

Využití UAV pro monitoring historické a recentní těžby safírů v povodí Jizerky v Jizerských horách

UAV application in monitoring the historical and recent sapphire mining in the Jizerka River basin in the Jizerské hory Mts

Lucie KOUCKÁ¹⁾, Vojtěch ZÁSTĚRA²⁾, Jan JELÉNEK³⁾,
Ivan ROUS⁴⁾ & Josef KLOMÍNSKÝ⁵⁾

^{1, 2, 3, 5)} Česká geologická služba, Klárov 131/3, CZ-118 21 Praha 1

¹⁾ e-mail: lucie.koucka@geology.cz; ²⁾ e-mail: vojtech.zastera@geology.cz;

³⁾ e-mail: jan.jelenek@geology.cz; ⁵⁾ e-mail: josef.klominsky@geology.cz

⁴⁾ Severočeské muzeum v Liberci, Masarykova 11, CZ-460 01 Liberec 1;
e-mail: ivan.rous@muzeumlb.cz

Abstract. Together with the Jizerka settlement, Malá Jizerská louka (Small Jizera Meadow) is among the best known sites in the Czech Republic with the occurrence of precious stones (sapphires in particular). Mining took place there since the 15th century but its overall range has not yet been determined. At present, the site is a protected area, however, illegal mining by mineral collectors continues. The aim of the research carried out by the North Bohemian Museum in Liberec and the Czech Geological Service was to use detailed UAV scanning of the Jizerka riverbed to identify the range of sapphire mining and the locations of sapphire-bearing sediments in order to increase the protection of the site. In the first step, surroundings of the confluence of the Safírový potok (Sapphire stream) and Jizerka river were scanned and 3D models of terrain were created for selected areas. Other analyses (such as quantile, hillshade and decorrelation stretch spectral analysis) were used to create a map of the estimated range of mining.

ÚVOD

Osada Jizerka s Malou Jizerskou loukou je nejznámější naleziště drahých kamenů v České republice. Nachází se severně od Horního Polubného v Jizerských horách uprostřed krkonošsko-jizerského granitového masivu. Nejznámější období těžby safíronosných sedimentů Safírového potoka a říčky Jizerky se datuje do 16. až 17. století, kdy tuto lokalitu proslavili italští hledači drahých kamenů. I když je dnes Malá Jizerská louka součástí národní přírodní rezervace Rašeliniště Jizerky a celé území je zahrnuto do Chráněné krajinné oblasti (CHKO) Jizerské hory, mají její strážci problémy s ochranou této lokality, zejména před poškozováním břehů Jizerky sběrateli drahých kamenů.

Cílem výzkumu Severočeského muzea v Liberci, České geologické služby a společnosti Inset, a. s. je nová identifikace zdrojů a lokalit safíronosných sedimentů v této oblasti pro účely zvýšení ochrany nalezišť. V rámci výzkumu je využíváno několika typů měřicích technik. Tato studie je zaměřena na detailní snímkování řečiště Jizerky pomocí UAV (Unmanned Aerial Vehicle, bezpilotní letoun / dron). Cílem bylo testování praktického využití bezpilotních letounů k mapování rozsahu těžby safírů z minulosti a zároveň k monitoringu současné ilegální nepovolené aktivity sběratelů minerálů.

Historie safíronosné oblasti kolem osady Jizerka

Historie osady Jizerka je spjatá se Safírovým potokem, s místem výskytu drahých kamenů – safírů, rubínů a smaragdů. Důkazy o přítomnosti lidí jsou však starší. Na místě Hruškových skal, jednoho z vrcholů lemujících údolí Jizerky, byly nalezeny tři kamenné sekerky, štípaný hrot a fragment okraje keramické nádoby. Nálezy odpovídají pozdnímu neolitu, výskyt lidí lze tak datovat již do tohoto období.

Důvody pro vznik osady ležící pod Bukovcem, v mrazové kotlině říčky Jizerky, lze spojit s výskytem nerostného bohatství. Čtyři kilometry severovýchodně od Jizerky se nachází svah hory Zlote jamy, kde byla archeologicky zkoumána místa dobývání zlata ze 13. až 15. století. Lze proto předpokládat, že prospektoři pronikli na Jizerku už v tomto období. Konkrétní doklad o osídlení Jizerky je z roku 1539, kdy byl popsán spor Jáchyma II. z Biberštejna se Zikmundem I. ze Smiřic. První písemná zmínka o Jizerce je i zmínkou o těžbě, jelikož Biberštejnové uváděli, že jejich lidé zde už „před sto lety písky promývali a drahé kameny v nich hledali“ (Nevrlý et al. 2006).

Roku 1607 vyslal Rudolf II. na Jizerku svého zmocněnce, aby naleziště zhodnotil a zajistil pro panovníka přednostní právo nákupu drahokamů (Karpaš 2009). Později, začátkem 17. století, povolala Kateřina z Redernů na Malou Jizerskou louku na pomoc italské hledače drahokamů, kteří tuto lokalitu proslavili. Jejich hlavní pozornost byla upřena na různě barevné safíry a zirkony. Z klenotnického hlediska pouze malá část dosahovala drahokamové kvality. V 19. století, přesněji v roce 1829, přichází na Jizerku sklářství v podobě první Riedlovky hutě a pozornost se upíná k žilnému křemenu. Zájem o drahé kameny z Malé Jizerské louky však stále trvá i v současnosti, zejména mezi sběrateli minerálů.

Testovací lokalita UAV

K testování praktického využití UAV techniky k mapování rozsahu těžby safírů v povodí Jizerky a monitoringu ilegální nepovolené aktivity současných sběratelů minerálů byla zvolena plocha na levém břehu nivy Jizerky nad jejím soutokem se Safírovým potokem (Obr. 1a). Nachází se zde centrum velkoobjemové těžby a opakujícího se geologického průzkumu safíronosných sedimentů z 60. let 20. století a současně opakující se nájezdy sběratelů minerálů. V minulém století zde byl s velkou pravděpodobností odtěžen i velký objem terasových sedimentů Jizerky k neznámému technologickému využití. Svědčí o tom skládka jalového nadloží umístěná uprostřed říční nivy (Obr. 2a). Objem vytěženého materiálu skřívky byl na testované ploše 1200 m² cca 3000 m³ (Obr. 2b).

METODIKA

Metodika použití UAV techniky

V rámci pilotního průzkumu byla vybraná lokalita nasnímána RGB (red, green, blue) kamerou a multispektrálním senzorem Parrot Sequoia, které byly umístěny na UAV DJI Phantom 4. Obrazový záznam byl proveden v srpnu 2018 z výšky 36 m podle předem definované trasy (Obr. 3) tak, aby bylo dosaženo 70% překryvu snímků. Tento překryv zajišťuje správné fotogrammetrické propojení snímků při tvorbě 3D modelu. Zároveň bylo létáno za jasného dne bez oblačnosti, aby byl zajištěn záznam relevantních multispektrálních dat.

U nasnímaných dat, ať již z RGB či multispektrální kamery, proběhla nejprve selekce pořízených snímků pro další zpracování pomocí fotogrammetrie. Po zorientování snímků v prostoru bylo vytvořeno husté bodové mračno znázorňující zaznamenaný povrch, které nese již prostorovou i výškovou informaci (x, y, z). Toto mračno bodů slouží jako základ k vytvoření 3D modelu oblasti (Obr. 2), digitálního modelu terénu (DMT) a také ortofoto snímku tohoto území. Tímto způsobem byl získán DMT, ortofoto snímek a multispektrální snímek celé oblasti v prostorovém rozlišení 12,5; 4,44; respektive 3,11 cm/px.

Výškové analýzy DMT

Následná analýza byla provedena na základě digitálního modelu terénu (dále DMT), který byl rozčleněn do 32 barevných tříd pomocí metody Quantile (Obr. 4). Metoda Quantile, česky kvantilů, rozděluje v rámci definovaného počtu intervalů data do tříd, vždy se stejně velkým počtem prvků ve třídách. Metoda je vhodná pro zvýraznění změn u středních hodnot datového souboru, v tomto případě výškopisu. Zároveň bylo vytvořeno stínování reliéfu metodou Hillshade s osvitom ze čtyř stran (Obr. 5). Tímto způsobem bylo docíleno prostorové vizualizace, která umožnila lépe porozumět zkoumanému terénu. V posledním kroku byl vytvořen výškový profil (Obr. 2c, 6a) jdoucí napříč nivou Jizerky, který byl využit k vykreslení geologických vrstev. Všechny tyto výškové analýzy poskytly důležitý zdroj informací, který vedl k detekci rozsahu těžby znázorněné na Obr. 6.

Spektrální analýza

Na testovací lokalitě došlo také k záznamu multispektrálních dat. Analýza multispektrálního obrazu byla provedena na základě spektrálních pásem kamery Parrot Sequoia: Green, Red a NIR. Multispektrální snímkování je metoda, při které se měří množství elektromagnetického záření odraženého nebo vyzařovaného zemským povrchem. Pro zvýraznění informace, která je obsažena v obrazových datech, byla využita metoda Decorrelation Stretch (Obr. 7), která odstraňuje vzájemnou korelaci, běžně se vyskytující v multispektrálních datech. Díky tomu je obraz barevně zvýrazněn tak, že je možné interpretovat jinak neznatelné rozdíly ve vlastnostech povrchu. Jednotlivé barvy v obraze je třeba chápat jako prostorové clustery, vymezující plochu o podobných vlastnostech. Ty však nejsou předem nijak konkrétně definovány a interpretace je tak zcela na odborníkovi.

VÝSLEDKY

Odhad množství safírů vytěžených na monitorované ploše nivy Jizerky

Z analýz DMT a terénního výzkumu je patrné, že část nivy Jizerky nad soutokem se Safírovým potokem (Obr. 2b) byla postižena plošně rozsáhlou povrchovou těžbou v 60. letech 20. století, v podobě odstranění cca 2,5 m mocné nadložní jalové vrstvy říčních sedimentů. Tímto způsobem byla obnažena safíronosná poloha štěrkopísků o mocnosti 30–50 cm nasedající přímo na skalní podloží. Pomocí GIS softwaru byla stanovena rozloha tohoto území na cca 1 200 m². Podle zjištění Nováka & Vavřina (1973) zde bylo v jedné tuně mokrého písku nalezeno 40 safírů větších než 2 mm. Při průměrné objemové hmotnosti mokrého písku 2 t/m³ tak dostáváme hmotnost těžené zeminy 6 000 tun. Počet nalezených safírů v celé safíronosné vrstvě pak mohl dosáhnout počtu kolem 38 000 při průměrném obsahu 80 safírů/m³.

Rozsah historické těžby

V oblasti soutoku Safírového potoka a Jizerky bylo na základě dat RGB identifikováno území představující rozsah minulé těžby na levém břehu potoka. Také v případě nasnímaných multispektrálních dat obrazová analýza tuto oblast odvalu skrývky zřetelně vymezila (Obr. 7a – žluté odstíny). Stejnou barvou se projevuje také velká část pravého břehu potoka (Obr. 7b).

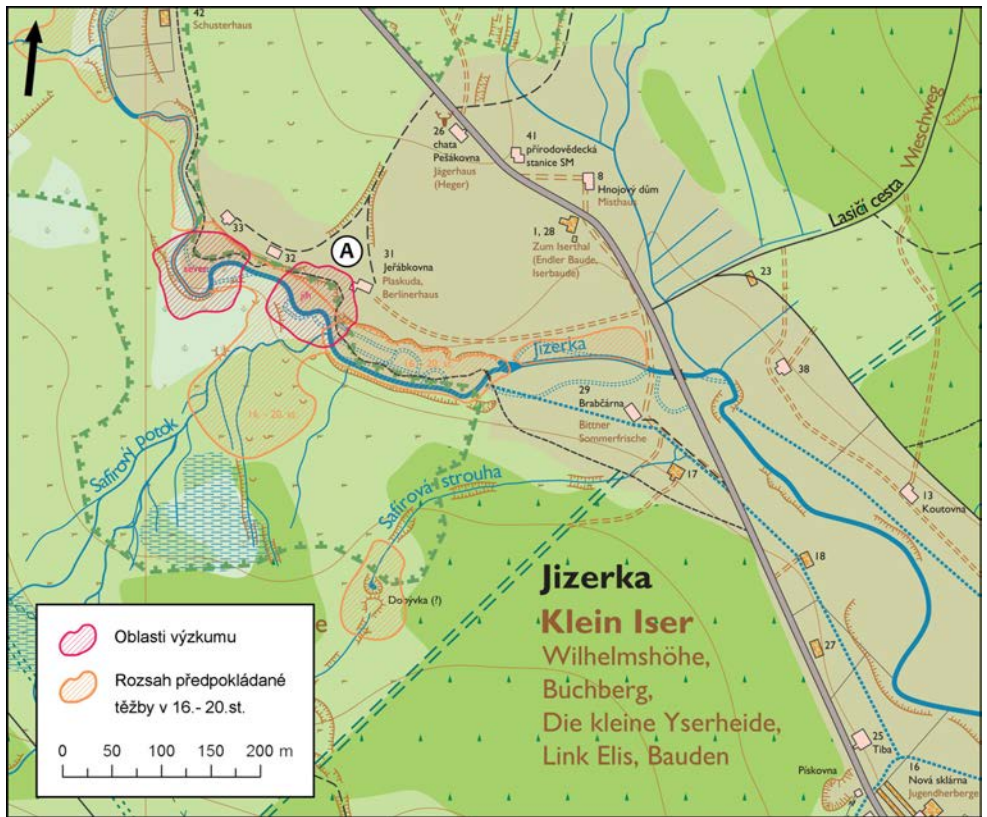
To by mohlo potvrzovat původně neznámý odval skrývky jižně od Jizerky. Fialové odstíny v tomto případě představují oblasti bez výrazného poškození kopáním, tedy pravděpodobně původní půdní a vegetační pokryv. Světle modré odstíny představují plochy bez vegetace, či se suchou vegetací.

ZÁVĚR

Místem výzkumu bylo zvoleno území levého břehu potoka Jizerky v oblasti soutoku se Safírovým potokem. Jedná se o území spadající do národní přírodní rezervace Rašeliniště Jizerky. V rámci tohoto pilotního průzkumu byla oblast nasnímana UAV pomocí RGB kamery a multispektrálního senzoru Parrot Sequoia. Díky získaným datům byl tým České geologické služby schopen vytvořit digitální model terénu, který byl využit ke stanovení rozsahu těžby a zároveň výpočtu odhadovaného množství nalezených safírů kolem 38 000 kusů větších než 2 mm. Zároveň byla provedena analýza multispektrálních dat, která naznačuje, že podobný osud postihl i oblast jižního břehu. Jedná se zatím o prvotní výsledky, které budou dále zkoumány. Zároveň je toto území pouze malou částí oblasti výskytu safírů. Monitoring pomocí UAV techniky tak bude probíhat i nadále v blízkém okolí toku Jizerky, za účelem získání dalších poznatků o minulé těžbě a zároveň se snahou pomoci Správě CHKO Jizerské hory v ochraně této národní přírodní rezervace.

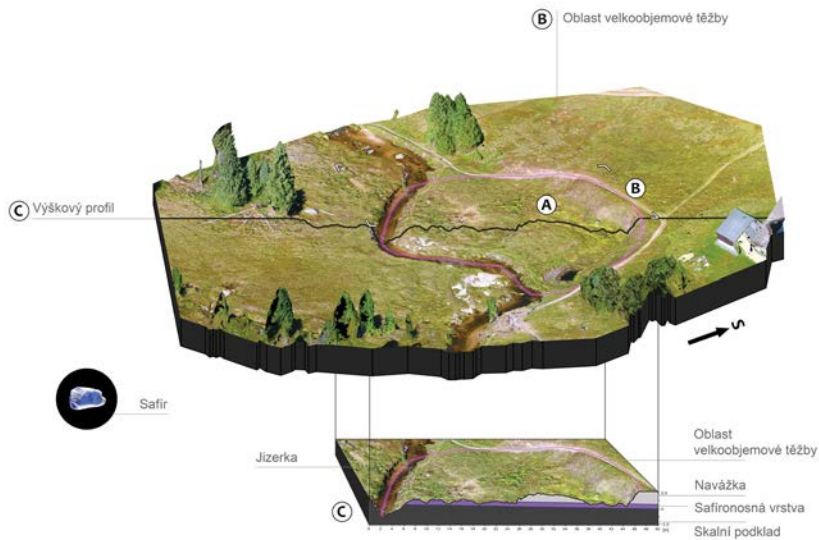
LITERATURA

- NEVRLÝ M., SIMM O. & PIKOUS J. 2006: *Tři iseriny*. Jizersko-ještědský horský spolek, Liberec, 152 pp.
- KARPAŠ R. (ed.) 2009: *Jizerské hory – o mapách, kamení a vodě*. Nakladatelství RK, Liberec, 576 pp.
- NOVÁK F. & VAVŘÍN I. 1973: Drahokamové odrůdy korundu z Malé Jizerské louky v Jizerských horách. *Sborník Národního Muzea v Praze, Řada B – Přírodní vědy* **29(3–5)**: 157–162.



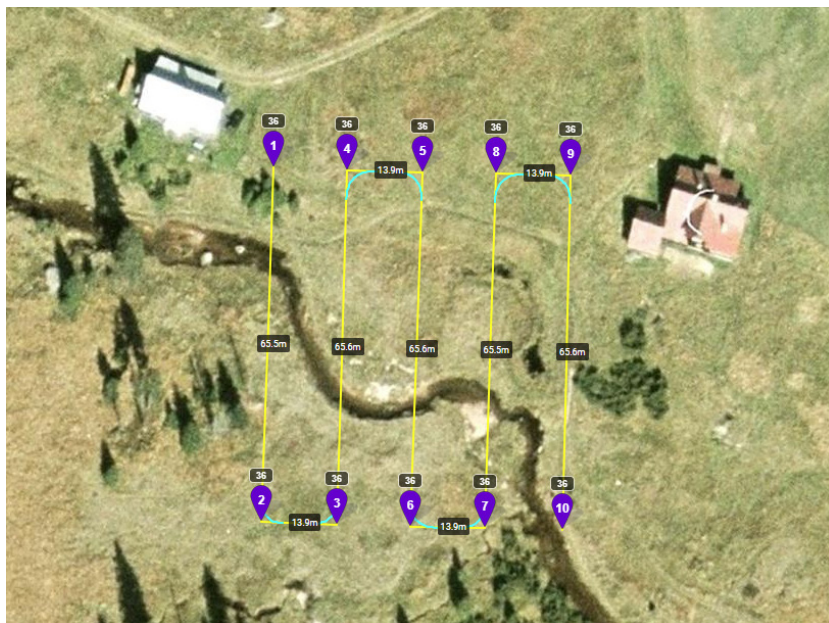
Obr. 1. Topografická mapa soutoku Saffirového potoka a Jizerky s vyznačením předpokládaných rozsahů těžby. Stav poznání před využitím technik UAV. A: Testovací lokalita UAV.

Fig. 1. Topographic map of the confluence of the Saffirový potok (Sapphire stream) and Jizerka river, with highlighted area of the estimated range of mining. The state of knowledge before the UAV application. A: UAV testing zone.



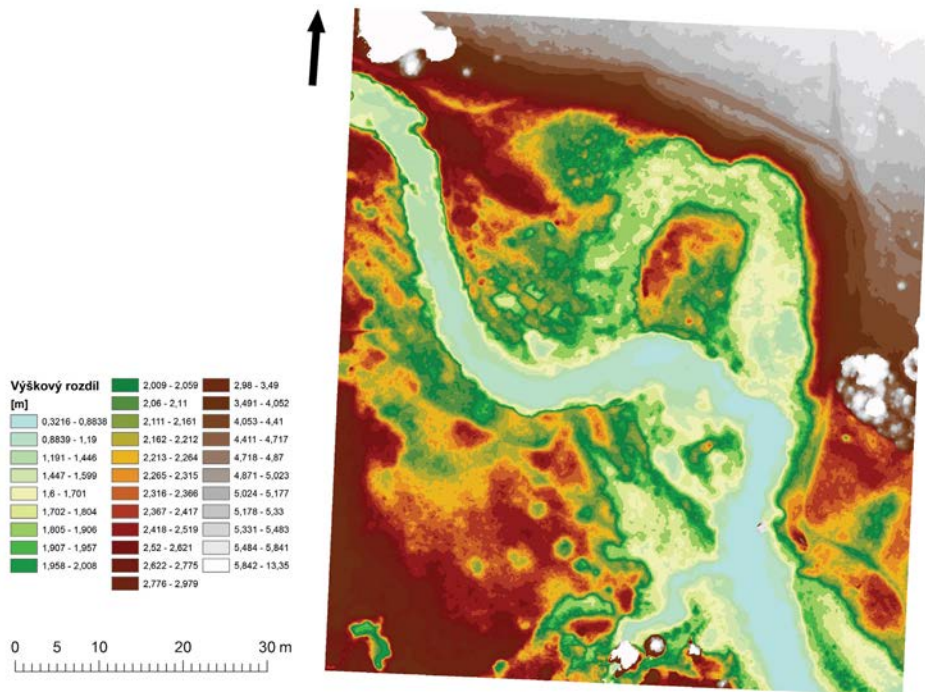
Obr. 2. 3D model zkoumané oblasti vytvořený z dat UAV: A – nadložní skryvka, B – oblast velkoobjemové těžby, C – výškový profil.

Fig. 2. 3D model of the examined area generated from the UAV data set. A – overburden removal, B – high-volume mining area, C – elevation profile.



Obr. 3. Předem stanovená trasa letu UAV.

Fig. 3. The scheduled route of the UAV flight.

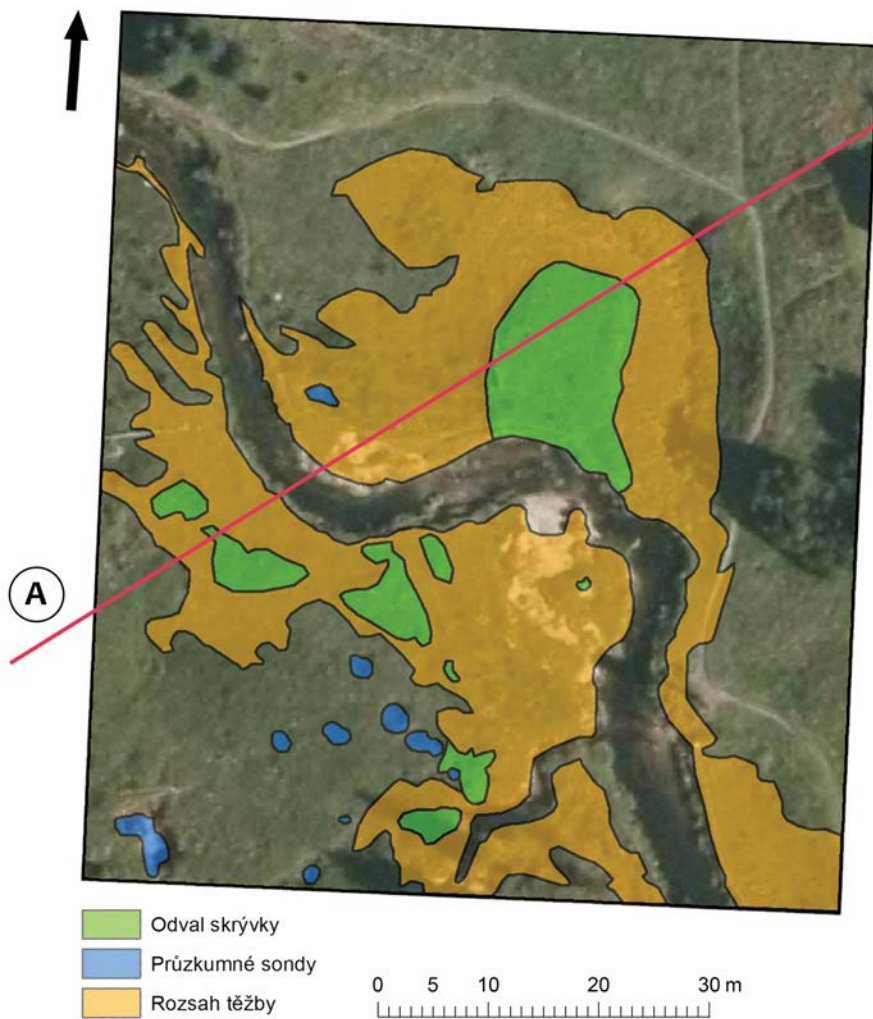


Obr. 4. Digitální model terénu rozbarvený do 32 tříd.
 Fig. 4. A digital terrain model coloured into 32 classes.

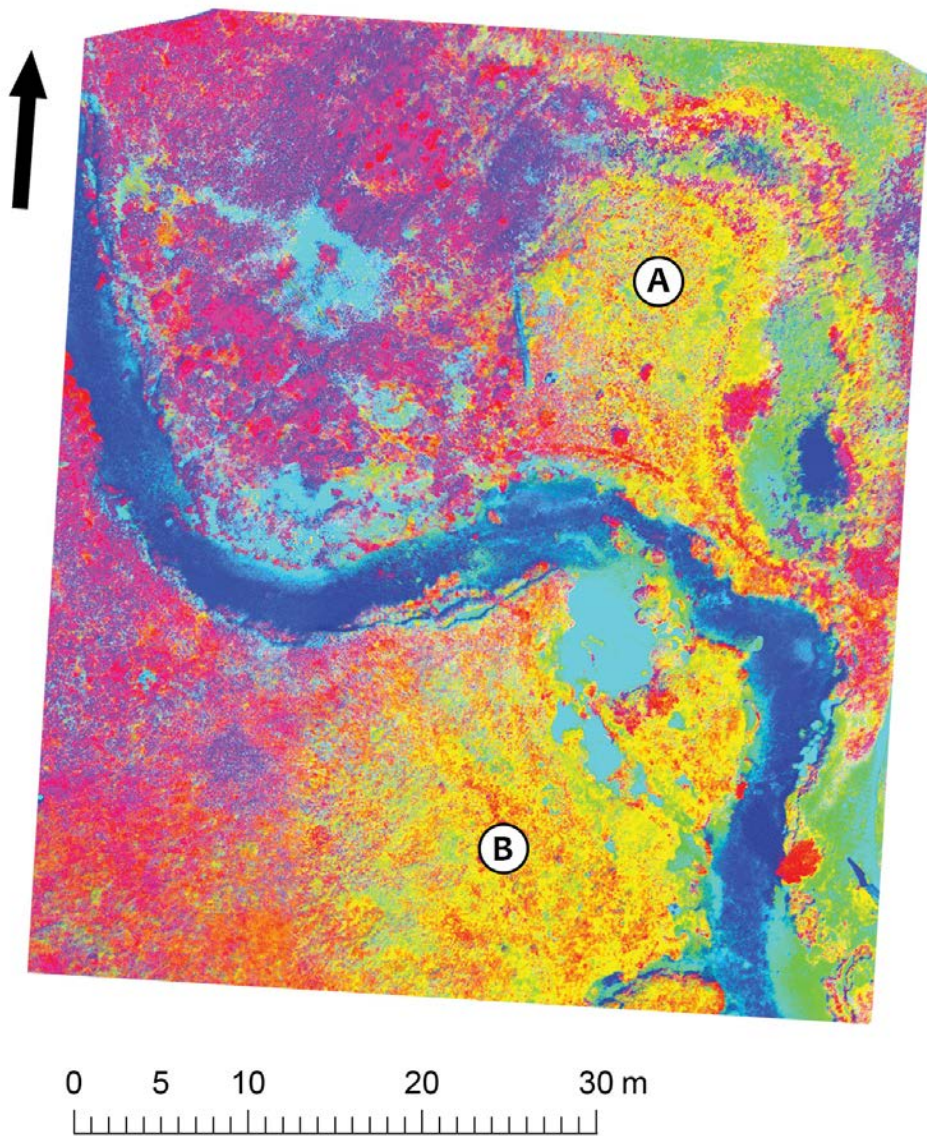


0 5 10 20 30 m

Obr. 5. Stínovaný reliéf.
Fig. 5. Shaded relief.



Obr. 6. Předpokládaný rozsah těžby stanovený na základě výškových analýz. A – výškový profil.
 Fig. 6. Estimated range of mining determined using an elevation analysis. A – elevation profile.



Obr. 7. Spektrální analýza obrazu metodou Decorrelation Stretch. A – skrvka v oblasti testovacího území, B – původně neznámý odval skrvky.

Fig. 7. Spectral image analysis using the decorrelation stretch method. A – overburden removal in the testing zone, B – originally unknown slag heap of the overburden removal.