konkrétním užítým softwarem ArcMap 10.3 a dále potom posloužil softwarový nástroj RVT 1.1 vytvořený ZRC SAZU (Výzkumné centrum slovinské akademie věd), který nabízí další možnosti vizualizací. Práce v GIS probíhala po celou dobu v referenčním souřadnicovém systému S-JTSK/Krovak East North a ve výškovém referenčním systému Bpv.

Je potřeba zmínit, že předmětem studia jsou mohyly. Při pohledu na různá pohřebiště je předem jasné, že velikost mohyl se různí, což může odrážet nějaké struktury v pravěké společnosti. Objem mohyl byl vypočten na základě vzorce, který počítá objem kulové úseče s pomocí poloměru a výšky mohyly

($V = \pi v / 6((3p^2 + v^2))$); Krištuf – Praumová – Švejcar 2013). Tento objem představoval pouze relativní hodnotu, jelikož mohyla za celá staletí prošla řadou transformačních procesů (Neustupný 2007), které nakonec vedou k destrukci mohyly.

Součástí práce je také relační databáze 1:n. K jejímu vytvoření a pro práci posloužil software MS Access z kancelářského balíčku MS Office od firmy Microsoft. Tato databáze by měla posloužit jako určitá předloha k databázovým systémům, určené k plošné evidenci všech objektů a pseudobjektů získaných za pomoci leteckého laserového skenování.

Pro veškeré zobrazení grafů byl použit statistický software Statistica 10.2. od firmy StatSoft.

6.1 Zpracování lidarových snímků

Hlavním předmětem této práce byly lidarové snímky jižního Přeštika. Tyto snímky bylo nutno interpolovat vybranými metodami a následně je vizualizovat za účelem jejich analýzy na přítomnost archeologických komponent. Výsledky analýzy byly zapisovány do databázového systému, který by měl tvořit určitý vzor pro další evidenci památek získaných tímto způsobem. Takto vytvořená databáze je určena k plošnější evidenci nejenom validovaných archeologických objektů, ale také tzv. pseudobjektů, které mohou při pohledu na snímek vyvolat zdání přítomnosti objektů minulých populací, při terénní prospekci se však ukáží, jako negativní. Navíc současné databázové systémy zaznamenávají celé areály aktivit. Tento způsob však naráží na své hranice při analýze lidarových snímků u krajiny, která byla po celá staletí poměrně dobře zakonzervovaná. V těchto případech není zcela jasné, kde začínají a kde končí lokality, které se přes sebe překrývají. Proto se v tomto případě pracovalo s jednotlivými objekty. Zaznamenány byly také zmíněné pseudobjekty, jejichž evidence může předejít zmatení při budoucí analýze

Databáze v relaci 1:n sestává ze čtyř tabulek (obr. 1). První z nich s názvem *map_list* obsahuje především výčet užitých mapových listů. Dále potom generaci mapových listů a počet bodů, jenž mapový list po filtraci

obsahuje. Druhá podřadná tabulka *visualization_interpolation_method* nese informace o použitém interpolačním algoritmu. Jako poslední jsou v této tabulce pro každou interpolaci uvedeny rozdílné vizualizační techniky. Je jisté, že touto kombinací můžeme získat různé spektrum zviditelnění objektů a tím navýšit nebo naopak snížit jejich počet. Třetí v relaci podřízená tabulka *features* obsahuje data o jednotlivých objektech, což zahrnuje jejich rozměry, objem a další. Poslední nejpodřízenější tabulka *coordinates*, jak už název napovídá udává polohu daného objektu (body jsou definovány jednou souřadnicí, linie dvěma – koncové, a polygon je definován minimálně dvěma. Výsledkem by měl být mimo jiné také jedinečný alfanumerický identifikátor ve formě XYZ12/12/X. Číslice v první oblasti označovala mapový list, na kterém se objekt nacházel, druhá oblast značila číslo objektu. Toto číslování začínalo na každém mapovém listu od čísla 1 a pokračovalo vzestupně až k číslu *n*. Poslední oblast značila písmeno, které označovalo morfologický typ objektu. Nalezené objekty byly zařezeny pro svou formální podstatu, morfologii, do tří kategorií: liniový objekt, bodový objekt nebo-li tzv. macula (k pojmu Gojda 2004, 84) a pokud se skládaly z kombinace těchto prvků tak dostaly označení polygon. Právě objektům – hrad, hradiště, u kterých bylo obtížné zařazení k objektům liniovým nebo bodovým právě pro jejich podstatu, byl přiřazen tento atribut). Objekty byly vzestupně číslovány pro každý mapový list zvlášť. Databáze tedy nabízí k vyplnění jednu ze tří možností: liniový objekt (L), bodový objekt (B), polygon (P).

Nalezené anomálie prošly porovnáním na přítomnost ve Státních archeologickém seznamu (zkráceně SAS), který je veřejně přístupný na stránkách Národního památkového ústavu (<http://isad.npu.cz/ost/archeologie/ISAD/free/>). Výsledek byl značen dichotomickým deskriptorem (Přítomnost/Nepřítomnost). Tyto anomálie byly dále „rozebrány“ na menší jednotky, které představovaly jednotlivé objekty.

6.1.1 Výběr zdrojových dat

Celkem bylo užito 15 snímků LLS digitálního modelu reliéfu 5. Generace (DMR 5g), které zachycují krajinu jižního Přešticka (obr. 2). Snímkům bylo

ponecháno jejich alfanumerické označení poskytnuté od ČÚZK, jenž označují písmeny zachycenou oblast a číslem samotné číslo snímku v oblasti (příklad PRES05). Mapové listy, které zobrazují krajinu jižního Přešticka za pomoci leteckého laserového skenování (LLS), byly získány z grantu s „SGS 2015-034“ s názvem „Krajina jako archeologický pramen“. Tyto mapové listy poskytuje za poplatek jako službu na svých stránkách Český zeměměřičský úřad (zkráceně ČÚZK; <http://www.cuzk.cz/>). Mapové listy byly získány za prostřednictvím systému LiDAR. Skenování zájmového území, které prováděl ČÚZK, probíhalo pomocí leteckého laserového scanneru RIEGL LMS – Q680 s příslušenstvím pro autonomní určování polohy skeneru GPS (Global Positioning System) a IMU (Inertial Measurement Unit). V případě DMR 5. generace byl výškový reprezentativní bod vybrán na „rozřezané“ síti čtverců oblasti o rozloze 1x1 m, které byly pořízeny v období mezi březnem a červnem (Brázdil 2015b). To je mimo jiné rozdíl oproti DMR 4. generace, kde je síť „rozřezána“ na čtverce o rozloze 5x5 m (Brázdil 2015a). Vybrané mapové listy ukazují oblast o rozloze 2x2,5 m tedy oblast o rozloze 5 km². Hustota bodů dosahuje přibližně 1,6 bodu/m². Oblast je definována čtyřmi body v souřadnicovém systému S-JTSK/Krovak East North. První je položen na souřadnicích X= -832510.281 a Y= -1089996.776, druhý bod definují body se souřadnicemi X= -825010.911 Y= -1090018.385, třetí bod se nachází na souřadnicích X= -832510.281 a Y= -1099981.525. Poslední bod se nalézá v místě souřadnic X= -824989.299 Y= -11000003.137. K účelům této práce bylo využito snímků PRES05, PRES06, PRES07, PRES08, PRES09, PRES15, PRES16, PRES17, PRES18, PRES19, PRES25, PRES26, PRES27, PRES28, PRES29, což je plocha s obsahem 75,43 km².

6.1.2 Aplikace interpolace

Data, která prošla robustní filtrací a byla obdržena v podobě mračna bodů bylo nutno pro potřeby 3D modelu nejdříve interpolovat, kdy se vektorová bodová data převedla na rastr. Tento rastr se musel nakonec vizualizovat. K práci posloužily 3 interpolační metody s následujícími zvolenými parametry výpočtu. *Spline* (velikost buňek: 0,5; typ Spline: regularized; vážená hodnota třetí derivace: 0,1; počet bodů pro lokální odhad: 12), *IDW* (velikost buňky: 0,5;

počet bodů ve vyhledávacím radiusu: 20; maximální vzdálenost vyhledávacího radiusu: 30), *Natural Neighbor* (velikost buňky: 0,5). Všechny rastry byly po výpočtu exportovány jako soubory s koncovkou .GEOtiff. Soubor s koncovkou .GEOtiff zaručil také možnost dalšího zpracování v nástrojovém balíčku Relief visualization toolbox - RVT 1.1. Výhodou užití výše zmíněných interpolačních metod je jejich relativní časová a hardwarová náročnost pro výpočet. Z důvodu velké výpočetní náročnosti nebylo možné použít nástroj *Kriging*.

6.1.3 Aplikace vizualizace

Z předchozího textu je jisté, že různé druhy krajin a objektů v nich vyžadují individuální přístup, proto bylo pro vizualizaci využito vícero nástrojů. Tyto vizualizace byly vytvořeny pro všech 15 mapových listů, které byly interpolovány třemi výše zmíněnými metodami. Konkrétními použitými nástroji v rámci RVT 1.1 byly *Hillshade from multiple directions*, který zaručil nasvícení objektů z více směrů, *Sky-view factor*, *Anisotropic Sky-view factor*, *Openness Positive a Negative*. V nástrojovém balíčku v softwaru ESRI ArcMap 10.2 byla zpracována vizualizace *LRM*, *Hillshade a Slope*. Nastavení jednotlivých technik proběhlo následovně: technika *Hillshade from multiple directions* (počet směrů: 16; úhel nasvícení: 35°), *Sky-view factor* (počet vyhledávacích směrů: 16; rozměr vyhledávacího radiusu: 10; odstranění šumu: ano), *Anisotropic Sky-view factor* (úroveň anizotropie: vysoká; hlavní úhel směru anizotropie: 315°), *Openness – Positive* (není nutné zadávat žádné parametry; pro funkci je pouze nutné nastavit parametry u techniky *Sky-view factor*), *Openness – Negative* (stejné podmínky jako pro *Openness – Positive*), *Hillshade* – ten byl vytvořen pro každý mapový list ve čtyřech verzích (úhel směru dopadu světla: 0°, 90°, 180°, 270°; úhel nasvícení: 35°; Z factor: 3), *Slope* (výchozí hodnoty svažitosti: stupně; Z factor: 3), *LRM*. Nejdříve bylo nutné aplikovat metodu *Focal statistics* na již vytvořené rastry interpolované metodami *Spline*, *NN*, *IDW* čímž se rastry přepočítaly a výsledný rastr se vyhladil, u funkce byly nastaveny následující parametry: vypočet sousedství: ve čtverci; výběr hodnot na výšku: 30; výběr hodnot na šířku: 30; Užití jednoty: mapové jednotky; statistický typ: průměr. Dále bylo nutno aplikovat techniku *Minus*, kdy jsme pomocí ní od sebe odečetli rastry *Spline*, *IDW* nebo

NN a *Focal Statistics*. Výsledkem není rastr zobrazující skutečné hodnoty výšek, ale hrubý rastr, který je výsledkem rozdílů výšek dvou DMR. U všech vizualizací byla v symbologii nastavena standardní odchylka (Standard deviation) pro vyhlazené rastry (Stretched). Tato odchylka se pohybovala v hodnotách od 0,5 k 2,5.

6.2 Testování potenciálu leteckého laserového skenování

V kapitolách 4.1 a 4.2 byly popsány principy jednotlivých metod interpolace a vizualizace. Z těchto odstavců vyplynulo, že každá interpolační metoda pracuje jiným způsobem, kterým jsou vypočteny chybějící výšková data. Stejně tak vizualizační techniky zobrazují relikty v krajině každá rozdílným způsobem. Proto je nutné přistupovat individuálně při výběru vizualizačních metod k jednotlivému typu krajiny. Kvalita následného vizualizované DMR se však odvíjí od kvality, kterou byl interpolován. V této práci je pozornost věnována mohylám a mohylovým pohřebištím, proto je i toto testování zaměřeno především na ně. Mohyly byly na jednotlivých vizualizovaných rastrech zobrazující DMR klasifikovány dle jejich viditelnosti do jedné ze 6 tříd.

Před samotnou klasifikací bylo nutné jednotlivé vytipované objekty verifikovat v terénu. Ke klasifikaci rozdílů mezi jednotlivými interpolačními metodami bylo postupováno u každé ze tří interpolačních metod a od nich se odvíjejících 8 vizualizačních metod dle autorem vytvořeného diagramu (obr. 3). Bylo pracováno s celkem 6 třídami klasifikace. Vzhledem k tématu této práce byla zvláštní pozornost věnována mohylám. Třídy 1, 2, 4 zastupují speciální kategorie a jsou vytvořeny především pro práci s mohylovými pohřebišti, ovšem nevylučuje se jejich aplikace také na další archeologické objekty. Číslo 1 byly přiřazeny objekty, jenž jsou na snímku existující, jsou rozeznatelné jejich tvary od ostatních objektů a navíc jsou vidět na dostupných plánech. Třídě 2 potom náleží objekty, či mohyly, které se na snímku nacházejí, ale jejich tvar je téměř nerozeznatelný od dalších objektů. Jejich identifikace je navíc nejistá. Dle plánů se však na daném místě mají mohyly nacházet. Číslo 4 náleží objekty, které se na lidarů nenacházejí, ovšem dle dostupných plánů by se na souřadnicích nacházet měly. Třídy 3, 5 a 6 jsou určeny pro objekty, ke kterým

nejsou dostupné plány. Třída 5 poté zastupují objekty, které na snímcích vyskytují, ovšem dostupné plány zde neuvádějí žádný objekt (také se jedná o mohyly, či pohřebiště bez plánů). Může se tedy jednat o zcela nový objekt. Třída 3 zastupuje objekty, které na lidarů nejsou vidět. Je jisté, že třídy 6 a 2 představují v určitém smyslu poněkud subjektivnější klasifikaci, a může se zde vyskytnout interobservační chyba. Klasifikace může být ovlivněna dochovaným stavem mohyly. Výsledky klasifikace, byly mezi sebou aritmeticky porovnány v rámci interpolačních metod. Výslednou hodnotou bude procentuelní zastoupení vizualizačních a interpolačních metod v rámci jednotlivých tříd u každého mapového listu. Data by měla poskytnout statistický výstup pro interpretaci snímků, na kterých jsou zobrazena mohylová pohřebiště, především výběr vhodné interpolační metody ve spojitosti s vizualizační metodou pro mohylová pohřebiště ve spojitosti s lidarovými daty 5g, jež poskytuje ČÚZK pro vybrané území. Dva rastry s největším procentuelním zastoupením pro mapový list spolu budou kombinovány a bude testován potenciál zviditelnění archeologických objektů. Výsledek by měl být exaktním výsledkem vhodnosti interpolací u jednotlivých mapových listů.

6.3 Aplikace prostorových analýz

Z prostorové analýzy M. Kuny (2006) se zdá, že i přes určitou variabilitu mohylových pohřebišť doby bronzové a halštatské vykazují mohylová pohřebiště v oblasti jižních Čech kolem řeky Vltavy určitou fixaci na krajinné prvky a na ostatní současné lidské aktivity. Dodatečně byla proto na mapě vyznačena také sídliště nížinná a výšková a další sídlištní aktivity z doby bronzové a starší doby železné. Důvodem byla značná převaha pohřbů pod mohylami (Jiráň ed. 2008; Venclová ed. 2008). Dále byly vyznačeny výrazné geografické prvky, jako vrcholky kopců a vodoteče. Tyto data mohou pomoci s otázkou, zda byly v této oblasti mohyly vázány k nějakému takovému prvku v krajině. Rozlohu pohřebišť bylo v tomto momentě nutno převést na *shapefile*, který obsahoval polygony pohřebišť a tomuto procesu následovalo zjištění jejich „těžiště“.

6.3.1 Svažitost terénu

Svažitost terénu byla vypočítána ve stupních za pomoci nástroje *Slope*. Nástrojem, který zjistil hodnoty svažitosti v poloze mohylového pohřebiště a místech jednotlivých mohyl, byl *Extract Values to Points*. Hodnoty byly extrahovány z rastru *Spline*. Každá buňka (pixel) obsahuje hodnoty svažitosti vůči ostatním buňkám. Svažitost byla poté také vizualizována za pomoci zmíněného nástroje *Slope* jako rastr. Symbologie pro určité hodnoty svahů se roztříidily na 6 tříd, každá po 5° od 0° po 30°.

6.3.2 Analýza nadmořské výšky

Ke zjištění nadmořské výšky, která je udávána ve výškovém referenčním systému Bpv, byl užit nástroj *Extract Values to Points*, který zobrazil nadmořskou výšku v bodech, které zobrazovaly jednotlivé mohyly. Pro relativní zobrazení nadmořské výšky byl použit nástroj *Contour*, který vytvořil vrstevnice po 10 m na vybraných mapových listech. Údaje byly extrahovány z rastru *Spline*, jehož každá buňka (pixel) obsahuje výškovou hodnotu

6.3.3 Orientace svahu

Je také možné, že nejenom sklon svahu, ale také jeho orientace vůči světovým stranám hrála roli při výběru místa, určeného k pohřbívání. Proto byla pozornost věnována i této stránce. Předmětem pro zhodnocení orientace byl nástroj *Aspect*, kterým se z rastru *Spline* získaly výsledky. Hodnoty se rozdělily na 10 tříd klasifikace. Děvět jich symbolizovalo svažitost ke světovým stranám, desátá značila nulovou orientaci (plochý terén).

6.3.4 Vzdálenost od vodních toků

Blízká návaznost sídelních areálů na vodní toky je zřejmá z důvodu přežití sídliště. U pohřebišť je tato fixace variabilnější. Jak se však zdá i v případě pohřebišť se objevují určité struktury ve vzdálenosti pohřebišť od vodních toků. K analýze této skutečnosti byl užit nástroj *Multiple Ring Buffer*, jenž kolem vybraného bodu (v tomto případě těžiště pohřebiště) vytvořil radius ve vzdálenosti, kterou si uživatel vybere. Vstupními hodnotami *bufferu* pro test

byly vzdálenosti 400, 500, 600, 700 m, které by se měly v určité vzdálenosti protnout s vodními toky. Odstupňování bylo provedeno po 100 m. K odhalení přesné hodnoty vzdálenosti byl použit nástroj *Generate Near Table*, který jak už název napovídá, určil nejbližší vodoteče od každého pohřebiště.

6.3.5 Vzdálenost mezi pohřebišti

Mohylová pohřebiště mohou být v krajině rozmístěna rovnoměrně v relativně stejné vzdálenosti, kdy jedno pohřebiště může mít vazbu na předchozí nebo následující pohřebiště. Ukázalo se, že mohylová pohřebiště se vyskytují v určitém pásu, proto byly jejich vzájemné vzdálenosti v tomto pásu změřeny. K této analýze posloužily pouze těžiště mohylových pohřebišť, které symbolizovaly polohu mohyl v krajině. K měření posloužil pouze nástroj pravítko (*Measure*).

6.3.6 Vzdálenost od vrcholů

Pohřebiště mohou mít také jisté vazby na výrazné vrcholy v krajině. Za vrchol jsou pokládány všechny geograficky výraznější a nejvyšší prvky reliéfu v krajině. K analýze této skutečnosti byl užit nástroj *Multiple Ring Buffer*, jenž kolem vybraného bodu (v tomto případě těžiště pohřebiště) vytvoří radius ve vzdálenosti, kterou si uživatel vybere. Vstupními hodnotami *bufferu* pro test byly vzdálenosti 400, 500, 600, 700 m, které by se měly v určité vzdálenosti protnout s vodními toky. Odstupňované byly po 100 m. K odhalení vzdálenosti byl použit nástroj *Generate Near table*, který jak už napovídá, určil nejbližších vrcholů od každého pohřebiště.

6.3.7 Vzdálenost od sídelních areálů

Zdrojem k sídelním strukturám (nížinná, výšinná sídliště a hradiště) posloužila databáze SAS. K analýze této skutečnosti byl užit nástroj *Multiple Ring Buffer*, jenž kolem vybraného bodu (v tomto případě těžiště pohřebiště) vytvoří radius ve vzdálenosti, kterou si uživatel vybere. Vstupními hodnotami *bufferu* pro test byly vzdálenosti 400, 500, 600, 700 m, které by se měly v určité vzdálenosti protnout se sídelními areály. Odstupňování bylo určeno po 100 m. K odhalení

vzdálenosti byl použit nástroj *Generate Near Table*, který jak už název napovídá, určil nejbližší sídliště od každého pohřebiště.

6.3.8 Prostorové struktury na pohřebištích

Pro odhalení prostorových kumulací v rámci pohřebiště byl použit nástroj *Kernel Density*, který vypočítává z polohy bodů jejich hustotu v určené vzdálenosti, kterou graficky a číselně vyjádří (Křišťuf – Praumová – Švejcár 2011). Pro vzdálenost, ve které má nástroj vyhledávat kumulace bylo stanoveno, že nesmí přesáhnout 5% nejmenších vzájemných vzdáleností mohyl na pohřebišti. Nejmenší vzdálenosti vypočetl nástroj *Point distance*. Z analýzy byly vyloučeny pohřebiště, které nedosahovaly alespoň minimálního počtu mohyl, který se rovnal 5% z počtu nejpočetnějšího pohřebiště.

7 KRAJINA JIŽNÍHO PŘEŠTICKA

V této kapitole a jejích podkapitolách budou rozebrány jednotlivé mapové listy v oblasti jižního Přešticka. Cílem je podat přehled o detekovaných objektech na těchto mapových listech. Vzhledem k tématu této práce bude věnována zvláštní pozornost mohylovým pohřebištím, jejich detekci za pomoci lidarových snímků a vztahu k okolní krajině. Tyto mohylové pohřebiště byly ve většině případů zkoumány na konci předminulého a začátku minulého století J. Szombathym a dále také J. L. Píčem. J. Szombathy tyto pohřebiště zkoumal pod názvy, které označil „Tirol“ (německý název obce Stropčice), „Stropečko“ a „Křížkovice“ a „Blahovka“.

7.1 PRES05

Tento mapový list zabírá oblast, na které jsou přítomné obce Radkovice, část obce Kucíny. Nejvýraznějším vrchem je v jihovýchodní části vrch Jindřín. Tento mapový list odhalil celkem 11 objektů. Šest objektů bylo liniového charakteru, pět bodového. Jelikož objekty běží paralelně vedle sebe a všechny přiléhají k obci Kucíny, okr. Radkovice, lze uvažovat, že se může jednat o zaniklé plužiny polí. Průměrná délka těchto liniových objektů je 279 m a směrodatnou odchylkou 37,88. Pět objektů, které se vyskytují severovýchodně od cesty mezi obcemi Kucíny a Radkovice naznačuje bodovou morfologii

(maculae). Při povrchovém průzkumu této lokality byly nalezeny 3 typické pravěké střeby (obr. 4). V oblasti těchto objektů je zvýšená koncentrace kamenů, které jsou rozvláčeny orbou. Oproti okolnímu terénu představují objekty pouze nepatrné nepravidelnosti v reliéfu. Předběžně se domnívám, že jejich morfologie naznačuje přítomnost rozoraných mohyl. Na těchto anomáliích budou budou provedeny řezy profilu, které se porovnájí s řezy profilů okolního terénu. Ten bude proveden pomocí funkce *3D Analyst* na rastru *Spline*. Nakonec budou tyto objekty porovnány s výslednými prostorovými analýzami, kterými prošla známá mohylová pohřebiště na jižním Přešticku.

7.2 PRES06

Mapový list PRES06, se rozprostírá na území, ve kterém se nachází obce Vitouň a Horšice. Asi nejvýraznější dominantou tohoto území je zřícenina hradu Skála. Tento objekt je také vyznačen na mapě SAS. Dále bylo nalezeno 30 objektů, z čehož 19 má bodovou morfologii, 8 liniivou a 3 bylo nutné zařadit jako polygon. Šest bodových objektů by se dalo interpretovat jako těžební jámy. Posledních 8 bodových objektů představuje deprese k krajině, které jsou párově rozprostřeny po ploše, která má přibližně 8691 m². K těmto objektů ještě přiléhá 8 liniivých objektů, které jsou rozprostřeny paralelně. Vzhledem k pravidelnému párovému rozmístění bodových objektů a k nim přilehlých linií můžeme předběžně tyto anomálie intepretovat jako stavby s přilehlou parcelací plužin.

Posledními objekty jsou polygony, které jsou dohromady 3. V případě jednoho se jedná o středověký hrad Skála. Zbylé dva polygony byly po terénní verifikaci reprezentovány jako pseudobjekty.

7.3 PRES07

Tento mapový list zabírá území, které částečně zasahuje do obcí Vlčí a Luh. Na území se nachází vrchol U trojáku. V této oblasti odhalily snímky 5 liniivých objektů a 2 polygonové objekty. Všech 5 linií bylo uspořádáno rovnoběžně. U těchto objektů nelze zcela provést intepretaci, avšak vzhledem

k jejich uspořádání a morfologii, jde snad o zaniklé plužiny. Zbylé dva polygonové objekty byly po terénní verifikaci označeny jako pseudobjekty.

7.4 PRES08

Na mapovém listu PRES08 můžeme vidět, že lidarový snímek zasahuje území Nová Ves, Babice a částečně také obce Kbel. Na tomto mapovém listě nedošlo k lokalizaci žádného objektu.

7.5 PRES09

Tento lidarový snímek zaujímá území obcí Měčín a Malinec. Tento mapový list odhalil 10 liniových objektů. Tyto objekty jsou uspořádány rovnoběžně k obci Malinec. Je možné, že se jedná o plužiny náležející stavbám v obci.

7.6 PRES15

V tomto případě zabírá výše zmíněný mapový list území tří obcí. Je to jižní část obce Příchovice, východní část obce Lužany a obci Zelená hora. Lidarové snímky odhalily 4 liniové objekty. Není zcela zcela jisté, jak tyto objekty interpretovat, po terénním průzkumu lze usuzovat, že se jedná o deprese způsobené odtěžením.

7.7 PRES16

Tento lidarový snímek překrývá obce Zelené, Zálesí a minimálně východní část obce Nezdice. Na tomto mapovém listě se nalézá mohylník U Hájovny-Loupensko. Toto pohřebiště se nachází v databázi SAS. Tento mohylník je již zmiňován v práci J. L. Píče Starožitnosti země české I/II (Píč 1900, 143). Poprvé se o něm zmiňuje J. Szombathy (Szombathy 1888, 98), který jej také v letech 1907 a 1909 kopal (Michálek 1979, 69-74). Celkový počet mohyl je 28, avšak Szombathym bylo prokopáno 18 mohyl. V roce 1968 podnikla V. Šaldová povrchový průzkum (Šaldová 1969, 89-90). Na základě nálezů můžeme pohřebiště datovat relativně do doby bronzové (<http://isad.npu.cz/ost/archeologie/ISAD/free/info.php?ID=22-13-01/1>),

konkrétně do období kultur mohylové střední doby bronzové a milavečské mladší doby bronzové (Šaldová 1975, 221).

Na mapovém listu se však nachází také pohřebiště Zelené. To v letech 1935, 1936, 1939 zkoumalo Krajské muzeum v Plzni (Jílková 1961, 198). První zmínka je z roku 1895 od J. L. Píče (Píč 1895, 536-538), který roku identifikoval na poli kolem 10 mohyl, z nichž 4 prokopal. Už tehdy se zmiňuje, že z důvodu uložení na poli byly mohyly již z velké části rozebrány zemědělci, jelikož překážely pluhům (Píč 1895, 536-537). V dnešní době není tato lokalita téměř rozpoznatelná, pouze při pohledu na horizont půdy můžeme zahlédnout nerovnosti v terénu. Jedná se o jedno z 27 mohyl českofacké mohylové kultury v západních Čechách, na kterém se našly zlaté předměty (a to dokonce v počtu 4 hrobů; Čujanová-Jílková 1975). J. L. Píč prokopal další dvě nevelké mohyly, které náleží k oblasti obce Zelené¹. Nalézají se asi 300 m od pohřebiště Loupensko (Píč 1895, 536-537). Vzhledem k této vzdálenosti je dokonce možné uvažovat o jednotnosti pohřebišť U Hájovny-Loupensko a Zelené 2, kdy některé některé mohyly mohly být zničeny výstavbou cesty z Lužan do obce Vlčí.

7.8 PRES17

Obce, které jsou na tomto mapovém listu vyobrazeny jsou Stropčice, a Vlčí. Mohylové pohřebiště, které se na tomto listu nachází se jmenuje Velký les-Křížkovice. První zmínky pochází od J. Szombathyho (Szombathy 1888, 98-99), který jej také v letech 1895 a 1902. Na pohřebišti se nalézají až 83 mohyl (Michálek 1979, 74-83). V roce 1971 provedla V. Šaldová na lokalitě povrchový průzkum (Šaldová 1975, 214-226). Pohřebiště můžeme zařadit na základě nálezů do relativní chronologie doby bronzové (mohylová kultura střední doby bronzové, milavečská kultura mladší doby bronzové) a starší doby železné (Šaldová 1975, 222; <http://isad.npu.cz/ost/archeologie/ISAD/free/info.php?ID=22-13-01/4>). V jedné mohyle na pohřebišti byly nalezeny zlaté předměty (3 spirálky a 1 zlatá fólie; Čujanová-Jílková 1975, 78).

¹ autorem pojmenováno v databázi Zelené 2

Dalším mohylovým pohřebiště je mohylník Vlčí. První průzkum na této lokalitě provedl J. L. Píč s J. Hlávkou roku 1894 (Píč 1895, 538-540). Celkem prokopali 11 mohyl z celkového počtu, který nejspíše dosahuje 13-ti (Šaldová 1975, 224). Mohyly spadají do období Halštatské mohylové kultury a časně laténského (Šaldová 1975, 224).

V poloze jižní části „Velkého lesa“ je další skupina mohyl, patřící k mohylovému pohřebišti „Křížkovice“. Dle SAS se zde nachází skupina nejméně 8 velkých mohyl. Chronologické zařazení spadá do mohylové kultury střední doby bronzov a milavečské kultury mladší doby bronzové (Šaldová 1975, 222).

7.9 PRES18

Mapový list v tomto případě zaujímá území, které zasahuje také do obcí Kaliště a Kbel. Na tomto mapovém listu můžeme nalézt dvě pohřebiště. Pohřebiště Kbel² (v lese zv. „V Pařezí“), které roku 1893 prokopali J. L. Píč (Píč 1895, 524-535). Na lokalitě se nalézají až 17 mohyl, většinou jsou rozkopané a lze je datovat do mohylové kultury střední doby bronzové (Šaldová 1975, 221). Část mohylníku byla již v době zkoumání Píčem zničena, jelikož se nalézala na poli (cca 10 mohyl; Píč 1895, 524)

Při zaměřování výše zmiňovaného pohřebiště bylo v roce 2005 nalezeno uskupení 5 mohylových náspů, z čehož u dvou je odhadováno, že se jedná o hromadu kamení (NZ čj.1026/82 AÚ AV ČR ;<http://isad.npu.cz/ost/archeologie/ISAD/free/info.php?ID=22-13-01/8>).

7.10 PRES19

Zde můžeme vidět, že mapový list se rozprostírá přes obce Bezděkov, Hráz, Třebýcinka a Mečkov. Tento list zahrnuje oblast, na které se nalézají mohylník Rudický les. O pohřebišti se zmiňuje již J. L. Píč (Píč 1900, 137). Dále se o pohřebišti zmínil J. Szombathy (Szombathy 1888, 42-80). Následovalo období, kdy jej Szombathy v letech 1903, 1905, 1907 zkoumal (Michálek 1979, 53-65). Celkem se zde nachází 83 mohylových náspů, z čehož 31 bylo Szombathym prokopáno. V letech 1968 zde V. Šaldová podnikla povrchový průzkum

(Šaldová 1969, 54-55). Na základě analýzy artefaktů se pohřebiště řadí do mohylové kultury střední doby bronzové, milavečské mladší doby bronzové a ze zkoumaných mohyl část patřící halštatskému a pozdně halštatskému období (Šaldová 1971). Na tomto pohřebišti je poměrně zajímavá přítomnost sekerky s týlem, na kterém je vyobrazeno fantastické zvíře (drak) s rozevřenou tlamou, čímž vytváří ojedinělý nález v českém mohylovém prostředí. Můžeme ji zařadit mezi předměty zvěrného stylu, které jsou ve střední Evropě označovány za „skytské“ (Šaldová 1971). Je to také jedno z mála míst, kde se našel zlatý předmět spadající do českofacké mohylové kultury střední doby bronzové v západních Čechách z celkového počtu 27 mohyl (Čujanová-Jílková 1975). Konkrétně se jedná o zlatý drát (Čujanová-Jílková 1975, 78).

Další poměrně nové pohřebiště, které bylo objeveno povrchovým průzkumem v roce 2008 je Třebýcinská planá hora, kde se má nacházet 7 mohyl.

7.11 PRES25

Tento mapový list zaujímá území, které z velké části zasahuje do obce Lužany, z malé části do obce Dlouhá louka. Na tomto mapovém listě byl identifikován jeden liniový objekt, který má délku 1530 m. Tento objekt je vidět jako v reliéfu, jako mírně se svažující terén z obou stran. Je možné, že se jedná o zaniklou komunikaci, která je v dnešní době využívána překryta polem.

7.12 PRES26

Zde mapový list s názvem PRES26 zaujímá území zasahující na území obcí Borovy a Nezdice. V tomto případě, kdy došlo k porovnání mapového listu a II. Vojenského (Františkovo) mapování z první poloviny a počátku druhé poloviny 19. století, bylo objeveno celkem 21 objektů. Ve všech případech se jednalo o liniové objekty. Dvanáct z nich byly zaniklé plužiny polí, v šesti případech byly odhaleny zaniklé cesty a ve třech případech zaniklý průběh koryta vodoteče.

7.13 PRES27

Na tomto lidarovém snímku bylo snímáno území, na kterém se nachází obec Jíno. Z části zasahuje také do obce Červené Poříčí a Stropčice. Na tomto

mapovém listu se nachází severní část mohyníku Teplý les-Blahovka. Poprvé se o něm zmínil J. Szombathy (Szombathy 1888, 99), dále potom J. L. Píč ve svých Starožitnostech země české I/2. Ten zmínil konkrétně pouze 72 mohylových náspů (Píč 1900, 140). Toto pohřebiště čítá až na 120 mohyl. V letech 1907, 1908 a 1909 jej zkoumal J. Szombathy a prokopal zde celkem 21 mohyl (Michálek 1979, 44-53). V roce 1971 provedla V. Šaldová povrchový průzkum lokality (Šaldová 1975, 214-226). Díky nálezům datovat do doby bronzové, konkrétně do mohylové kultury střední doby bronzové a milavečské kultury mladší doby bronzové (Šaldová 1975, 219; <http://isad.npu.cz/ost/archeologie/ISAD/free/info.php?ID=21-24-05/13>) Co se lidarových snímků týče, zasahuje pohřebiště na území tohoto listu jen z části. Větší část se nachází na mapovém listu PRES28.

7.14 PRES28

Tento mapový list pokrývá území, na kterém se nachází obec Třebýcinka. Z opravdu minimální části se také dotýká obce Červené Poříčí. V předchozí kapitole bylo řečeno, že část mohylového pohřebiště zasahuje také do tohoto mapového listu. Navíc se na této lokalitě nachází mohylové pohřebiště Stropečko, kde dle V. Šaldové nachází 9 nízkých mohylek (Štefanová-Šaldová 1969), zkoumané J. Szombathym (1888, 99).

7.15 PRES29

Mapový list PRES29 ukazuje území, na kterém leží obce Bezděkov, Pod Skalou a Kamýk. Z části se dotýká také obce Třebýcinka. Dle databáze SAS se na jih od vsi Třebýcinka nalézají mohyla v lese zvaném Kopanina. Ta byla prokopána roku 1857 K. Jičínským z finanční pomoci hraběte E. Černína (Jičínský 1859). Mohyla dle popisu měří cca 20 m a výška dosahuje asi 45 cm (Sklenář 1992, 92). Při povrchovém průzkumu bylo zjištěno, že na uvedených souřadnicích se nachází vzrostlý vysoký jehličnatý les. Tudíž nebyl průzkum možný. Na lidarových snímcích byly však lokalizovány relikty, které by mohly ukazovat zmíněnou mohylu. Byl proveden řez profilu na rastr *Spline* za pomoci funkce *Spatial Analyst*. Výsledek ukázal, že výška tohoto reliktu se pohybuje kolem 40 cm a jeho průměr je 19 m, proto byl ztotožněn s hledanou mohylou

8 SHRNU TÍ VÝSLEDKŮ

Jak již bylo řečeno v kapitole 6, vazba mohylových pohřebišť na přírodní prostředí je mnohem varibilnější než u sídlišť. To samozřejmě ztěžuje případnou predikci dalších takovýchto areálů. Přesto se však určité pravidelnosti naleznou (Kuna 2006). Pozornost byla soustředěna především na svažitost terénu, na kterém se mohylové pohřebiště nachází, orientaci svahu, vzdálenosti od vodních toků, současných lidských aktivit, jako jsou sídliště (výšinná, nížinná, hradiště) a další projevy lidské aktivity v okolí. Důležité je neopomenout ani nadmořskou výšku, která mohla hrát také určitou roli při výběru místa pro pohřby.

8.1 Analýza objemu mohyl

Mohyly na všech pohřebištech byly zdokumentovány také metricky, aby bylo ve výsledku docíleno zjištění jejich objemu. Objem mohyl se pohybuje od 0,31 m³ do 252 m³. Průměrný objem je 72,77 m³ se směrodatnou odchylkou 864,54 (graf. 1). Nejobjemnější mohyla se nachází na lokalitě U Hájovny-Loupensko. Zde se objem mohyl pohybuje od 0,53 m³ po 252 m³. Průměrný objem na této lokalitě je tedy 43,40 m³ se směrodatnou odchylkou 57,17. Při pohledu na graf 9 můžeme vidět, že průměrný objem mohyl se na ostatních pohřebištech objevuje v poměrně stejné úrovni (graf 10).

8.2 Analýza svažitosti terénu

Pro sklon byly vybrány, jak body, které reprezentovaly jak těžiště pohřebišť, tak místa, kde se nacházejí samotné mohyly. Hodnota může být ovlivněna chybou v bodování, kdy mohlo dojít k označení pláště mohyly a tedy zkreslení výsledku, proto bylo zvoleno tato dvojí kontrola. Sklon terénu v polohách mohyl je v rozmezí od 0,9° do 51,86°. Průměrnou hodnotou je 14,21° se směrodatnou odchylkou 7,36 (graf 2). Naproti tomu svažitost v místech těžišť je v rozmezí od 5,3° po 27,86°. Průměrná hodnota je 13,84°, směrodatná odchylka je 5,46. Nejprudší svah má v tomto případě lokalita Třebýcinská planá hora (27,85°), na nejrovinnatějším svahu jsou zase mohyly na lokalitě

Zelené (5,3°). Jednotlivé rastry zobrazující svažitost na pohřebištích je možné vidět na přílohách (obr. 46-58).

8.3 Analýza nadmořské výšky

Mohyly byly distribuovány na jižním Přešticku v nadmořské výšce pohybující se od výšky 393,96 m n. m. po 481,9 m n. m. Průměrná výška je potom 424,94 m se směrodatnou odchylkou 22,95 (graf. 3). Zdá se, že rozmístění mohyl je rovnoměrné, například průměr mohyl není na konkrétní nadmořské výšce závislý. Avšak vypadá to, že zde existuje jistý hiát, kdy jsou v této nadmořské výšce umístěny pouze vyjímečně. Jedná se výšku cca od hodnoty 445 m n. m. až 465 m n. m.. Od této hodnoty je počet mohyl řídčí až hodnotou 481,9 m n. m. zcela končí (graf 9)

8.4 Analýza orientace terénu

Jak již bylo řečeno orientace může hrát také roli při výběru vhodného prostoru pro pohřeb. Orientace u lokality Zelené se pohybuje pro větší část pohřebiště (70%) směrem k SZ, 30% je orientováno k Z (obr. 5). Pohřebiště U Hájovny-Loupensko je orientováno celou plohou svahu, na které jsou mohyly směrem na S (obr. 6), stejně jako pohřebiště Zelené 2 (obr. 7). Velký les-Křížkovice zaujímá svou orientaci k JZ (obr. 8). Na lokalitě Jižní část „Velkého lesa“ zaujímá 6 mohyl polohu na rozhraní J a JV a zbylé 2 jsou na svahu, který je nakloněn spíše na JV (obr. 9). Svah na kterém je lokalita Vlčí je orientován k SZ (obr. 10). Na pohřebišti Kbel u Přeštic 2 je svah nakloněn k SV (obr. 11), stejně tak u mohyl, které jsou na pohřebišti Kbel u Přeštic (obr. 12). Na pohřebišti Rudický les je 55% pohřebiště směřováno k J, 30% k SZ a 15% k Z (obr. 13). Třebýcinská planá hora je k Z směřována také (obr. 14). Převážná část lokality Teplý les-Blahovka se rozkládá na svahu orientovaném směrem k SZ (96%), pouze rozorané mohyly, které jsou v jižní části pohřebiště směřují se svahem na Z (4%; obr. 15). Nedaleká lokalita Stropečko je nakloněna směrem k S (obr. 16). Jako poslední zbyla jediná mohyla na lokalitě Les Kopanina. Ta se leží na svahu, který je spíše orientován k SV (obr. 17).

8.5 Analýza vzdálenosti od vodních toků

Vytvořené *buffery* (obr. 18) odhalily, že nejmenší vzdálenost těžiště pohřebiště od vodního zdroje je u 6 případů vzdálenost <400 m a u 6 případů je vzdálenost v rozmezí intervalu 600-700 m. Pouze v jednom případě se vzdálenost vyskytuje v intervalu 500-600 m a jeden případ vykazuje vzdálenost >700 m. Do první skupiny pohřebišť, která má vzdálenost <400 m spadají pohřebiště Loupensko, Zelené 2, Velký les - Křížkovice, Jižní část „Velkého lesa“, Vlčí, Třebýcinská planá hora, Kbel u Přeštic. Do druhé skupiny, která je vzdálena od vodního toku 600-700 patří pohřebiště Zelené, Stropecko, Les Kopanina, Rudický les, Kbel u Přeštic. Vzdálenost nad 700 m zaujímá mohylové pohřebiště Teplý les – Bláhovka. V případě mohyly na lokalitě Les Kopanina zasahuje *buffer* mimo hlavní proud vodoteče také do slepého ramene hlavního toku. Od tohoto ramene můžeme jeho vzdálenost zasadit do intervalu 500-600 m. Vzdálenost od vodních zdrojů se celkově u pohřebišť na jižním Přešticku pohybuje v rozmezí od 81,82 m ke 731,65. Průměrná vzdálenost je 391,63 m, se směrodatnou odchylkou 219,84 (graf 4).

8.6 Analýza vzájemné vzdálenosti mezi pohřebišti

Již při pohledu na *buffer*, který byl vytvořený k analýze vzdálenosti od vodních toků, se zdá, že mohylníky byly distribuovány v krajině v nějaké relativně stejné vzájemné vzdálenosti v pomyslném pásu. Po změření vzdálenosti nejbližší vzdálených pohřebišť vyšla jako průměrná vzdálenost 883 m se směrodatnou odchylkou 374 (graf 8).

8.7 Analýza vzdálenosti od vrcholů

V rozmístění pohřebišť poblíž vrcholů (geograficky výrazných a zároveň nejvyšších prvků reliéfu v krajině) může existovat jistá vazba. Vzdálenost pohřebišť na jižním Přešticku od vrcholů se pohybuje v rozmezí od 518 m do 1100 m. Průměrná vzdálenost se čítá 881,8 m se směrodatnou odchylkou 168,83 (graf 5). Všechny vrcholy dosažené vytvořeným *bufferem* (25) dosahují kromě jednoho převyšení 500 m. Tento jediný případ je vzdálen 963 m od mohyly na lokalitě Les Kopanina (výška 462,5 m). Do vzdálenosti 1100 m od

těžišť se vyskytují maximálně 3 vrcholy. Tento jev, kdy jsou do této vzdálenosti 3 vrcholy, se vyskytl pouze u 3 pohřebišť ze 13 (Jižní část „Velkého lesa, Rudický les, Kbel u Přeštic 2). U tří případů se ukázalo že v tomto radiusu nevyskytuje žádný výrazný vrchol (Kbel u Přeštic, Vlčí, Zelené). V šesti případech vrcholů je vzdálenost <800 m, ve třech se vyskytuje v intervalu mezi 800-900 m od těžiště. Jedenáct případů vrcholů zaujímá vzdálenost mezi 900-1000 m. V pěti případech je vzdálenost mezi 1000 a 1100 m (obr. 19).

8.8 Analýza vzdálenosti od sídelních areálů

Na jižním Přešticku se vyskytuje dle databáze SAS pouze 3 nížinná sídliště z doby bronzové, z nichž jedno je pouze nalezená kulturní jáma. Ostatních 5 se řadí dle této databáze obecně do pravěku. Lze však předpokládat, že se také jedná o sídliště z doby bronzové, popřípadě doby halštatské. Dále se v tomto regionu vyskytuje jedno výšinné sídliště ze starší a mladší doby železné a jedno hradiště řazené opět poměrně obecně do pravěku. Nalézají se zde však také 2 ojedinělé nálezy keramiky a 1 nález jantaru (obr. 20). Ukázalo se, že v okolí pohřebišť nejsou sídliště rozmístěna rovnoměrně. Kromě pohřebiště Teplý les-Blahovka se všechny sídliště vyskytují ve vzdálenosti větší než 1500 m. Co se pohřebiště Teplý-les Blahovka, v jeho relativní blízkosti se vyskytuje 5 sídlišť. Průměrná vzdálenost všech těchto sídlišť od pohřebiště je 853 m. Směrodatná odchylka tohoto průměru je 158. Pokud se však podíváme na obr. 10 uvidíme, že 8 pohřebišť ze 13 je zde rozmístěno v určité linii. Po analýze vzdálenosti nejbližších sídelních areálů od pohřebiště bylo odhaleno, že vzdálenost se pohybuje od 633 m po 3149 m, přičemž průměrná vzdálenost je 2699 m, se směrodatnou odchylkou 806 (graf 6).

8.9 Analýza prostorových struktur na pohřebištích

Předpokladem je, že některé mohyly jsou distribuovány pravidelně (Křišťuf-Švejcar 2012), ovšem zdá se, že u některých tomu tak není a mohyly jsou distribuovány do shluků. Tyto shluky mohou pomoci odhalit skryté jednotky na pohřebišti (cesty?). Vybrány byly pro tuto analýzu pohřebiště, u kterých počet

mohyl dosáhl alespoň 5% z počtu nejpočetnějšího pohřebiště z výběru pohřebišť. Tímto pohřebišťem byl mohylník Teplý les-Blahovka. S počtem 140 mohyl nám vychází číslo 7. Do tohoto počtu zapadaly pohřebiště Velký les-Křížkovice, Zelené, Kbel u Přeštic 2, Rudický les, Teplý les-Blahovka, Vlčí. Pro shlukovou analýzu bylo potřeba vypočítat 5% z nejmenších vzájemných vzdáleností mohyl na pohřebištích. Pro pohřebiště Velký les-Křížkovice je to 27 m, pro lokalitu Zelené 42 m, u mohylníku Kbel u Přeštic 2 to je 33 m, 5% pro Rudický les je 37 m, Teplý les-Blahovka má 5% nejmenších vzájemných vzdáleností u čísla 32 a pro lokalitu Vlčí čítá hodnota 13 m. Posledním pohřebišťem je U Hájovny-Loupensko, jehož vzdálenostní hodnota pro prostorovou analýzu činí 30 m.

Díky nástroji *Kernel Density* bylo možné odhalit prostorové shluky mohyl, které se na pohřebištích vyskytují. Pohřebiště Velký les-Křížkovice odhalilo 2 jasné shluky v centrální části pohřebiště, jeden v jeho jižnější část a jeden v severní partii pohřebiště. Další 5 méně výraznějších shluků bylo rovnoměrně rozprostřeno po pohřebišti (obr. 21). Pohřebiště Zelené odhalilo jeden jasný shluk v jižnější části pohřebiště, jeden méně jasný v severní části. Jinak byla distribuce mohyl provedena na první pohled celkem pravidelně. Ukazuje se však, že ač jsou od sebe mohyly vzdáleny v poměrně stejné vzdálenosti, přece jenom tyto mohyly vybočují svou polohou od ostatních a ve výsledku tvoří některé z nich jakýsi polokruhový pás (obr. 22). Nejvýraznější shluky se na pohřebišti Kbel u Přeštic 2 nachází v jeho jižní části. Další dva o něco výraznější shluky jsou v jeho střední části. V severní části můžeme nalézt shluk, který je nejméně výrazný, avšak mohyly v něm obsažené vybočují z uspořádání okolních hrobů. Obecně se zdá, že pohřebiště je děleno na 3 partie. Pohřebiště Rudický les rozprostírající se v Rudickém lese a lese Štěpnice odhalilo dva výraznější shluky v severní části a jeden v jižní. Vlastní méně výrazný shluk tvoří mohyly v jihovýchodní části. I Zde to vypadá, že mohyly v jižní části jsou odděleny menší mezerou od centrálnější části pohřebiště a vytváří jakýsi půlkruh (obr. 23). Předposlední mohylník zapojený do této analýzy byl, co se týče mohyl, nejpočetnější lokalita Teplý-les Blahovka. Nejvýraznější shluky se nalézají v centrální a severní části směřované na východ. Dále potom v severní části v centru pohřebiště. Méně

výrazné shluky můžeme vidět v severní a centrální části směrem na západ (obr. 24). Pohřebiště nazvané Vlčí obsahuje pouze 9 mohyl. Zdá se, že mohyly jsou rozděleny na dvě části výraznějším prázdným prostorem. U jižní části je shluk mohyl výraznější (obr. 25).

8.10 Testování potenciálu leteckého laserového skenování

Celkem 15 lidarových snímků bylo podrobeno 9 vizualizačním metodám v rámci tří interpolačních metod v rámci každého mapového listu. Celkem bylo díky lidarovým snímkům vyznačeno 564 objektů, z čehož 41 bylo identifikováno jako pseudobjekt, 26 bylo objektů, které se nepodařilo interpretovat. Celkem dohromady 387 objektů je s jistotou interpretováno jako mohyla a 43 objektů bylo identifikováno jako pravděpodobné nové mohyly, které nejsou na žádném plánu. Mohyly s č. 66, 67, 68, 15, 116, 116 na mapovém listu PRES17 a mohyla č. 60 na mapovém listu PRES19 nebyly přidány do níže uvedeného výpočtu, jelikož se jednalo o zničené mohyly. Kombinace všech objektů s 11 vizualizačními metodami dává dohromady 6204 objektů pro každou ze tří interpolací. Z těch bylo vypočteno procentové zastoupení pro každou třídu v rámci každé výše zmíněné interpolace pro každý mapový list. Celkem bylo pro každou interpolaci vypočteno 6204 objektů. Graf 7 ukazuje, že metoda *Spline* je zastoupena pro třídu 1 v 39,9% z hodnoty 6204. Pro třídu 5 má největší zastoupení interpolace *Natural Neighbor* (22,56%; *Spline* je zastopen pouze v 18,9% z počtu 6204). Naopak pro třídu 3 ukazují výsledky výskyt *Spline* jen 7,02% a pro *NN* 17,49%. Metoda *IDW* vykazuje na druhou stranu výskyt z převážné většiny spíše u třídy 3 (23,95%) a 4 (31,35%). Ukazuje se, že téměř u všech vizualizačních metod u tříd 1 a 5, tedy které jsou na lidarů jasně identifikovatelně a vyskytují se v terénu byla zaznamenána metoda *Spline*. Naopak metoda *IDW* je ve spojení vizualizačních technik zobrazena většinou zobrazena u tříd 3 a 4. Byla vytvořena tabulka (tab. 1), která představuje především orientační vhodnost interpolační a vizualizační metody pro daný mapový list (v tomto případě listy, na nichž se vyskytují mohylová pohřebiště). Jelikož takovýchto metod může být více, ukazuje také tabulka procentuelní hodnoty, která vychází z podílu metody a interpolace u tříd pro mapové listy. Pro vhodnou vizualizaci

mapových listů byly vybrány vždy kombinace dvou technik, které měly největší procentuelní zastoupení u jednotlivých tříd klasifikace viditelnosti pro jednotlivé mapové listy (uvedeno v následujících řádcích vždy v závorce za samotnou metodou), což by mělo dle předpokladu objekty zvýraznit a zvýšit pravděpodobnost viditelnosti.

8.10.1 Mohylové pohřebiště Teplý les-Blahovka

Pohřebiště Teplý les-Blahovka je největším známým pohřebištěm na jižním Přešticku. Je vyobrazeno na plánu, který sestavil J. Szombathy. Rozprostírá se na svahu od severovýchodu k jihozápadu. Na lokalitě se vyskytuje až 120 mohyl. Pohřebiště se rozprostírá přes hranice dvou mapových listů PRES27 a PRES28 svou menší částí na severu. To představuje značný problém při identifikaci mohyl na snímcích v této sekci. Dle tabulky, která byla popsána v předchozí tabulce byly pro vizualizaci listu PRES28 vybrány rastry LRM vytvořený z rastru *Spline* (65,18%) a Slope z rastru *Spline* (60,7%). Stejně tak pro list PRES27 byly vybrány stejné formy rastrů (LRM 41,38%; Slope 41,4%), které vycházely taktéž z interpolovaného rastru *Spline*. Rastry byly vybírány podle třídy 1, jelikož se jedná o pohřebiště, které je vyobrazeno na plánu.

V terénu byly identifikováno všech 120 mohyl. Z tohoto počtu není 24 viditelných na snímcích (obr. 26). Ve většině případů se jedná o mohyly, které se bohužel nacházejí na rozhraní mapových listů. Dalších 14 je označeno jako nejistě identifikovaných. V jižní části na poli bylo také identifikováno 5 objektů, které jsou pravděpodobně rozorané mohyly (obj. č. 106, 107, 108, 109, 110). Stejně tak se našlo v jihozápadní a severozápadní části pohřebiště 6 naspů, které můžeme označit jako mohyly (obj. č. 89, 92, 93, 94, 95).

8.10.2 Mohylové pohřebiště Velký les-Křížkovce

Toto mohylové pohřebiště se rozprostírá na mapovém listu PRES17. Táhne se v pásu od severovýchodu k jihovýchodu. Dle výzkumu J. Szombathyho se zde nachází až 83 mohyl. Pokud se podíváme na tabulku tab. 1 můžeme vidět, že nejvhodněji vychází pro samotnou vizualizaci tohoto listu užití metod

Spline vizualizací Negative Openness (52%) a se stejnou metodou interpolace technika Hillshade s úhlem 270 (50,2%). Hodnoty byly hledány v třídě 1.

Na pohřebišti se podařilo identifikovat 77 z původního počtu 83 mohyl, U lidarového snímku můžeme vidět ještě o 3 mohyly méně, tedy 74 (obr. 27). U 6 mohyl (obj. 66, 67, 68 a 115, 116, 117) se podařilo lokalizovat pouze místo, kde by se mohyly měly vyskytovat. Na těchto místech se nacházely obrovské rýhy, které byly způsobeny nejspíše těžbou zeminy. Na lokalitě byly nalezeny také dva objekty, které by mohly být potencionálními mohylami (obj. č. 118, 121). Objekty č. 81 byl v terénu odhalen jako další mohyla, stejně tak na plánu, avšak na snímku se vyskytují jako jednolitý objekt, který je spojen s obj. č. 28. Vytváří tedy zdání jedné obrovské mohyly. Stejný způsobem můžeme na DMR vidět, že obj. 122 a 30, 84 a 85 a 86 a nakonec 114 a 11 jsou zobrazeny jako jednoduchý objekt, ale v terénní průzkum odhalil, jejich dělitelnost.

8.10.3 Mohylové pohřebiště Jižní část „Velkého lesa“

Toto pohřebiště se rozkládá na mapovém listu PRES17. Jelikož se však jedná o pohřebiště bez plánu, bylo nutné hledat vhodné metody pro vizualizaci mezi třídou 5. Jako vyhovující vyšel rastr vytvořený metodou Sky-view factor (25,8%), které vychází z rastru *Natural Neighbor* a metoda LRM (29%), vycházející taktéž ze stejné interpolace (obr. 28).

V terénu mělo být dle předchozích výzkumů 8 mohyl. Všechny tyto mohyly se podařilo v terénu odhalit, avšak na DMR je s určitostí vidět pouze šest těchto archeologických objektů. Objekty č. 123 a 124 jsou zde vidět s nejistotou.

8.10.4 Mohylové pohřebiště Vlčí

Protože se pohřebiště Vlčí rozprostírá také na mapovém listu PRES17 a nenalézá se na žádném plánu, můžeme použít stejné metody pro vizualizaci DMR, jako v případě pohřebiště Jižní část „Velkého lesa“ (obr. 29).

Lidarovými snímky bylo odhaleno 9 mohyl. Uváděný počet 11 se nepodařilo při terénní prospekci potvrdit a bylo odhaleno taktéž 9 mohyl. Mohyly označené č.

62 a 6 byly na plánu jednoduše spojené a tudíž nebylo touto cestou možné odhalit, že se jedná o dvě nebo více mohyl. Tomuto pomohla až terénní prospekce.

8.10.5 Mohylové pohřebiště U Hájovny-Loupensko

Další z pohřebišť zkoumané J. Szomathym můžeme nalézt na mapovém listu PRES16. Rozprostírá se od SV k JZ. Jelikož se jedná o pohřebiště vyobrazené na plánu, potencionálně vhodné metody byly vybrány v tabulce ze třídy 1. Největší procentový podíl měly metody LRM, vycházející z interpolace *Spline* (62,5%) a metoda Hillshade s azimutem 0° z rastru, který byl interpolován pomocí metody *Natural Neighbor* (57,8%).

J. Szombathy ve svých výzkumech uvádí 28 mohyl. Plný počet těchto mohyl se podařilo nalézt jak na DMR (obr. 30), tak v terénu. DMR a terénní prospekce odhaluje také jeden objekt, který se na plánu nevyskytuje (obj. č. 21). Dále byl v terénu odhalen objekt. č. 49, který se však na DMR nevyskytuje. Mohlo by se jednat o potenciální mohyly.

8.10.6 Mohylové pohřebiště Zelené

Mohylové pohřebiště Zelené zkoumané J. L. Píčem se nachází v těsné blízkosti obce Zelené na mapovém listu PRES16. Vzhledem k tomu, že se jedná o pohřebiště zakreslené dříve na plánu a umístěné na stejném listu jako pohřebiště U Hájovny-Loupensko, byly zvoleny stejné metody vizualizace, jako u předešlého zmíněného pohřebiště (obr. 31).

Pohřebiště bylo již v době J. L. Píče značně rozorané. V dnešní době se na lokalitě nachází pouze nejisté nerovnosti v reliéfu. Tyto nerovnosti jsou však odhalitelné právě díky lidarovým snímkům. Z původního počtu 26 mohyl se podařilo na DMR odhalit s jistotou 10 mohyl. Další dvě mohyly byly označeny jako nejisté. Zbytek bylo možné prostorově umístit pouze díky georeferencovanému plánu.

8.10.7 Mohylové pohřebiště Zelené 2

Pohřebiště Zelené 2 se nachází kousek nad pohřebištěm U Hájovny-Loupensko, tedy na listu PRES16. Jedná se však o mohyly, které nejsou na žádném plánu, a tedy byly zvoleny pro vizualizaci metody Hillshade s azimutem 0°, interpolované z rastru *Natural Neighbor* (15%) a LRM, taktéž z rastru *Natural Neighbor* (14%). Obě hledané ve třídě 5.

J. L. Píč uvádí prokopání 2 mohyl. Tyto mohyly byly obě s jistotou identifikované na DMR a taktéž v terénu (obr. 32).

8.10.8 Mohylové pohřebiště Rudický les

Pohřebiště Rudický les se rozprostírá na mapovém listu PRES19 od SV k JZ. Jedná se o pohřebiště zakreslené na plánu. Sledovány byly tedy metody v třídě 1. Tabulka č. 1 odhalila největší procentuelní zastoupení pro metody LRM vytvořené z rastru *Spline* (59%) a metodu Hillshade s azimutem 270°, vytvořené taktéž s rastru *Spline* (60%; obr.33).

Pohřebiště zkoumané J. Szombathym je popsána, jako lokalita s 83 mohylami. V terénu byly odhaleny všechny objekty. Na lidarů byly identifikovány všechny mohyly kromě 5 (obj. č. 83, 70, 59, 58). Tyto mohyly se podařilo identifikovat v terénu, ovšemne a DMR. Mohyla očíslovaná jako č. 60 nalezena nebyla. Jelikož však byla její poloha určena v místě ryhy na severu, mohlo dojít k jejímu zničení v důsledku eroze. Osmnáct mohyl bylo identifikováno jak v terénu, tak na DMR. Avšak právě na DMR vypadají jednoduše, proto nebyly rozeznatelné svým tvarem od sousedních mohyl. V terénu a na lidarů byly taktéž nalezeny objekty, které se nevyskytují na plánu vytvořeném Szombathym (obj. č. 47, 88, 1, 2, 26). Dle jejich tvaru by se mohlo jednat o potenciální mohyly. Co se mohyly č. 88 týče, je možné, že se jedná o součást plůžin ZSV Bezděkov, které část pohřebiště zasahují.

8.10.9 Mohylové pohřebiště Třebýcinská planá hora

Pohřebiště Třebýcinská Planá hora se nachází nedaleko pohřebiště Rudický les. Je tedy na stejném listu jako toto pohřebiště, PRES19. Nechází se na

žádném plánu, pro vizualizaci byly tedy vybrány metody ze třídy 5. Nejvyšší procentuelní zastoupení vyšlo u metod LRM vytvořené z rastru *Spline* (16%) a Slope, vytvořené z rastru *IDW*. Stejný výsledek vyšel u metody Slope vytvořeného z rastru *Spline* (16%). Byl vybrán DMR vytvořený celý z rastru *Spline*.

Dle SAS se má na lokalitě nacházet 7 výrazných mohyl. Terénním průzkumem a lidarovými snímky byly potvrzeny pouze tři mohyly (obr. 34)

8.10.10 Mohylové pohřebiště Kbel u Přeštic 2

Toto mohylové pohřebiště se rozprostírá na mapovém listu PRES18. Vzhledem k tomu, že se lokalita nenachází na žádném plánu, byly vybírány metody ze třídy 5. Největší procentuelní zastoupení má metoda Multidirection Hillshade, vytvořená z rastru *Spline* (76,9%) a jako další má přesně stejné zastoupení metoda LRM a Slope, které jsou vytvořeny z metody *Spline* (75%). Byla vybrána metoda LRM (obr. 35).

Celkem je popsáno z výzkumu J. L. Píče 17 mohyl, z čehož další se vyskytovaly také na severu, na poli. V dnešní době jsou rozorané. Celkem bylo díky lidarů identifikováno 10 těchto možných rozoraných mohyl. Terénním průzkumem a analýzou DMR bylo identifikováno 21 mohylových naspů.

8.10.11 Mohylové pohřebiště Kbel u Přeštic

Na stejném mapovém listu, jako mohylové pohřebiště Kbel u Přeštic 2, se nachází také mohylové pohřebiště Kbel u Přeštic. Jelikož se jedná o pohřebiště bez plánu, byly zvoleny stejné metody vizualizace, jako u výše zmíněného pohřebiště.

Pomocí DMR bylo odhaleno 5 objektů (obr. 36). Podle SAS je na lokalitě stejný počet potencionálních mohyl, z nichž 2 by mohly být dva náspy kamenů. Při terénní prospekci byly odhaleny pouze 3 mohyly, jeden z potencionálních objektů, byl opravdu pouze násep kamenů a druhý byl mohutný strom, který byl nejspíše zasažen laserovým paprskem.

8.10.12 Mohylové pohřebiště Stropečko

Mohylové pohřebiště Stropečko se rozkládá na mapovém listu PRES28. Jelikož se jedná o pohřebiště bez plánu, byly pro vizualizaci vybrány metody ze třídy 5. Proto došlo k užití metody Hillshade s azimutem 0°, vytvořené z interpolace *Natural Neighbor* (6,3%) a LRM, která byla dosažena pomocí interpolační metody *Natural Neighbor* (8,04%).

Dle výzkumu J. Szombatyho se na lokalitě rozkládá 9 nízkých mohylek. Jelikož lokalita svou polohou zasahuje přesně na hranici mapového listu PRES28 (obr. 37), dochází zde k šumu, který znemožňuje viditelnost zde se nacházejících objektů. S jistotou je na DMR vidět pouze 1 objekt (č. 101). V terénu bylo celkem potvrzeno 5 mohylových náspů. I přes důkladný průzkum lokality nebyly další mohyly nalezeny.

8.10.13 Mohyla Les Kopanina

Poslední zkoumanou lokalitou je Les Kopanina, kde se nachází jediná mohyla. Rozkládá se na mapovém listu PRES29. Jelikož je to jediný objekt na tomto mapovém listu, má větší počet algoritmů, které odhalilo objekt bude mít procentuelní zastoupení 100%. Pro tento účel byla vybrána metoda LRM, která byla vytvořena z rastru *Spline* a metoda Multidirection Hillshade, taktéž vytvořená z rastru *Spline*.

Při terénním průzkumu nebylo možné přesně identifikovat samotnou mohylu, jelikož místo, kde se má nacházet bylo zarostlé velice hustým smrkovým lesem. Avšak jelikož se zdá, že vyznačený objekt (obr. 38) je mohyla, která se zde má vyskytovat, proto byl objekt označen, jako ten, který je vidět jak na DMR, tak takový, který se vyskytuje v terénu.

8.11 Testování potenciálního mohylového pohřebiště

Cílem této kapitoly je testovat potencionální objekty indetifikované na lidarových snímcích, a které by mohly být interpretovány jako mohyly. Na lidarovém snímku PRES05 se podařilo odhalit 6 objektů na poli mezi obcemi Kucíny a Radkovice (obr. 39) . Objekty se také podařilo identifikovat v terénu,

jako mírné nerovnosti v terénu. Na lokalitě byly nalezeny v místech nerovností větší koncentrace kamenů než v okolí. Dokonce se zde podařilo nalézt 3 pravěké střepy (obr. 4). Archiv Archeologického ústavu v Praze neodhalil žádné nálezové zprávy, které by ukazovaly na výskyt archeologických komponent v této oblasti. Proto byla lokalita testována jako potencionální pohřebiště.

Na lokalitě bylo provedeno 8 řezů profilem terénu za pomoci funkce *3D Analyst* na rastru *Spline*. Řezy 1-5 pochází přímo z anomálií, 6-8 ukazují prostor mimo, za účelem porovnání (obr. 40). Můžeme vidět, že těchto 5 prvních řezů ukazuje také jistou nerovnost, narozdíl od zbylých 3 řezů, které ukazují poměrně plochý terén.

Dále byla analyzována vzdálenost od vodoteče, vrcholů, svažitost terénu, orientace a vzdálenost od sídlišť. Nástroj *Buffer* vzdálenost od dvou proudů vodoteče. V jednom případě je lokalita vzdálena od proudu 430,18 m, druhý proud je vzdálen od pohřebiště 459,04 m (obr. 41). Vzdálenost od vrcholů byla analyzována stejným způsobem (obr. 42). Žádný vrchol se nenachází do vzdálenosti 1100 m. V širším okolí se nalézají 3 vrcholy. První z nich leží ve vzdálenosti 1667 m (výška 483 m), druhý 1671 m (výška 489,6 m), třetí je vzdálen 1212 m (výška 535,5 m). K určení vzdálenosti od sídliště byl určen opět nástroj *Buffer* (obr. 43). Ve vzdálenosti 2543 m a 2706 m se nachází sídliště Pod Tichlovcem I a II, které jsou však dle databáze SAS řazeny obecně do pravěku, dále se vyskytuje 1212 m od pohřebiště hradiště. Nad vzdálenost 3000 se nachází také výšinné sídliště Lužanská hora ze starší doby železné a sídliště z doby bronzové poblíž Lužany u Přeštic. V lese Loupensko, nacházející se ve vzdálenosti nad 3000 m byly také nalezeny jantarové korále (12ks). Nález byl datován do doby bronzové. Svažitost byla zjištěna za pomoci nástroje *Slope*. Ta se na lokalitě pohybuje kolem 10° (obr. 44). Na tomto DMR je také možnost vidět, že se pohřebiště rozprostírá ve výšce mezi 400 a 420 m. K určení orientace svažitosti byl použit nástroj *Aspect* (obr. 45), který ukazuje, že orientace svahu je směřována převážně směrem k SZ.

9 DISKUZE

V této práci byly analyzovány lidarové snímky zachycující krajinu jižního Přešticka. Celkem bylo analyzováno 15 mapových snímků, které poskytuje ČÚZK. Snímky, které byly zpracovány v softwaru ArcMap 10.3, byly nejdříve interpolovány a poté byly aplikovány algoritmy, které poskytly 3D vizualizaci terénu pro analýzu. K interpolaci byly použity 3 metody, a to *Spline*, *Natural Neighbor* a *IDW*, k vizualizaci 11 metod (Anisotropic Sky-view factor, Sky-view factor, Multidirection Hillshade, Hillshade se 4 rozdílnými azimuty slunce, Slope, LRM, Negative Openness, Positive Openness). Cílem bylo porovnat jednotlivé metody vizualizace v rámci jednotlivých interpolací u jednotlivých mapových listů s cílem odhalit potenciál lidarových snímků při mapování a identifikaci archeologických objektů. Na těchto DMR byly vyznačeny objekty (k tomu pomohla především databáze SAS), které byly validovány v terénu. Následně jim byly přiřazeny čísla od 1-6, které značily třídy viditelnosti objektů na plánu, lidar a v terénu. V tomto případě bylo postupováno dle diagramu vytvořeného speciálně pro tuto práci, tedy pro práci s mohylovými pohřebišti. Třída 1 značila jistou přítomnost jak na DMR, plánu, tak v terénu, třída 2 značila stejné výsledky jako třída 1, s rozdílem, že odhlalitelnost objektů, resp. mohyl, byla nejistá. Třída 4 značila přítomnost v terénu a na plánu, avšak absenci na lidarovém snímku. Třídy 3, 5, 6 byly určeny ke stejné klasifikaci s tím rozdílem, že se vybrané objekty nevyskytovaly na plánu. Tyto údaje byly doplněny do databáze, která byla vytvořena pro účely evidenci objektů nalezených na lidarových snímcích. Do databáze byly zaznamenány také objekty, které se ukázaly jako negativní. To by mělo poskytnout badatelskou základnu pro případnou validaci objektů.

Následným krokem bylo zjištěno procentuelní zastoupení pro každou třídu na všech mapových listech a pro všechny kombinace interpolací a vizualizací a v konečné fázi byla vytvořena tabulka vhodnosti pro tvorbu DMR (tab. 1). Metody s největším procentuelním zastopením byly testovány při tvorbě DMR a odhalování na nich se vyskytujících objektů. Ukázalo se, že nejvíce zastoupenou interpolační metodou je metoda *Spline*, u které vyšlo největší procentuelní zastoupení u tříd 1 a 5 (16x) z celkem 26 vytvořených

testovaných DMR 13 pohřebišť. Pro vizualizaci byla v této práci použita vždy kombinace dvou metod pro zvětšení pravděpodobnosti viditelnosti. V 10 ze 13 případů DMR pohřebišť byla jednou ze dvou použitých vizualizací metoda LRM. U druhé metody byla v 6 případech ze 13 užitá metoda Hillshade. Azimuth se měnil. Zbývající vizualizace se lišily, avšak většinou šlo o metody využívající, jako princip vizualizace stínování (Multidirection hillshade, Sky-view factor). Z těchto výsledků vyplývá, že metoda *Spline* se zdá nejvhodnější pro interpolaci mapových listů zmíněného území. Navíc časová a hardwarová náročnost pro výpočet je relativně stejná (narozdíl od metody *Kriging*, která nedosahuje zmíněných aspektů, a proto nebyla použita). Stejně tak se osvědčilo využití kombinace vizualizačních technik, kdy je první metodou algoritmus, který zobrazuje objekty bez plasticity a jsou zvýrazněny její kontury (nejvhodnější LRM), jako druhá technika se osvědčila taková, která ukazuje plasticitu objektu (Hillshade). Tyto rastry přes sebe byly položeny, z čehož horní byla zprůhledněna na 40%. Co se týče metody LRM, je také dobré zdůraznit její skvělá schopnost při zviditelnění zaniklých mohylových náspů, často z důvodu intenzivní orby (viz Zelené, Kbel u Přeštic 2). Je to dáno její podstatou, při které tato metoda zviditelňuje především mikroreliefy, které tradiční metody většinou podhodnotí. Naprosto nevhodná se zdá být metoda *IDW*, která už svojí podstatou vytváří poměrně nevhodný „perforovaný“ terén, který se může hodit spíše k vizualizaci terénu pro vytvoření relativní představy zkoumané plochy. Je potřeba zmínit rastr zobrazující pohřebišť Velký les-Křížkovice (obr. 27), kde byla jako druhá metoda použita technika Positive Openness, která díky své podstatě zvýrazňuje konvexní útvary, kterým mohylové náspy jsou. Zároveň sebou však nese určité potíže v podobě okolního šumu, který může poněkud mást pozorovatele. Konečná kombinace této metody s jinou může výrazně přispět ke zviditelnění reliéfu, avšak zároveň s sebou nese přítomnost dalších menších konvexních pseudobjektů, které mohou být považovány za mohylové náspy.

Vzhledem k poměrně dobrému výsledku, který byl při testování získán (vyjimku tvoří rastr zobrazující pohřebišť Velký les-Křížkovice), se může jednat v budoucnu o metodu, která exaktně určí vhodnost jednotlivých metod. Výsledek zmíněného mohylníku Křížkovice může být důsledkem určitého

nahodnocování při vyhodnocování viditelnosti. Důležité je však upozornit, že aplikace této metody je určena pouze na předem daná data a její výsledek je nutné testovat i u dalších lidarových dat a odlišných území. Nesmíme také opomenout zdůraznit, že terénní prospekce hrála při validaci snímků důležitou roli, čímž dokázala, že má při analýze lidarových snímků stále nezastupitelnou roli (k tomuto také Křišťuf - Švejcar 2014). Díky lidarovým snímkům byl taktéž odhalen rozsah pohřebišť, které byly vyznačeny jak na plánu, tak těch pro které nebyl dosud vytvořen žádný oficiální plán. Na některých pohřebišťích se také podařilo odhalit mohyly, které nejsou zakreslené na plánu (Teplý les-Blahovka, Rudický les, Křížkovice). Byly odhaleny také mohyly, které byly rozorané (Zelené, Kbel u Přeštic 2, Teplý les-Blahovka). Při průzkumu lokality Teplý-les Blahovka se navíc ukázalo, že dostupný plán není tak přesný, jako ostatní. To činilo obtíž především při terénní prospekci a georeferencování plánu. Tento negativní jev, je nejspíše způsoben výzkumem, který byl více-etapový. Nastaly však také případy, kdy nebyly některé mohyly na lidarovém snímku vidět. Vysoký výskyt objektů na lidarovém snímku mohlo způsobit období pořizování lidarových snímků (období jara), kdy ještě nebyly koruny stromů tolik pokryté listím, a tudíž mohly laserové paprsky lehce dosáhnout terénu terén (Visinger 2015). Nastala však také situace, kdy nebyly objekty na DMR. To se týkalo především pohřebišťe Teplý les-Blahovka, stejně jako pohřebišťe Stropečko. Zde nastal velký problém v podobě polohy pohřebišť. Rozlehlost jejich části přes rozhraní dvou mapových listů znemožnilo identifikaci mohyl.

Jako další byly sledovány vztahy mohylových pohřebišť ke krajiným celkům a dalším lidským aktivitám. Předmětem analýz se stala svažitost terénu, na kterých se nacházejí mohylová pohřebišťe, jejich orientace vůči světovým stranám, nadmořská výška tohoto terénu, vzdálenost od vodního toku, vzdálenost od vrcholů, vzdálenost od sídelních areálů a v neposlední řadě také vzdálenost samotných pohřebišť vůči sobě. Při sledování krajiny však musíme být obezřetní, jelikož ta se postupem času vyvíjela a mohla měnit. Předpokladem bylo, že v rozmístění mohylníků existuje určitá vazba na krajinný kontext, což by mohlo být rozvinuto v dalších pracech určených k predikci sídelních areálů (podobně k tomu např. Kudlič 2014). Práce ukázala,

že mohylová pohřebiště opravdu určité struktury v distribuci v krajině. Především bylo předpokládáno, že mohylová pohřebiště byla budována v určité vzdálenosti od vodních toků. Jelikož se ukázalo, že pohřebiště na jižní přešticku se můžou dělit podle vzdálenosti od vodního toku na dvě skupiny – první skupina je od vodního toku vzdálena méně než 400 m a u druhé se vodoteč pohybuje ve vzdálenosti mezi 600-700 m. Vzhledem k tomu, že voda představuje v případě sídlišť nezbytný element pro jeho existenci, především u sídlišť na jihu Čech ze střední doby bronzové a výše se pohybuje jejich lokace ve většině případech do 200 m a jejich výskyt končí u vzdáleností do 400 m. (Kuna 2006, Tab. 1). Právě největší výskyt pohřebišť se zde pohybuje ve vzdálenost 300-400 od vodního toku. To evokuje myšlenku, zda se nejednalo o určitou návaznost. Tedy v místě, kde končily sídliště, za nimi nastupovala pohřebiště. Navíc se tedy ukazuje, že určitý vztah voda pro pohřbívání měla. Pokud se podíváme na analogie, můžou být příkladem středněhelladské mohyly nacházející se na pohřebišti v Portes v Achae, které byly více spjaty s vodou, než s vyvýšeným místem. Může se jednat o určité spojení spirituálního objektu s objektem teritoriálním. V mnoha případech řeka dělí krajinu a může být hranicí mezi dvěma skupinami lidí. Navíc je v mnoha kulturách voda spojena s plynutím času, smrtelností, ale také obnovou života (Whittaker 2014, 99). Může mít tedy určitý důležitý jak společenský význam, tak symbolický smysl.

Umístění na svahu mělo také jistě pro minulé populace určitý význam. Již při terénní prospekci bylo pozorováno, že mohyly se vyskytují pouze na svahu, které má určitý úhel sklonu. Tento sklon však nesměl být příliš prudký, nejspíše především kvůli erozi, kdy mohlo dojít k sesuvu mohyl. Tento terén vak nebyl ani příliš rovný. Výsledky ukazují, že průměrný svah se pohyboval kolem 14°, což odporuje hodnotám, které byly naměřeny u mohylových pohřebišť doby bronzové v regionu Hluboké nad Vltavou v jižních Čechách (Kuna 2006, Tab. 1). Extrémní hodnoty, které vyšly, jsou důsledkem metodologii, konkrétně v umístění měřicího bodu, kdy tento bod naměřil sklon samotného pláště. Můžeme tedy říci, že existuje jistá variabilita ve výběru sklonu, avšak pravidlem je alespoň mírný svah, který nepřechází v prudkost.

Výběr svažitosti je nejspíše úzce spojen s vyvýšenými místy. Tyto vyvýšená místa dosahují průměrné nadmořské výšky 420 m, výše exponované mohyly jsou spíše výjimkou (viz. pohřebiště Třebýcinská planá hora). Jelikož místa, na kterých se nacházejí lokality mohla být v minulosti odlesněná, jistě představovala určitou demonstraci komunity v krajině. Díky jejich vyvýšeným místům mohla sloužit k vizuální „kontrolé“ krajiny (cf. Kuna a kol. 2004, 253). Vzhledem k jejich dominantnějším polohám mohly také představovat, vedle společenských a symbolických vztahů, určité ukazatele cesty. Mohyly z doby bronzové ukazují určitou provázanost, kdy pokud se došlo k jedné mohyle na vrchol, byla na obzoru vidět další skupina jiné lokality. Což mohlo mít určitý důležitý vztah pro běžné cestování (Harrison – Pile – Thrift 2004, 209) nebo pro běžné teritoriální rozdělení, tedy osvojení krajiny. Navíc analýza objemu u pohřebišť na jižním Přešticku odhalila u jedné z mohyl relativně velkou mohutnost (225 m³). I tak se však jejich velikost pohybovala průměrně kolem 77 m³, což jistě představovalo dominantnější objekty na exponovaném svahu. Stejnou funkci, tedy jisté navigační body, mohly mít také pohřebiště na námi sledovaném území krajiny, kdy pokud se podíváme na některý z *buffer* pohřebišť uvidíme, že pohřebiště byly distribuovány v pásu v relativně stejné vzdálenosti (průměr 883 m) a vytváří jakýsi „řetězový pás“.

Co se svažitosti týče, mohla v jejím výběru hrát jistě také roli orientace tohoto terénu na světové strany. Ta se u 6 pohřebišť pohybuje západnějším směrem, u 4 je to východním směrem a 3 případy jsou zaznamnány výhradně směrem severním. Toto zjištění koreluje s analýzou mohylových pohřebišť v regionu Hluboké nad Vltavou v jižních Čechách (Kuna 2006, Tab. 3). Zde byl největší počet mohylníků koncentrován na západních svazích a naopak na východních jich ubývalo. Nejméně jich bylo orientováno k severu. Orientace ke světovým stranám je většinou záležitostí analýzy samotného inhumovaného pohřbu, kdy se většinou jedinci ukládali strukturovaně ve směru světových stran. I zde se může stát, že někteří z jedinců z této struktury vybočují. V tomto případě se však jedná o případ většinou několika málo zemřelých. Avšak, pokud má komunita standartizovanou orientaci celého pohřebiště vůči světovým stranám, jak je možné, že některé z nich vybočují? Toto rozhodnutí jistě vycházelo od celé komunity, ne pouze od jednotlivce. Odpovědí může být

odlišná expresivita komunity. Můžeme si však také všimnout že možná odlišná orientace byla způsobena vazbou právě na nejbližší vodoteč a převaha orientací pohřebišť západním směrem je dána pouze převahou pohřebišť, které se vyskytují na levém břehu na východ od vodního toku.

Mohylová pohřebišť také vykazují určitou vazbu na vrcholy. Tento jev může mít spojitost se svažítými a výše exponovanými terény. Vrcholy, které přesahovaly v regionu jižního Přešticka ve většině případů 500 m n. m., byly převážně vzdáleny do 1000-1100 m a většinou se zde u pohřebišť vyskytl alespoň jeden (kromě Kbel u Přeštic, Vlčí, Zelené). V této souvislosti lze nejspíše uvažovat opět v jistém směru o „kontrolu“ území, avšak také nesmíme opomenout jejich symbolický smysl, který jistě vycházel z jejich mohutnosti, permanentnosti a odolnosti. Pozorované jevy v tomto regionu se však neshodují s pozorováním u pohřebišť doby bronzové v regionu Hluboké nad Vltavou v jižních Čechách (Kuna 2006, Tab. 4).

Posledním celkem, který byl v kontextu s pohřebišti v krajině sledován, byly sídelní areály. K tomu byla užitá databáze SAS. Ukázalo se, že v krajině jižního Přešticka není příliš velký počet známých sídelních areálů doby bronzové. Dříve se předpokládalo, že jev je způsobem faktem, že lid tohoto období vedl nomádký způsob života. V posledních desetiletích 20. století se však ukazuje, že absence sídlišť je způsobena pouze stavem výzkumu (Jiráň ed. 2008, 89). Dostupné prameny v regionu jižního Přešticka jsou však stále prozatím strohé. Analýzou bylo odhaleno, že převážná většina dostupných sídlišť se nalézají v relativní blízkosti pohřebišť Teplý les-Blahovka. Jak je však zmíněno výše, rozkládají se mohylová pohřebišť v pomyslné linii, a tedy jsou od těchto sídlišť vzdálena v poměrně stejné vzdálenosti (obr. 20). Není také vyloučeno, že mezi tímto pásem a pohřebišťem Teplý les-Blahovka mohla koexistovat další síť sídlišť (prozatím skryta?) a uvedená linie pohřebišť nemá s vyznačenými sídlišti nic společného. Pro potvrzení této myšlenky je nutné provést další výzkumy.

V této práci byly sledovány možné prostorové struktury v rámci samotných mohylníků. K analýze byl použit nástroj *Kernel Density*. Do analýzy byly vybrány pouze lokality, u kterých počet mohyl dosahoval alespoň 5% z počtu

nejpočetnějšího pohřebiště (Teplý les-Blahovka). Každá z těchto vybraných lokalit odhalila prostorové struktury. Tyto prostorové struktury by mohly odhalit výskyt vyšších společenských jednotek, jako jsou rodiny (Krištuf - Švejcar 2012; Neustupný 1983). Tuto spřízněnost je možné předpokládat dvěma způsoby. Buďto jsou další pohřby přidány do mohyly, čímž je zvýšena jejich monumentalita a je vytvořena jakási „rodinná hrobka“ (Krištuf – Praumová – Švejcar 2013). Nebo je studováno prostorové rozmístění mohyl a k této analýze je přidána analýza jednotlivých artefaktů z výbavy v nich umístěných hrobů (Krištuf – Praumová – Švejcar 2011). Jelikož však nebylo v této práci počítáno s jednotlivými předměty pohřební výbavy a nebylo počítáno ani s DNA analýzou (nehledě na fakt špatné prokazatelnosti vzorku získaných ze spálených ostatků), nebylo možné tuto domněnku komplexně ověřit. Navíc 4 pohřebiště, které se nacházejí v této práci již touto analýzou prošly (Krištuf – Praumová – Švejcar 2011). Prázdnější prostory mezi shluky však také může vyvolávat myšlenku, zda se v tomto místě nenacházela stavba, či předmět, který mohyly respektovaly. V tomto případě lze mluvit například o zaniklých cestách (Krištuf 2012). Tato domněnka byla na snímcích testována. Obr. 21 -25 ukazují průběhy hypotetických pravěkých cest, zakládajících se právě na prázdných prostorech a prostorovém rozmístění mohyl.

Pokud tedy shrneme výše zmíněné poznatky o vazbách na krajinné celky, můžeme se pokusit o rekonstrukci chování minulých komunit při budování mohylníků. Je zřejmé, že důležitou roli hrály vodoteče a samotné sídliště komunity sídliště. Jak bylo zmíněno, voda která plnila funkci nejenom životodárnou, tak také funkci teritoriální, tedy rozdělovala krajinu a tedy území různých komunit. Komunita si tedy mohla nárokovat určité území, které však mohlo být velice rozsáhlé a z demografických důvodů mohlo být obtížné takto rozsáhlou oblast kolonizovat, a tedy kontrolovat. Jak tedy na nejlépe uplatnit expresivitu jedné komunity vůči jiné. Jednou z možností může být právě stavba mohyl, která tuto expresivitu může nést. Navíc díky této expresivitě nese mohyla artefaktovou paměť (Neustupný 2010, 195-196), jelikož je jakýmsi „úložištěm“ zemřelých předků. Díky tomuto aspektu může dávat mohyla komunitě určitá práva ke krajině a vyjadřovat její dřívější přivlastnění předky. To, že jsou od sebe mohyly vzdáleny v relativně stejné vzdálenosti, ale jejich

relativní vzdálenost od vodoteče se také většinou pohybuje v podobných číslech, ukazuje že mohla u těchto komunit opravdu existovat tendence o teritorializaci území výstavbou mohyl (obr. 18). Vzhledem k přítomnosti zemřelých předků s sebou nese pohřebiště určité spirituálno, a tedy můžeme označit toto území za určitý svět jinosti (Neustupná 2010, 160-162), který je nutný oddělit od komunitního areálu. Související vzdálenost, která se pohybuje kolem 400 m, může být tedy spíše důsledkem nutnosti oddělit komunitní svět (většinou reprezentovaný sídlištěm), který se povětšinou pohybuje v úzké blízkosti od vodního toku (viz Kuna 2006). Za sídelním areálem tedy následuje areál pohřební. V místě, kde není krajina rozdělena řekou (obr. 18 a 19) se zdá, jako by byla nahrazena horami a hory tedy mohly tvořit další přírodní hranici mezi komunitami. Jak již bylo řečeno výše, vyšší nadmořská výška podporuje demonstraci území komunity. Vyšší místa jsou však podmíněna vyšší svaživostí, což zvyšuje erozi terénu, a v případě mohyl značí její rychlou destrukci. Proto byla vyhledávána místa s nižší svaživostí, aby se takovému procesu zabránilo. Každé pohřebiště je svou orientací přikloněno k nejbližší položenému toku, což je samozřejmě způsobeno terénem, který se sbíhá do údolí, ale také může signalizovat další aspekt. Tímto aspektem je myšlena přítomnost sídliště, které stojí v údolí mezi vodotečí a pohřebištěm. Tato blízká provázanost by určitě zaručila komunitě blízký kontakt se zemřelými. Samotné budování mohyl na pohřebišti potom mohlo probíhat podél cesty. Mohyly se dle předpokladu kumulovaly ve shlucích, pokud byli zemřeli jedinci nějakým způsobem zpřízněni (rodina, vyšší společenská vrstva, muži a ženy).

Lidarové snímky pomohly v konečné fázi také k odhalení potencionálně nové lokality. Ta se rozkládá na poli mezi obcemi Kucíny a Radkovice. Na poli byly nalezeny anomálie, které svojí morfologií napovídají přítomnosti rozoraných mohyl. K této poloze nebyly nalezeny žádné doklady dalších nálezových zpráv z okolí této lokality. Řezy, které byly provedeny na objektech a plochám vedle nich, odhalily, existenci určitých vyvýšenin v reliéfu, narozdíl od okolní plochy, která se zdá relativně plochá. Zároveň byly na lokalitu aplikovány stejné prostorové analýzy, jako na regulérně známá pohřebiště. Ty odhalily jisté podobnosti ve vazbách na krajinné celky, jako u známá pohřebiště. Proto se konečným důsledku může jednat o zničené mohyly. Tato skutečnost by měla

být podrobena dalšímu výzkumu, především povrchové a geofyzikální prospekci dané lokality.

10 ZÁVĚR

Tato práce se zabývala mohylovými pohřebišti na jižním Přešticku. Konkrétním cílem bylo sledovat vztah ke krajiným celkům a sledovat jejich společenský a symbolický smysl. Závěň byl testován potenciál pro odhalování památek za pomoci snímků leteckého laserového skenování (LiDAR). K tomuto potenciálu byl vytvořen diagram klasifikace objektů, ale především tabulka, která může sloužit jako pomůcka pro případné další vizualizace snímků DMR5g zachycujících jižní Přešticko a následné vyhledávání archeologických objektů – k tomu posloužila databáze SAS. Tato databáze se ukázala jako nedostatečná, z důvodu absence množství známých archeologických památek. Mapové snímky také posloužily především k mapování rozsahu mohylových pohřebišť v tomto regionu a poskytly podklad pro další bádání zaměřené na stejné nebo podobné téma. Prostorová analýza ukázala, že na vybraném území existují jisté struktury v distribuci mohylových pohřebišť v krajině a v jejich vazbách na krajinné celky. Ty jsou ve dvou aspektech podobné mohylovým pohřebišťům střední doby bronzové v regionu Hluboké nad Vltavou Čechách. Nabízejí tak pramennou základnu pro další studium vztahů pohřebišť ke krajinným celkům. Závěrem je nutné zmínit potenciálně nový pohřební areál mezi obcemi Radkovice a Kucíny, jenž bude vyžadovat další soustavnější studium. LiDAR tak nabízí stále velký potenciál při odhalování archeologických památek, jejich dokumentaci, či provádění geografických a prostorových analýz.

11 POUŽITÁ LITERATURA

Ackermann, F. 1999: Airborne laser scanning – present status and future expectations. *Journal of photogrammetry and remote sensing* 54, 64-67.

Akima, H. 1978: A method of bivariate interpolation and smooth surface fitting for irregularly spaced data points. Algorithm 526. ACM Transactions on Mathematical Software 4, 148–164-

Aston, M – Rowley, T. 1974: Landscape Archaeology. An Introduction to fieldwork techniques on post-roman landscapes. Newton Abbot-London-Vancouver.

Agarwal, P., - Beutel, A. – Molhave, T. 2010: Natural neighbor interpolation based grid DEM construction using a GPU. In: D. Agrawal – P. Zhang (eds.), Proceedings of the 18th SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems. ACM, 172-181.

Bahn, P. – Renfrew, C. 1998: Archaeology: Theory, Methods, and Practice. London.

Barber, M. 2005: Stonehenge from the air in 1990: The ballooning adventures of the Reverend John McKenzie Bacon. AARGnews. The Newsletter of the Aerial Archaeology Reserch Group 30, 9-17.

Bewley, R. H. et al. 2005: New light on an ancient landscape – lidar survey in the Stonehenge World Heritage Site. Antiquity 79, 636-647.

Bourgeois, Q. 2010: The Long-Term histories of barrow groups; a GIS-perspective on the genesis and development of barrow groups. In: W. J. H. Williems – J. G. A. Bazelmans – C. B. Bakker – M. Verrijth (eds.), Abstracts: 16th Annual meeting the European association of archaeologists 1. – 5. September, Hague, 57.

Böhm, J. 1939: Letecká fotografie ve službách archeologie. Zprávy

památkové péče 3, 63-65.

Burrough, P. A. 1986: Principles of geographical information systems for land resources assessment. Oxford.

Brázdil K. 2015a: Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 4. generace (DMR4g). Pardubice: Zeměměřičský úřad. Dostupné z: http://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMR_4G.pdf. (25. 2. 2016).

Brázdil, K. 2015b: Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 5. generace (DMR5g). Pardubice: Zeměměřičský úřad. Dostupné z: http://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMR_5G.pdf. (4. 12. 2015).

Corns, A. – Shaw, R. 2009: High resolution 3-dimensional documentation of archaeological monuments & landscapes using airborne LiDAR. Journal of cultura heritage 10S, 72-77.

Cracknell, A. P. – Hayes, L. 2007: Introduction to Remote Sensing. London/New York/Philadelphia.

Crawford, O. G. S. 1923: Air survey and archeology. The geographical journal 61/5, 342-360.

Čujanová-Jílková, E. 1964: Východní skupina českofalcké mohylové kultury - Die östliche Gruppe der böhmisch-oberpfälzischen Hügelgräberkultur. Památky archeologické 55/1, 1-81.

Čujanová-Jílková, E. 1975: Zlaté předměty v hrobech česko-falcké mohylové kultury. Památky archeologické 66/1, 74-132.

Čulíková, L. 2013: Nedestruktivní výzkum polních systémů. Plzeň.

Devereux, B. J. et al. 2005: The potential of airborne lidar for detection of archaeological features under woodland canopies. *Antiquity* 79, 648-660.

Devereux, B. J. et al. 2008: Visualisation of LIDAR terrain models for archaeological feature detection. *Antiquity* 82, 470-479.

Doneus, M. – Briese, C. 2006: Digital terrain modelling for archaeological interpretation within forested areas using full-waveform laserscanning. In: M. Ioannides, D. Arnold, F. Niccolucci, K. Mania (eds.), *The 7th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage*, 155-162.

Doneus, M. – Briese, C. – Fera, M. – Janner, M. 2008: Archaeological prospection of forested areas using full-waveform airborne laser scanning. *Journal of archaeological science* 35, 882-893.

Doneus, M. 2013: Openness as Visualization Technique for Interpretative Mapping of Airborne Lidar Derived Digital Terrain Models. *Remote sensing* 5, 6427-6442.

Diaz, C. F. D. 2011: Lifting the canopy veil – LiDAR for forestry. *Imaging notes* 26, 32-34.

Dolanský, T. 2004: Lidary a letecké laserové skanování. *Acta Universitatis Purkynianae* 99 – *Studia Geoinformatica*.

Evans, D. H. – Fletcher, R. J. – Pottier, C. – Chevance, J. B. – Soutif, D. – Tan, B. S. – Im, S. – Ea, D. – Tin, T. – Kim, S. – Cromarty, C. – De Greef, S. – Hanus, K. – Baty, P. – Kuszinger, R. – Schimoda, I. – Boornazian, G. 2013: Uncovering archaeological landscapes at Angkor using lidar. *PNAS* 110/31, 12595-12600.

Garnero, G. – Godone, D. 2013: Comparisons between different interpolation. *International archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences* 15 (5/W3), 139-144.

Gojda, M. 1993a: Aerial photography in the Central Bohemian transect of the ALRNB – Landscape & Settlement Programme 1992 – Využití leteckého průzkumu ve středočeském transektu projektu ALRNB – krajina a sídla v roce 1992. *Památky archeologické* 84/2, 131-133.

Gojda, M. 1993b: Bohemia from the air: seven decades after Crawford. *Antiquity* 67/257, 869-875.

Gojda, M. 1997: *Letecká archeologie v Čechách*. Praha.

Gojda, M. 1998 *Letecká archeologie: mezinárodní spolupráce a letní výcvikové kurzy*, *Archeologické rozhledy* 50/4, 869-876.

Gojda, M. 2000a: Archeologie krajiny – Vývoj archetypů kulturní krajiny. Praha.

Gojda, M. 2000b: Letecký průzkum v archeologii: Nedestruktivní metody odhalují zaniklé podoby kulturní krajiny. *Vesmír* 79/6, 337-338.

Gojda, M. 2004: Letecká archeologie a dálkový průzkum. In: M. Kuna a kol., In: M. Kuna a kol., Nedestruktivní archeologie: teorie, metody a cíle. Praha, 49-115.

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

Gojda, M. 2009: Courses in aerial archaeology at universities in the Czech Republic: An overview, In: D. Cowley – R. Palmer (eds.): Occasional Publication of the Aerial Archaeology Research Group No. 1, 24-26.

Gojda, M. – John, J. 2011: Družicová archeologie v průzkumu krajiny: Nedestruktivní metoda chrání a odhaluje kulturní dědictví. *Vesmír* 90/1, 34-36.

Gojda, M. – John, J. 2013a: Principy leteckého laserového skenování a jeho využití pro dálkový archeologický průzkum. In: M. Gojda – J. John a kol., Archeologie a letecké laserové skenování krajiny. Plzeň, 8-20.

Gojda, M. – John, J. 2013b: Projekt Potenciál archeologického výzkumu krajiny v ČR prostřednictvím dálkového laserového 3D snímkování, jeho cíle a dosažené výsledky. In: M. Gojda – J. John a kol., Archeologie a letecké laserové skenování krajiny. Plzeň, 8-20.

Gojda, M. – John, J. a kol. 2013: Archeologie a letecké laserové skenování krajiny. Plzeň.

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.

Hesková, M. 2012: Vývoj vztahu člověka a přírody. České Budějovice.

Hesse, R. 2010: LIDAR-derived Local Relief Models (LRM) – a new tool for archaeological prospection. Archaeological Prospection, 17, 67-72.

Hesse, R. 2011: A Generic Toolkit for the Visualization of Archaeological Features on Airborne LiDAR Elevation Data. Archaeological Prospection 18, 279-289.

Holata, L. – Plzák, J. 2013: Examinace procesu optimalizace „archeologicky korektních“ způsobů vyhodnocení dat z leteckého laserového skenování zalesněné krajiny - Potenciál filtrace surových dat, problematika interpolačních algoritmů a způsobů vizualizace antropogenních tvarů v digitálních modelech reliéfu. In: M. Gojda – J. John a kol., Archeologie a letecké laserové skenování krajiny. Plzeň, 49-79.

Holata, L. – Světlík, R. 2014: Lidarová data ve výzkumu minulé krajiny - několik poznámek k jejich výpovědní hodnotě. In: Hořínková, A. - Kováčik, P. - Stuchlík, S. (eds.). Archeologický výzkum krajiny a aplikace ICT. Opava, 55-71.

Humme, A. - Lindenbergh, R. - Sueur, C. 2006: Revealing celtic fields from lidar data using kriging based filtering. Proceedings ISPRS Commission V Symposium, 'Image engineering and vision metrology', 25-27.

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

Chase et al. 2011: Airborne LiDAR archaeology, and the ancient Maya landscape at Caracol, Belize. *Journal of archaeological science* 38, 387-397.

Childs, C. 2004: Interpolating surface in ArcGis Spatial Analyst. *ArcUser/July-September*, 32-35.

Chlevišťan, J. – Křišťuf, P. 2015: Mohylové pohřebiště Žákava-Sváreč, jeho prostorová struktura a vývoj. *Památky západních čech* 5/2015, 48-55.

Jičínský, K. 1859: Otevření mohyly u vsi Kamýka blíž Chudenic. *Památky archeologické* 3, 45-46.

Jílková, E. 1961: Kostrové pohřby ze střední doby bronzové v mohylách na Plzeňsku. *Památky archeologické* 52/1, 195-200.

Jiráň, L. (ed.) 2008: Doba bronzová. *Archeologie pravěkých Čech* 5. Praha. Archeologický ústav AV ČR, Praha, v. v. i.

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

Katsianis, M. - Tspidis, S. 2005: Trends and Problems in Archaeological GIS Applications, in: WSEAS International Conference on Engineering Education 7, 8-10

Kokalj, Ž. – Zakšek, K. – Oštir, K. 2011: Application of sky-view factor for the visualisation of historic landscape features in lidar-derived relief models. *Antiquity* 85, 263-273.

Kokalj, Ž.; Zakšek, K.; Oštir, K. 2013: Visualizations of Lidar Derived Relief Models. In: R. S. Opatuz – D. C. Cowley (eds.), *Interpreting Archaeological Topography: Airborne Laser Scanning, 3D Data and Ground Observation*, 100-115.

Krcho, J. 1973: Morphometric analysis of relief on the basis of geometric aspect of field theory. *Acta Geographica Universitatis Comenianae, Geographica Physica* 1.

Krištuf, P. 2012: Rekonstrukce pravěkých cest na základě prostorové distribuce mohyl: Příklad mohylového pohřebiště Řepeč-Atlas (okr. Tábr). In: P. Krištuf (ed.), *Konstruování minulosti*, 125-132.

Krištuf, P. - Praumová, R. - Švejcar, O. 2011: Prostorové uspořádání mohylových pohřebišť na Plzeňsku - Spatial structures within barrow cemeteries in Pilsen-region, *Acta FF* 4/11, 104-128.

Krištuf, P. – Praumová, R. – Švejcar, O. 2013: Monumentalita mohyl v době bronzové: odraz rodiny, nobility, genderu nebo kulturní příslušnosti. *Archeologie západních Čech* 5, 23-35.

Krištuf, P. - Švejcar, O. 2012: Možnosti identifikace rodiny v pravěku na základě studia mohylových pohřebišť - Identification of family in prehistory based on spatial analysis of cemeteries. *Antropowebzin* 3/2012, 221-232.

Krištuf, P. – Švejcar, O. 2014: Využití dat leteckého laserového skenování (DMR5g) k dokumentaci mohylových pohřebišť v Plzni. *Archeologie západních Čech* 8/2014, 56-66.

Krištuf, P. – Švejcar, O. 2015: Potential of spatial structure analysis of the Early and Middle Bronze Age cemeteries in Bohemia. In: J. Bátorá - P. Tóth (eds.), *Keď bronz vystriedal meď*, Nitra, 355-370.

Krištuf, P. Zíková, T. a kol. 2015: *Výzkum krajiny – Vybrané antropologické a archeologické metody*. Plzeň.

Kudlič, J. 2014: *Sídelní struktura v mladším eneolitu*. Nepublikovaná diplomová práce. Katedra archeologie. ZČU v Plzni.

Kuna, M. - Adelsbergerová, D. 1994: Prehistoric location preferences: An application of GIS to Vinořský potok project, Bohemia. In: Lock, G. - Z. Stancic (eds.), *Archeology and Geographical information systems*, 117-131.

Kuna, M. 2004a: *Prostorová archeologie*. In: M. Kuna a kol., *Nedestruktivní archeologie: teorie, metody a cíle*. Praha, 445-490.

Kuna, M. 2004b: *Práce s prostorovými daty*. In: M. Kuna a kol., *Nedestruktivní archeologie: teorie, metody a cíle*. Praha, 379-443.

Kuna 2006: Burial mounds in the landscape. In: L. Šmejda (ed.), *Archaeology of burial mounds*. Plzeň, 83-97.

Kuna, M. – Dreslerová, D. 2007: Landscape archaeology and „community areas“ in the archaeology of Central Europe. In: Hicks, D., McAtackney, L. Fairclough, G (eds): *Envisioning Landscape. Situations and Standpoints in Archaeology and Heritage*. Walnut Creek : Left Coast Press, 146-171.

Kuna a kol. 2015: *Archeologický atlas Čech – Vybrané památky od pravěku do 20. Století*. Praha.

Kvamme. K. L. 1995: A View from across the Water: The North American Experience in Archaeological GIS. In: G. Lock and Z. Stancic (eds.), *Archaeology and Geographical Information Systems: A European Perspective*, 1-14.

Mark, D. M. 1979: Phenomenon-based data-structuring and digital terrain modelling. *Geo-Processing* 1, 27-36.

Mays, S. 2000: The archaeology and history of infanticide, and its occurrence in earlier British populations. In: Sofaer – Derevenski, J. (ed.): *Children and Material Culture*. London and New York, 180–190.

McCoy, M. D et al. 2011: Airborne lidar survey of irrigated agricultural landscapes: an application of the slope contrast method. *Journal of archaeological science* 38, 2141-2154.

McCullagh, M. J. 1988: Terrain and surface modelling systems - theory and practice. *Photogrammetric Record* 12, 747–779.

Michálek, J. 1979: West- und Südböhmische Funde in Wien. Výzkumy v Čechách-Supplementum. Praha.

Mitas, L. - Mitasova, H. 1999: Spatial interpolation. In: P. Longley, M. F. Goodchild, D. J. Maguire, and D. W. Rhind (eds.), Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications/1, 481—492.

Montealegre, L. A. - Lamelas, M. T. - de la Riva, J. 2015: Interpolation Routines Assessment in ALS-Derived Digital Elevation Models for Forestry Applications. Remote Sensing 7, 8631-8654.

Neustupný, E. 1983. Demografie pravěkých pohřebišť. Praha.

Neustupný, E. 1994: Beyond GIS. In: G.Lock and Z.Stančič, The Impact of GIS on Archaeology: a European Perspective.

Neustupný, E. 2007: Metoda archeologie. Plzeň.

Neustupný, E. 2010: Teorie archeologie. Plzeň.

Novák, D. 2014: Local Relief Model (LRM) Toolbox for ArcGIS [online].

Oršulák, T. – Pacina, J. 2010: 3D modelování a virtuální realita. Ústí nad Labem.

Peucker, T. K. et al. 1978: The triangular irregular network. Proc. ASP Digital Terrain Models Symposium. Am. Soc. Photogrammetry, 516-40.

Píč, J. L. 1895: Mohyly Lužanské. Památky archeologické a místopisné 16/9, 522-546.

Píč, J. L. 1900: Starožitnosti země české I/II. Pokolení kamenných mohyl.

Pingel, T. J. – Clarke, K. – Ford, A. 2015: Bonemapping: a LiDAR processing and visualization technique in support of archaeology under the canopy. *Cartography and Geographic Information Science* 42, 18-26.

Ratzel, F. 1882: *Anthropogeographie*, Stuttgart.

Richards, J. 1998: Recent Trends in Computer Applications in Archaeology. *Journal of Archaeological Research* 6, 331-82.

Rynda, I. 2011: Globální a regionální problematika vztahu člověka k jeho životnímu prostředí. *Strana zelených*.

Sádlo a kol. 2005: *Krajina a revoluce. Významné přelomy ve vývoji kulturní krajiny českých zemí*. Praha.

Scianna, A. - Villa, B. 2011: GIS applications in archaeology. *Archeologia e Calcolatori* 22, 337-363.

Sever, T. - Sheets, P. 1988: High-tech Wizardry. *Archaeology* 41/6, 20–27.

Sibson, R. 1981: A brief description of natural neighbour interpolation. In: V. Barnett (ed.), *Interpreting multivariate data*/21, 21–36.

Sklenář, K. 1992: Archeologické nálezy v Čechách do roku 1870. Praha.

Smrž, Z. 1995: Luftbildarchäologie in Nodwest-Böhmen in den Jahren 1992-94. In: Kunow, J. (ed.), Luftbildarchäologie in Ost- und Mitteleuropa.

Forschungen zur Archäologie im Land Brandenburg 3, Potsdam:
Brandenburgisches Landesmuseum für Ur- und Frühgeschichte, 237-240.

Stal, C. - Bourgeois, J. - De Maeyer, P. - De Mulder, G. - De Wulf, A. -
Goossens, R. - Nuttens, T. - Stichelbaut, B. 2010: Kemmelberg (Belgium) case
study: comparison of DTM analysis methods for the detection of relicts from
the First World War. In: R. Reuter (Ed.), 30th EARSeL Symposium: Remote
Sensing for Science, Education and Culture.

Starková, L. 2010: Lidar. Potenciál a využití laserového skeneru na příkladu
studie národního parku. In: M. Gojda a kol., Studie k dálkovému průzkumu
v archeologii. Plzeň.

Szombathy, J. 1888: Annalen d. k. k. Naturhistorischen Hofmuseums Wien III,
89-100.

Šaldová, V. 1975: Eneolitická výšinná sídliště a mohylová pohřebiště na
Přešticku. Výzkumy v Čechách, 214-226.

Šaldová, V. 1971: Sekera zvěrného stylu z Kaliště-Bezděkova. Archeologické
rozhledy 23/2, 153-162.

Štefanová-Šaldová, V. 1969: Kaliště, o.o. Červené Poříčí, o. Klatovy. Výzkumy
v Čechách, 54-55.

Šaldová, V. 1975: Eneolitická výšinná sídliště a mohylová pohřebiště na Přešticku. *Výzkumy Čechách 1971*, 214-226.

Šebková, K. 2014: Identifikace archeologických pramenů pomocí leteckého laserového skenování. Nepublikovaná bakalářská práce. Katedra archeologie v Plzni. Plzeň.

Šída, P. – John, J. – Prostředník, J. – Raminnger, B. 2013: Neolitická těžba na Jistebsku v Jizerských horách a možnosti její detekce pomocí leteckého laserového skenování. In: M. Gojda – J. John a kol., *Archeologie a letecké laserové skenování krajiny*, 80 – 86.

Šmejda, L. 2007: Letecká prospekce a dokumentace památek v západních Čechách pomocí šikmého snímkování. In: Křišťuf, P. - Šmejda, L. - Vařeka, P. (eds.), *Opomíjená archeologie 2005-2006*. Plzeň, 261-270.

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

Štular, B. 2011: The use of lidar-derived relief models in archaeological topography – The Kobarid region (Slovenia) case study. *Arheološki vestnik* 62, 393-432.

Štular, B. – Kokalj, Ž. – Oštir, K. – Nuninger, L. 2012: Visualization of lidar-derived relief models for detection of archaeological features, *Journal of Archaeological Science* 39, 3354-3360.

Velemínský, P. – Stránská, P. – Likovský, J. – Dobisíková, M. 2010: Raně středověké pohřebiště v Lahovicích – základní antropologická charakteristika populační skupiny. *Archaeologica historica* 35/1, 141-157.

Venclová, N. (ed.) 2008: Doba halštatská. *Archeologie pravěkých Čech* 6. Praha. Archeologický ústav AV ČR, Praha, v. v. i.

Visinger, B. 2015: Historická krajina Kdyňska. Terénní ověřování výsledků dálkového archeologického průzkumu. Nepublikovaná diplomová práce. Katedra archeologie. ZČU v Plzni.

Weibel, R. – Heller, M. 1990: A framework for digital terrain modelling. *Proceedings of the 4th International Symposium on Spatial Data Handling*, 219-229.

Weibel, R – Heller, 1993: Digital terrain modelling. In: D. J. Goodchild, M. F. Rhind, D. W. Rhing, *Geographical information systems*, 269-297.

Whittaker, H. 2014: Religion and society in the middle bronze age.

Wood, J. D. – Fischer, P. F. 1993: Assessing interpolation accuracy in elevation models. *IEEE Computer Graphics and Applications* 13/2, 48–56.

Yang, Ch. – Kao, S. – Lee, F. – Hung, P. 2004: Twelve different interpolation methods: a case study of Surfer 8.0. *Abstr Vol Geo-Imagery Bridging Continents, XXth ISPRS Congress*, 12–23.

Yoeli, P. 1965: Analytical hill shading. *Surveying and mapping* 25, 579-579.

Yoeli, P. 1967: Mechanisation in analytical hill-shading. *Cartographic Journal* 4, 82-88.

Yokoyama, R. – Schirazawa, M. – Pike, R. J. 2002: Vizualizing Topography by Openness – A new application of image processing to digital elevation models. *Photogrammetric engineering and remote sensing* 68/3, 257-265.

Young, J. 2011: *LiDAR for dummies*. Indianapolis.

Zakšek, K. – Oštir, K. – Kokalj, Ž. 2011: Sky-view factor as a relief visualization technique. *Remote sensing* 3, 398-415.

Zakšek, K. - Krištof O. - Peter P. - Žiga K. - Ekkehard P. 2012: Hill Shading Based on Anisotropic Diffuse Illumination. In: J. Růžička – K. Růžičková. (ed.), *Symposium GIS Ostrava 2012*, 1–10.

Zvelebil, M. 1994: Koncept krajiny-šance pro archeologii. In: J. Beneš – V. Brůna (eds.), *Archeologie a krajinná ekologie*, 20-36.

Evropská úmluva o krajině podepsaná 20. října 2000 ve Florencii (v práci jen „Úmluva 2000“).

12 POUŽITÉ PRAMENY

Nálezová zpráva. Archiv nálezových zpráv Archeologického ústavu AV ČR v Praze, čj. 8477/05.

13 INTERNETOVÉ ZDROJE

<http://isad.npu.cz/ost/archeologie/ISAD/free/> 11.2.2016

<http://isad.npu.cz/ost/archeologie/ISAD/free/info.php?ID=21-24-05/13>

18.3.2016

<http://isad.npu.cz/ost/archeologie/ISAD/free/info.php?ID=22-13-01/1> 18.3.2016

<http://isad.npu.cz/ost/archeologie/ISAD/free/info.php?ID=22-13-01/4> 18.3.2016

<http://isad.npu.cz/ost/archeologie/ISAD/free/info.php?ID=22-13-01/8> 24.3.2016

<http://www.cuzk.cz/> 11.2.2016

<http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/3d-analyst/comparing-interpolation-methods.htm> 11.2.2016

<http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-natural-neighbor-works.htm> 11.2.2016

<http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-spline-works.htm> 11.2.2016

<http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/kriging.htm>
11.2.2016

<http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/topo-to-raster.htm> 11.2.2016

<http://iaps.zrc-sazu.si/en/rvt#v> 21.2.2016

<http://geo.tuwien.ac.at/opals/html/index.html> 21.2.2016

<https://grass.osgeo.org/home/about-us/> 22.2.2016

<http://www.saga-gis.org/en/index.html> 22.2.2016

<http://www.goldensoftware.com/company/history> 22.2.2016

14 RESUMÉ

This thesis provides study of burial mounds in the south Přeštice region, concretly their connection to landscape elements like terrain altitude, terrain slope, slope aspect, distance from settlements, rivers and from hilltops etc. For this purpose was used ALS (Airborne laser scanning) which served to identification of a new archaeological features. This data from ALS have been provided by ČÚZK. It has been tested a pontential of ALS. From this reason it has been developed and tested a method for chosse appropriate interpolation and visualization technique. This method is based on visibility classification of features and theirs subquent field survey and validation. ALS technique also have served to find out an extent of extent of burial mounds in south Přeštice region. For documentation and records of features has been also developed a database. One of the results of ALS survey was discovery of new potential area which is situated on the field between villages Radkovice and Kucíny.

15 PŘÍLOHY

15.1 Seznam tabulek

Tab. 1 Přehled vhodnosti metod interpolace a vizualizace v rámci mapových listů (procentuelní zastoupení tříd)

15.2 Seznam grafů

Graf 1 Objem mohyl (v m³)

Graf 2 Svažitosť terénu mohylových pohřebišť

Graf 3 Nadmořská výška mohylových pohřebišť

Graf 4 Vzdálenost pohřebišť od vodního toku

Graf 5 Vzdálenost pohřebišť od vrcholů

Graf 6 Vzdálenost pohřebišť od sídelních areálů

Graf 7 Vhodnost interpolací u jednotlivých tříd (%)

Graf 8 Vzájemná vzdálenost pohřebišť

15.3 Seznam obrázků

Obr. 1 Relace databáze 1:n

Obr. 2 Zájmové území – mikroregion jižní Přeštice

Obr. 3 Diagram pro klasifikaci viditelnosti objektů

Obr. 4 Nález střepů – Radkovic-Kučiny

Obr. 5 Pohřebišť Zelené – orientace svahu

Obr. 6 Pohřebišť U Hájořny-Loupensko – orientace svahu

Obr. 7 Pohřebišť Zelené 2 - orientace

Obr. 8 Pohřebiště Velký les-Křížkovice – orientace svahu

Obr. 9 Pohřebiště Jižní část „Velkého lesa“ – orientace svahu

Obr. 10 Pohřebiště Vlčí – orientace svahu

Obr. 11 Pohřebiště Kbel u Přeštic 2 – orientace svahu

Obr. 12 Pohřebiště Kbel u Přeštic – orientace svahu

Obr. 13 Pohřebiště Rudický les – orientace svahu

Obr. 14 Pohřebiště Třebýcinská planá hora – orientace svahu

Obr. 15 Pohřebiště Teplý les-Blahovka - orientace svahu

Obr. 16 Pohřebiště Stropečko – orientace svahu

Obr. 17 Mohyla Les Kopanina – orientace svahu

Obr. 18 Vzdálenost pohřebišť od vodních toků (v m)

Obr. 19 Vzdálenost pohřebišť od vrcholů (v m)

Obr. 20 Vzdálenost pohřebišť od sídelních areálů (v m)

Obr. 21 Pohřebiště Velký les-Křížkovice – shluky mohyl

Obr. 22 Pohřebiště Zelené – shluky mohyl

Obr. 23 Pohřebiště Rudický les – shluky mohyl

Obr. 24 Pohřebiště Teplý les-Blahovka – shluky mohyl

Obr. 25 Pohřebiště Vlčí – shluky mohyl

obr. 26 Pohřebiště Teplý les-Blahovka (kombinace LRM a Slope)

Obr. 27 Pohřebiště Velký les-Křížkovice (kombinace Negative Openness a Hillshade_270)

Obr. 28 Pohřebiště Jižní část „Velkého lesa (kombinace LRM a Sky-view factor)

Obr. 29 Pohřebiště Vlčí (kombinace LRM a Sky-view factor)

Obr. 30 Pohřebiště U Hájovny-Loupensko (kombinace LRM a Hillshade_0)

Obr. 31 Pohřebiště Zelené (kombinace LRM a Hillshade_0)

Obr. 32 Pohřebiště Zelené 2 (kombinace LRM a Hillshade_0)

Obr. 33 Pohřebiště Rudický les (kombinace LRM a Hillshade_270)

Obr. 34 Pohřebiště Třebýcinská planá hora (kombinace LRM a Slope)

Obr. 35 Pohřebiště Kbel u Přeštic 2 (kombinace LRM a Multidirection Hillshade)

Obr. 36 Pohřebiště Kbel u Přeštic (kombinace LRM a Multidirection Hillshade)

Obr. 37 Pohřebiště Stropečko (kombinace LRM a Hillshade_0)

Obr. 38 Mohyla Les Kopanina (kombinace LRM a Multidirection Hillshade)

Obr. 39 Potencionální lokalita Radkovice-Kučíny s vyznačenými řezy (kombinace Sky-view factor a LRM)

Obr. 40 Řezy profilu – lokalita Radkovice-Kučíny

Obr. 41 Vzdálenost od vodního toku – lokalita Radkovice-Kučíny (v m)

Obr. 42 Vzdálenost od vrcholu – lokalita Radkovice-Kučíny (v m)

Obr. 43 Vzdálenost od sídelních areálů – lokalita Radkovice-Kučíny (v m)

Obr. 44 Svazitost terénu – lokalita Radkovice-Kučíny (v °)

Obr. 45 Orientace svahu – lokalita Radkovice-Kučíny

Obr. 46 Pohřebiště Teplý les-Blahovka – svazitost terénu (v °)

Obr. 47 Pohřebiště Velký les-Křížkovice – svažitost terénu (v °)

Obr. 48 Pohřebiště Jižní část „Velkého lesa“ – svažitost terénu (v °)

Obr. 49 Pohřebiště Vlčí – svažitost terénu (v °)

Obr. 50 Pohřebiště U Hájovny-Loupensko – svažitost terénu (v °)

Obr. 51 Pohřebiště Zelené – svažitost terénu (v °)

Obr. 52 Pohřebiště Zelené 2 – svažitost terénu (v °)

Obr. 53 Pohřebiště Rudický les – svažitost terénu (v °)

Obr. 54 Třebýcinská planá hora – svažitost terénu (v °)

Obr. 55 Pohřebiště Kbel u Přeštic 2 – svažitost terénu (v °)

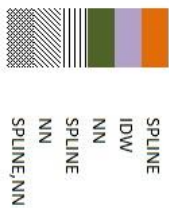
Obr. 56 Pohřebiště Kbel u Přeštic – svažitost terénu (v °)

Obr. 57 Pohřebiště Stropečko – svažitost terénu (v °)

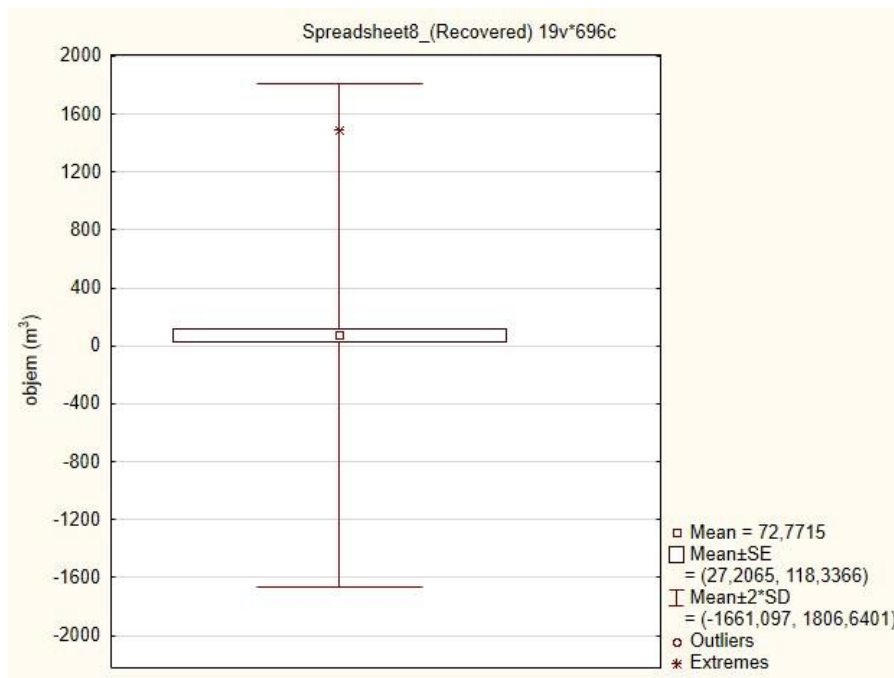
Obr. 58 Mohyla Les Kopanina – svažitost terénu (v °)

Tab. 1 Přehled vhodnosti metod interpolace a vizualizace v rámci mapových listů (procentuelní zastoupení tříd)

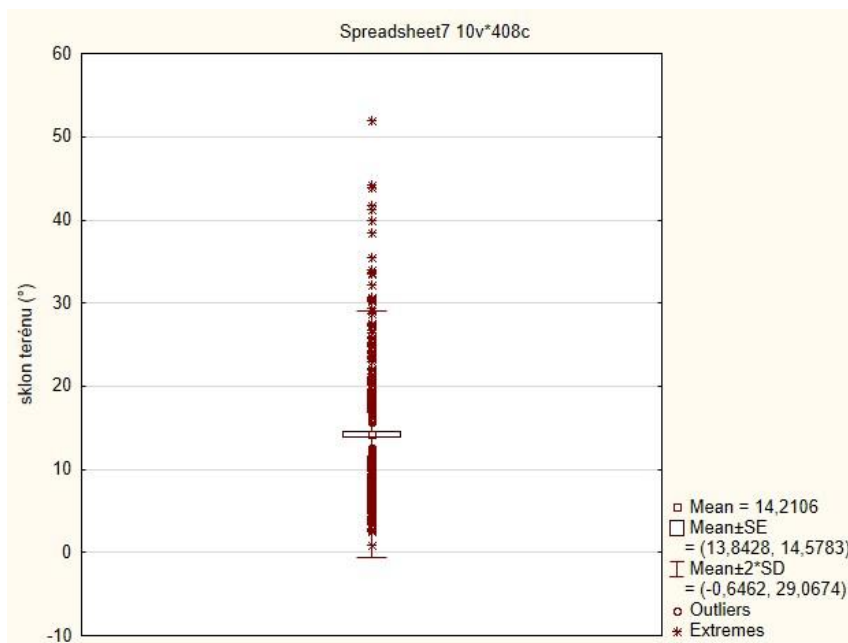
	SkyF						A-SkyF						Hillshade_0						Hillshade_90						Hillshade_180						
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
pres05	0	0	72.7273	0	100	45.5	0	0	63.6	0	100	54.55	0	0	63.636	0	100	45.45	0	0	63.64	0	64	54.5	0	0	81.8	0	63.6	18.2	
pres06	0	0	73.3333	0	70	30	0	0	76.7	0	56.67	35.33	0	0	46.667	0	80	26.67	0	0	70	0	60	36.7	0	0	73.3	0	63.3	33.3	
pres07	0	0	0	0	100	85.7	0	0	85.7	0	100	100	0	0	85.714	0	100	14.29	0	0	100	0	100	0	0	0	85.7	0	100	0	
pres08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
pres09	0	0	0	0	100	100	0	0	100	0	100	80	0	0	100	0	100	0	0	0	100	0	100	0	0	0	100	0	100	0	
pres15	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
pres16	12.5	10.9375	54.7	4.69	4.69	29.688	15.63	10.9	45.31	4.688	7.813	57.8	18.8	9.375	48.4	13	3.125	56	20.3	10.94	43.8	6.3	4.69	46.9	21.9	10.9	42.2	9.52	4.69		
pres17	29.84	54.0323	9.68	25.8	13.7	39.516	46.8	10.48	16.94	12.1	50	28.2	48.387	9.68	19	10.48	50	28.2	50.81	9.68	19	11.3	39.5	28.2	46.8	9.68	24.2	10.5			
pres18	0	0	32.6923	0	71.2	28.8	0	46.2	0	71.15	21.15	0	40.385	0	71	10.48	0	32.69	0	71	17.3	2	0	42.3	0	71.2	17.3	0			
pres19	49	25	7	57	15	6	49	25	7	57	15	6	59	20	8	61	16	6	59	24	12	60	15	2	53	24	9	83	15	7	
pres25	0	0	0	0	100	100	100	100	0	100	0	0	100	0	100	0	100	0	0	0	0	100	100	0	0	0	100	0	100	100	
pres26	33.33	61.9	0	57.1	100	0	33.33	61.9	0	57.14	0	0	61.9	28.6	0	52.4	0	24	33.3	34	24.1	0	71.4	0	0	28.6	38.1	0	86.7	0	0
pres27	24.14	34.5	3.44828	44.8	0	24.138	38.69	3.45	75.86	0	0	41.4	34.5	3.4483	65.5	3.4	0	34	24.1	44.8	69	0	0	37.9	31	34.5	75.9	0	0		
pres28	55.36	18.8	11.6071	50.9	4.46	6.25	55.357	18.75	11.6	50.89	4.464	5.357	58	11.6	11.607	58	6.3	6.25	55	13.4	11.61	59.8	7.1	4.46	53.6	14.3	11.6	55.4	5.36	3.57	
pres29	0	100	0	100	0	0	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	0	0	100	0	100	0	0	



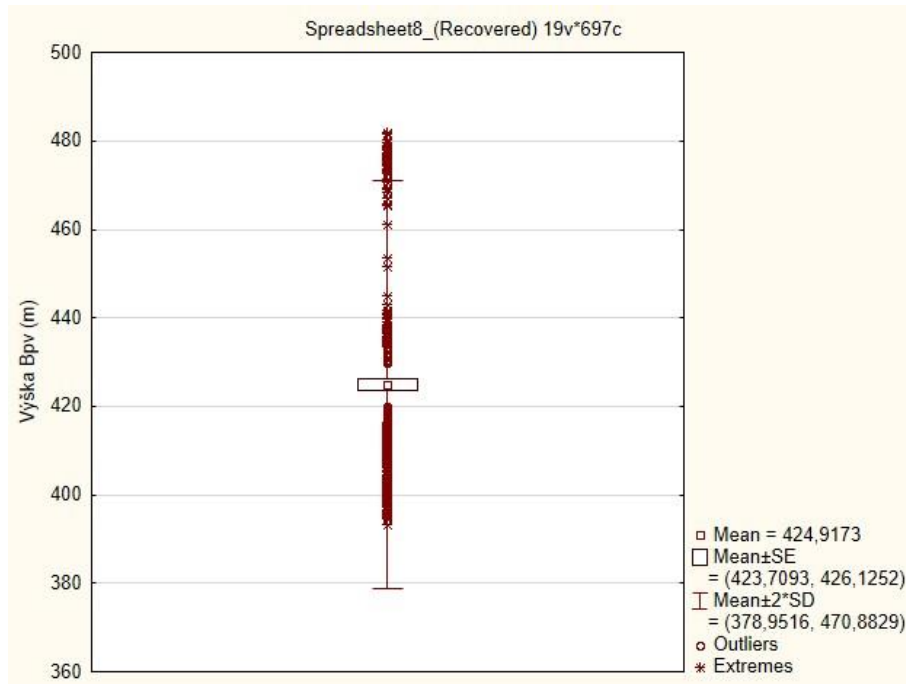
Graf 1 Objem mohyl (v m³)



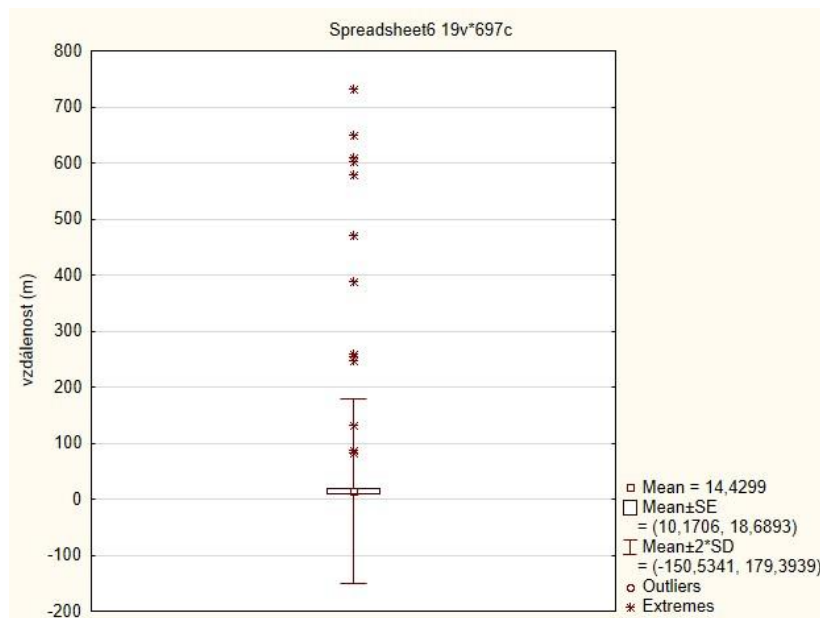
Graf 2 Svažitost terénu mohylových pohřebišť



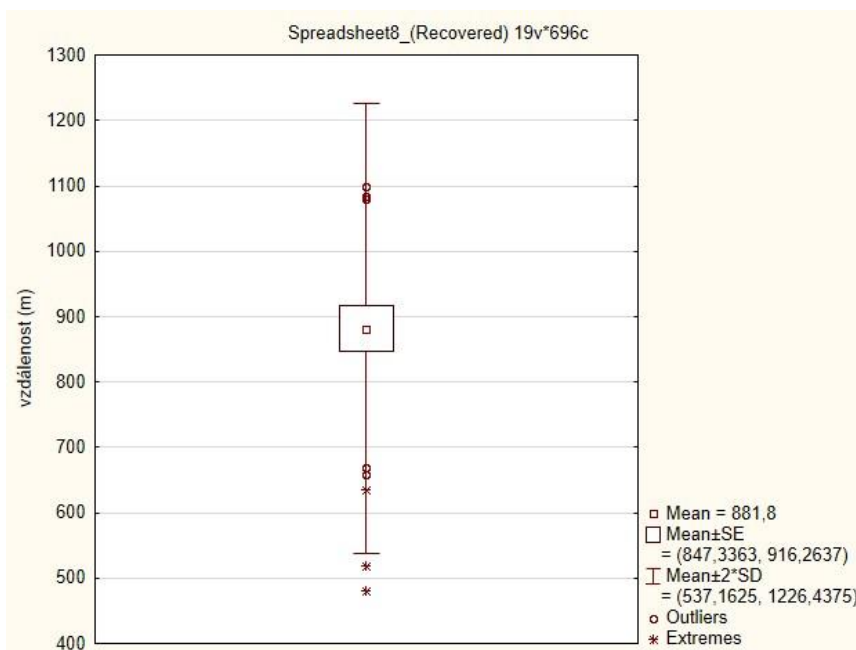
Graf 3 Nadmořská výška mohylových pohřebišť



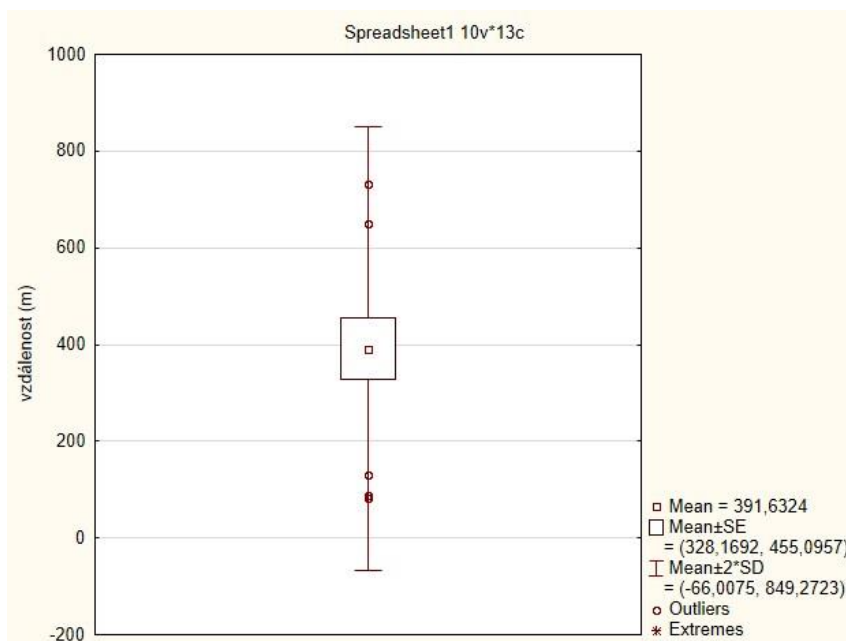
Graf 4 Vzdálenost pohřebišť od vodního toku



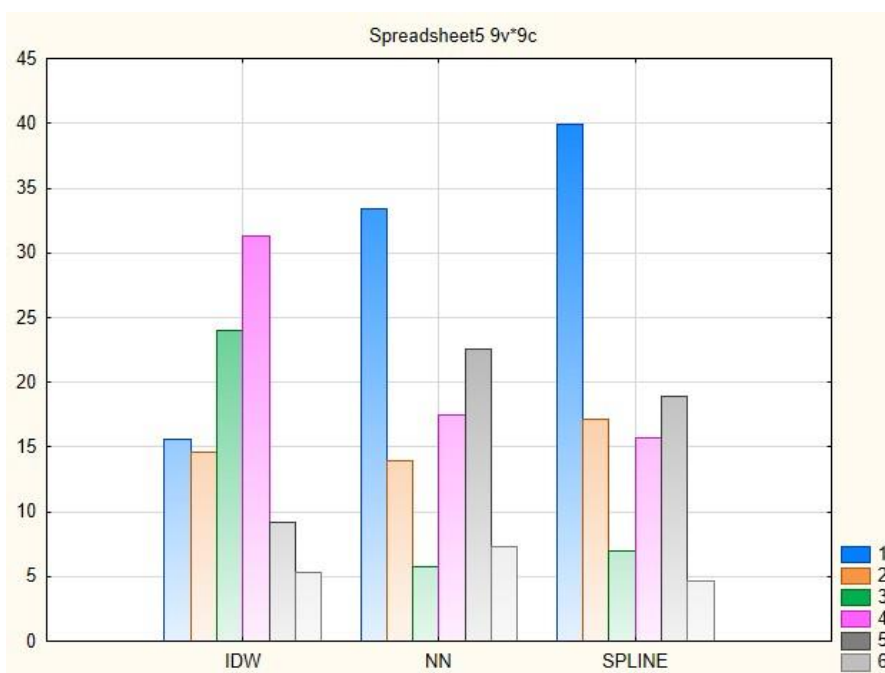
Graf 5 Vzdálenost pohřebišť od vrcholů



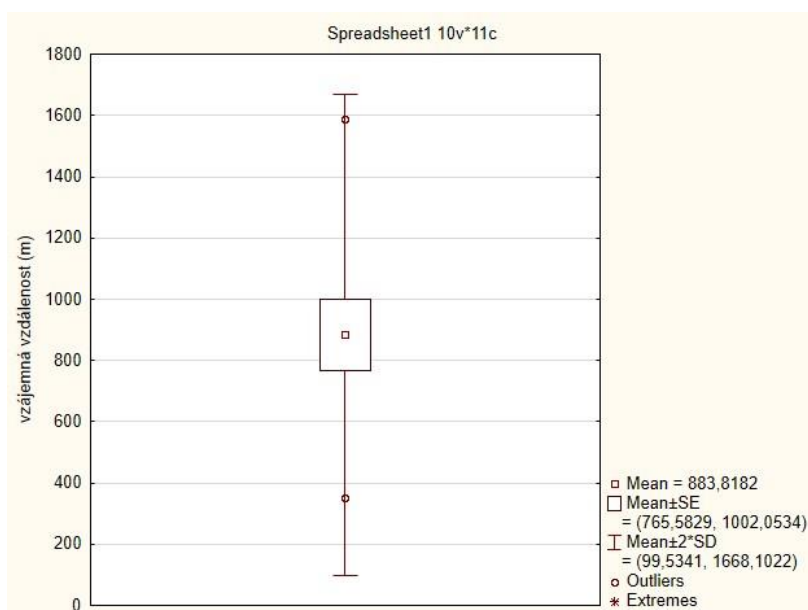
Graf 6 Vzdálenost pohřebišť od sídelních areálů



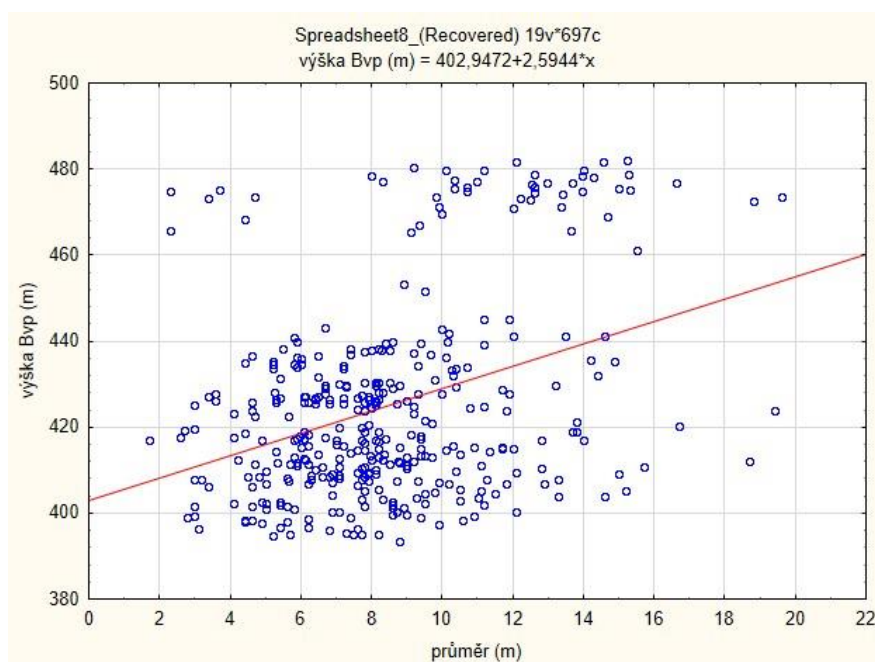
Graf 7 Vhodnost interpolací u jednotlivých tříd (%)



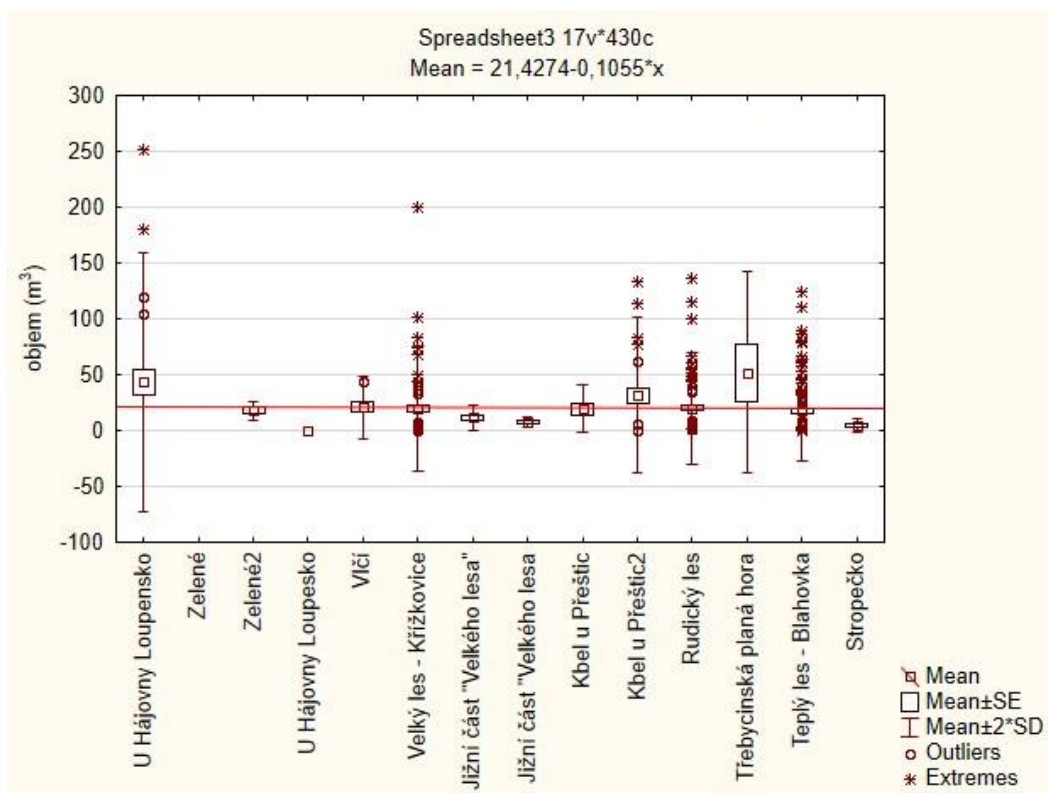
Graf 8 Vzájemná vzdálenost pohřebišť



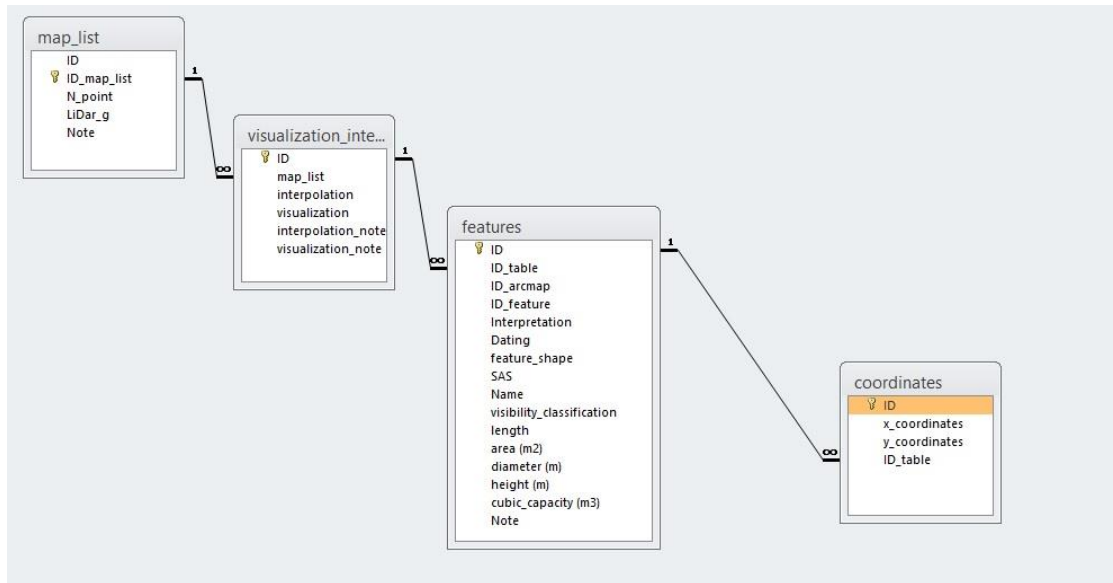
Graf 9 Výška a průměr mohyl ve vztahu k nadmořské výšce



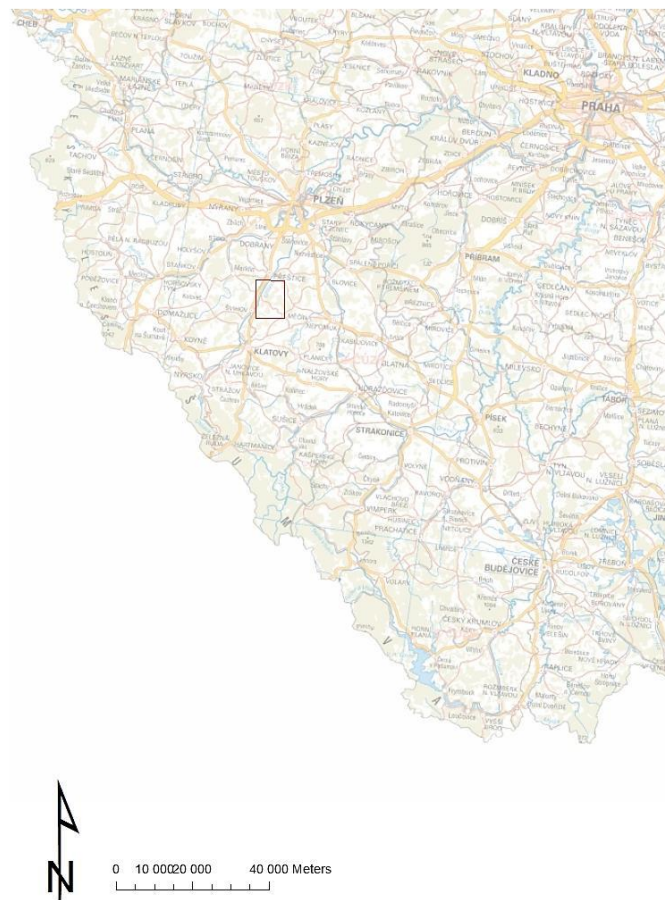
Graf 10 Objem mohyl na zkoumaných lokalitách na jižním Přestisku



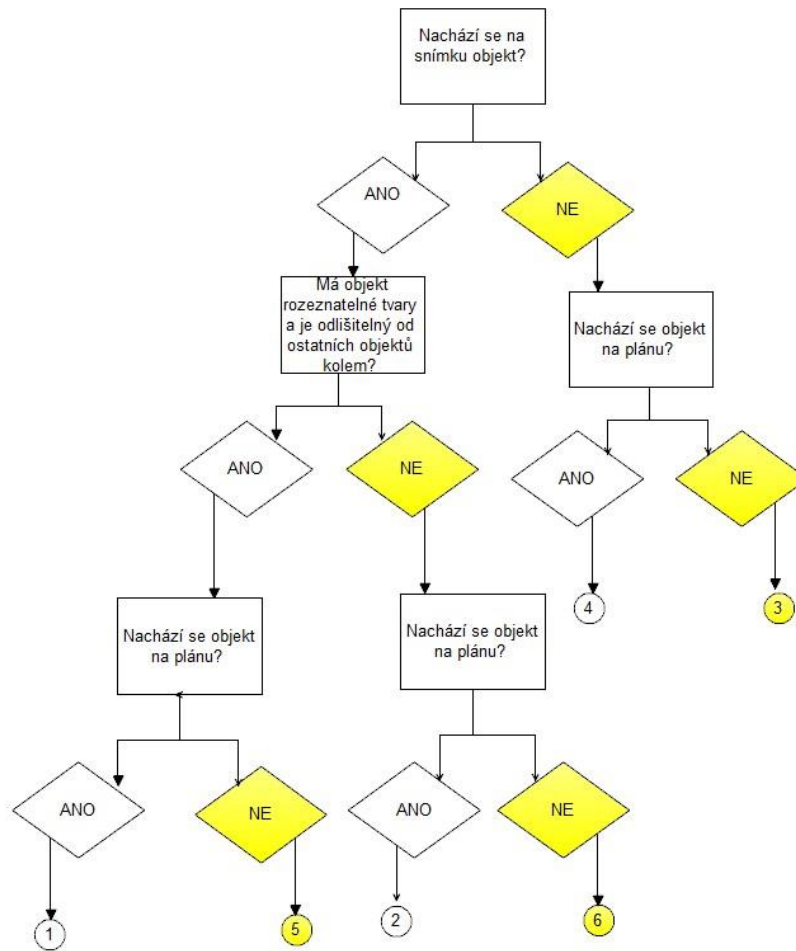
Obr. 1 Relace databáze 1:n



Obr. 2 Zájmové území – mikroregion jižní Přešticko



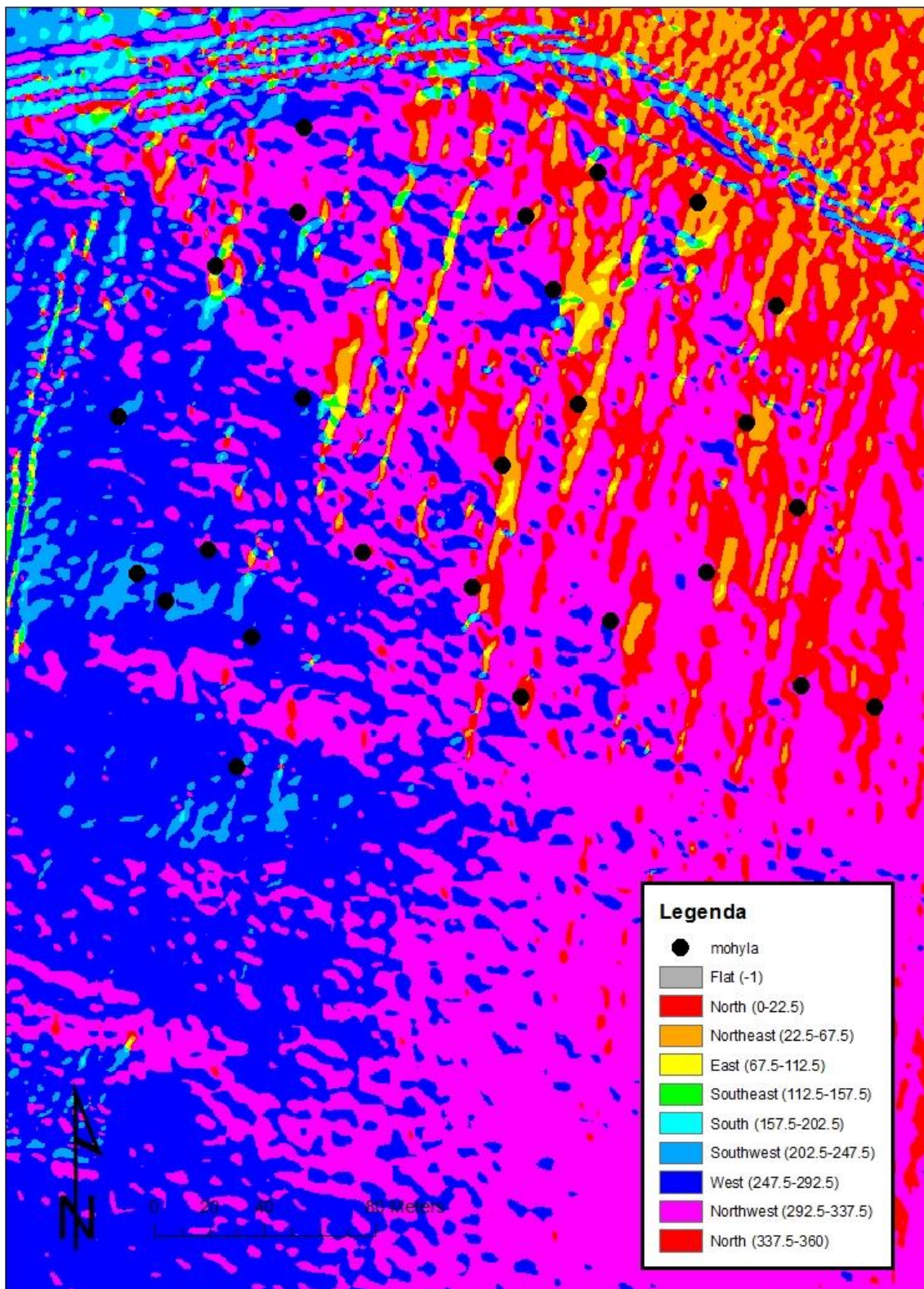
Obr. 3 Diagram pro klasifikaci viditelnosti objektů



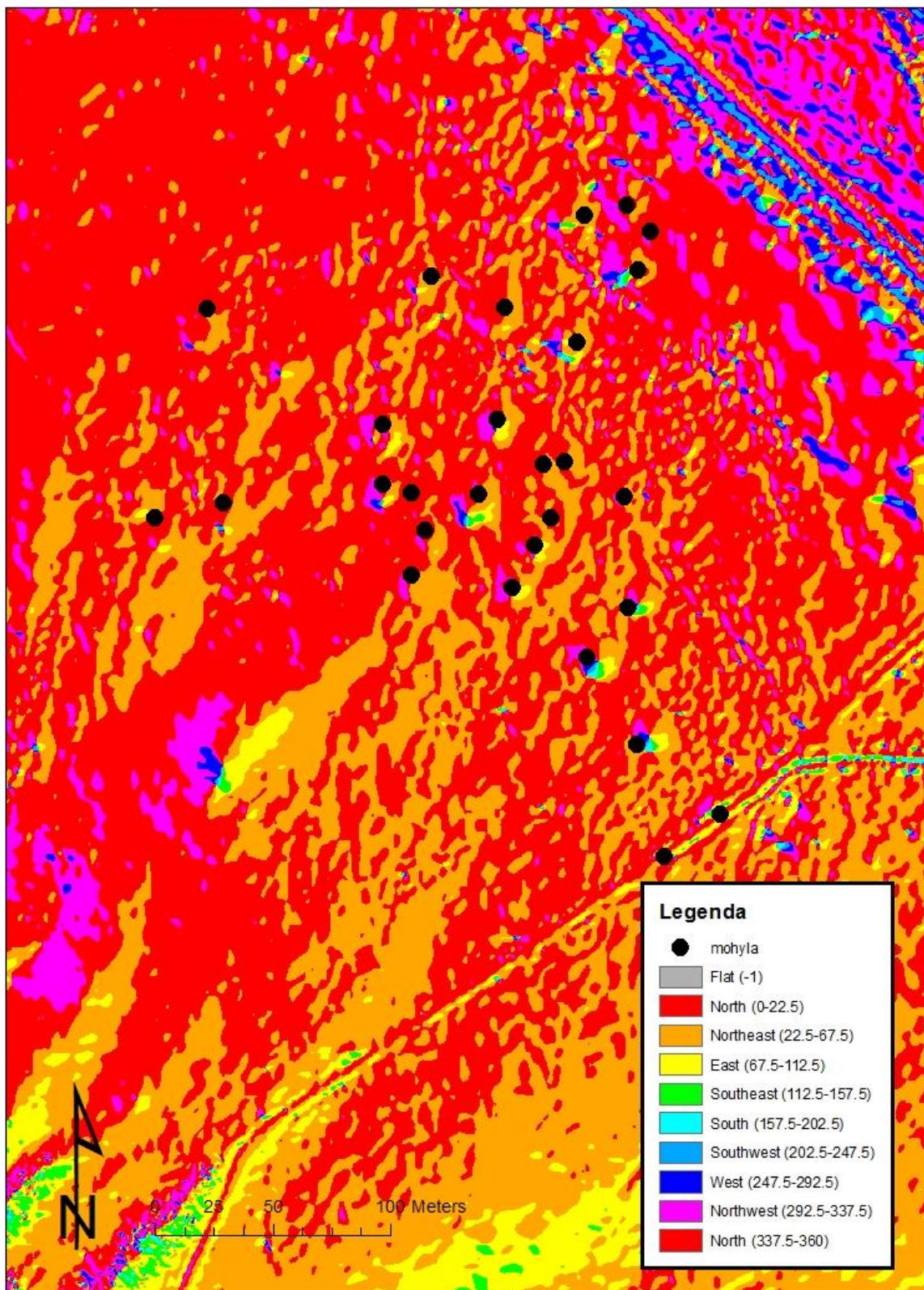
Obr. 4 Nález střepů – Radkovice-Kučiny



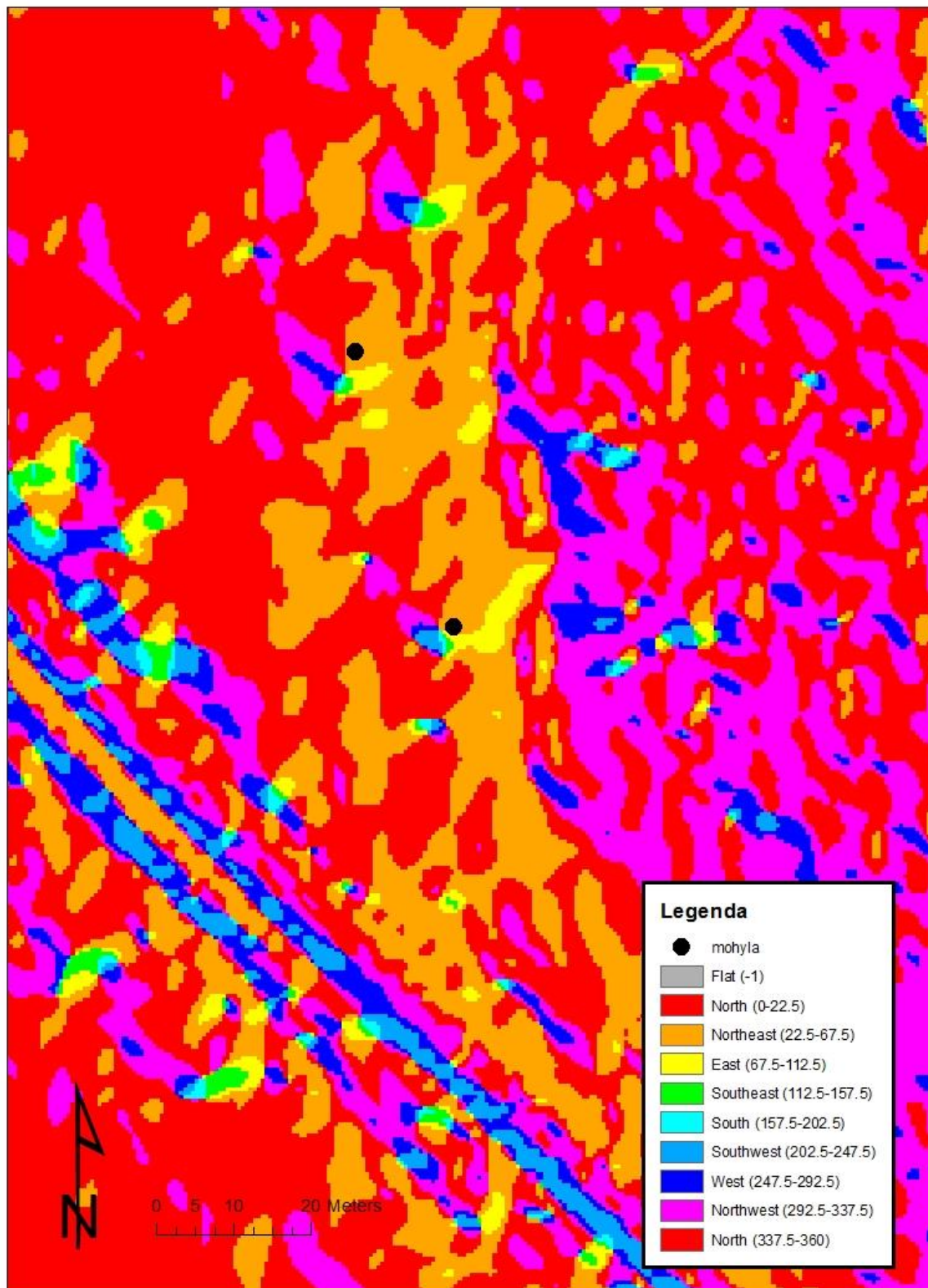
Obr. 5 Pohřebiště Zelené – orientace svahu



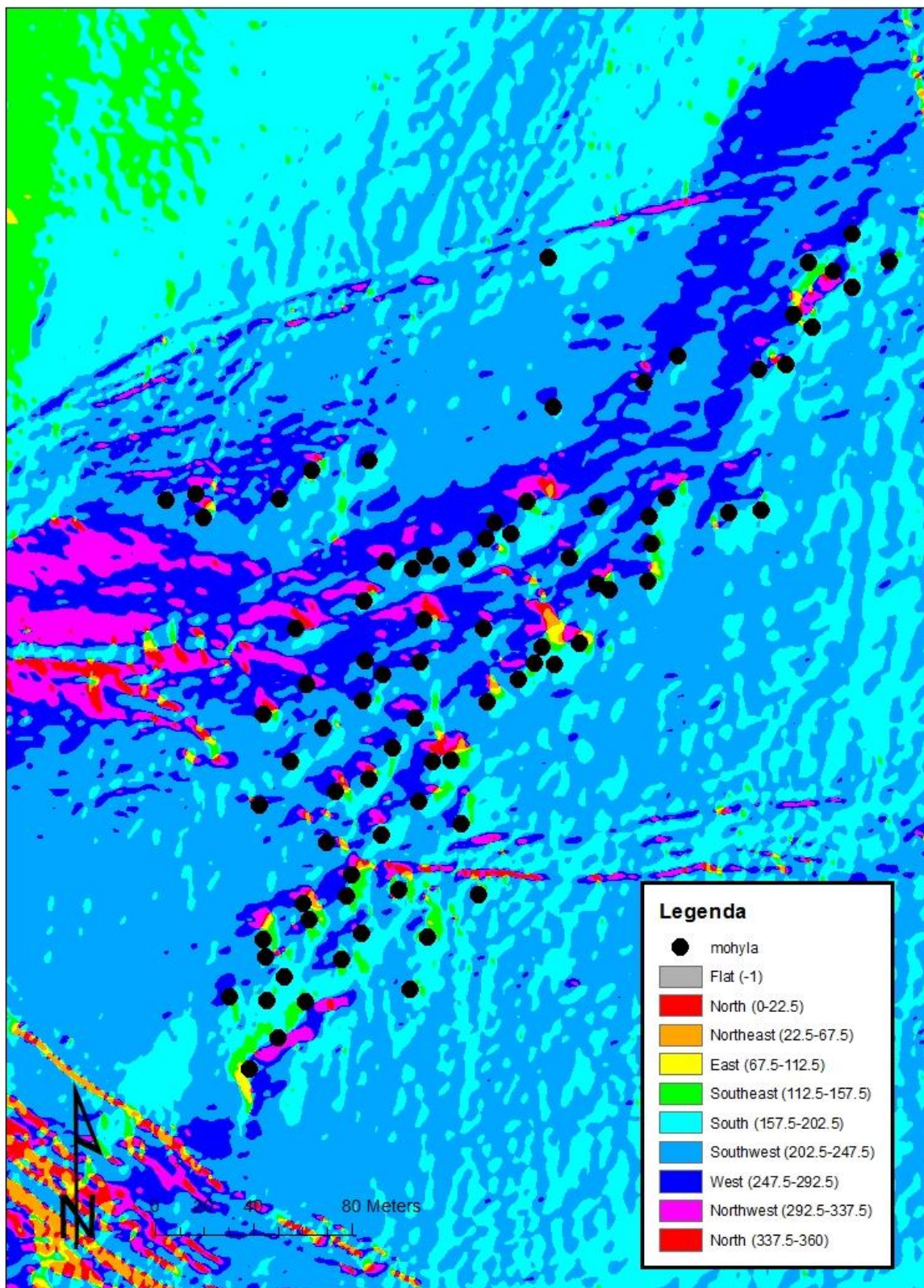
Obr. 6 Pohřebiště U Hájovny-Loupensko – orientace svahu



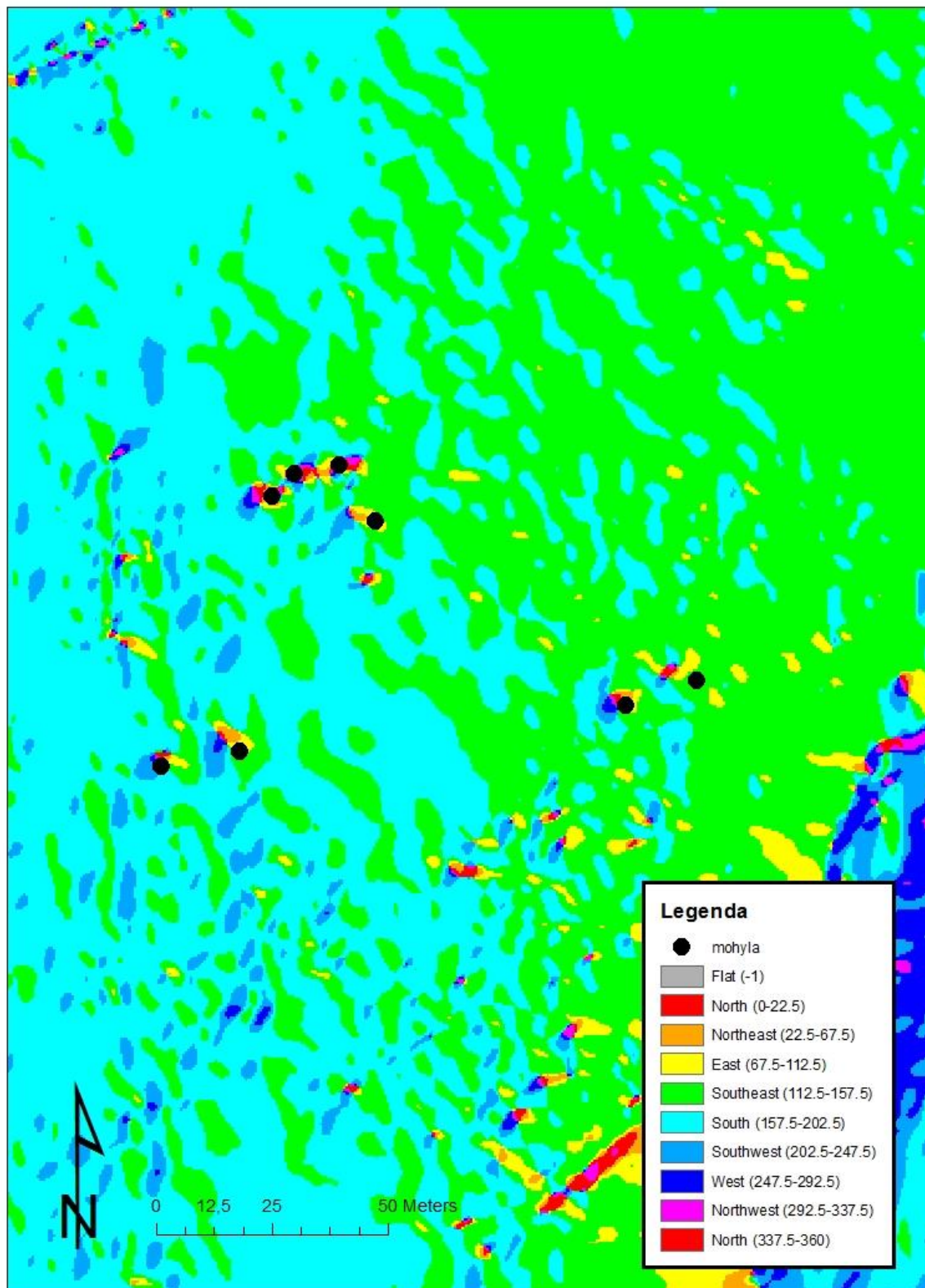
Obr. 7 Pohřebiště Zelené 2 – orientace



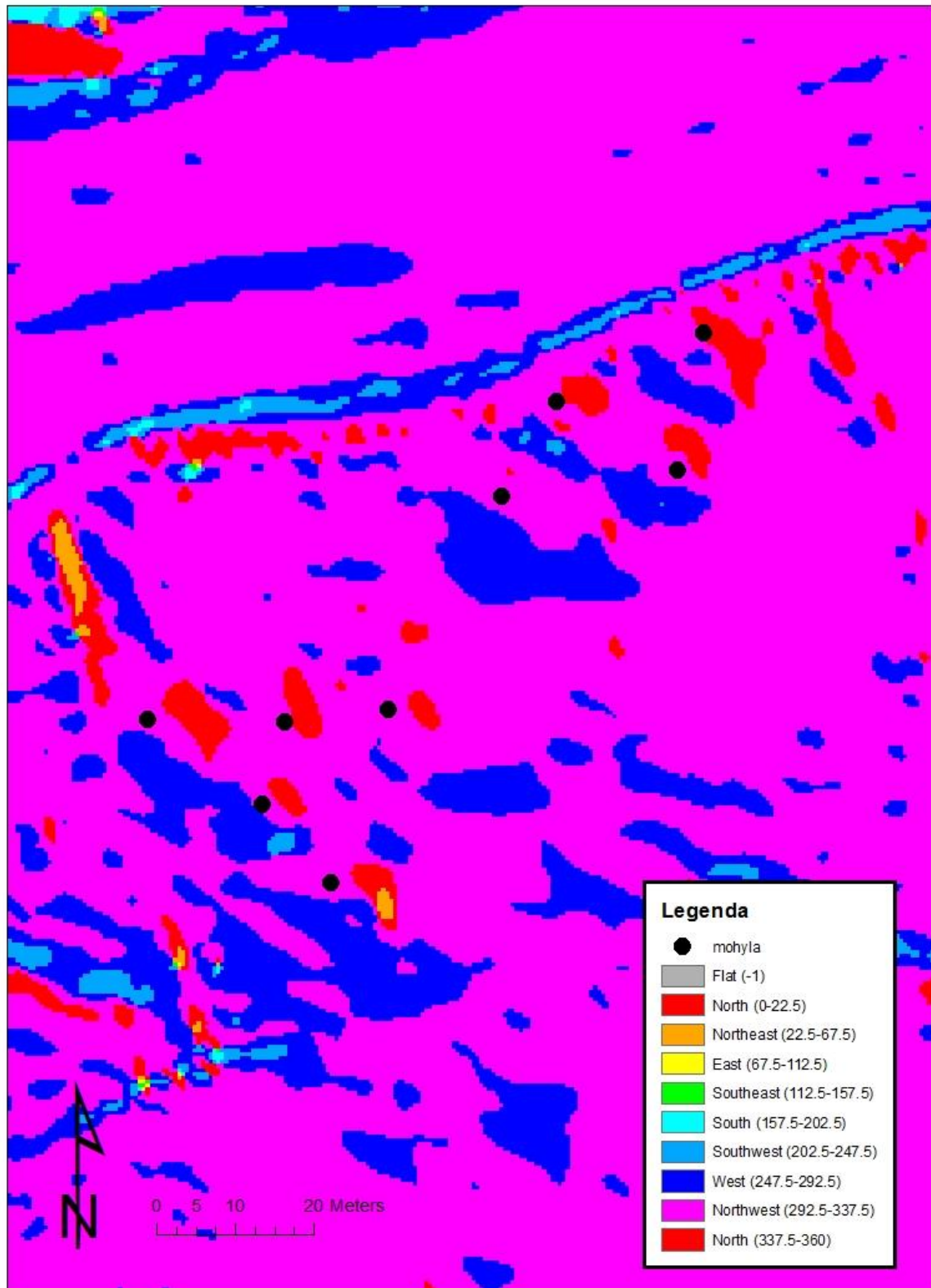
Obr. 8 Pohřebiště Velký les-Křížkovice – orientace svahu



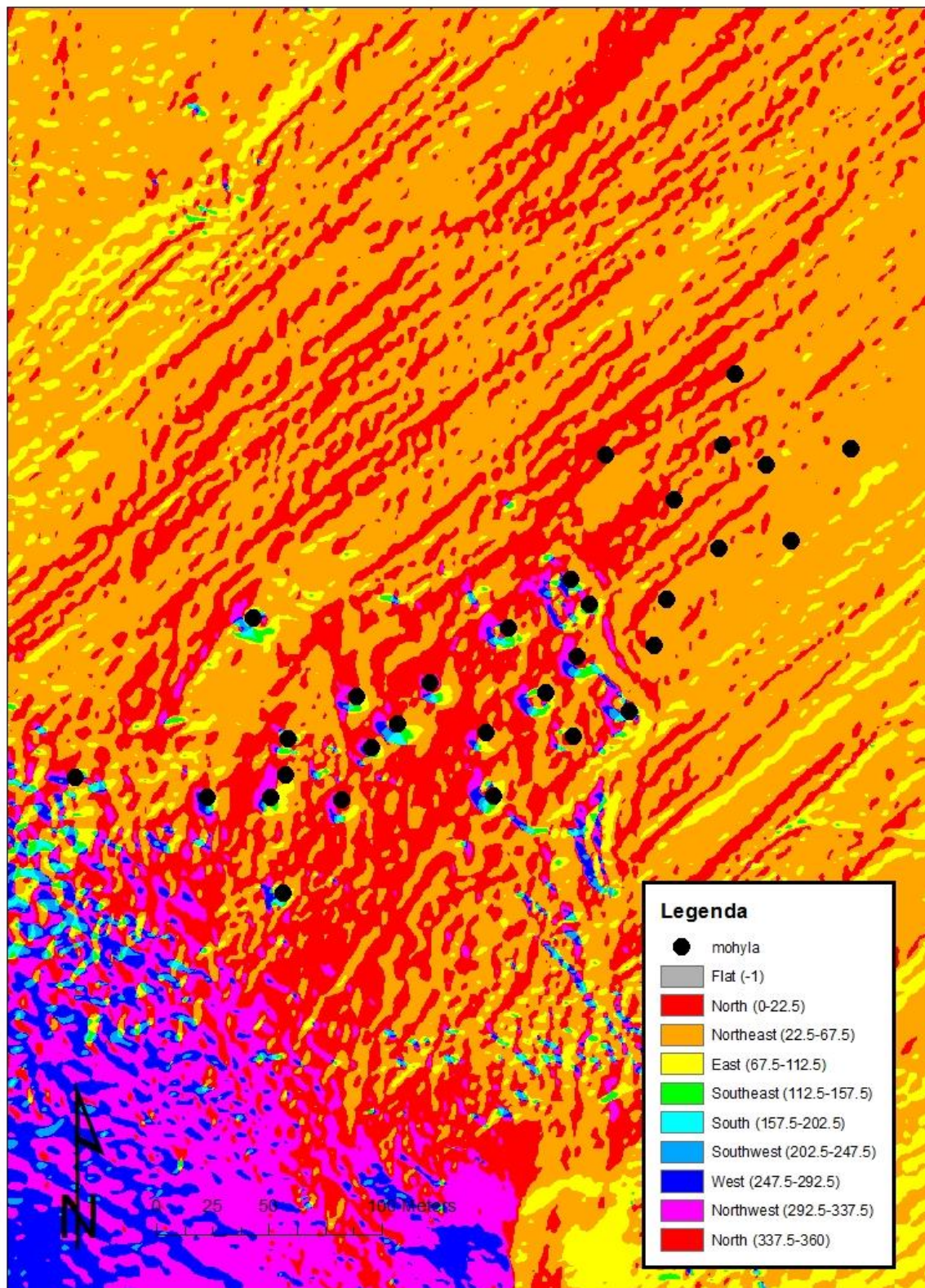
Obr. 9 Pohřebiště Jižní část „Velkého lesa“ – orientace svahu



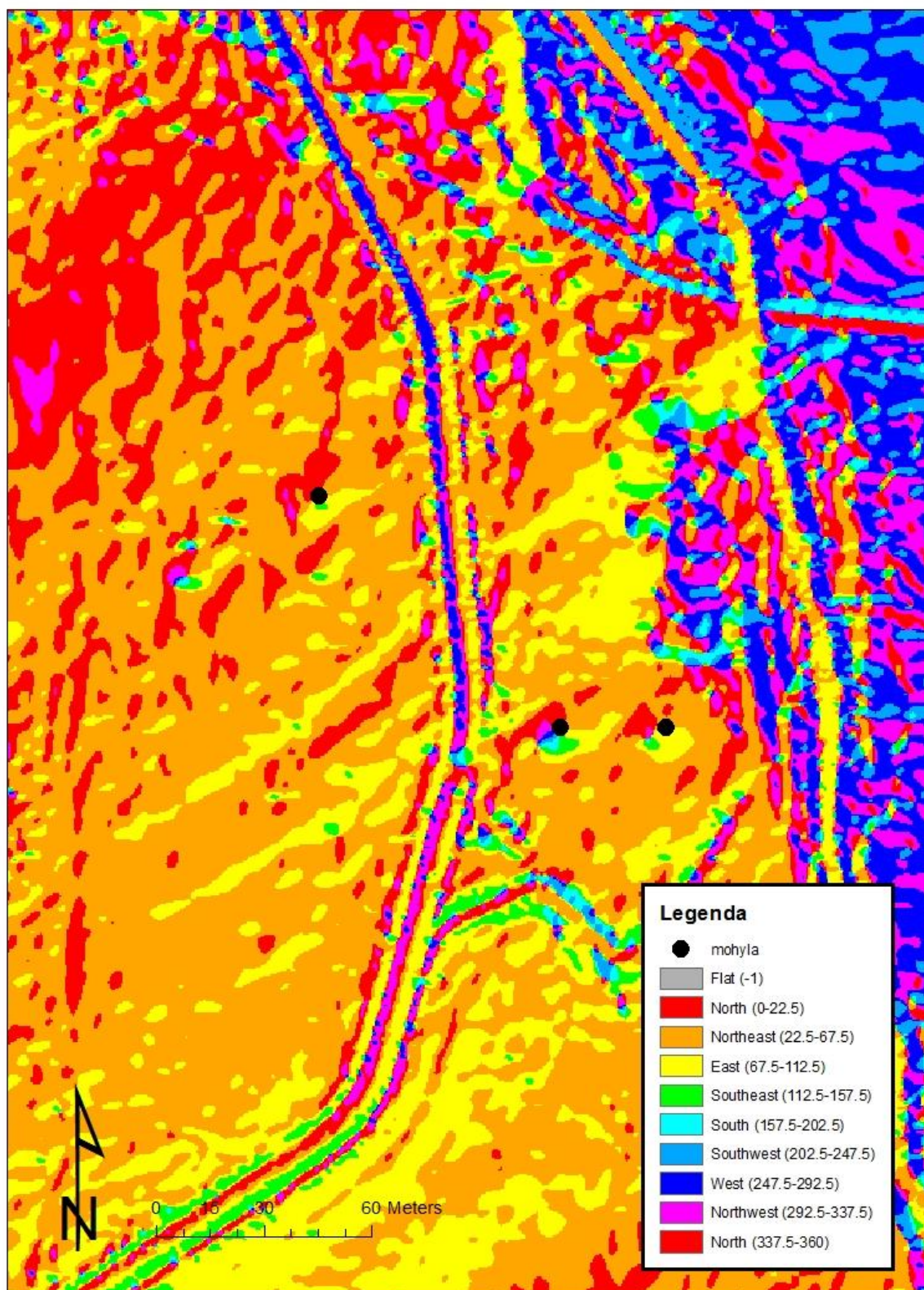
Obr. 10 Pohřebiště Vlčí – orientace svahu



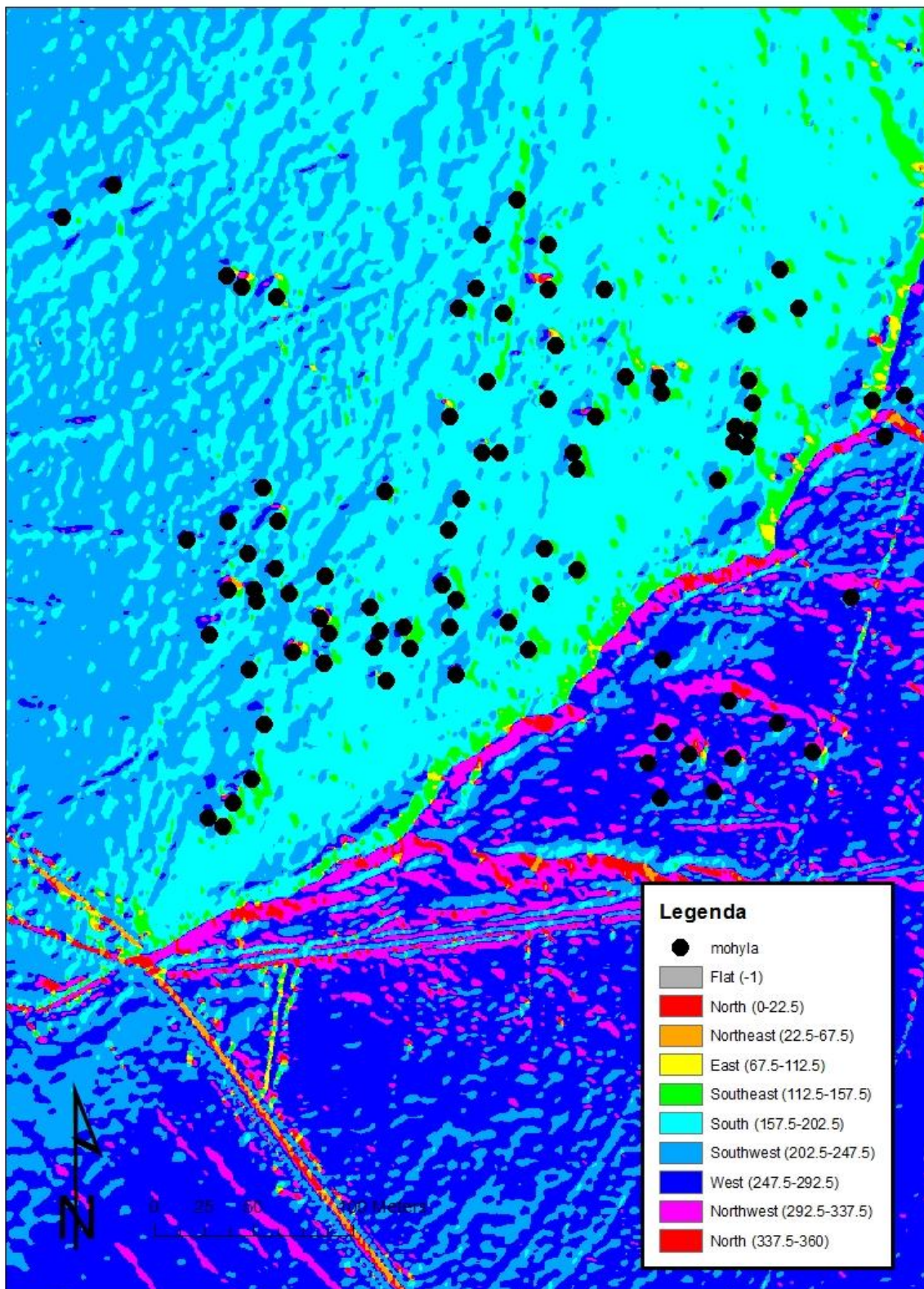
Obr. 11 Pohřebiště Kbel u Přeštic 2 – orientace svah



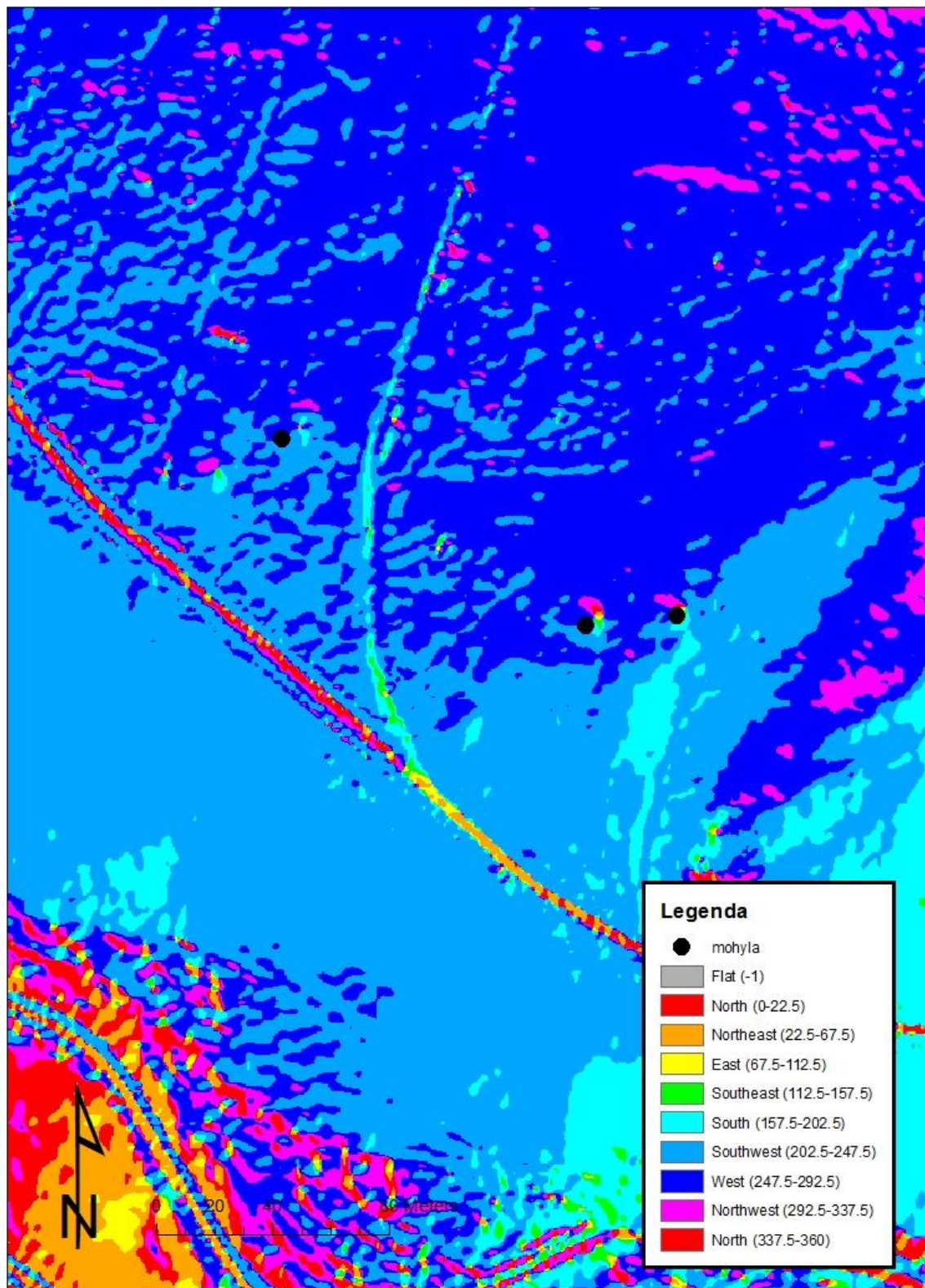
Obr. 12 Pohřebiště Kbel u Přeštic – orientace svahu



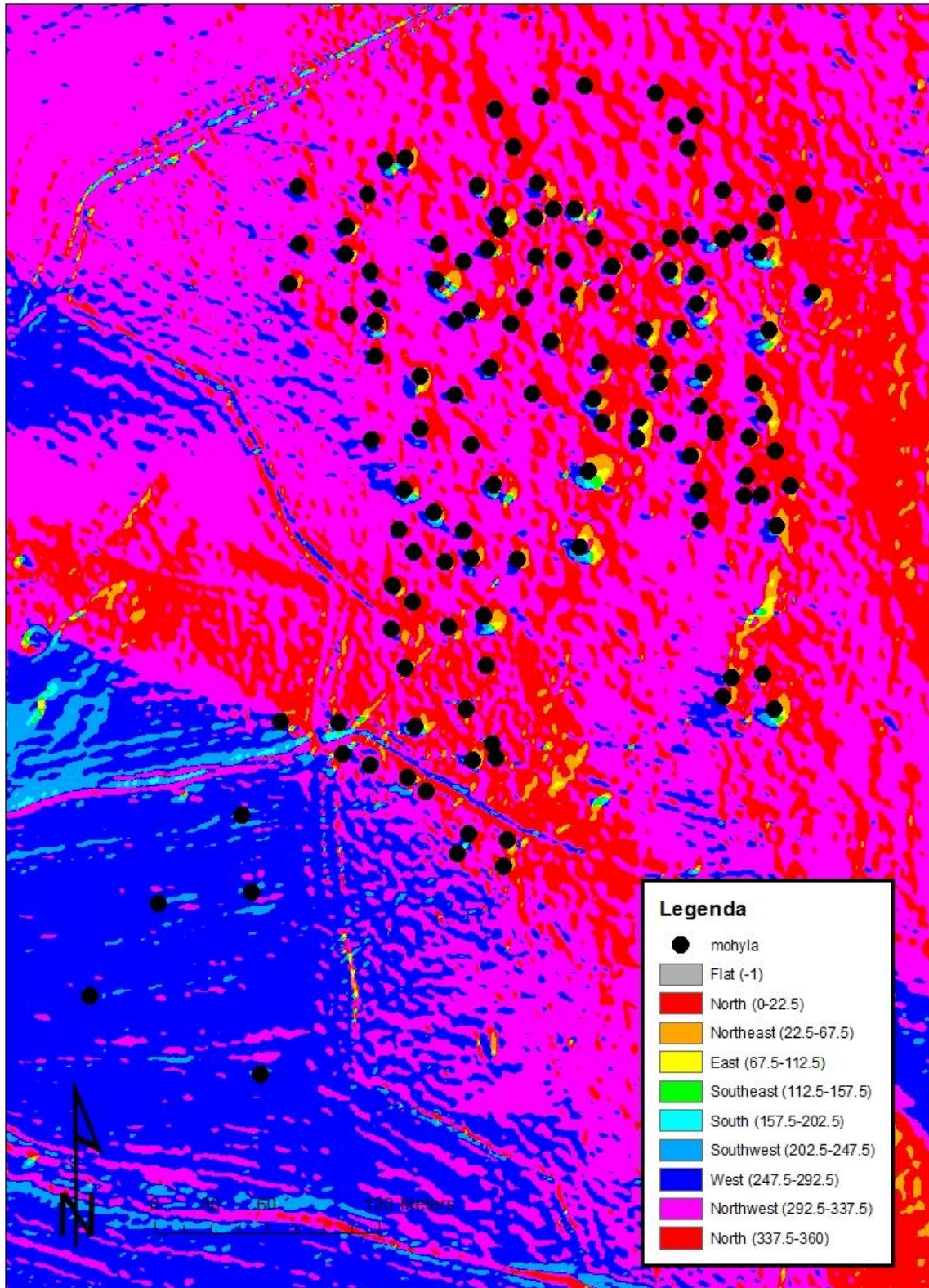
Obr. 13 Pohřebiště Rudický les – orientace svahu



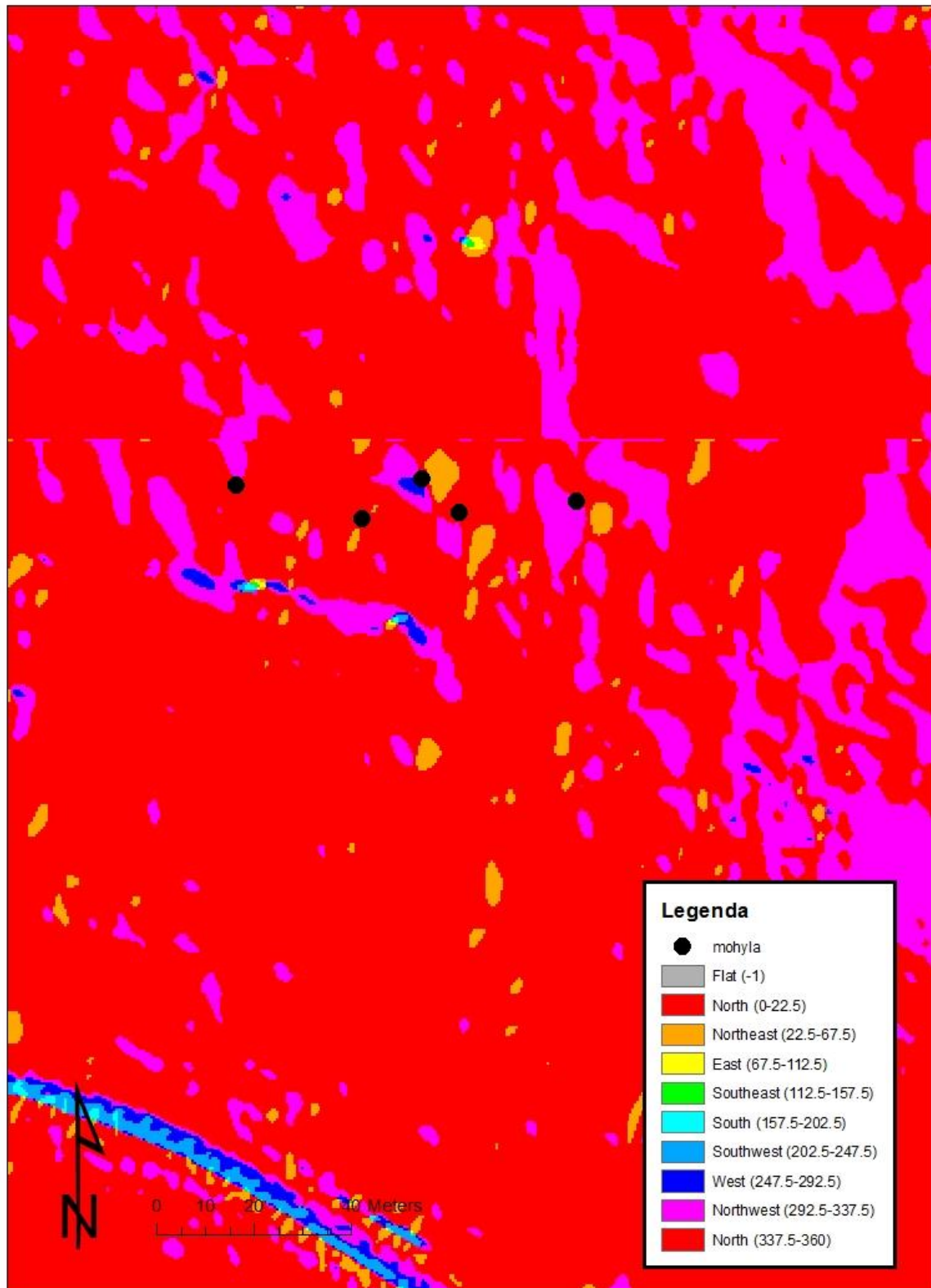
Obr. 14 Pohřebiště Třebýcinská planá hora – orientace svahu



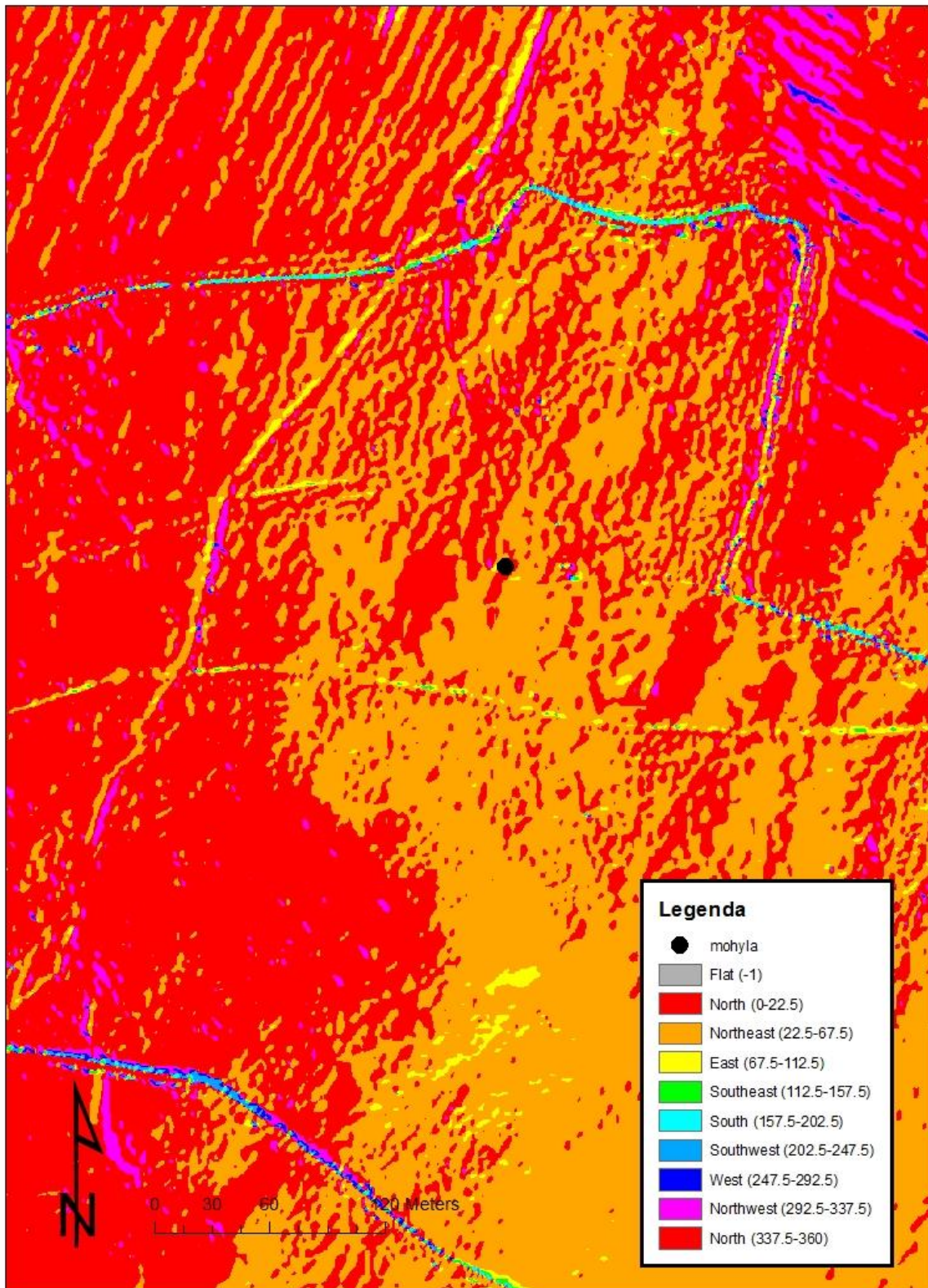
Obr. 15 Pohřebiště Teplý les-Blahovka - orientace svahu



Obr. 16 Pohřebiště Stropečko – orientace svahu



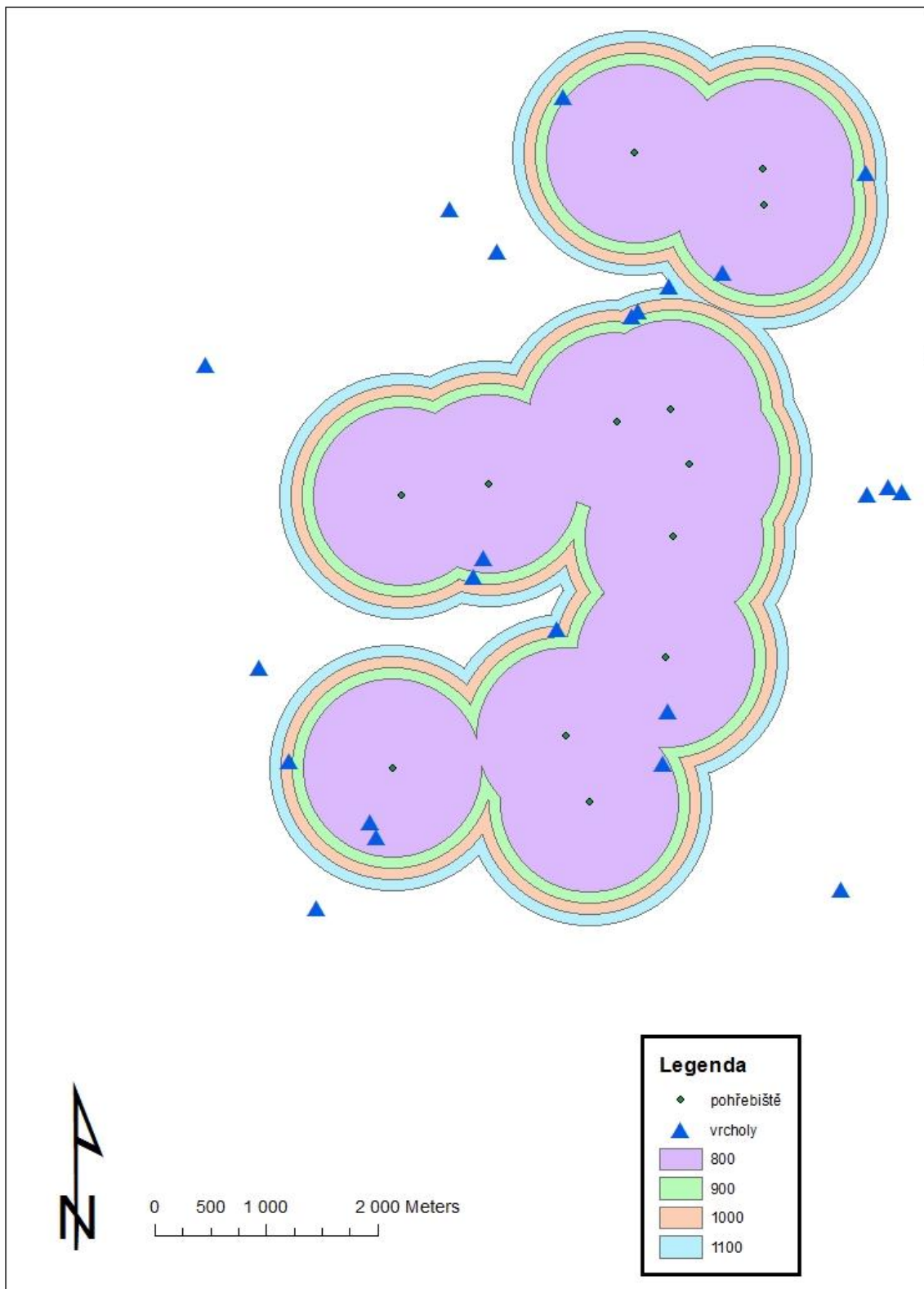
Obr. 17 Mohyla Les Kopanina – orientace svahu



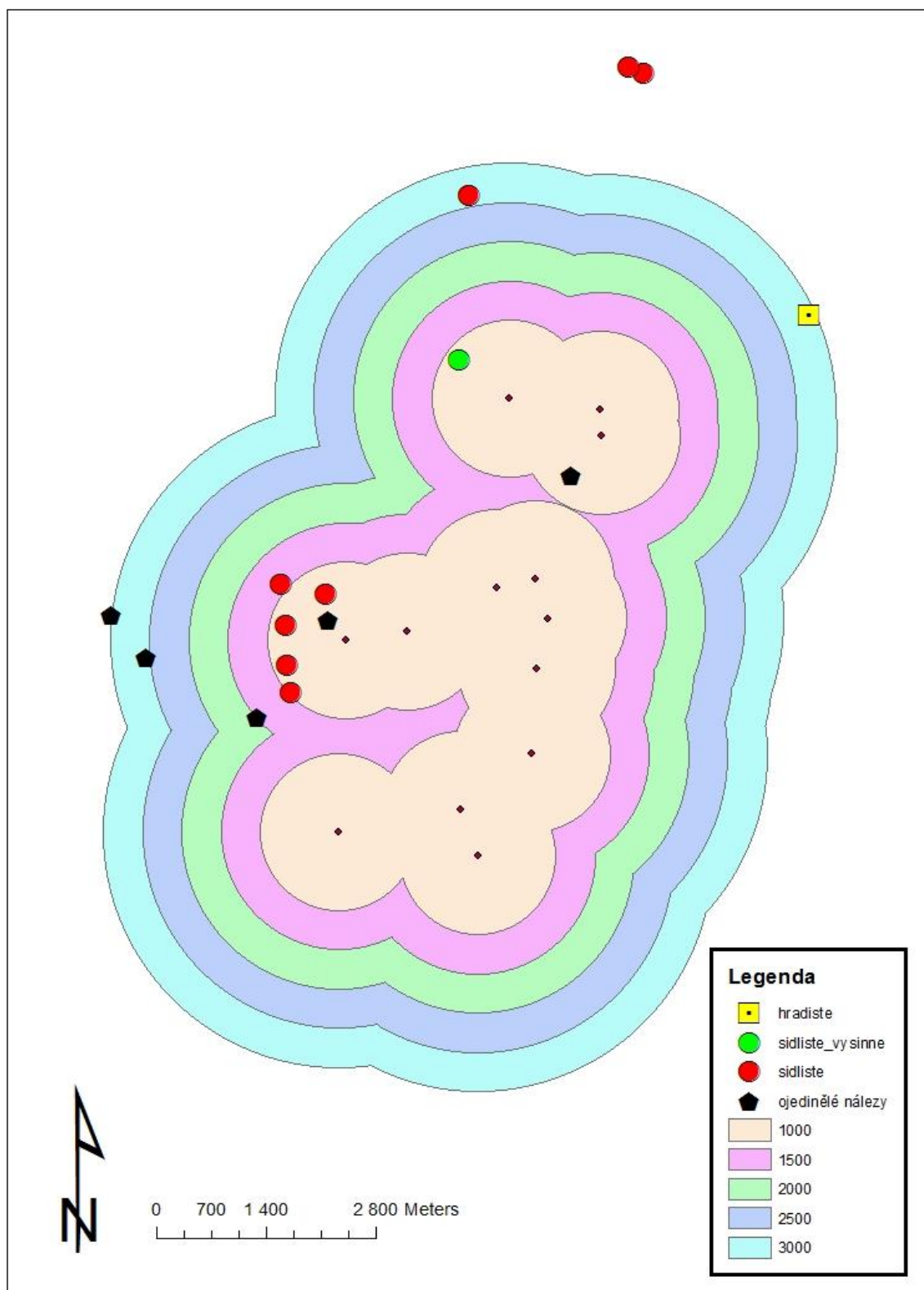
Obr. 18 Vzdálenost pohřebišť od vodních toků (v m)



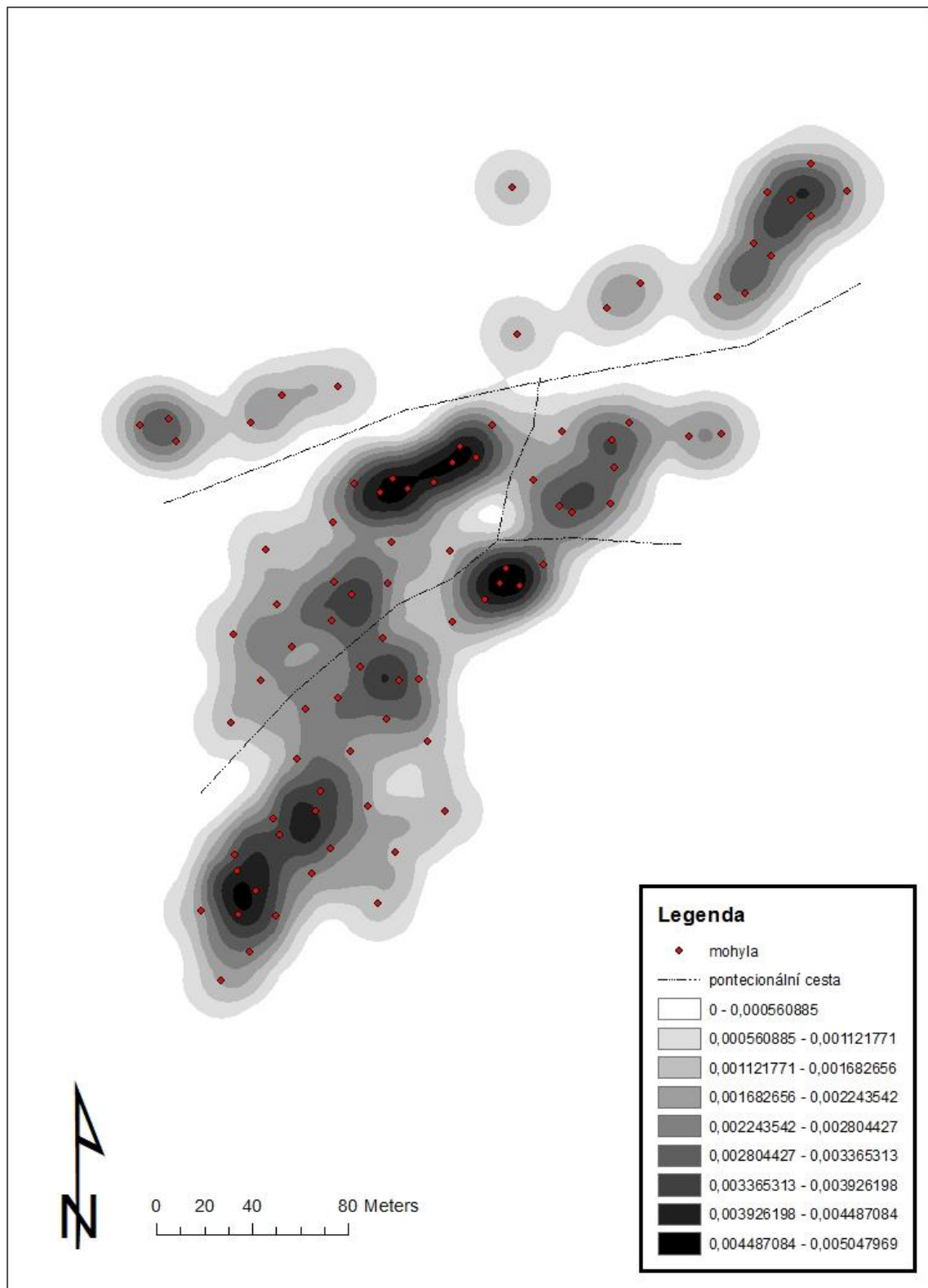
Obr. 19 Vzdálenost pohřebišť od vrcholů (v m)



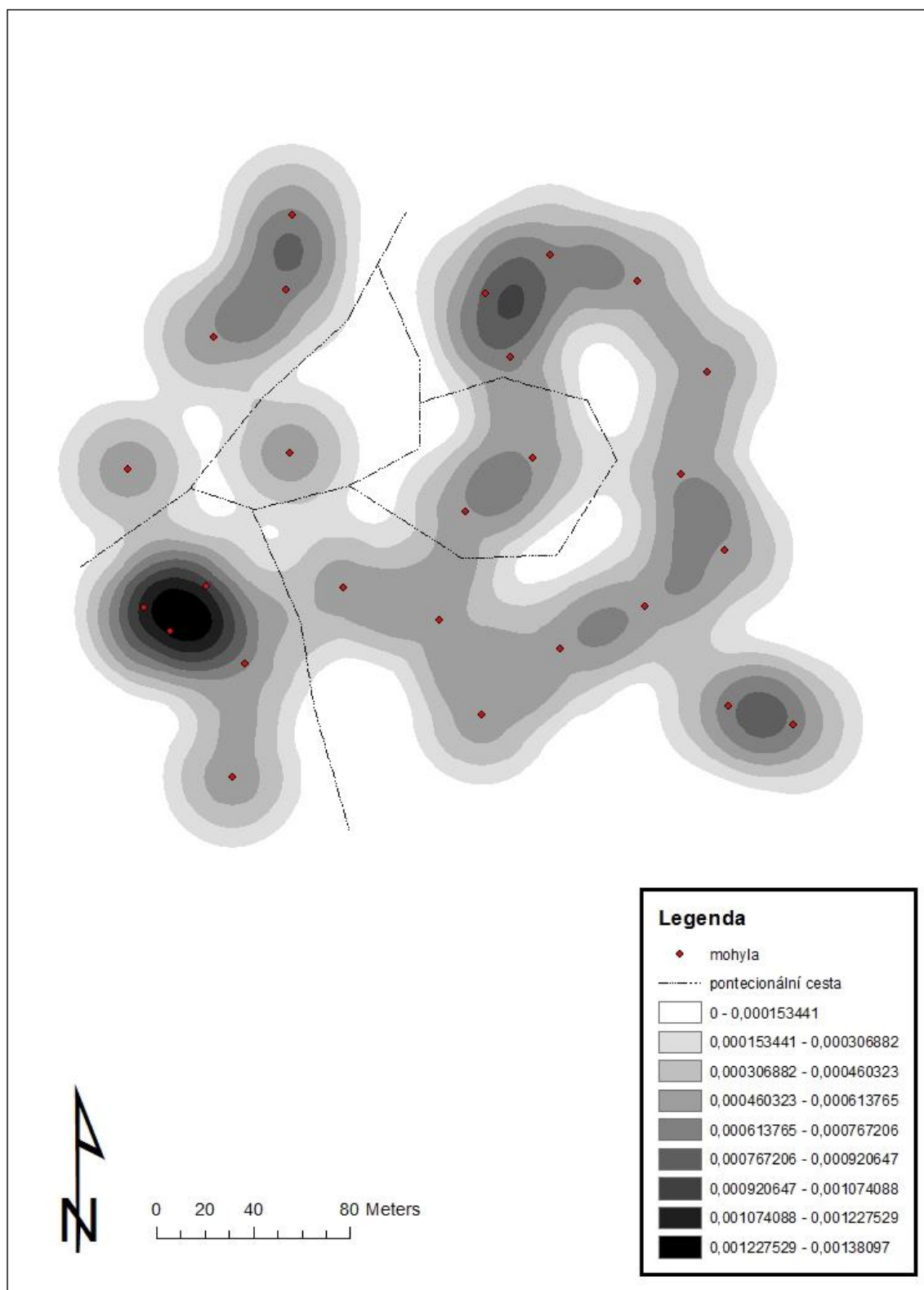
Obr. 20 Vzdálenost pohřebišť od sídelních areálů (v m)



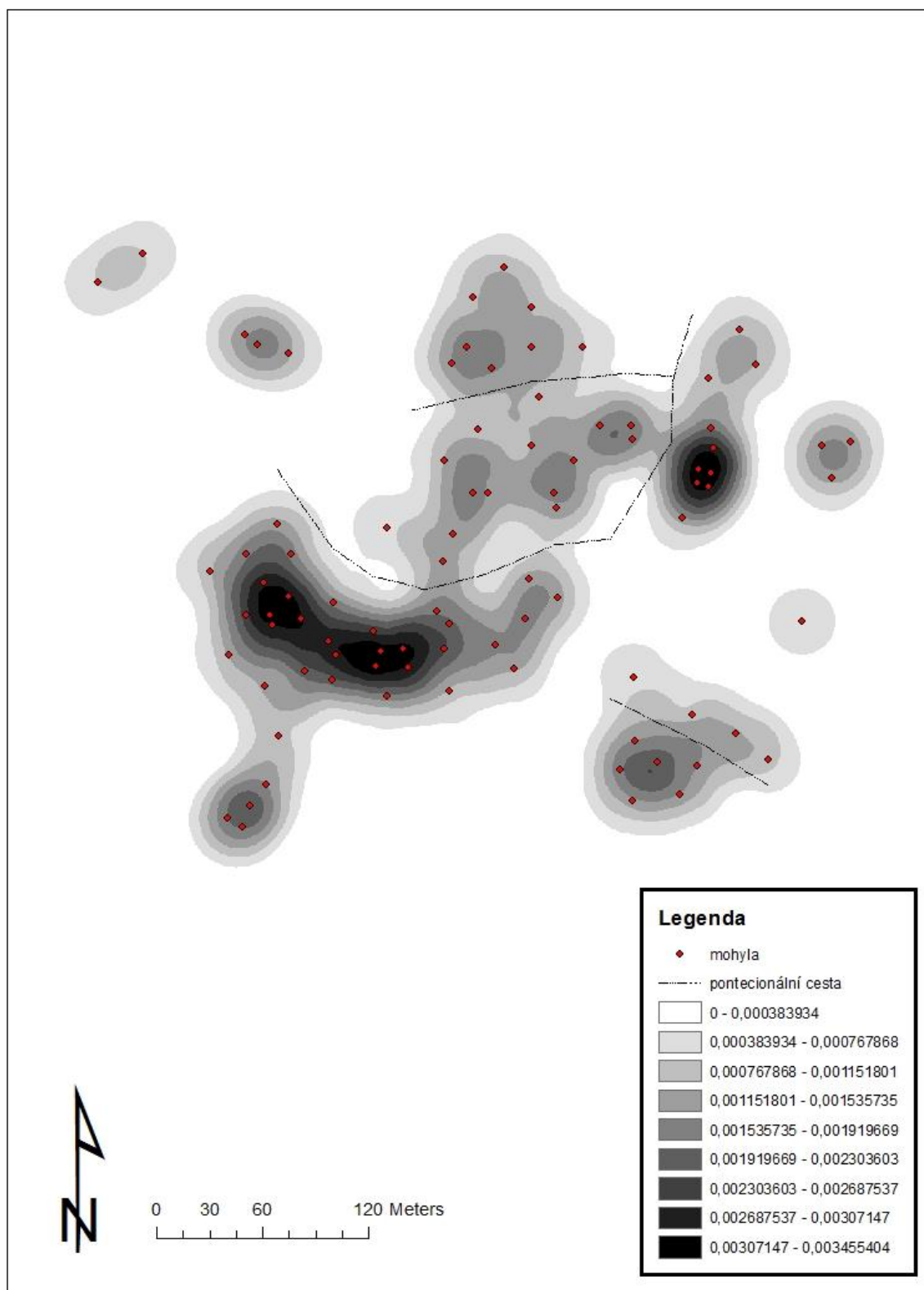
Obr. 21 Pohřebiště Velký les-Křížkovice – shluky mohyl



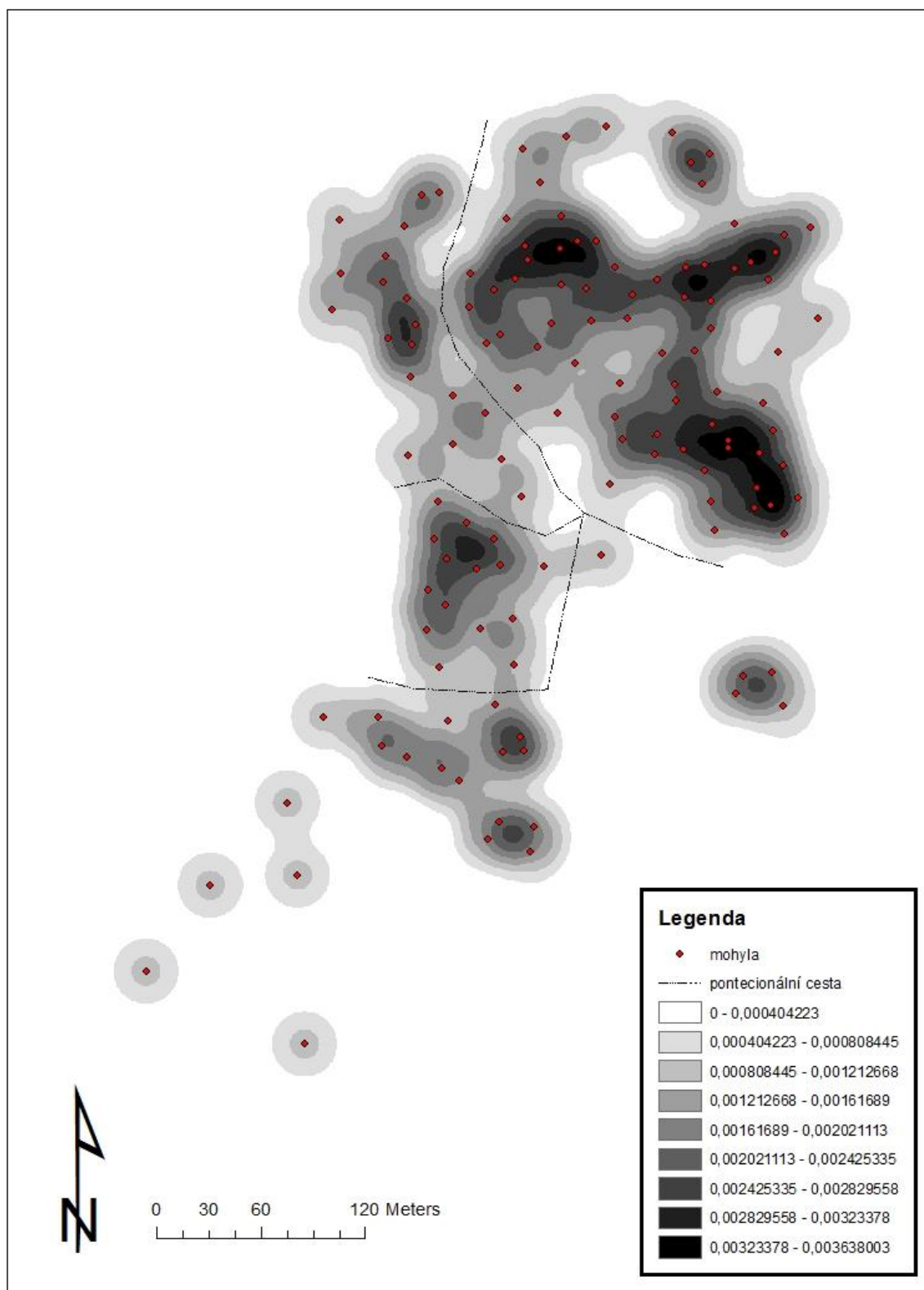
Obr. 22 Pohřebiště Zelené – shluky mohyl



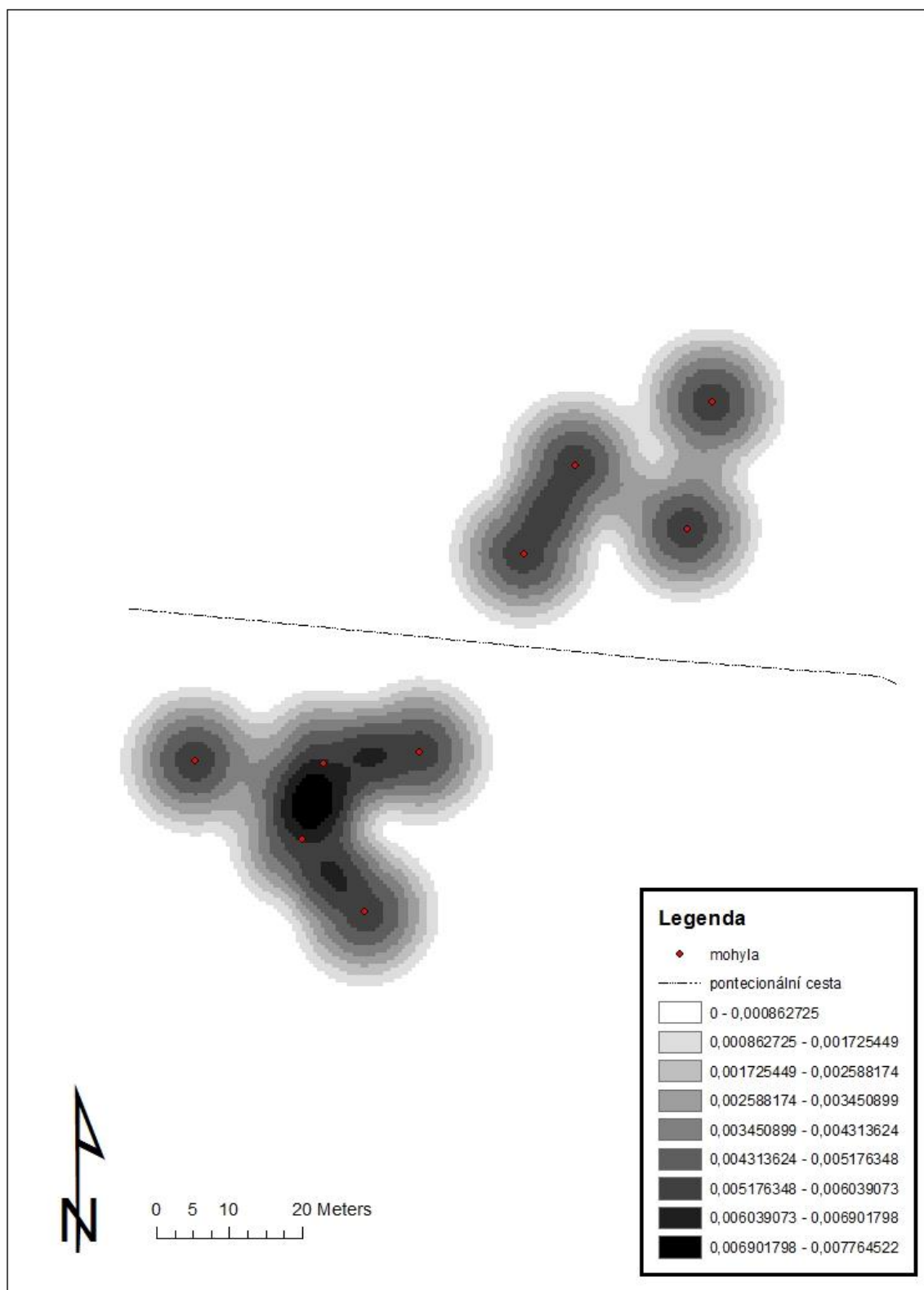
Obr. 23 Pohřebiště Rudický les – shluky mohyl



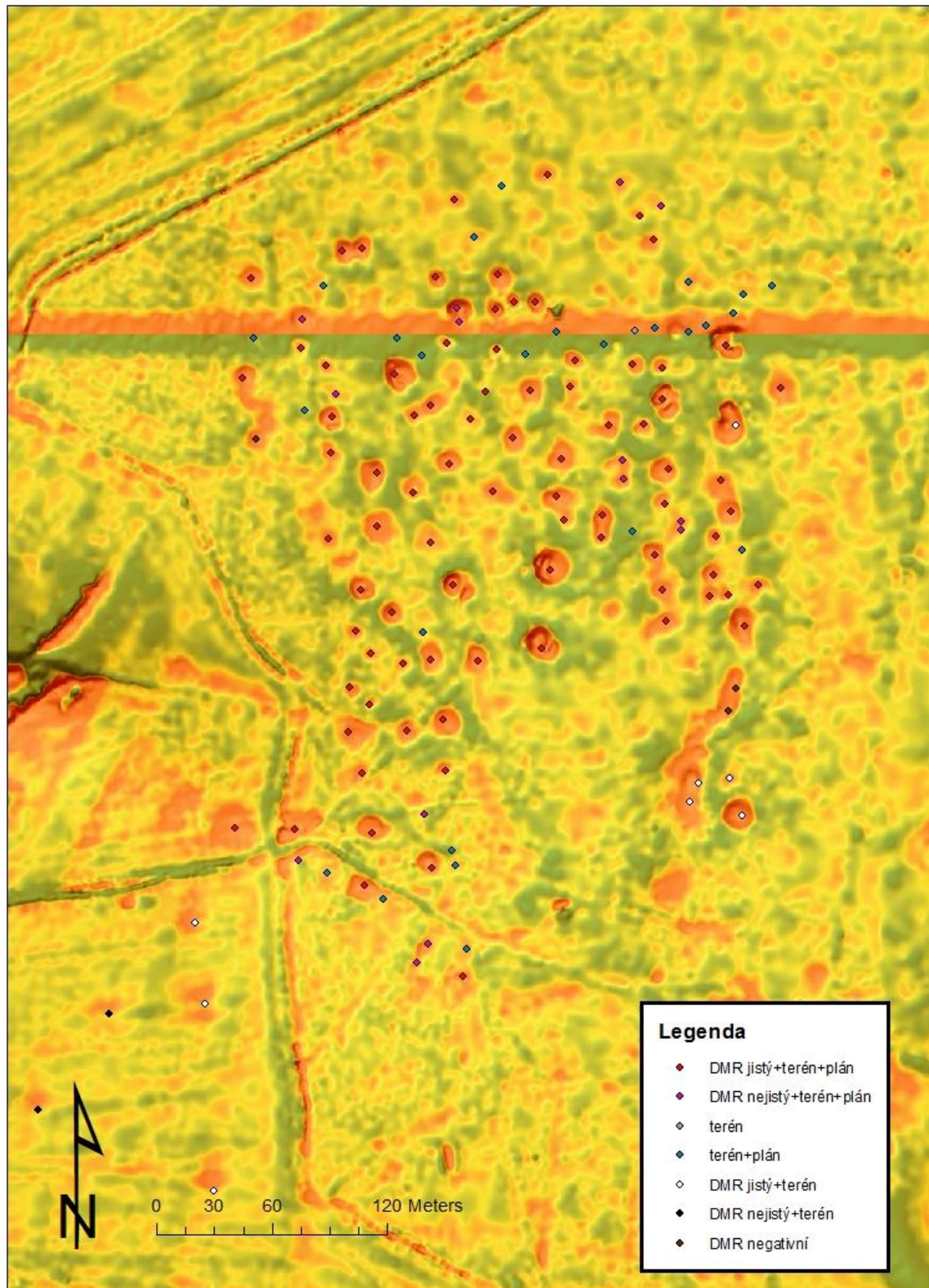
Obr. 24 Pohřebiště Teplý les-Blahovka – shluky mohyl



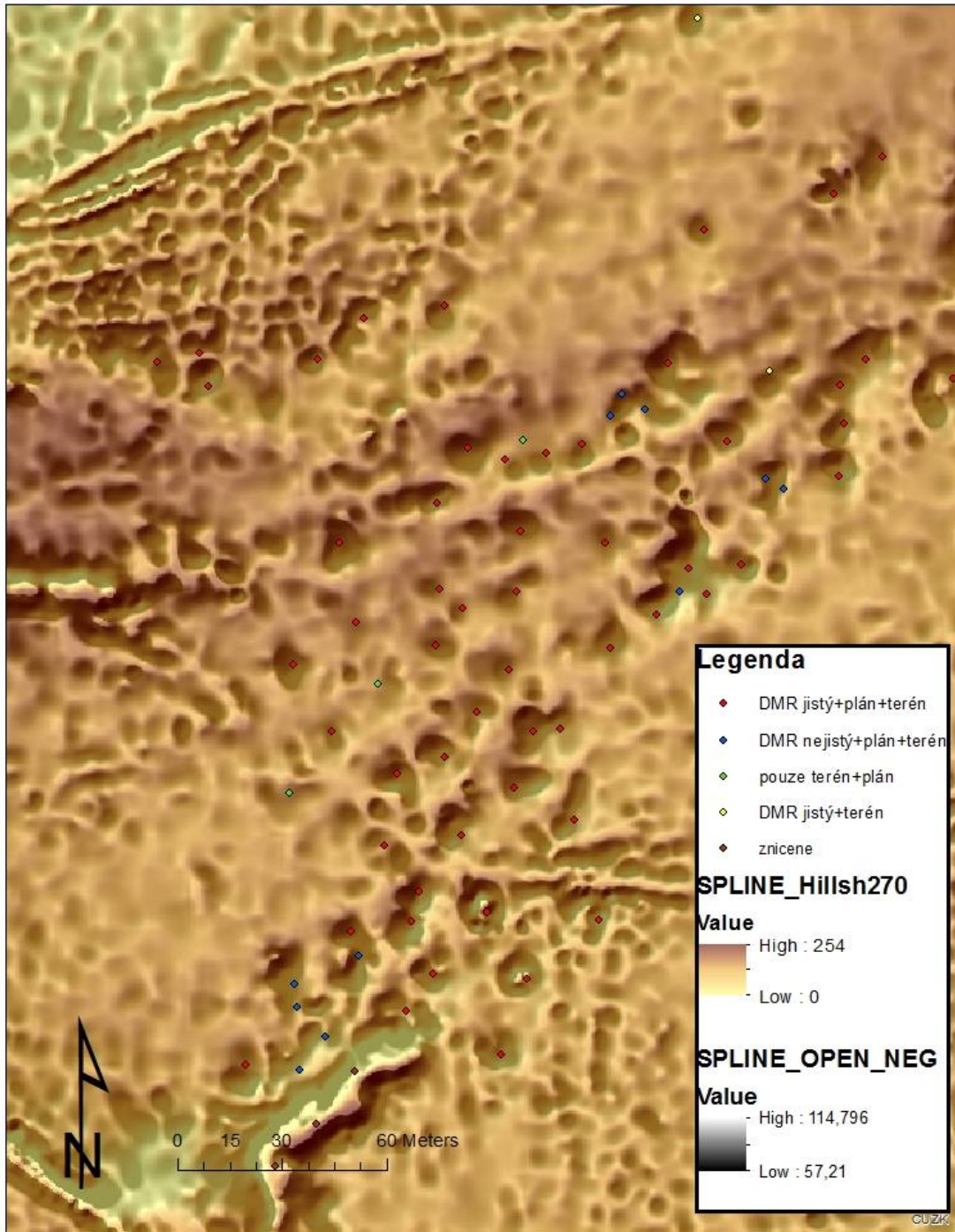
Obr. 25 Pohřebiště Vlčí – shluky mohyl



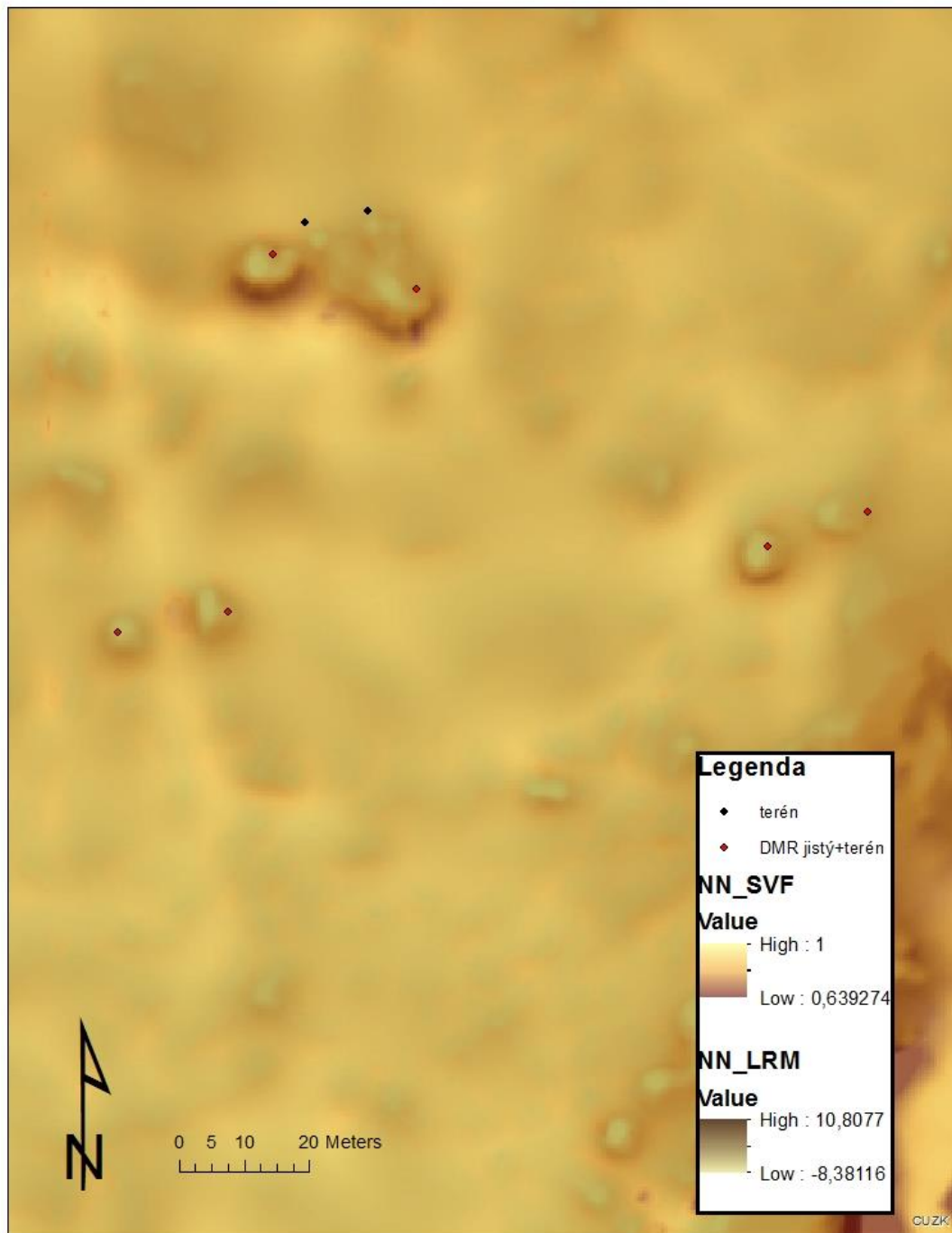
Obr. 26 Pohřebiště Teplý les-Blahovka (kombinace LRM a Slope)



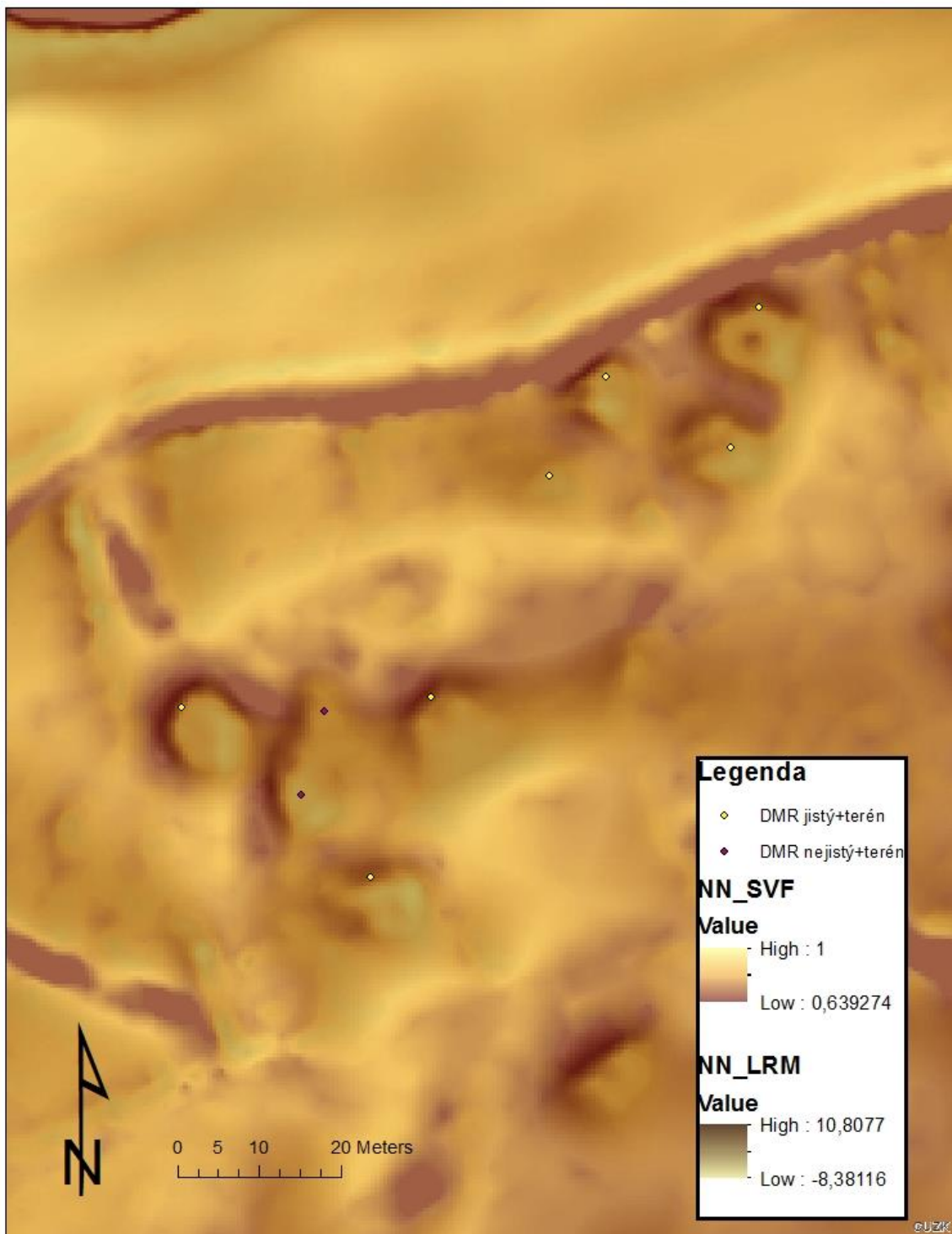
Obr. 27 Pohřebiště Velký les-Křížkovice (kombinace Negative Openness a Hillshade_270)



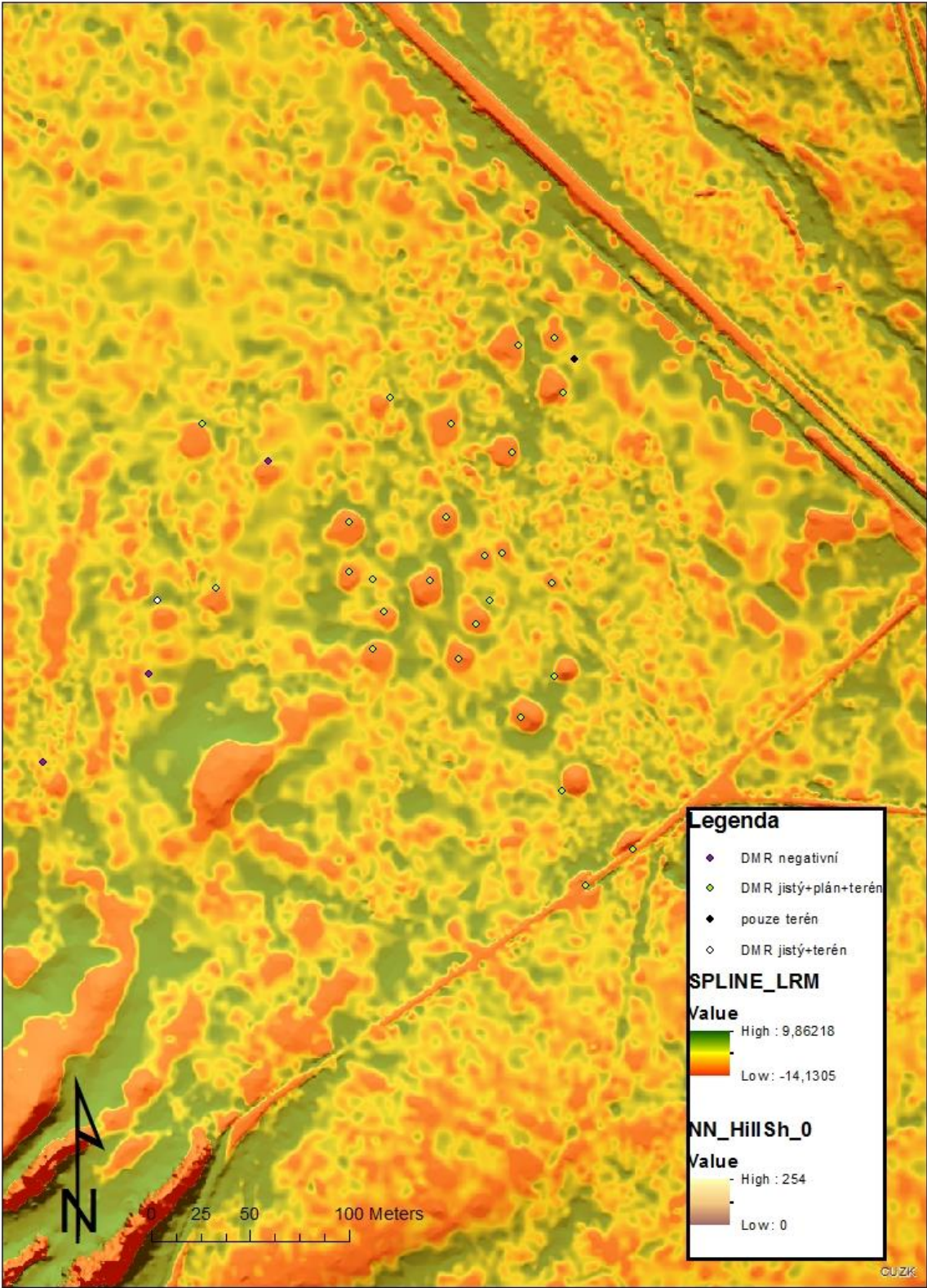
Obr. 28 Pohřebiště Jižní část „Velkého lesa“ (kombinace LRM a Sky-view factor)



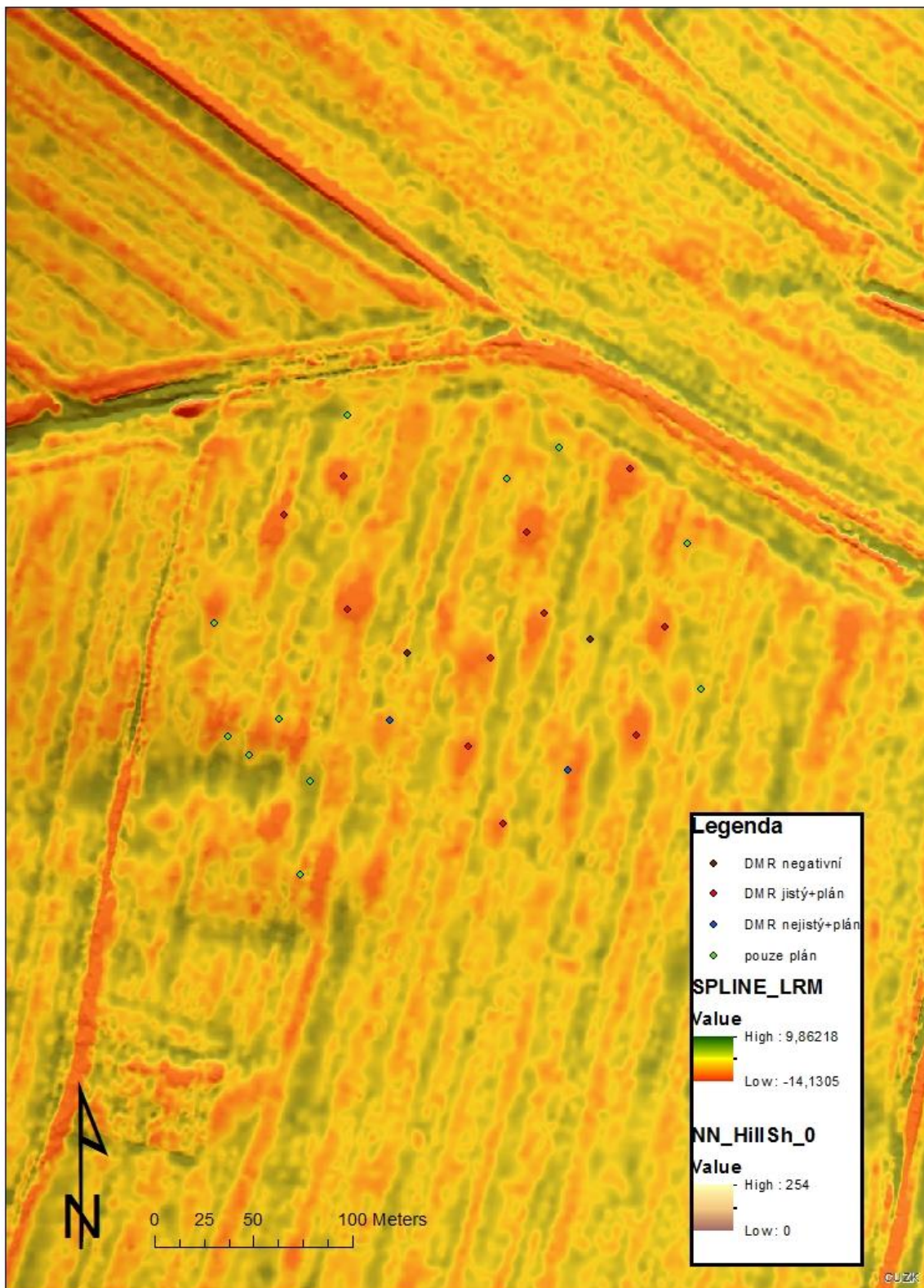
Obr. 29 Pohřebiště Vlčí (kombinace LRM a Sky-view factor)



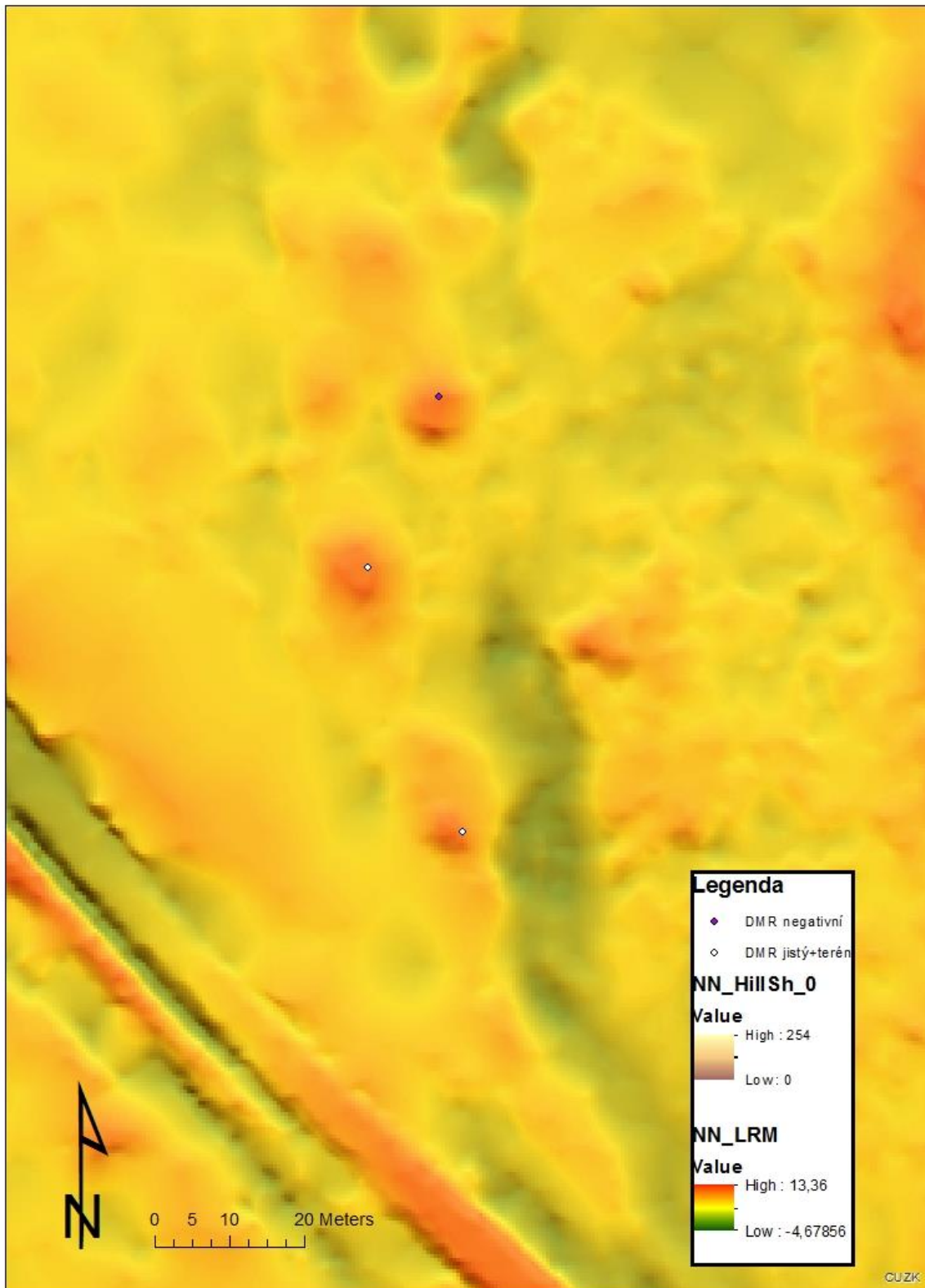
Obr. 30 Pohřebiště U Hájovny-Loupensko (kombinace LRM a Hillshade_0)



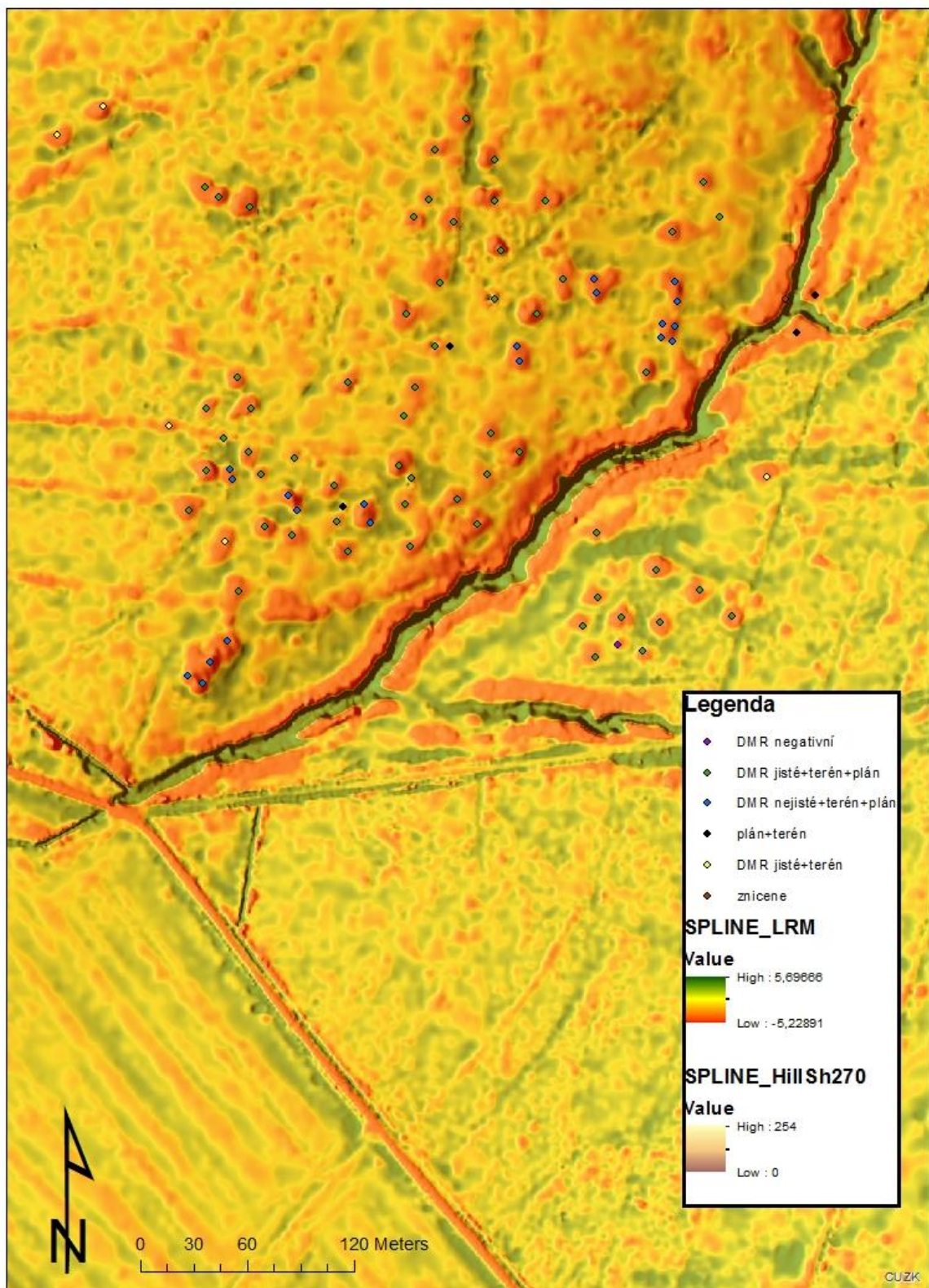
Obr. 31 Pohřebiště Zelené (kombinace LRM a Hillshade_0)



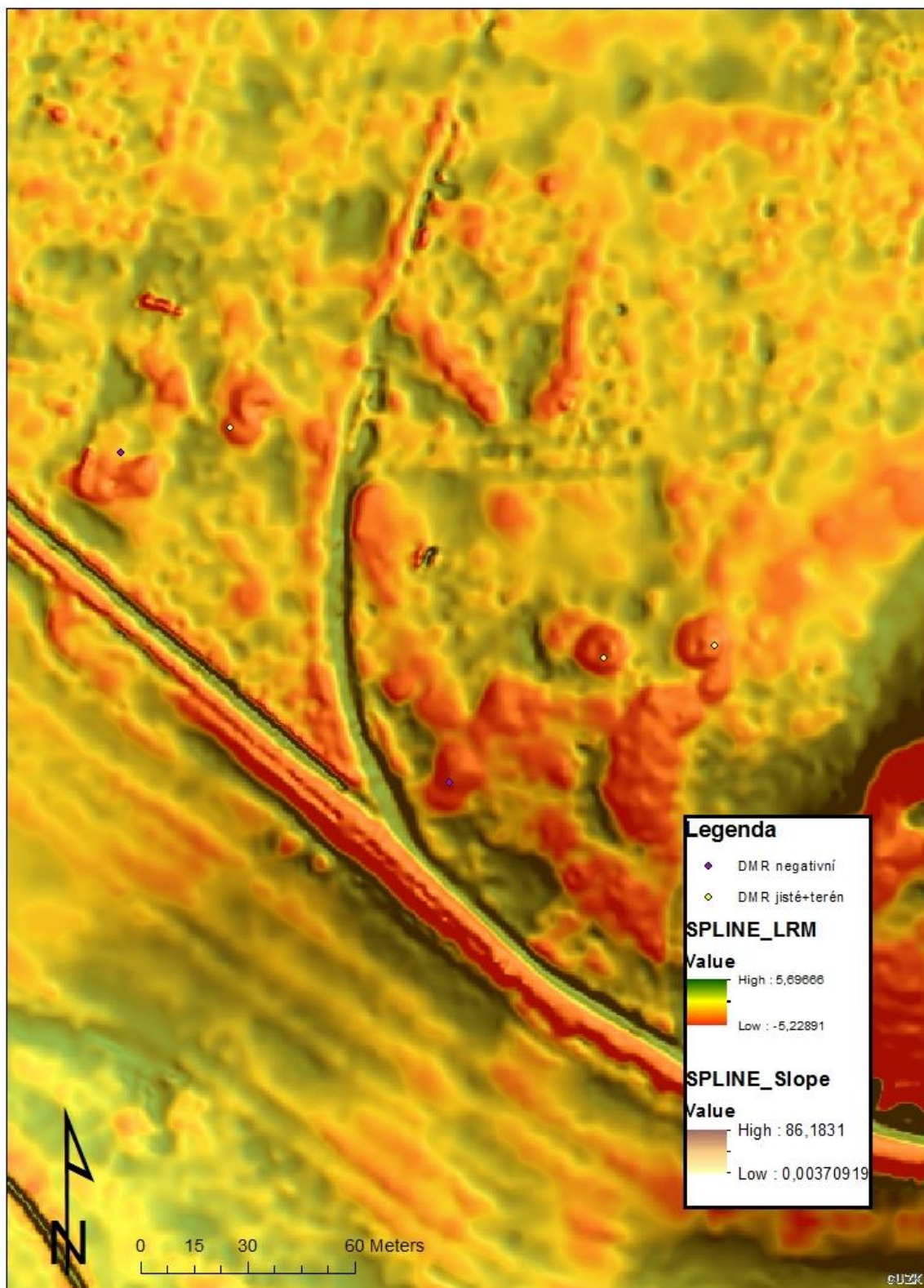
Obr. 32 Pohřebiště Zelené 2 (kombinace LRM a Hillshade_0)



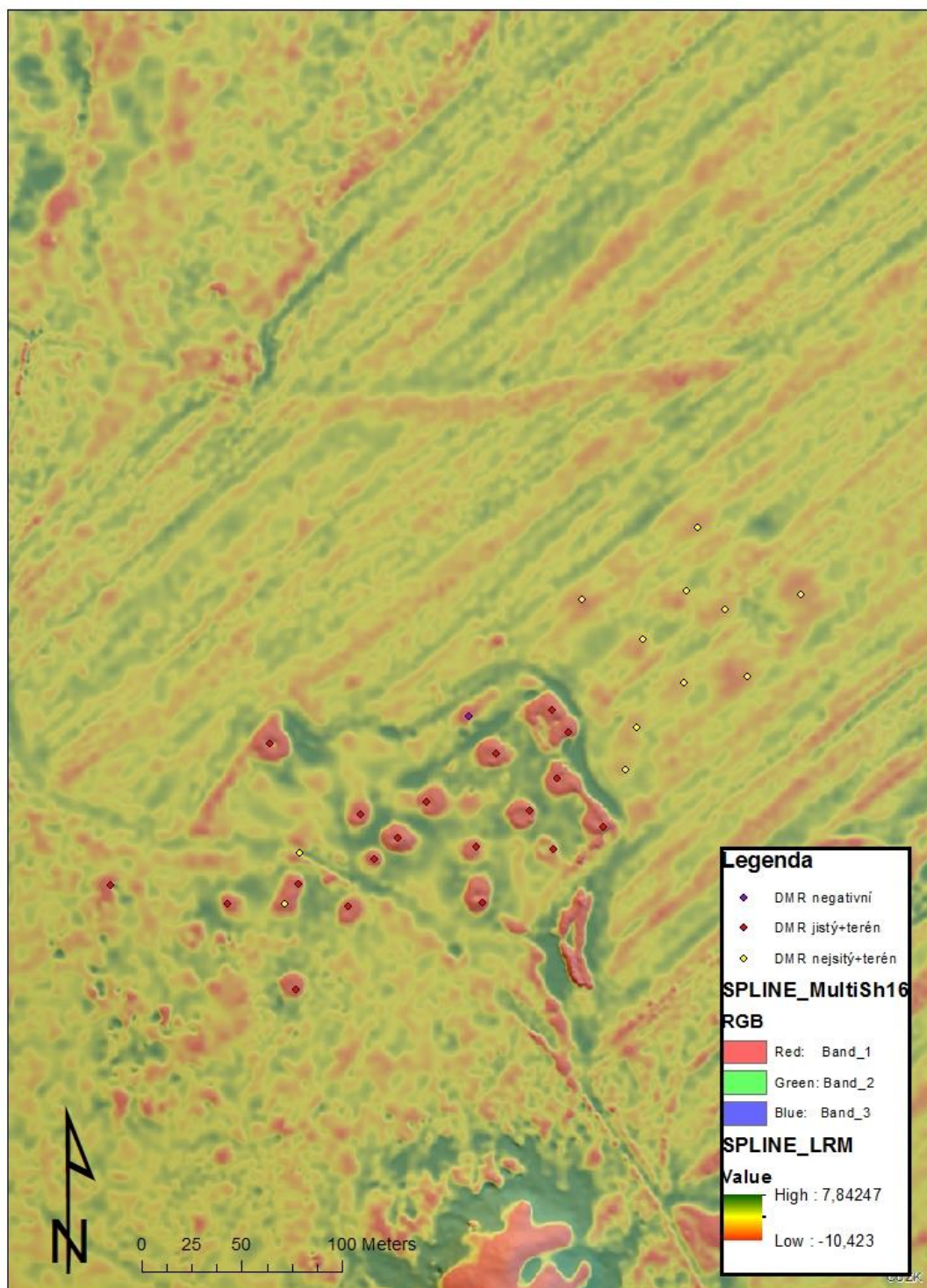
Obr. 33 Pohřebiště Rudický les (kombinace LRM a Hillshade_270)



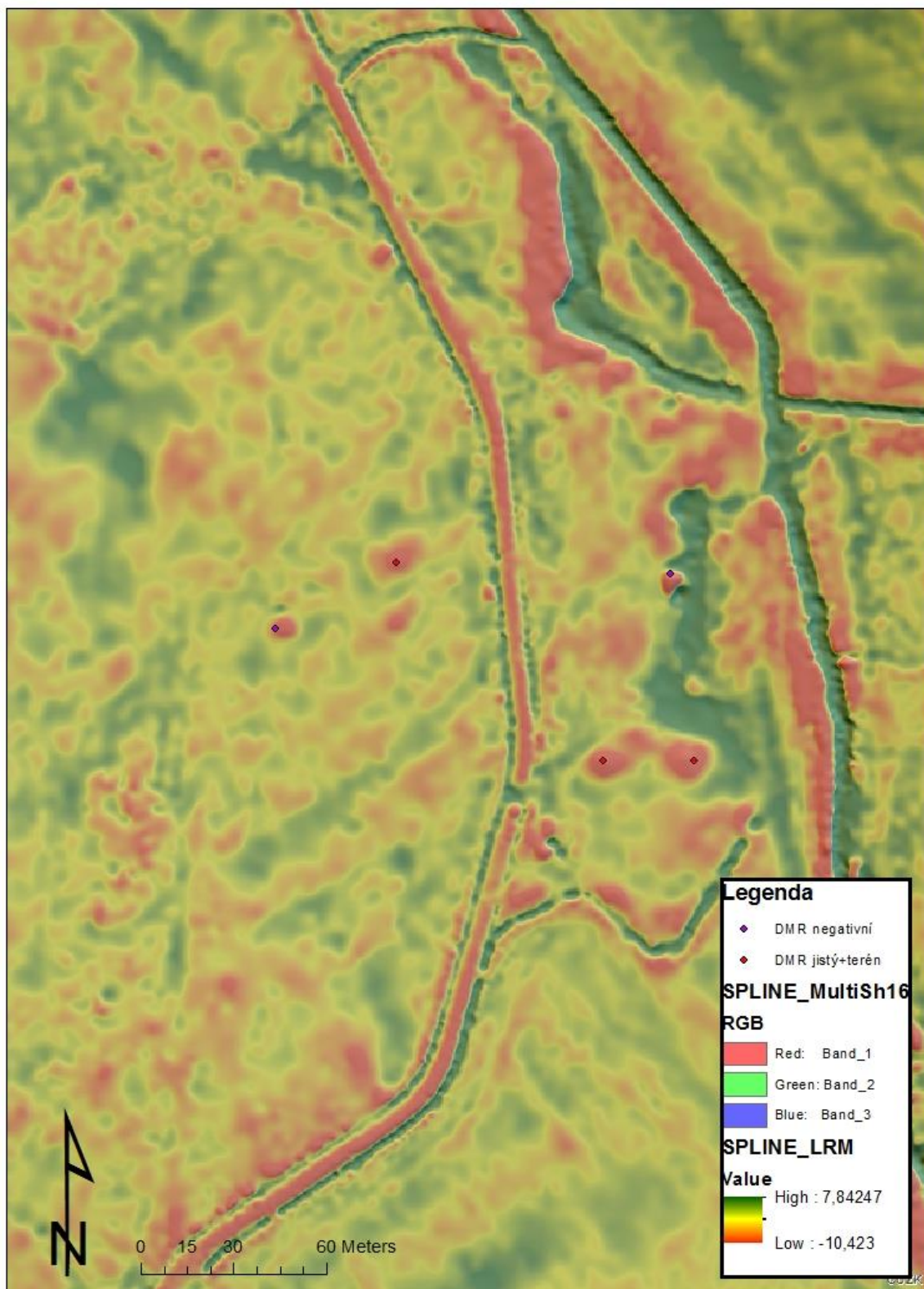
Obr. 34 Pohřebiště Třebýcinská planá hora (kombinace LRM a Slope)



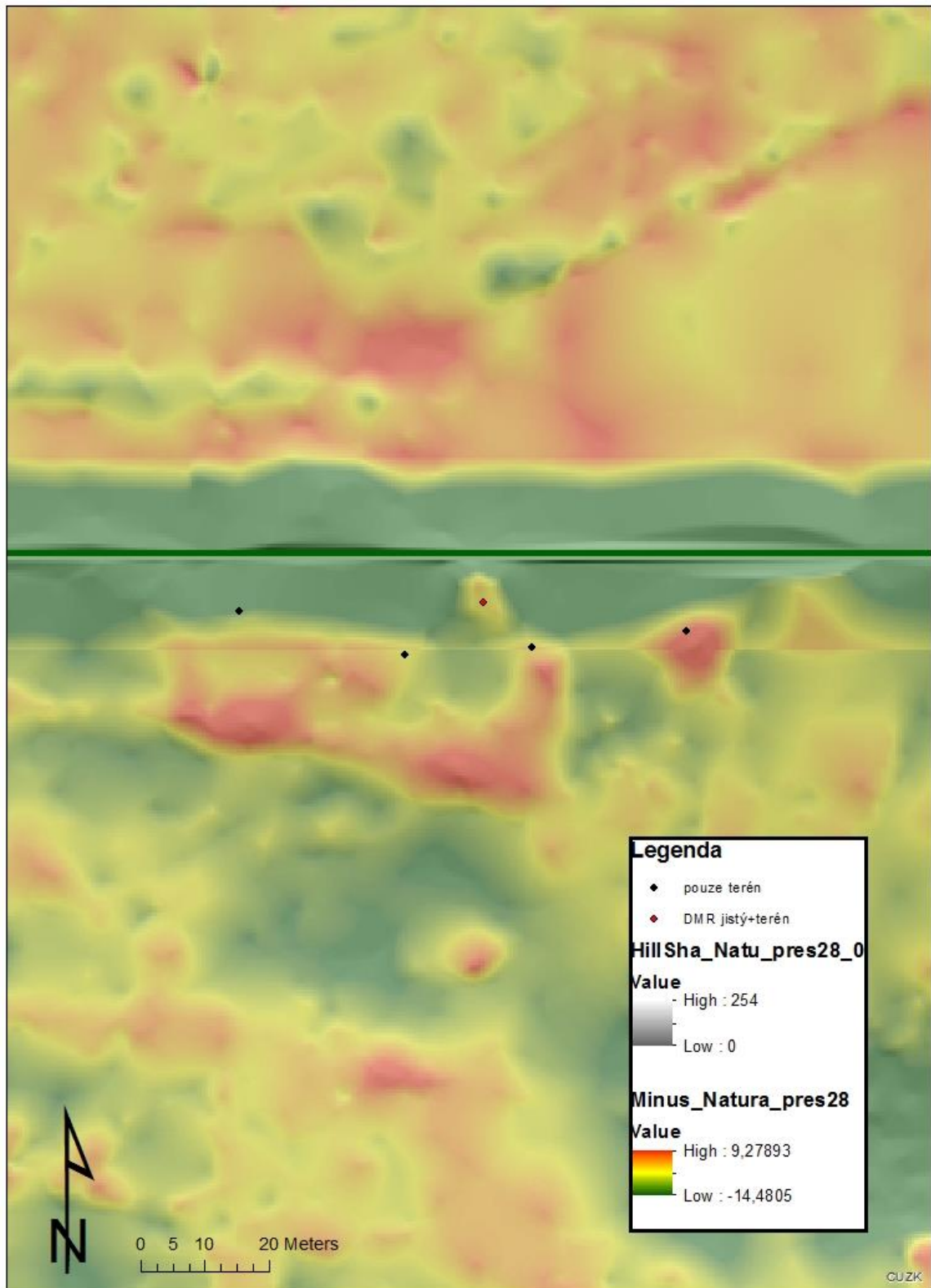
Obr. 35 Pohřebiště Kbel u Přeštic 2 (kombinace LRM a Multidirection Hillshade)



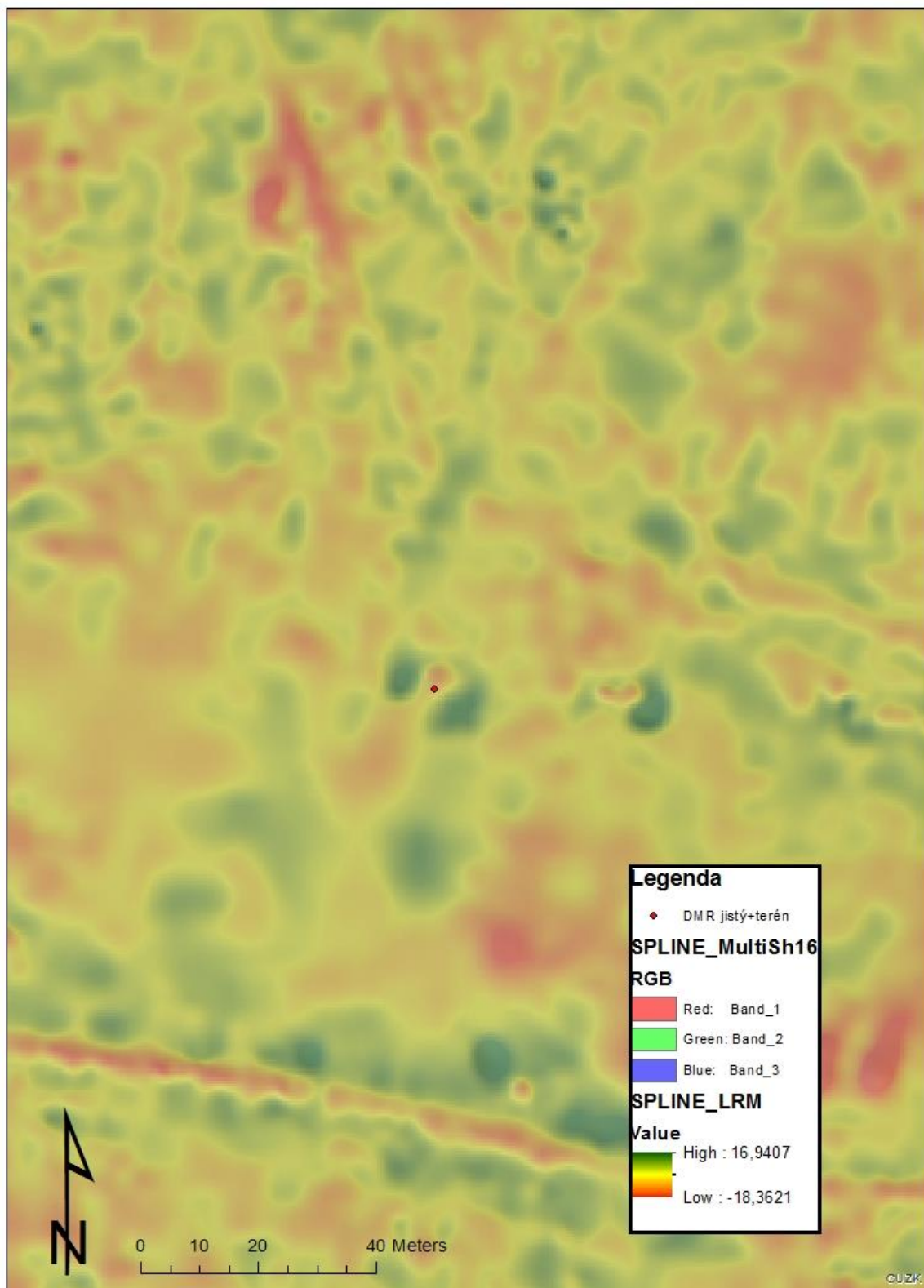
Obr. 36 Pohřebiště Kbel u Přeštic (kombinace LRM a Multidirection Hillshade)



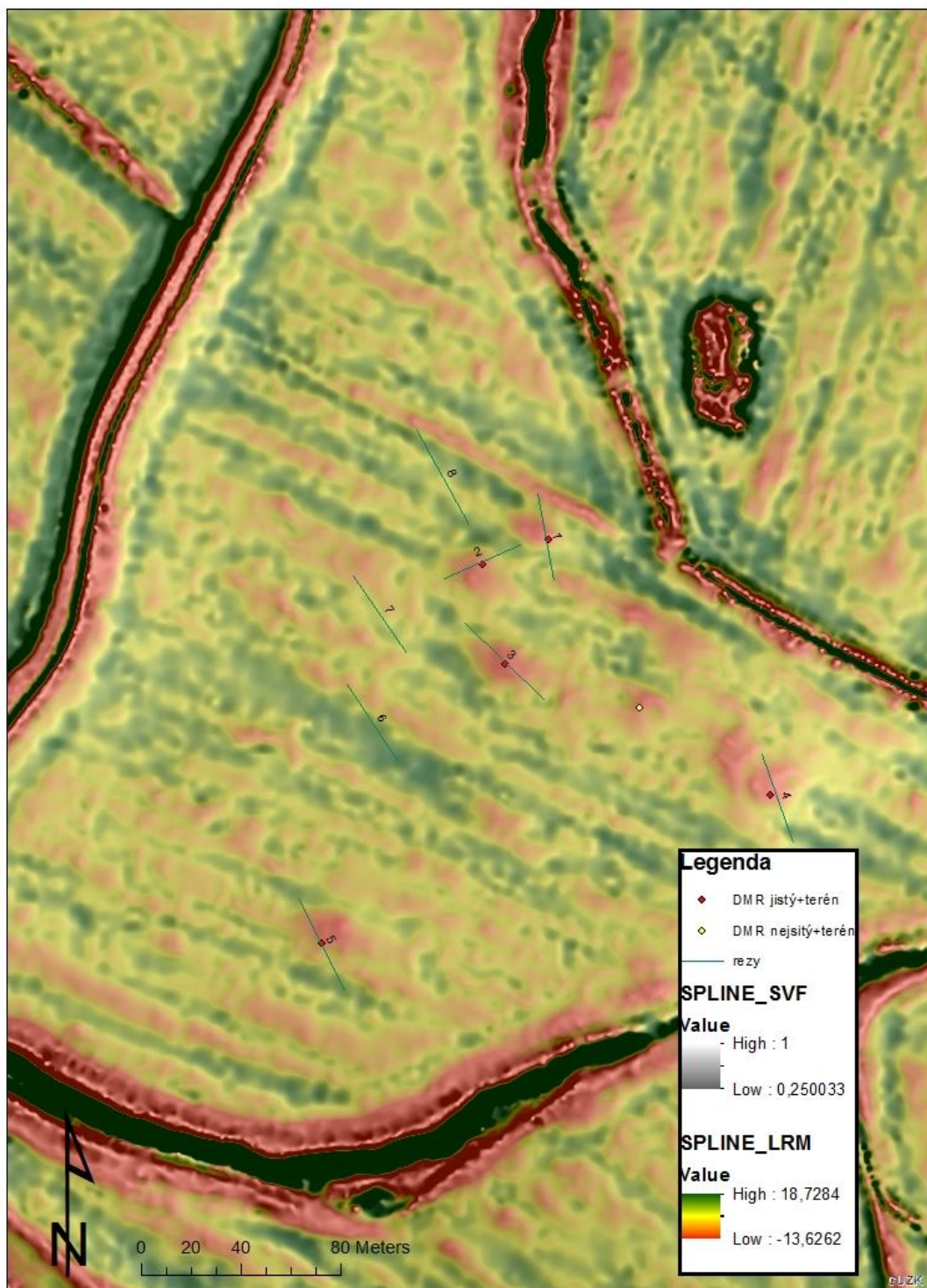
Obr. 37 Pohřebiště Stropečko (kombinace LRM a Hillshade_0)



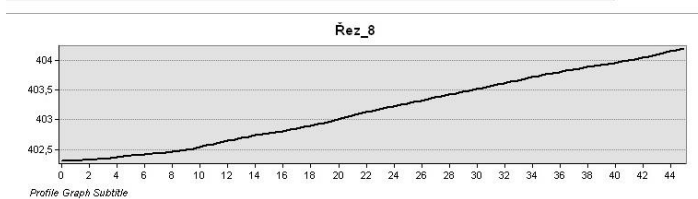
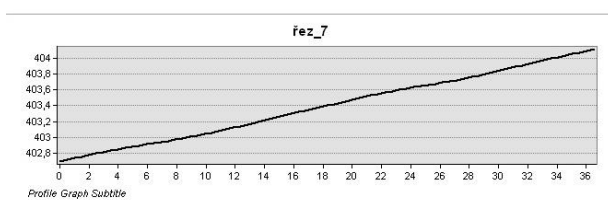
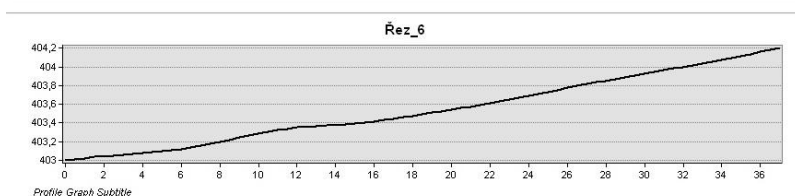
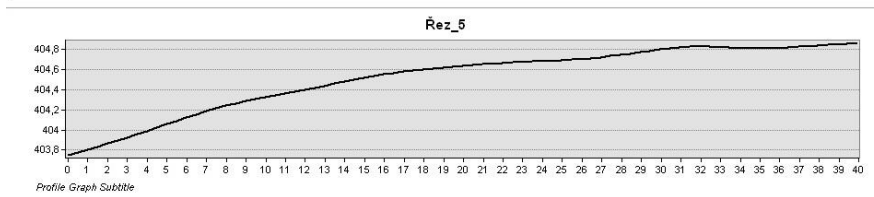
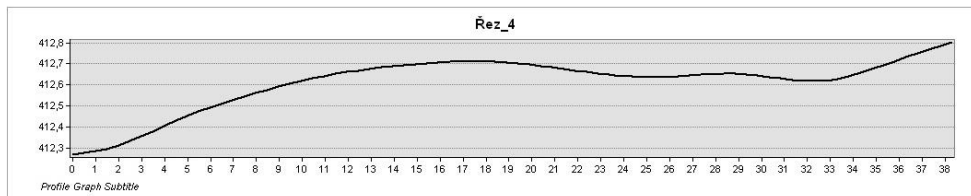
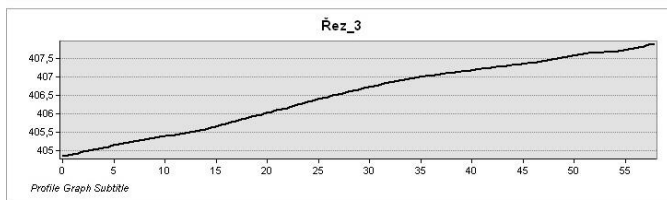
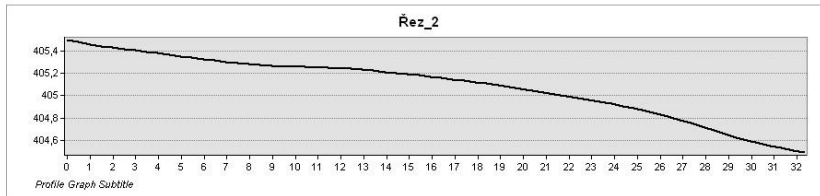
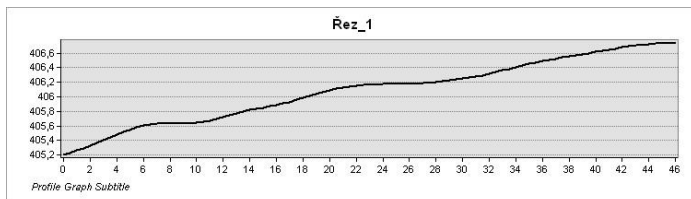
Obr. 38 Mohyla Les Kopanina (kombinace LRM a Multidirection Hillshade)



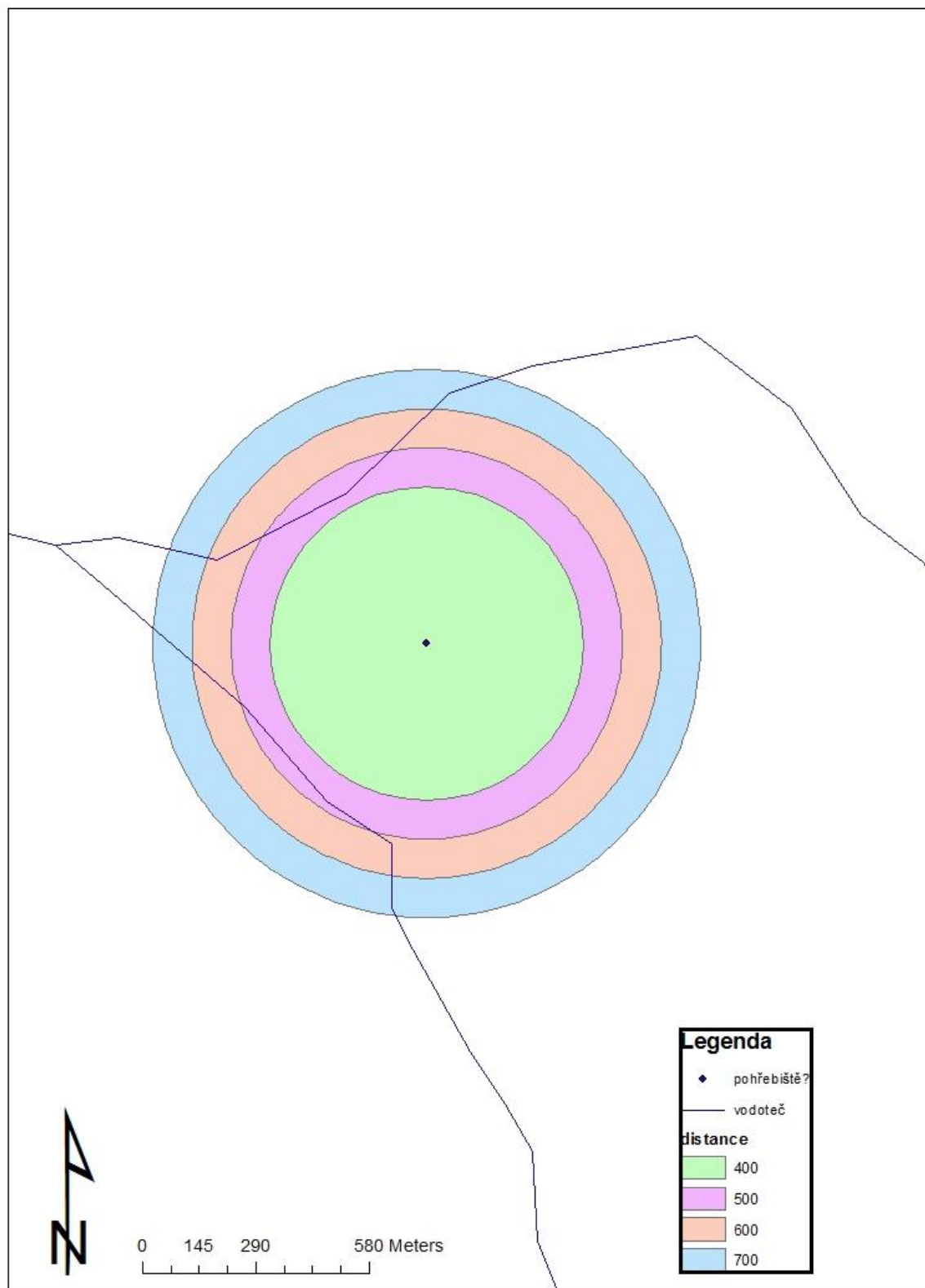
Obr. 39 Potencionální lokalita Radkovice-Kučíný s vyznačenými řezy
(kombinace Sky-view factor a LRM)



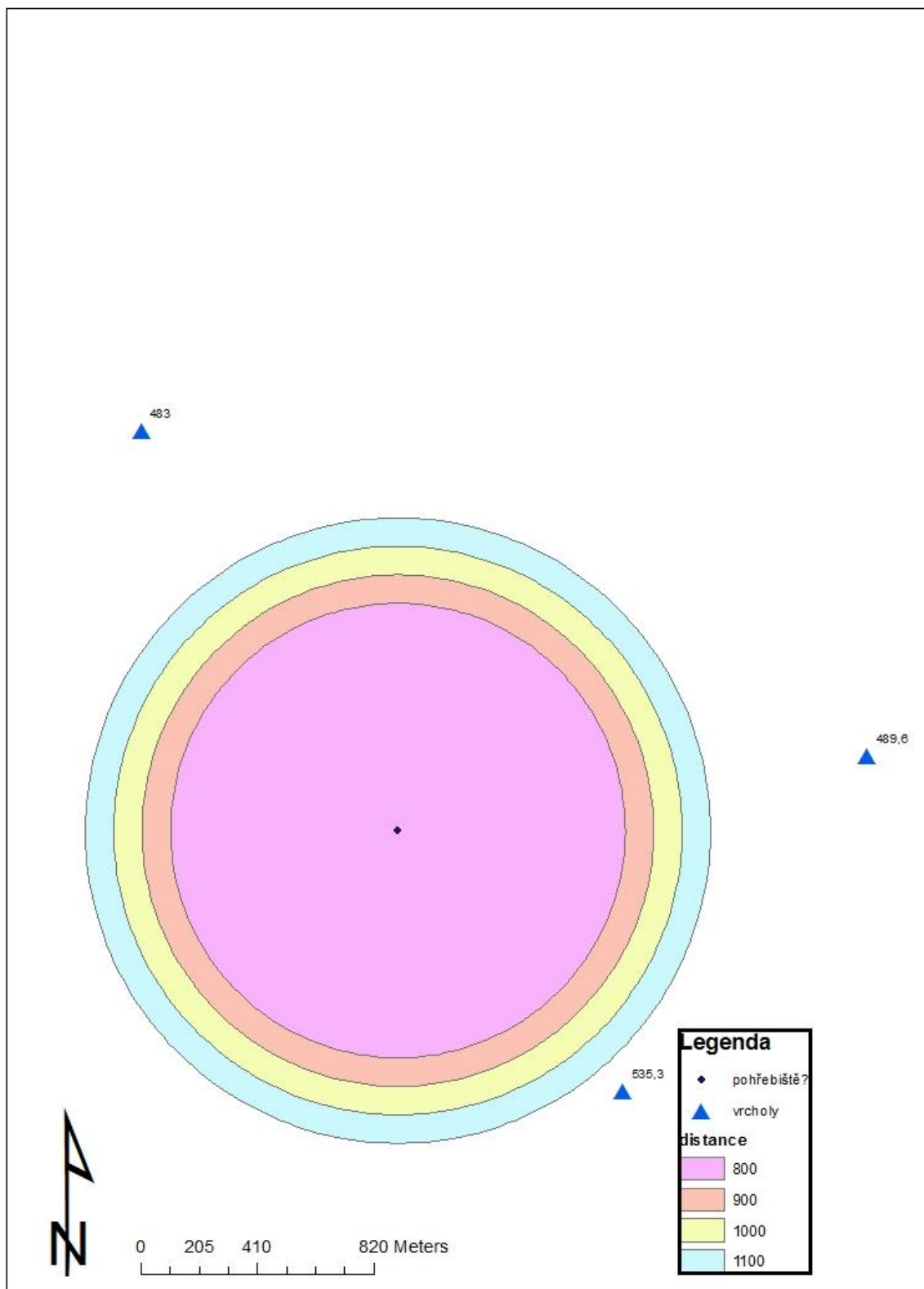
Obr. 40 Řezy profilu – lokalita Radkovice-Kuciny



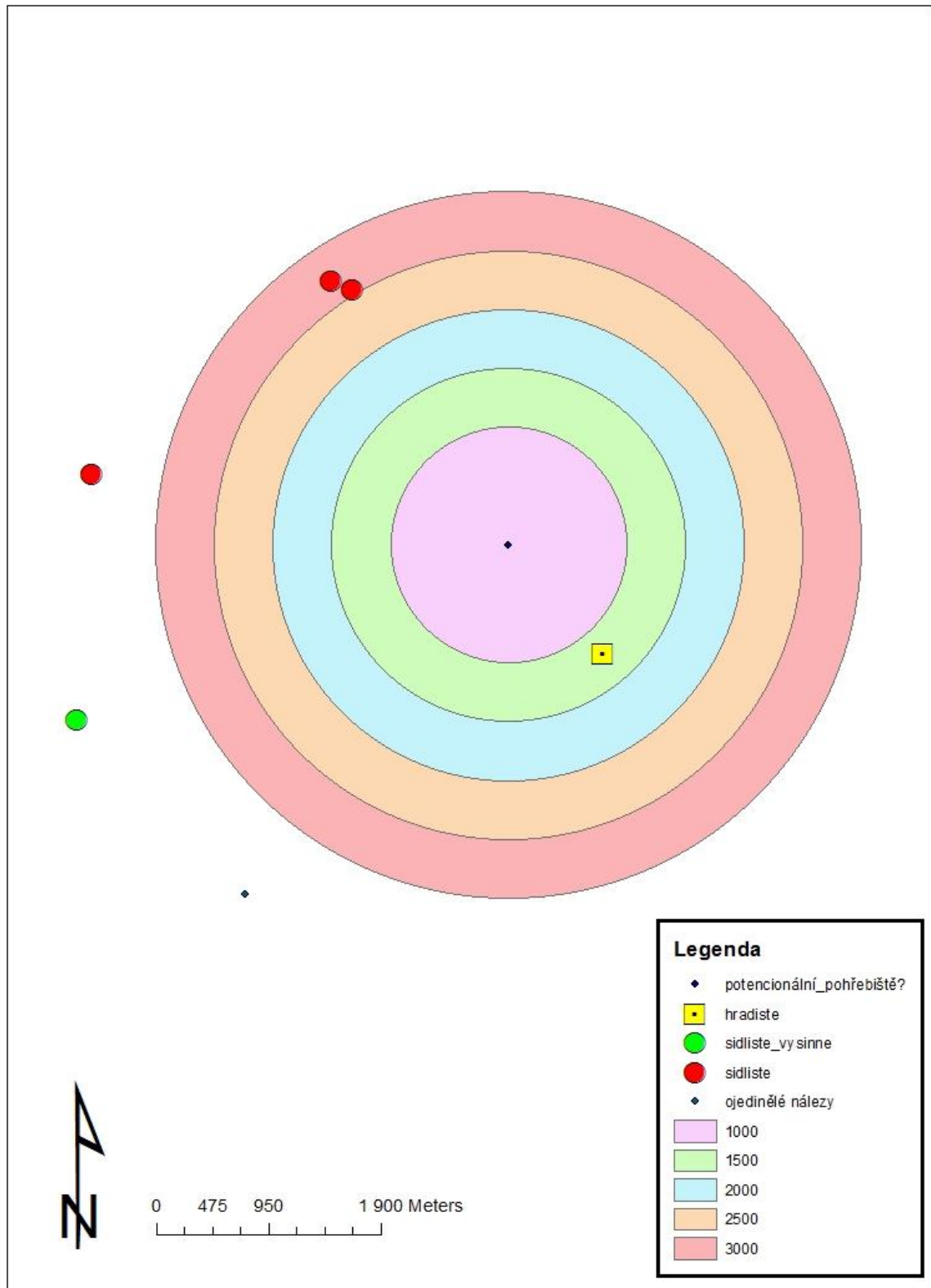
Obr. 41 Vzdálenost od vodního toku (v m) – lokalita Radkovice-Kučíný



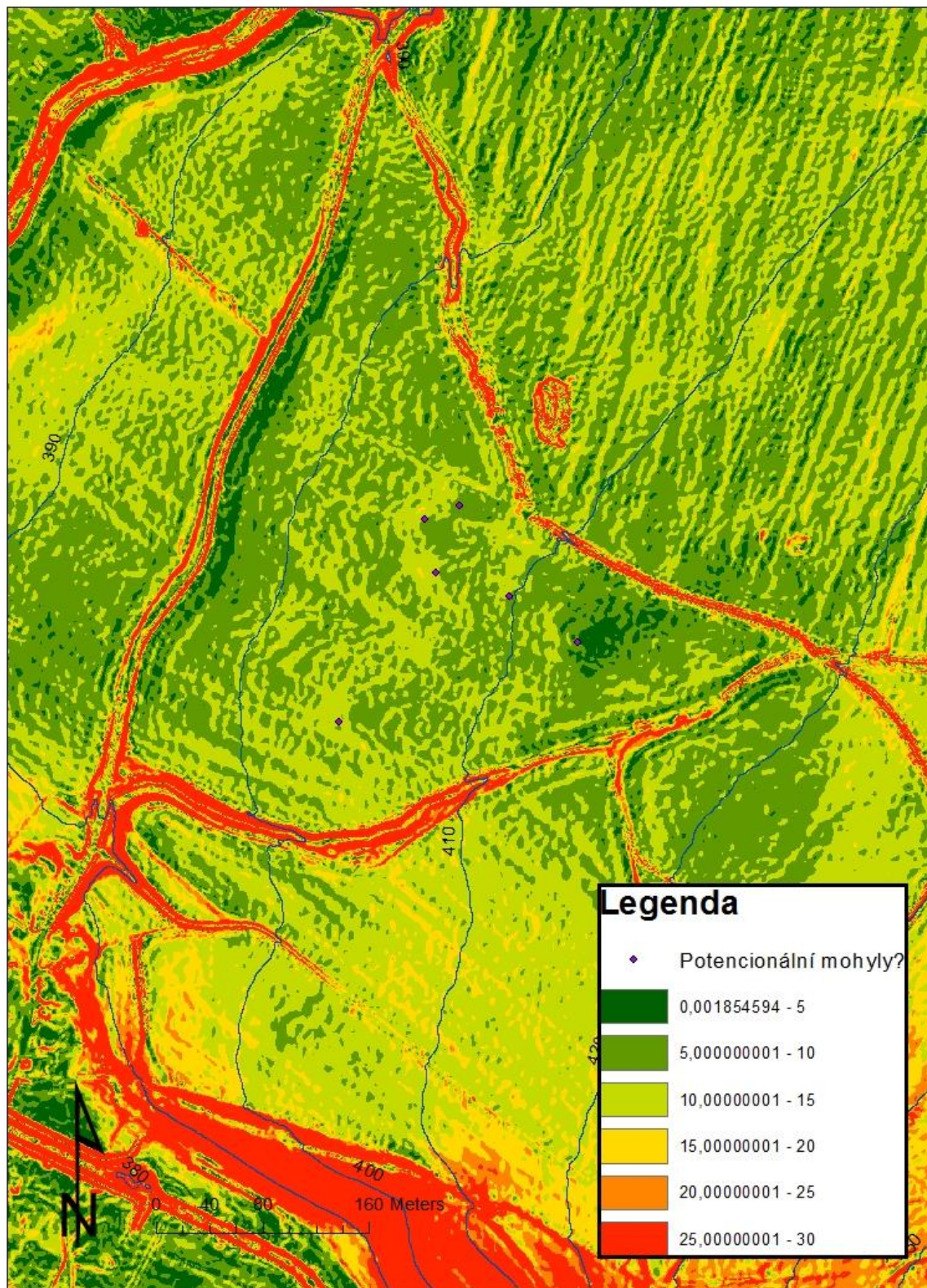
Obr. 42 Vzdálenost od vrcholu (v m) – lokalita Radkovie-Kučíny



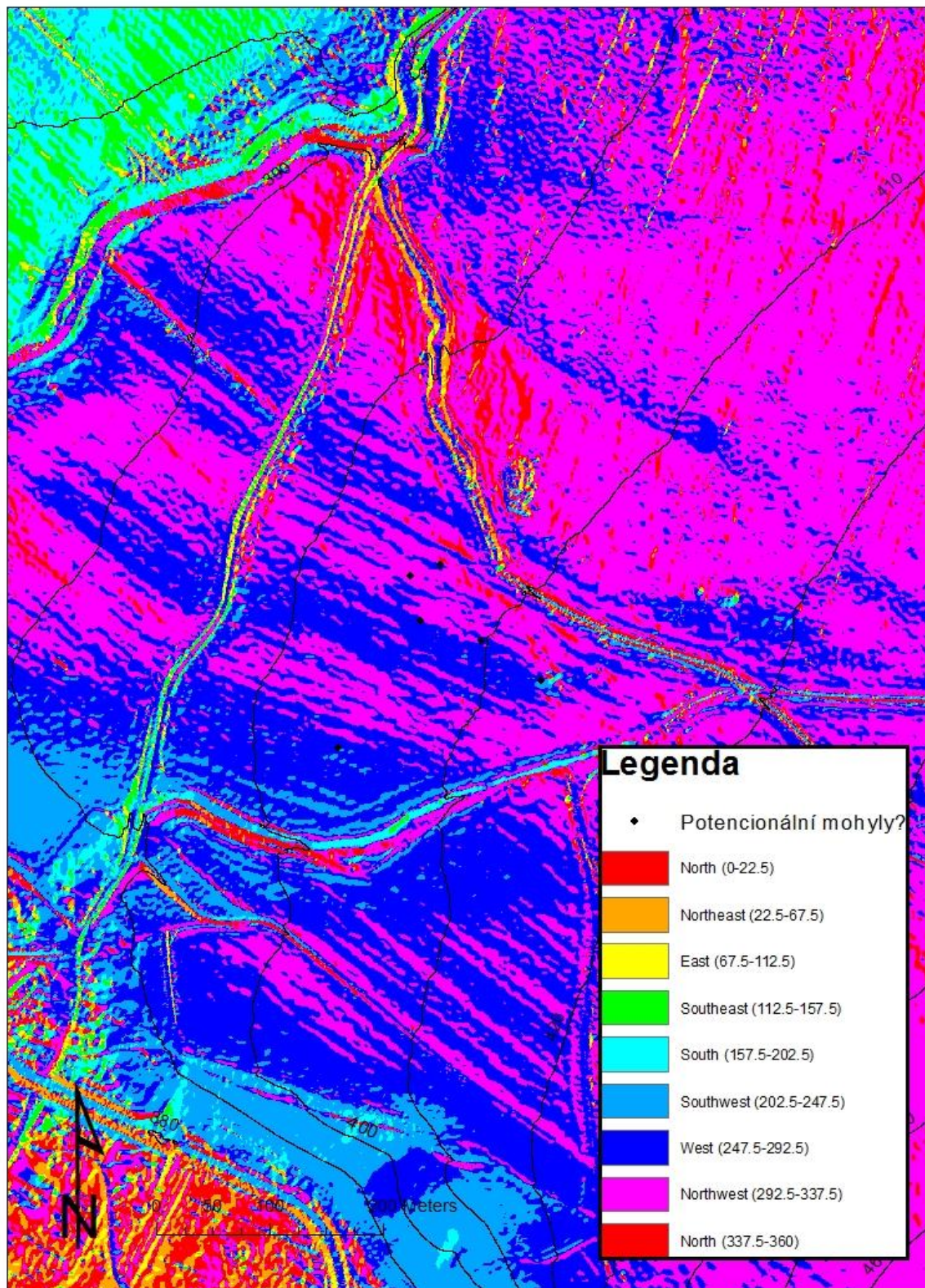
Obr. 43 Vzdálenost od sídelních areálů (v m) – lokalita Radkovice-Kučiny



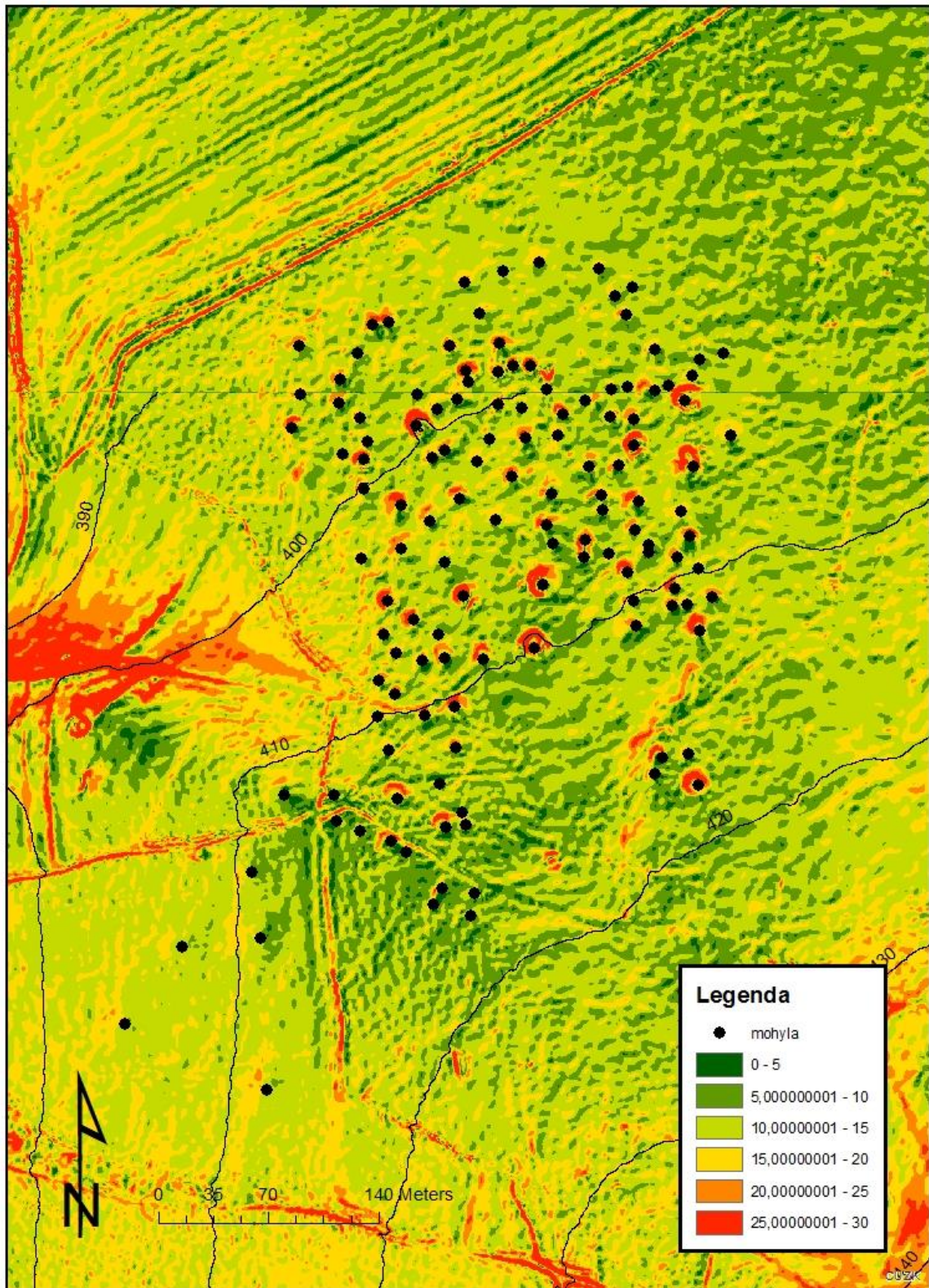
Obr. 44 Svazitost terénu (v°) – lokalita Radkovice-Kučíný



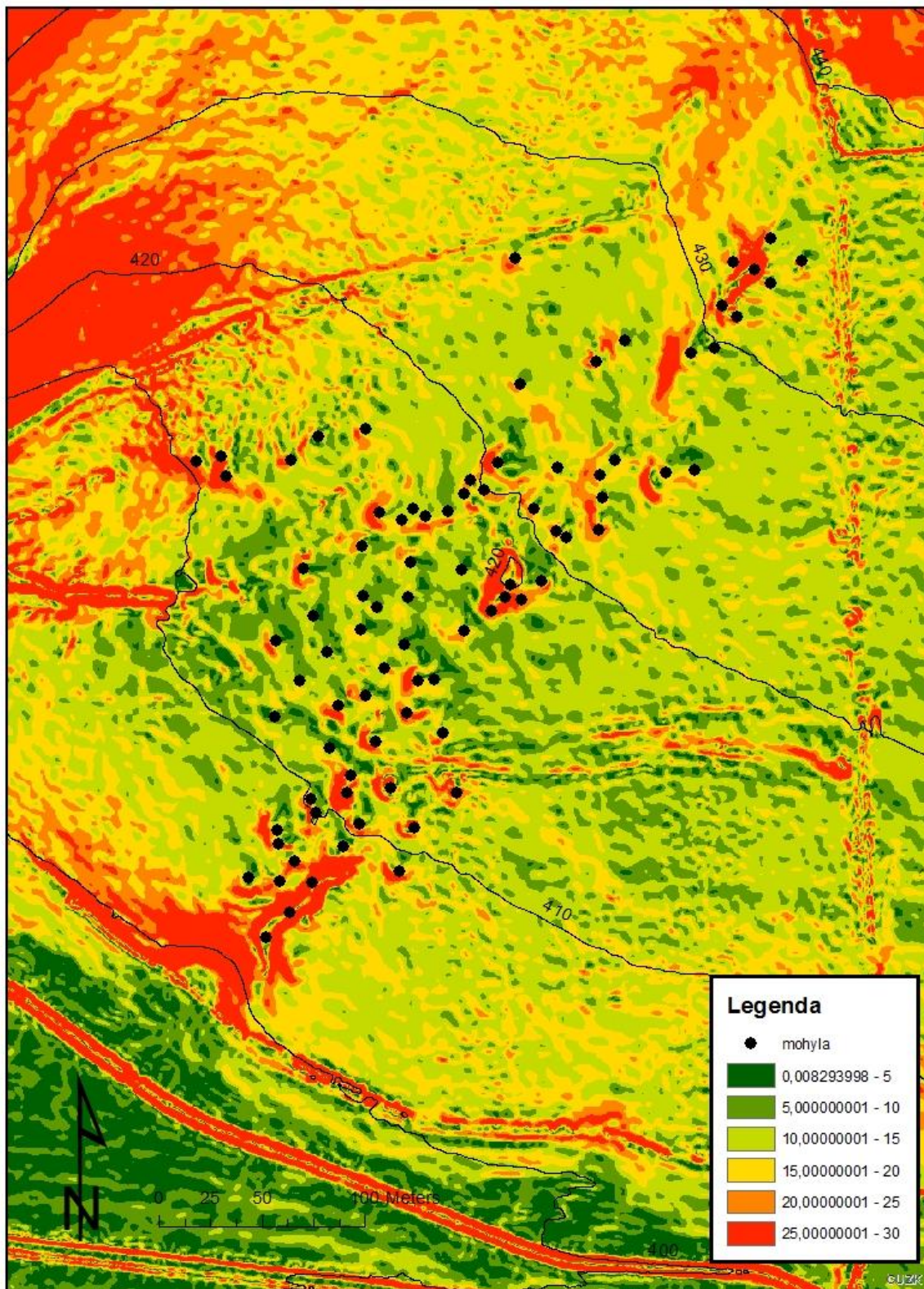
Obr. 45 Orientace svahu – lokalita Radkovice-Kučíný



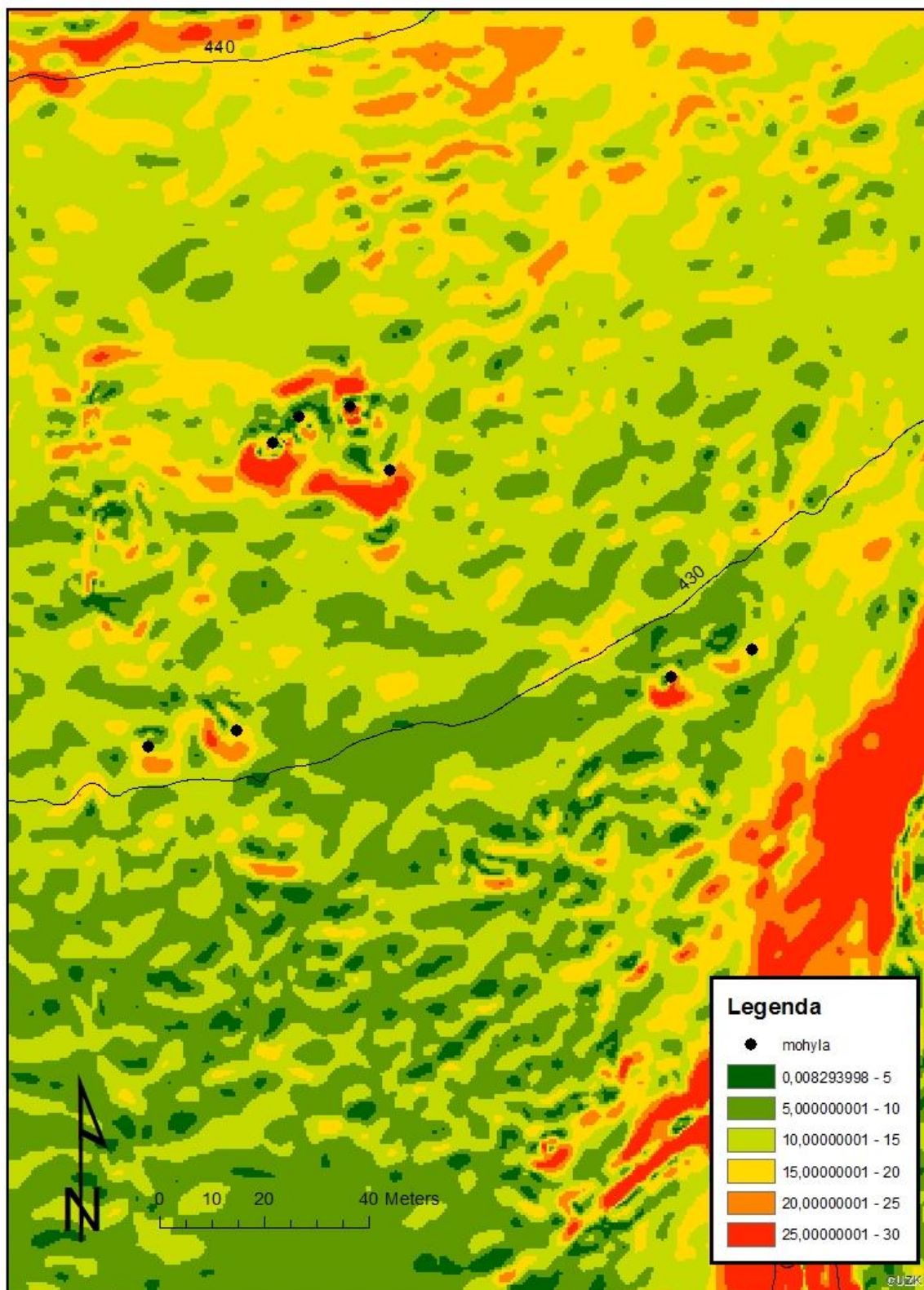
Obr. 46 Pohřebiště Teplý les-Blahovka – svažitost terénu (v °)



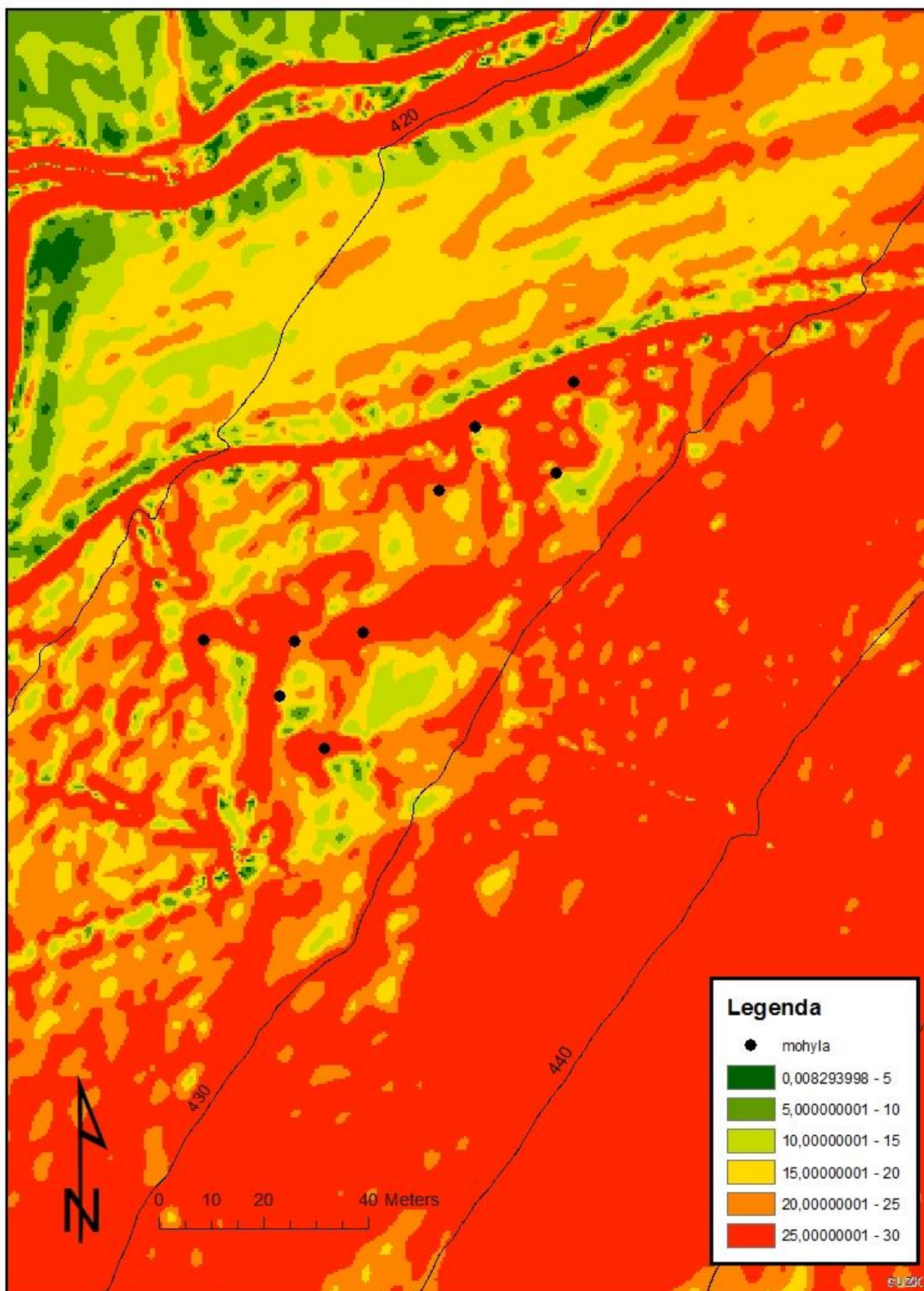
Obr. 47 Pohřebiště Velký les-Křížkovice – svažitost terénu (v °)



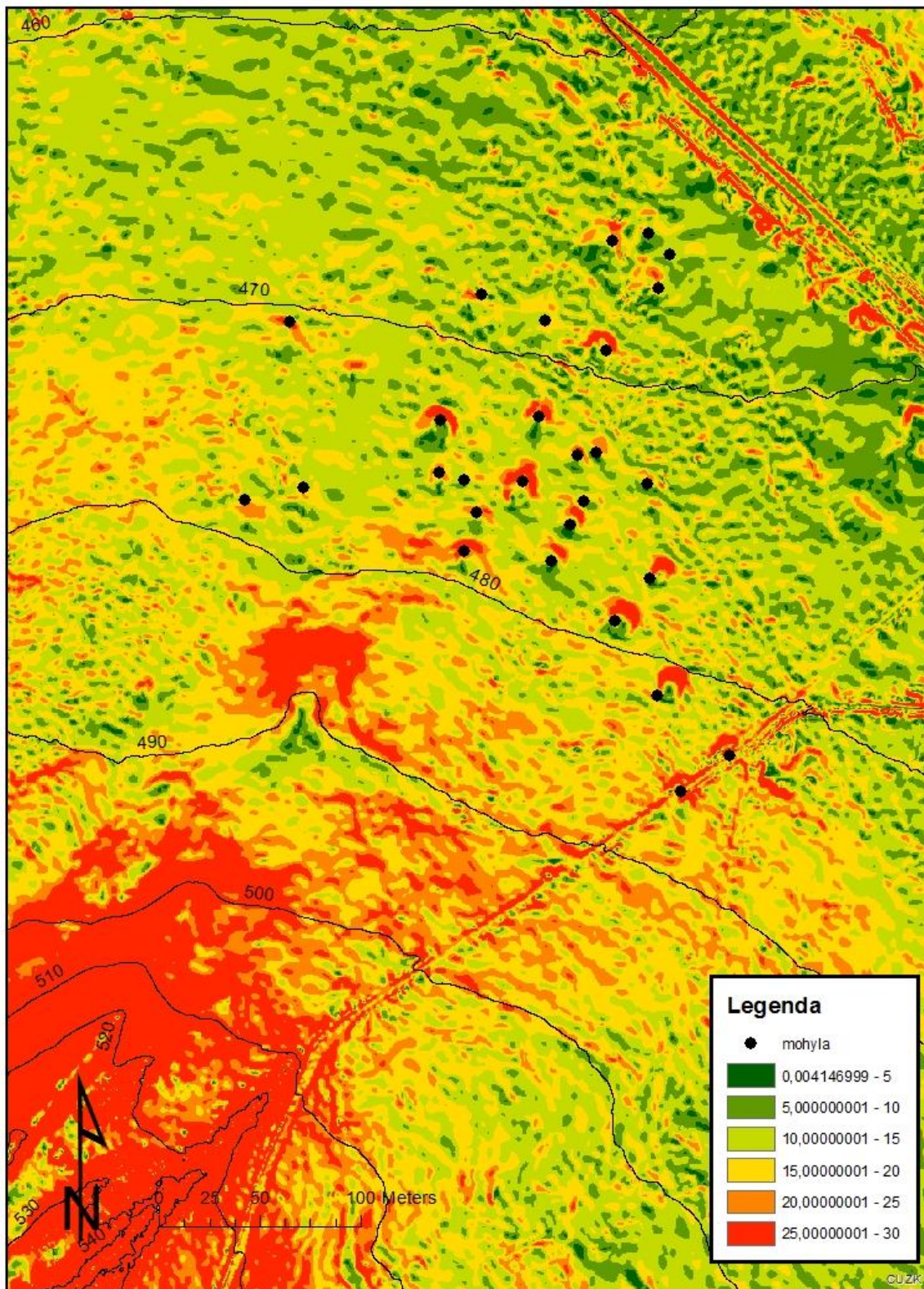
Obr. 48 Pohřebiště Jižní část „Velkého lesa“ – svažitost terénu (v °)



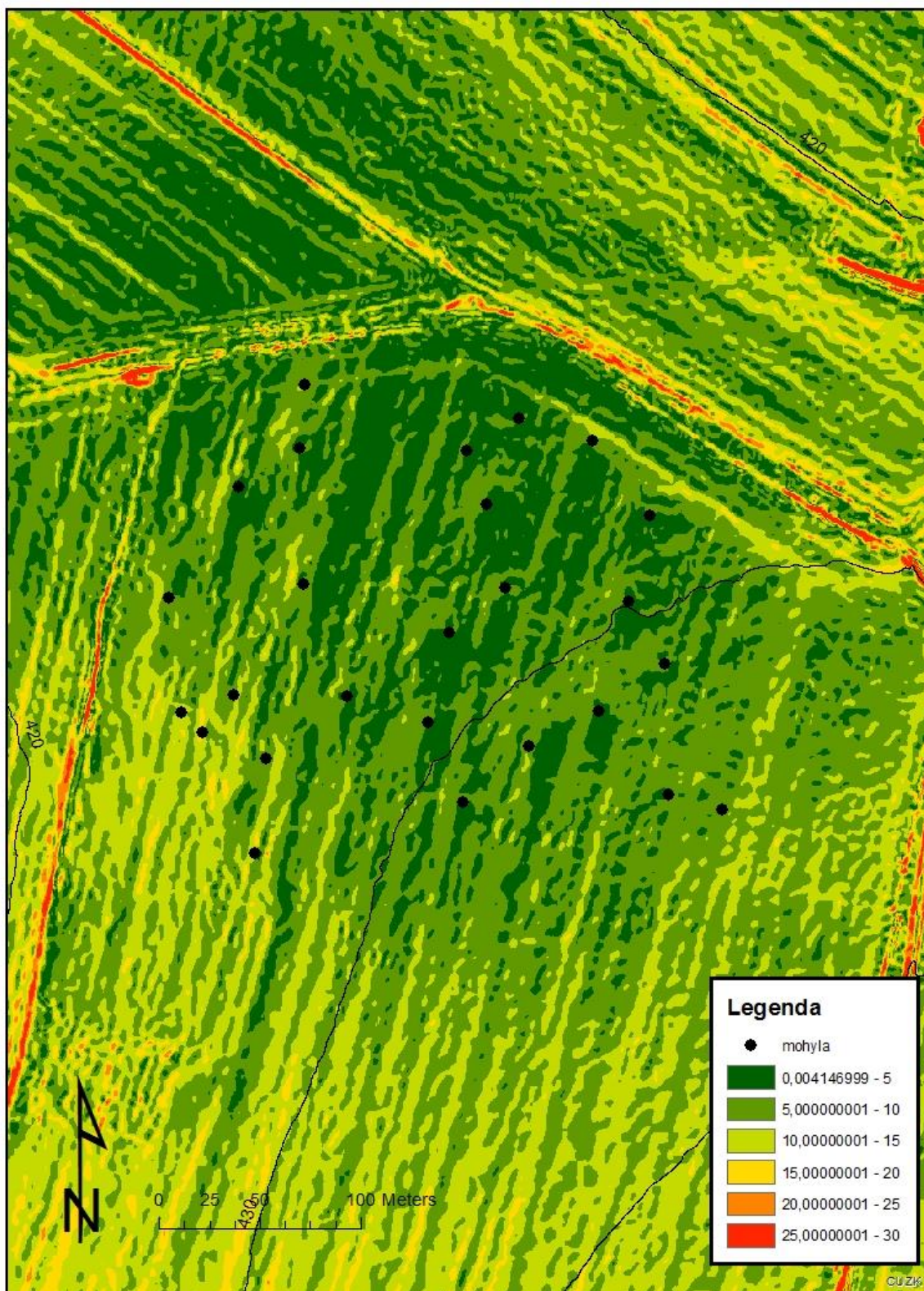
Obr. 49 Pohřebiště Vlčí – svažitost terénu (v °)



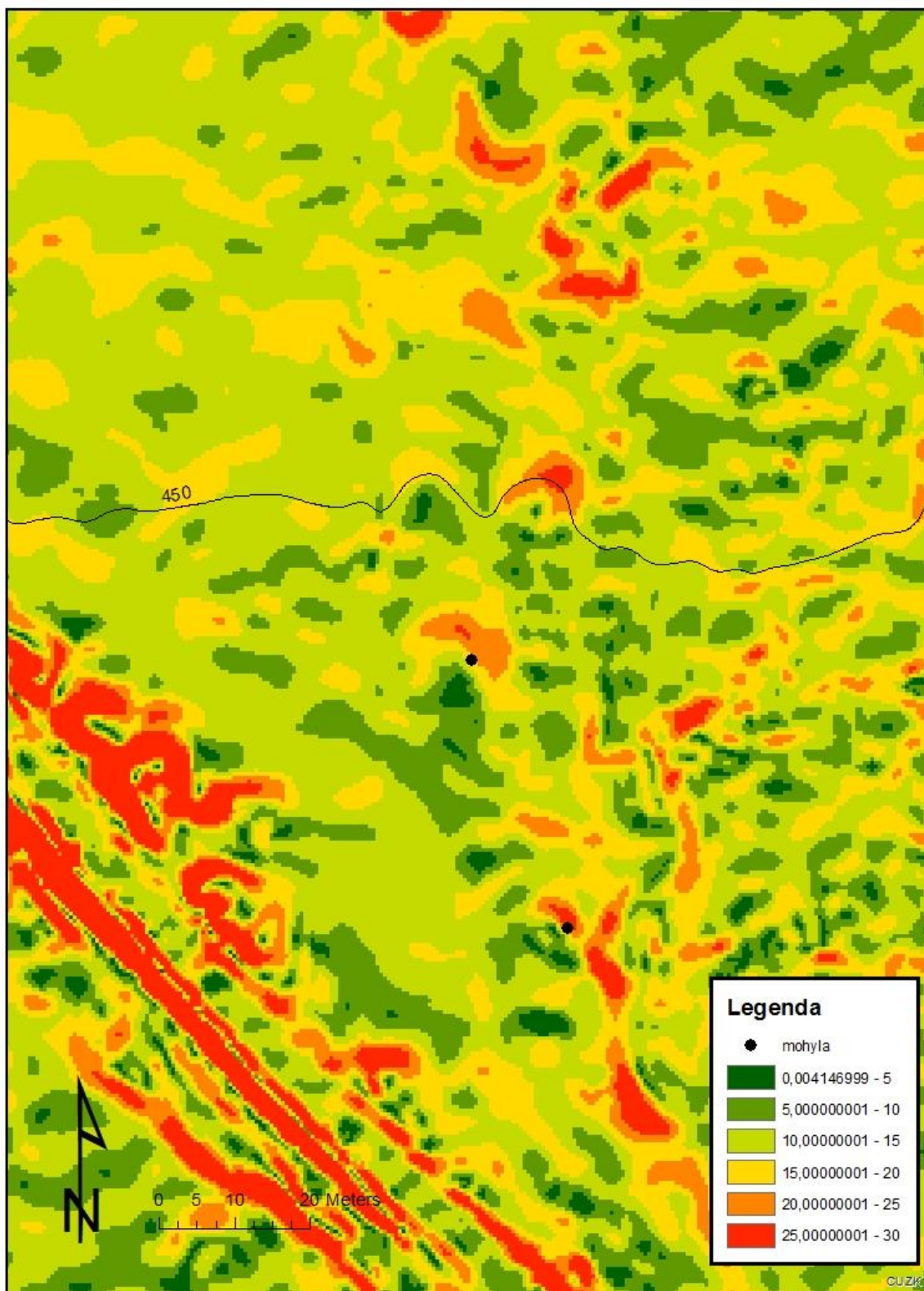
Obr. 50 Pohřebiště U Hájovny-Loupensko – svažitost terénu (v



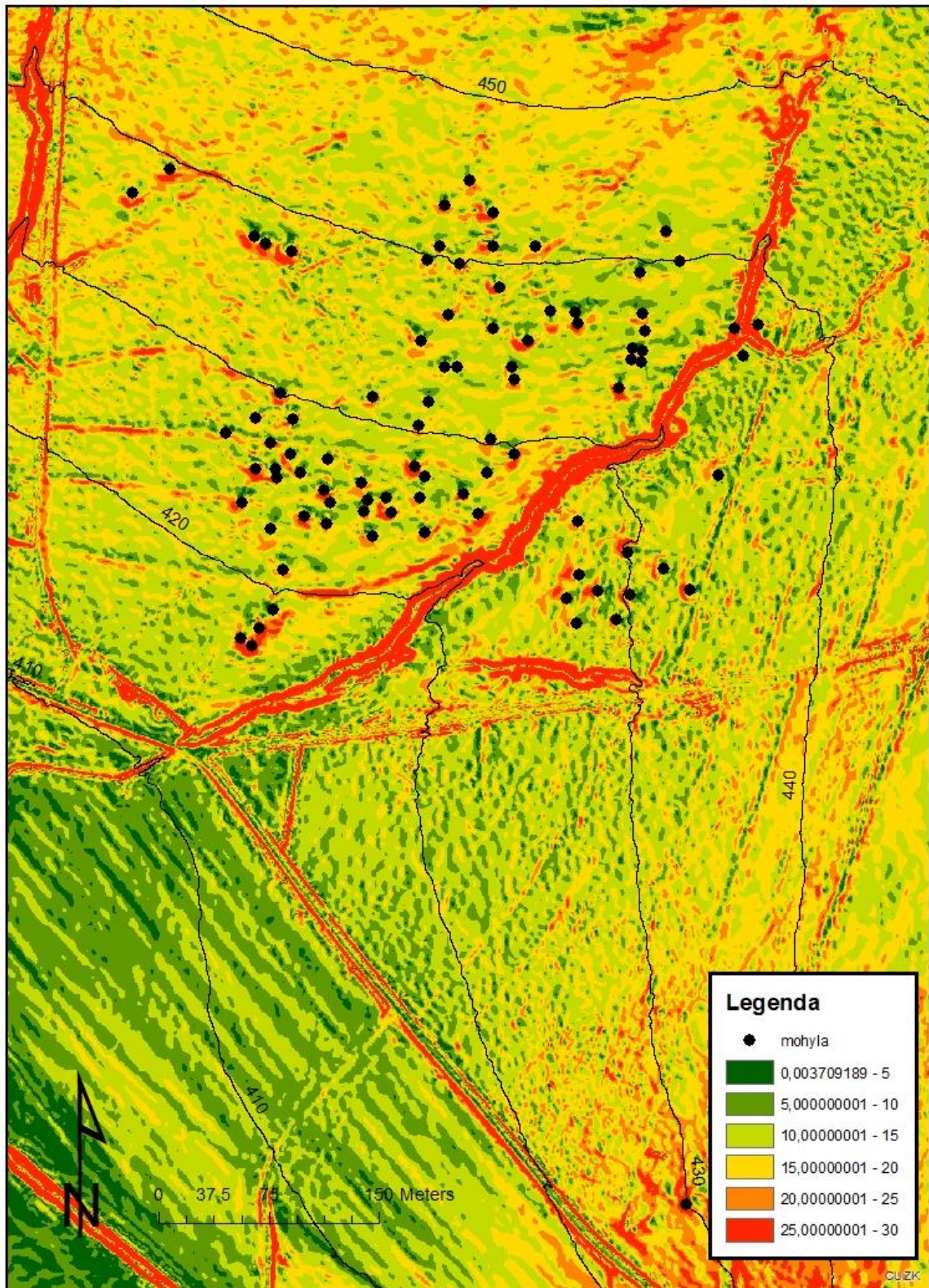
Obr. 51 Pohřebiště Zelené – svažitost terénu (v °)



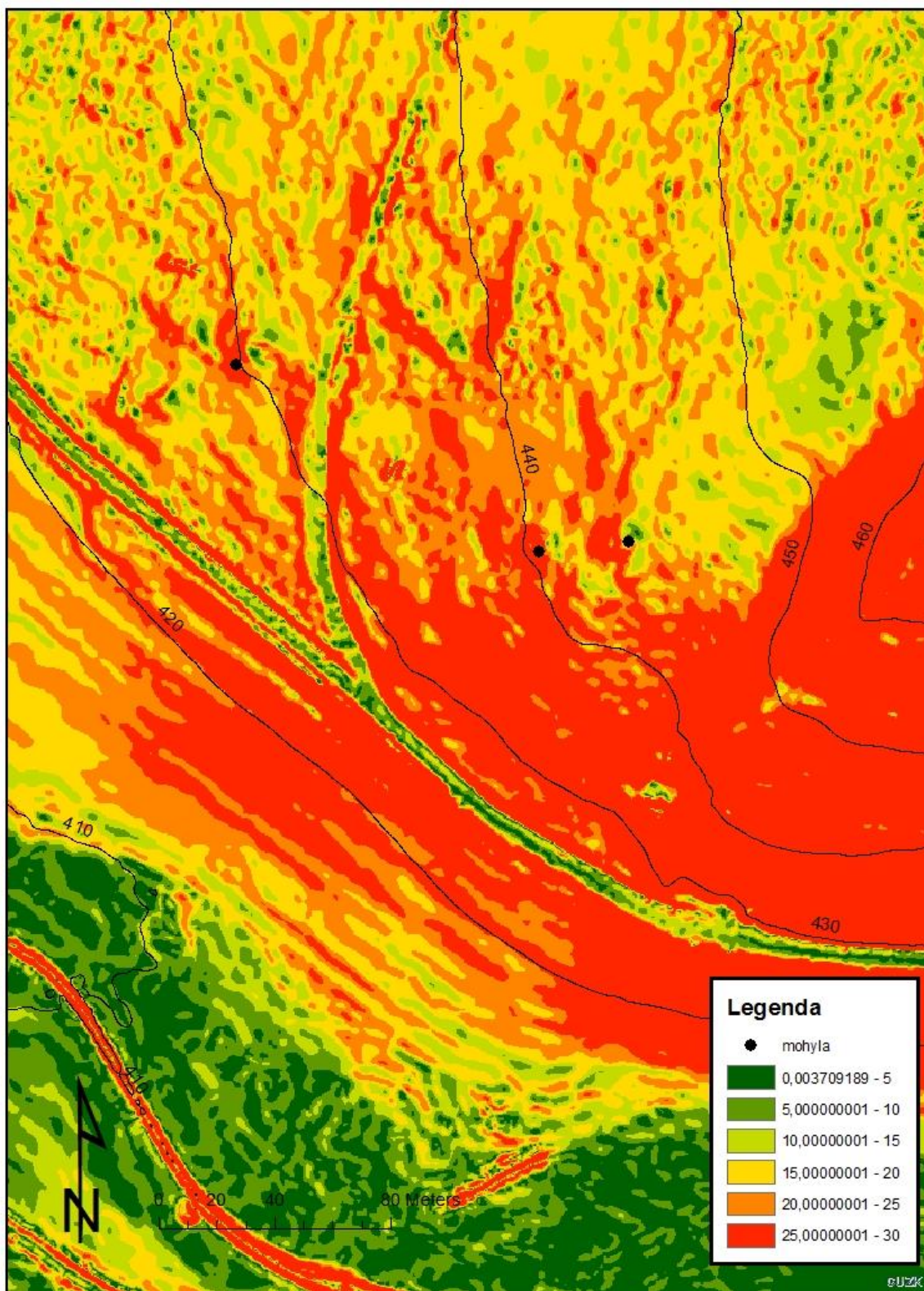
Obr. 52 Pohřebiště Zelené 2 – svažitost terénu (v °)



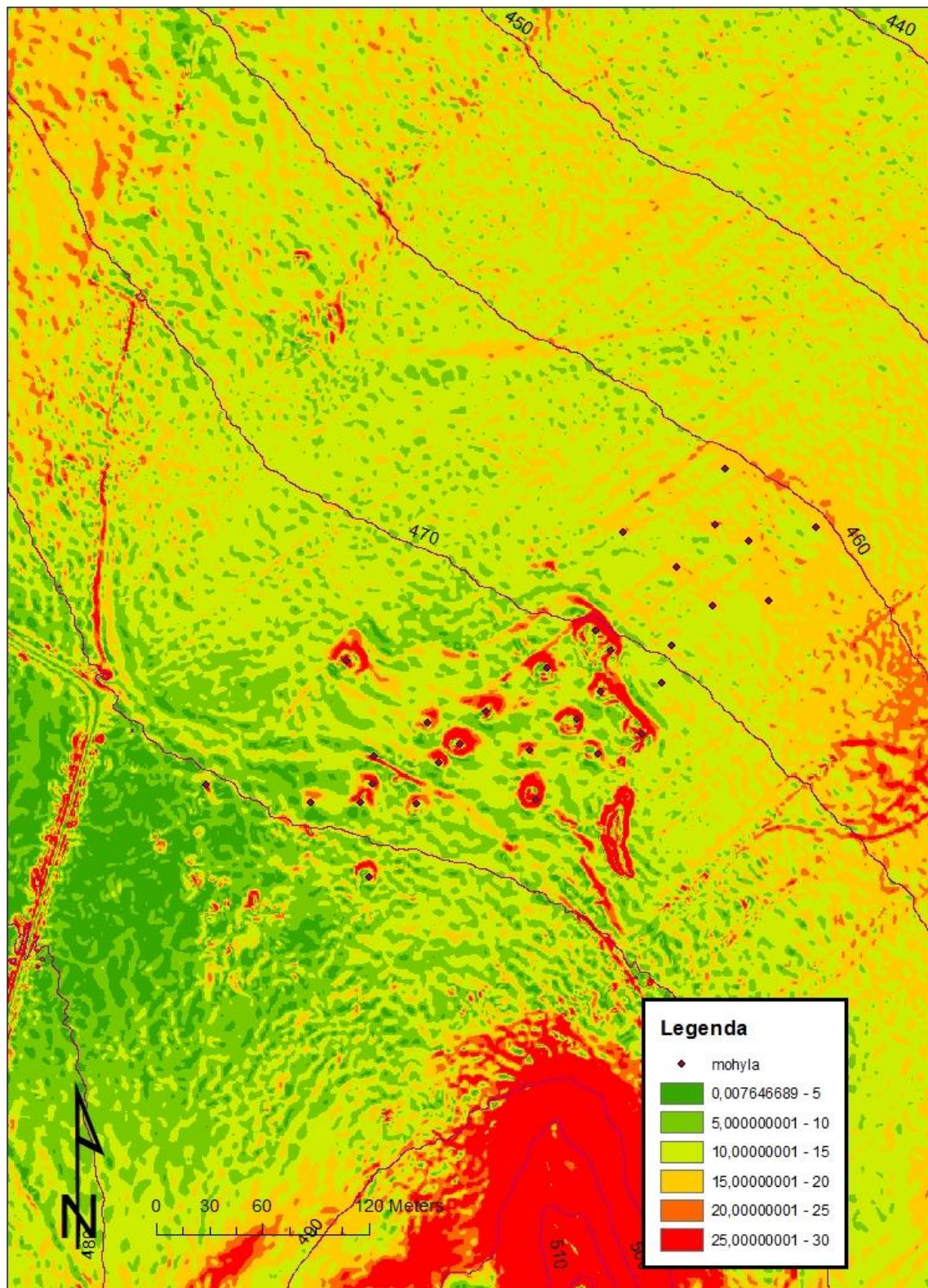
Obr. 53 Pohřebiště Rudický les – svažitost terénu (v °)



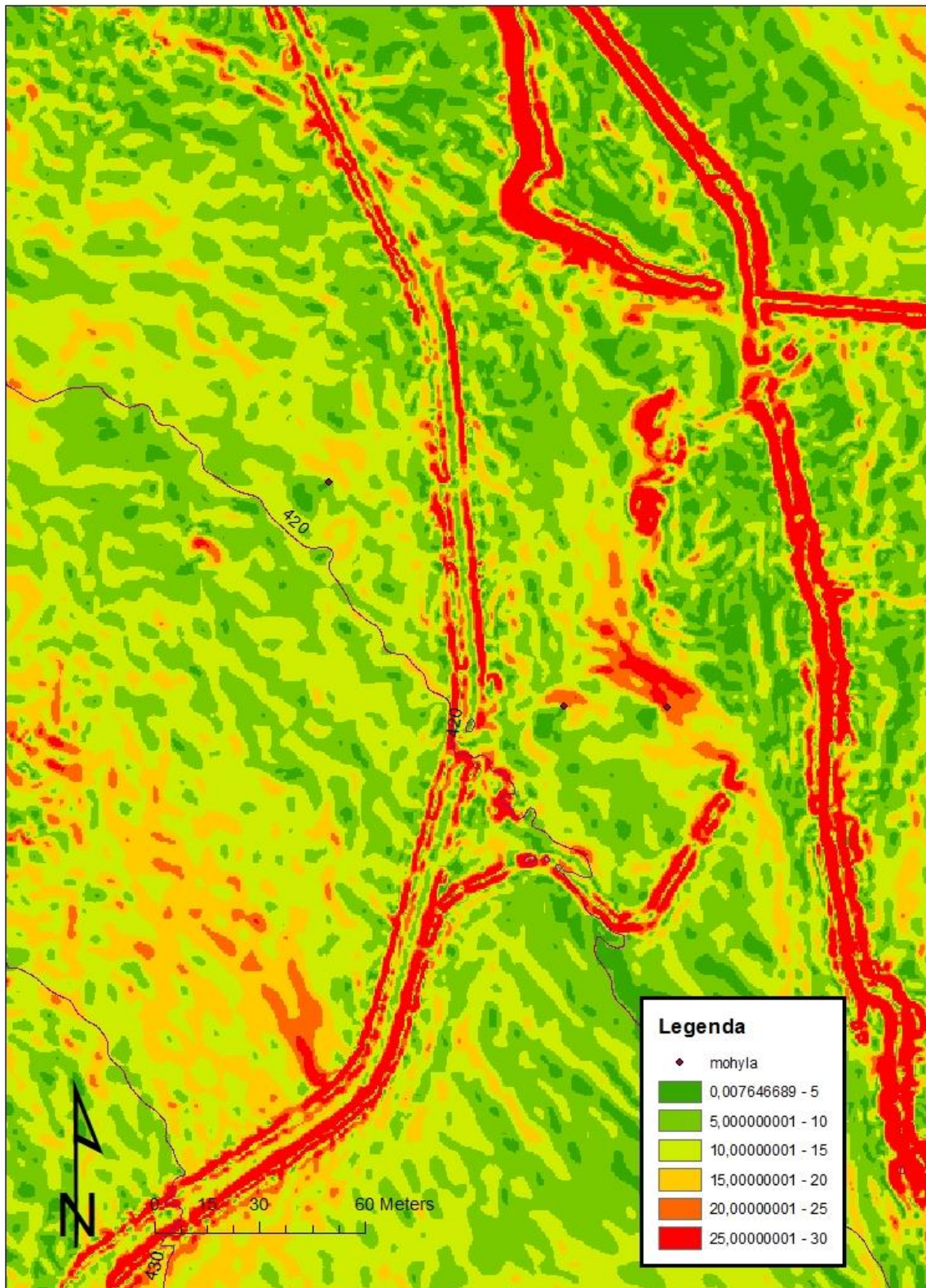
br. 54 Třebýčinská planá hora – svažitost terénu (v °)



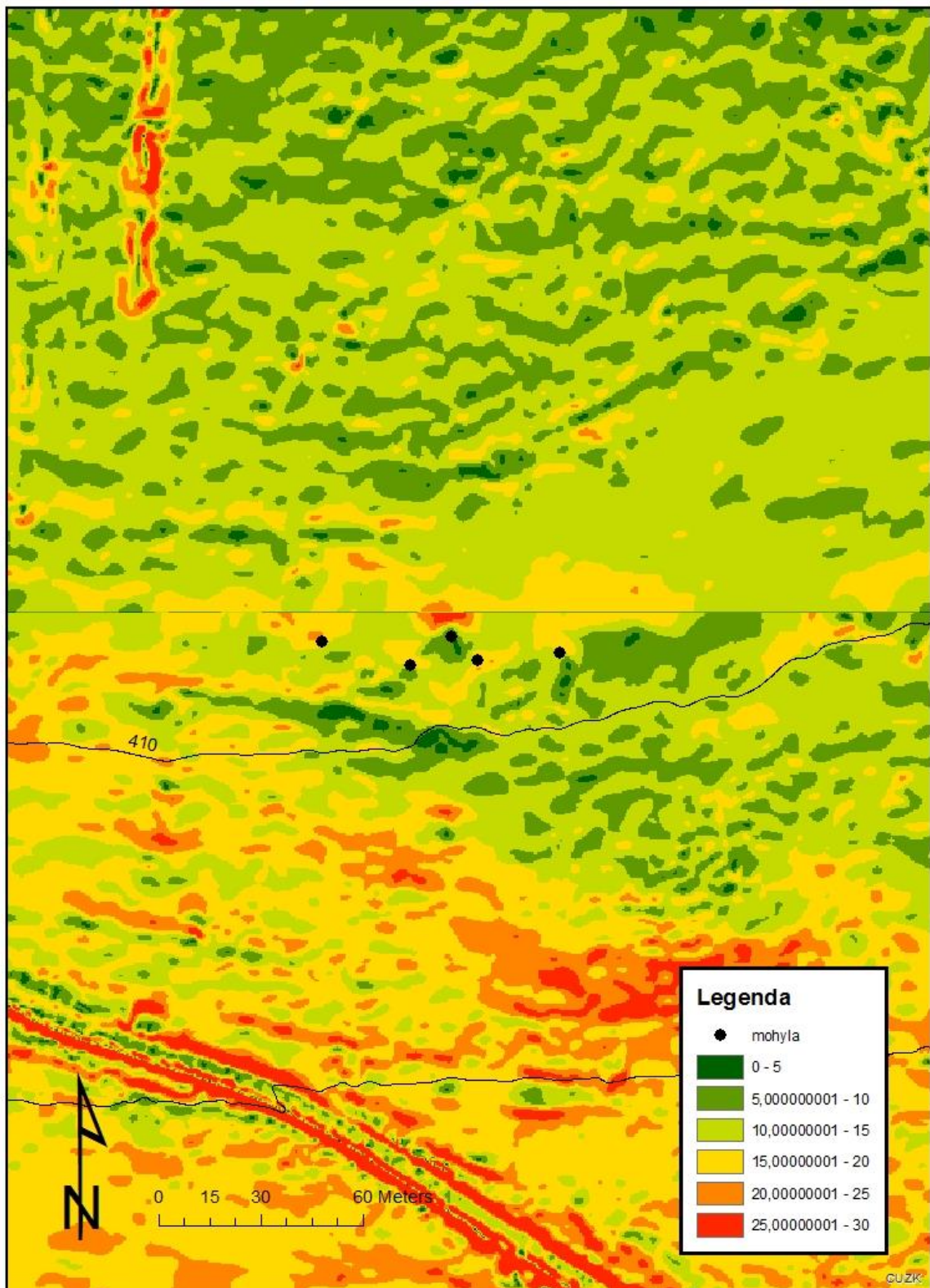
Obr. 55 Pohřebiště Kbel u Přeštic 2 – svažitost terénu (v °)



Obr. 56 Pohřebiště Kbel u Přeštic – svažitost terénu (v °)



Obr. 57 Pohřebiště Stropečko – svažitost terénu (v °)



Obr. 58 Mohyla Les Kopanina – svažitost terénu (v °)

