

Rekonstrukce reliéfu v oblastech s povrchovou těžbou hnědého uhlí

Jan PACINA; Kamil NOVÁK

ANOTACE: Článek popisuje možnosti rekonstrukce reliéfu v oblastech s povrchovou těžbou hnědého uhlí v Ústeckém kraji s využitím mapových archiválií a archivních leteckých snímků. Z těchto dat byla vytvořena rekonstrukce reliéfu v různých časových obdobích a celá oblast Mostecké pánve byla vytištěna na 3D tiskárně v podobě před započítím těžby a ve svém současném stavu. Detailně je představen vývoj reliéfu v okolí města Most, který je symbolem destrukce osídlení spojeného s povrchovou těžbou.



1

Rekonstrukce reliéfu je jeden z možných způsobů, jak zachytit původní tvar krajiny. To je důležité zejména v takovém regionu, jako je Mostecká pánev. Vlivem povrchové těžby hnědého uhlí (velkolomy, výsypky) zde bylo změněno mnoho tisíc hektarů krajiny. Pro rekonstrukci reliéfu jsou zapotřebí data, která obsahují informaci o tom, jak terén v minulosti vypadal – ve většině případů využíváme staré mapy a letecké snímky. Z dat je nutné získat informaci o nadmořské výšce, která je dále zpracovaná do formy digitálního modelu reliéfu (DMR) nebo digitálního modelu povrchu (DMP). Rozdíl mezi DMR a DMP je následující:

- DMR zahrnuje pouze terén bez vegetace, zástavby a dalších objektů,
- DMP vzniká např. z leteckých fotografií, a tak jsou jeho součástí všechny objekty na fotografii viditelné – zahrnuje tedy vegetaci, sloupy elektrického vedení, auta na komunikacích, domy apod.

Vstupní data

Reliéf může být rekonstruován z různých datových zdrojů. V rámci tohoto textu budeme pracovat s následujícími datovými sadami:

- mapy s odpovídajícími výškopisnými informacemi,

- fotogrammetricky zpracované letecké snímky,
- mračno bodů získané z laserového skenování (LIDAR).

Tyto datové zdroje vyžadují rozdílný proces zpracování. Staré mapy obsahují vrstevnice, které musejí být ručně vektorizovány a následně vhodnou metodou interpolovány do podoby výškového rastru (DMR). Jak už bylo řečeno, DMR reprezentuje tzv. *holý terén* (angl. *bare ground*), což je model terénu bez objektů vytvořených lidskou činností (budovy, sloupy vysokého napětí aj.) a vegetace. Ze zpracovaných leteckých snímků získáváme DMP, který zahrnuje vše, co je na snímcích vidět (např. budovy), a při interpretaci výsledků je potřeba brát tento fakt v úvahu. Nejnovější metoda, LIDAR (light detection and ranging), umožňuje přesné laserové skenování povrchu, který získáváme ve formě hustého mračna bodů. Velkou výhodou LIDAR skenování je klasifikování jednotlivých bodů na různé třídy (holá zem, koruny stromů aj.); můžeme tak získat DMR i DMP v závislosti na zvolené třídě bodů.

Staré mapy

Výškopis je na starých mapách reprezentován mnoha způsoby. Na nejstarších mapách je georeliéf znázorněn kreslenými kopečky. Poz-

Obr. 1. Změny reliéfu v Mostecké pánvi. Převzato z: Stanislav Šrýs, *The Region of Most – A New Born Landscape, Most 2000.*

ději se pro vizualizaci terénu používaly šrafy, které však graficky velmi zatěžovaly mapu. Martina Vichrová ukázala, že rekonstrukce terénu z těchto typů jeho reprezentací je v mnoha případech velmi problematická nebo úplně nemožná.¹ Pro rekonstrukci reliéfu jsou tedy vhodnější mapy, ve kterých je výškopis popsán vrstevnicemi.

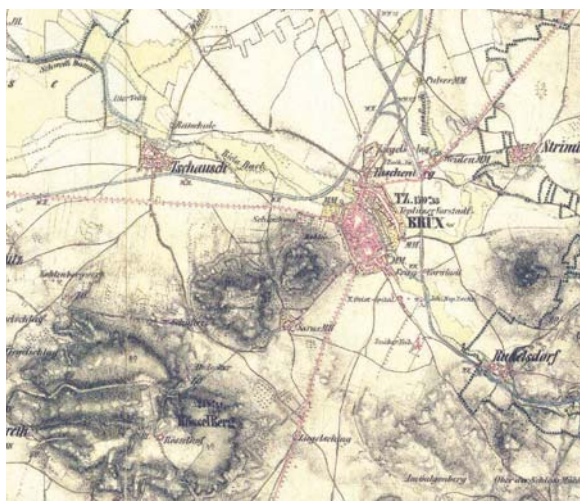
Pro rekonstrukci původního tvaru reliéfu bylo žádoucí použít co nejstarší mapový podklad. Nejstarší mapy, které mají výškopis popsán vrstevnicemi, jsou mapy 3. vojenského mapování. Jejich nejstarší vydání (poprvé mapováno v roce 1868) obsahuje na rozdíl od 2. vojenského mapování výškopis vyjádřený pomocí vrstevnic i pomocí šrafování. Toto vydání map

■ Poznámky

1 Martina Vichrová, Digital terrain model of the Second Military Survey – Two model territories: the surroundings of the town Rokycany and part of the military training area Brdy, *e-Perimetron VII*, 2012, s. 124–135.



2



3



Obr. 2. Výškopis reprezentovaný kopečky na Müllerově mapě Čech (vlevo) a šrafování na 2. vojenském mapování (vpravo). Autor: Jan Pacina na základě podkladů z <http://larchivnimapy.cz/kz.cz/>.

Obr. 3. Výškopis reprezentovaný vrstevnicemi na mapách 3. vojenského mapování (vlevo) a SM-5 z roku 1953 (vpravo).

3. vojenského mapování se bohužel pro oblast Mostecké pánve nedochovalo. Pro rekonstrukci reliéfu byly tedy použity mapy 3. vojenského mapování reambulované ve 30. letech 20. století v měřítku 1 : 25 000 (tzv. topografické sekce). Tyto mapy obsahují vrstevnice (v závislosti na struktuře terénu) o intervalu 5–20 m.

Další důležitý mapový zdroj pro rekonstrukci reliéfu jsou Státní mapy odvozené v měřítku 1 : 5 000 (SMO-5). Mapy SMO-5 od 50. let 20. století pokrývají celou Českou republiku (resp. Československo) a jsou obnovovány v pravidelném intervalu. Tyto mapy nejsou tvořeny z přímých měření, ale jsou odvozeny z již

existujících mapových zdrojů. Výškopis je v mapách reprezentován ve formě vrstevnic, výškových bodů a technického šrafování. Základní interval vrstevnic je 1–5 m v závislosti na členitosti terénu.² U prvních vydání SMO-5 byl výškopis přebírán z výškopisných příložných map nebo topografických map 1 : 25 000 obdobnou fotomechanickou transformací. V současné době je výškopis nejčastěji přebírán ze Základní mapy ČR 1 : 10 000 (ZM 10), interval základních vrstevnic není jednotný a především v rovinných územích nedostatečně vyjadřuje výškové poměry.³

Letecké snímky

Letecké měřické snímky (LMS) jsou další alternativou rekonstrukce reliéfu. Metody digitální fotogrammetrie umožňují relativně snadné získání digitálních modelů povrchu z velkých oblastí. Díky automatickému zpracování mají tato data velkou výhodu oproti ruční vektorizaci vrstevnic ze starých map. Archivní letecké snímky jsou ovlivněné dlouhou dobou skladování

a technickými možnostmi odpovídajícími době pořizování. Snímky jsou zrnité, poškrábané a místy špatně čitelné. Tento fakt ovlivňuje automatickou tvorbu digitálního modelu povrchu. V každém případě jsou tato data důležitou a neocenitelnou součástí projektu.

Laserové skenování

Velmi přesná výšková data z laserového skenování jsou dostupná od roku 2012. Digitální model reliéfu České republiky 4. generace (DMR 4G) a 5. generace (DMR 5G) představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností

■ Poznámky

2 Bohuslav Veverka, Topografická a tematická kartografie 10, Praha 2004.

3 Veronika Vyčichlová – Václav Čada, Hodnocení kvality a přesnosti Státní mapy 1 : 5 000, in: Václav Čada – Karel Jedlička (eds.), Sborník 14. kartografické konference „Úloha kartografie v geoinformační společnosti“, Plzeň 2001.

Obr. 4. Výškový nastr generovaný v prostředí GIS GRASS metodou Regularized Spline under Tension s viditelnými artefakty interpolace.

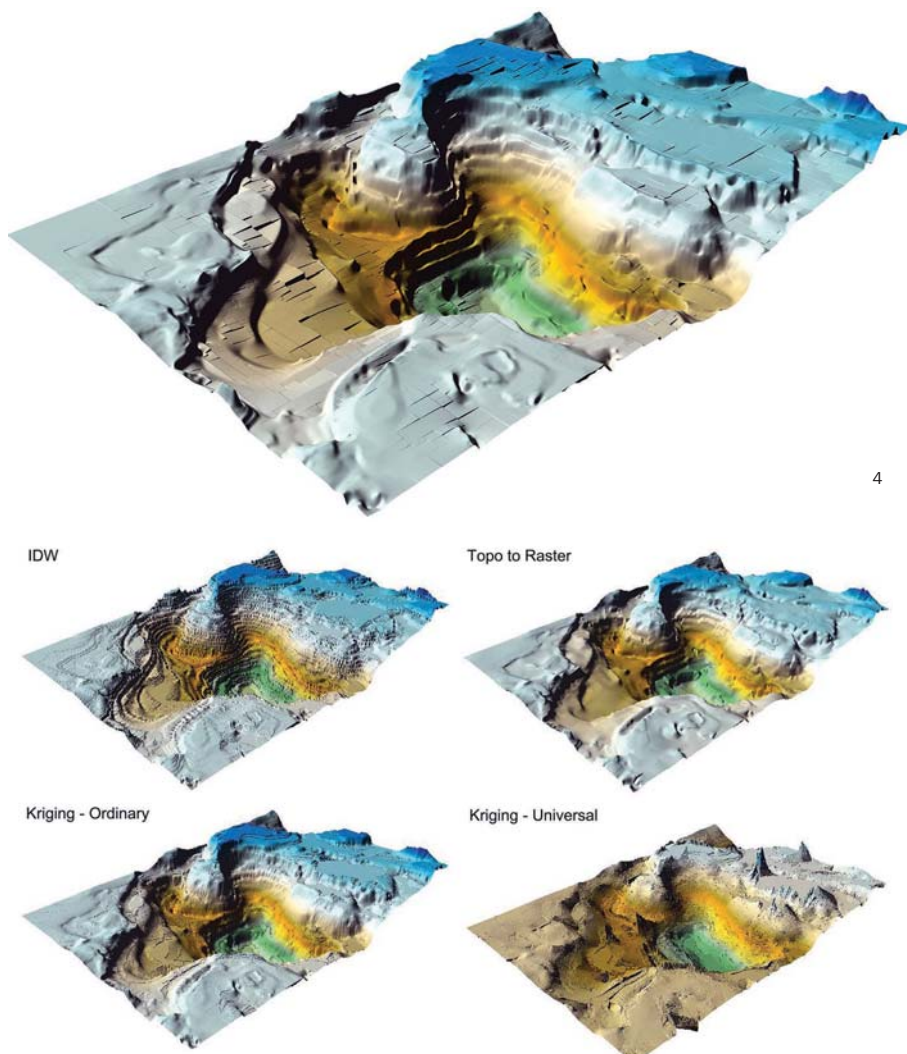
Obr. 5. Interpoláčnı metody testované v rámci prostředí ArcGIS.

upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskretních bodů. DMR 4G obsahuje body v pravidelné síti (5×5 m) o souřadnicích X, Y, H, kde H reprezentuje nadmořskou výšku ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání s úplnou střední chybou výšky 0,3 m v odkrytém terénu a 1 m v zalesněném terénu. DMR 5G obsahuje informaci o charakteru reliéfu ve formě výšek diskretních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů také o souřadnicích X, Y, H, s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu.⁴ S ohledem na aktuálnost jsou tato data využívána pro reprezentaci současného stavu reliéfu.

Rekonstrukce reliéfu

Při rekonstrukci reliéfu ze starých map musíme převést získané vrstevnice (výškové body aj.) na rastrovou reprezentaci (DMR), která spojitě popisuje danou oblast. Pro tvorbu DMR existují různé interpolační metody, implementované v prostředí GIS. Algoritmy použité pro interpolaci DMR v oblasti s povrchovou těžbou musí být schopné dobře popsat velmi specifický antropogenní terén. Každý typ povrchu a vstupních dat vyžaduje jiný typ interpolační metody.⁵ V rámci projektu tak byly testovány interpolační algoritmy implementované v prostředí GIS GRASS a ArcGIS. Pro potřeby testování bylo vybráno menší území v místě současného Mosteckého jezera.

V prostředí GIS GRASS byla testována metoda Regularized Spline under Tension (RST), protože by vzhledem ke svým vlastnostem⁶ měla splňovat požadavky na tvorbu kvalitního DMR v oblastech s těžbou uhlı. Interpolaci RST ovlivňují zejména parametr pnutí (tension) a parametr vyhlazenı (smooth). Parametr pnutí nastavuje tuhost výsledného povrchu od tenkého ocelového plátu po gumovou membránu a parametr vyhlazenı ovlivňuje, jak přesně bude generovaný povrch procházet vstupními body, tedy jak bude výsledný povrch hladký. Parametry pnutí i vyhlazenı byly experimentálně testovány v rámci 12 generovaných modelů. Všechny DMR vytvořené metodou RST mají viditelné artefakty interpolace (zejména segmentace na menší oblasti), a tudíž byla tato metoda nakonec vyhodnocena jako nevhodná (viz obr. 3).



Na základě výsledků byl pro použití v rámci rekonstrukce reliéfu vybrán interpolační algoritmus *Topo to Raster*, implementovaný v ArcGIS. Kvalita výsledných DMR odpovídá požadavkům zpracovávaného projektu.⁷

S využitím této interpolační metody můžeme zpracovat celou oblast, která je plně pokryta zpracovanými mapami. Jediným limitem je práce operátora, jelikož ruční vektorizace vrstevnic není příliš efektivní. S ohledem na tento problém byly testovány metody automatické vektorizace, ale vzhledem k množství uměle generovaných chyb ve výsledných datech byl tento přístup odmítnut.

Pro tvorbu DMP z LMS pomocí metod automatické pixelové korelace⁸ jsou zapotřebí LMS

ne et al., Accuracy of interpolation techniques for the derivation of digital elevation models in relation to landform types and data density, *Geomorphology* LXXVII, 2006, s. 126–141.

⁶ Tomas Cebecauer – Jaroslav Hofierka – Marcel Šúri, Processing digital terrain models by regularized spline with tension: tuning interpolation parameters for different input datasets, in *Proceedings of the Open Source GISGRASS users Conference 2002*, Trento Italy 11–13 September 2002, Trento 2002; Marcus Neteler – Helena Mitasová, *Open Source GIS: a GRASS GIS approach*, Boston 2007.

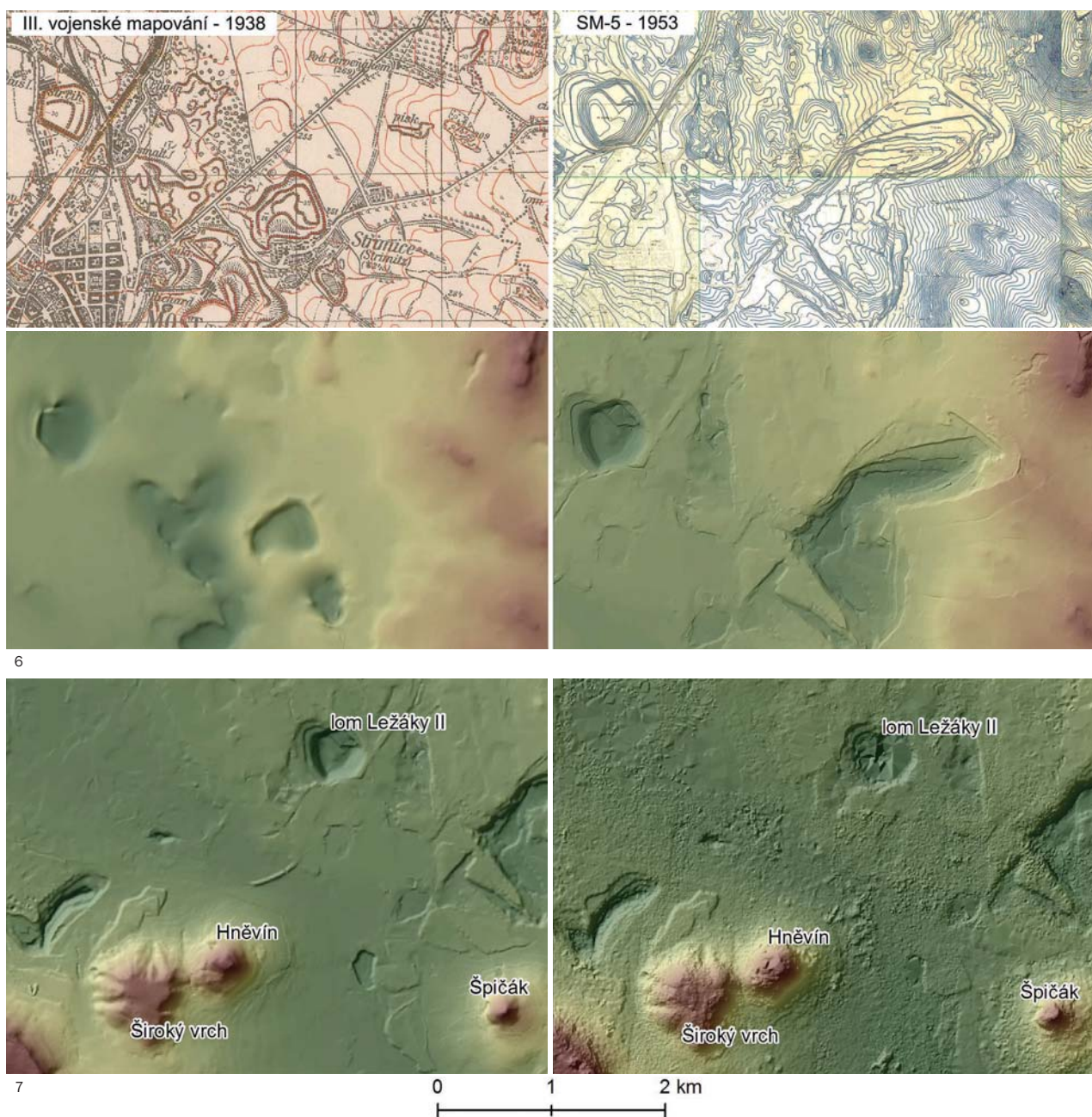
⁷ Wilfried Karel – Norbert Pfeifer – Christian Bries, DTM quality assessment, in: Wolfgang Kainz – Alexander Pucher (eds.), *ISPRS Technical Commission II Symposium*, Vienna 2006, s. 7–12.

⁸ Karl Kraus, *Photogrammetry: Geometry from Images and Laser Scans*, Berlin 2007; Geert Verhoeven – Michael Doneus – Christian Bries – Frank Vermeulen, Mapping by matching: a computer vision-based approach to fast and accurate georeferencing of archaeological aerial photographs, *Journal of Archaeological Science* XXXVII, s. 2060–2070.

■ Poznámky

⁴ Petr Dvořák – Josef Švec, Vývoj hydrické rekultivace zbytkové jámy lomu Most-Ležáky, *Vesmír* LXXXVIII, 2009, s. 46.

⁵ Vincent Chaplot – Frédéric Darboux – Hocine Bouenna-



Obr. 6. Ukázka výsledného DMR vytvořeného z vrstevnic 3. vojenského mapování (vlevo) a SM-5 (vpravo) v okolí starého Mostu.

Obr. 7. Porovnání výsledných rekonstrukcí reliéfu v okolí Mostu (rok 1953) z vrstevnic (vlevo) a z leteckých snímků (vpravo). U DMP vpravo jsou viditelné šумы způsobené nekvalitními leteckými snímky.

s minimálním překrytem 60 %. Pro zpracování archivních LMS byl použit modul *Classic ATE* implantovaný v prostředí *Imagine Photogrammetry* a dále program *PhotoScan* od firmy *Agisoft LLC*. Jak již bylo zmíněno, zpracovaná data z archivních LMS obsahují velké množství chyb a šumu – viz obr. 7. Nicméně je to i tak důleži-

tý datový zdroj, díky kterému můžeme modelovat krajinu před začátkem povrchové těžby hnědého uhlí v regionu.

Zpracování dat z laserového skenování záleží na formátu dat, který získáme od dodavatele. V našem případě jsou data ve formátu souřadnice [X, Y, Z]. Tyto výškové body jsou importovány do prostředí GIS a následně převedeny do spojitě reprezentace (DMR).

V rámci projektu byly provedeny rekonstrukce reliéfu z celého Ústeckého kraje. Nejpodrobněji byly zpracovány oblasti přetvořené povrchovou těžbou uhlí – zde byla provedena rekonstrukce reliéfu zpravidla (téměř) ze všech dostupných výškových podkladů. Jako nejstarší byly použity již zmiňované mapy 3. vojenského mapování

a pokračuje se přes mapy SMO-5 (50., 70., 80. léta) až do současnosti. Rekonstrukce z map byla v několika oblastech doplněna tvorbou DMP z archivních LMS. Všechna zpracovaná data jsou prezentována v rámci internetové mapové aplikace. V tomto textu je v části Případová studie ukázána podrobná rekonstrukce reliéfu v místě starého Mostu.

Tisk modelu na 3D tiskárně

Počátky technologie 3D tisku se objevily již v roce 1986, kdy si Charles Hull nechal patentovat technologii zvanou stereolitografie – metodu, která používá ultrafialový laserový paprsek, který se pohybuje pod kontrolou počítače a je namířen na povrch polymerové kapaliny, kde



8

Obr. 8. 3D model oblasti Mostecké pánve vybrané pro 3D tisk.

Obr. 9. Ukázka vytištěných 3D dlaždic z okolí vodní nádrže Nechanice – současnost (vlevo) a minulost (vpravo).

Obr. 10. Detail vytištěného 3D modelu – okolí jezera Most.

kreslí jednotlivé vrstvy daného objektu. Vznikl tak základ dnešního 3D tisku.

3D tisk neboli trojrozměrný tisk je technologie, která umožňuje vytvoření jakéhokoliv pevného objektu pomocí počítačové předlohy. Podkladem je tedy digitální model tisknutého objektu. Digitální model terénu složený z vrstevnic vzniká tak, že 3D tiskárna pokládá jednu vrstvu za druhou. Základem je tedy software, který dokáže rozložit model do tenkých vrstev. V současné době se mohou modely vytvářet z plastu, kovu, kompozitu, skla, nebo dokonce i z materiálu biologického charakteru. Zdroj materiálu využívají tiskárny v práškové formě. 3D tisk je dnes využíván v mnoha oblastech průmyslu, architektury, umění, medicíny, strojírenství a školství.⁹

Pro 3D tisk byla vybrána oblast Mostecké pánve, protože v této oblasti dochází k největším změnám krajiny z celého Ústeckého kraje. Celkem byly připraveny a vytištěny dva 3D modely – model z roku 1953, vytvořený na základě vektorizovaných vrstevnic z map SMO-5, a model současný, vytvořený na základě dat



9



10

■ Poznámky

⁹ Karolína Noskyová – Kateřina Štefíková – Václav Vlk, 3D tisk. Semestrální práce na FA ČVUT v Praze, dostupné z: http://geo3.fsv.cvut.cz/vyuuka/kapr/sp/2012/noskyova_stefikova_vlk/noskyova_stefikova_vlk_pr.pdf, vyhledáno 13. 10. 2014.



11



12

Obr. 11. Ukázka rekonstrukce reliéfu Mostecké pánve – rok 2012.

Obr. 12. Zájmová oblast s přehledem přilehlého okolí. Převzato z: <http://lgs.cuzk.cz>.

V rámci této lokality byla provedena detailní rekonstrukce reliéfu v různých fázích těžby. Výsledky této analýzy nám umožňují lépe porozumět celkové změně krajiny v tomto regionu. Tvar georeliéfu může být rekonstruován z výškopisných informací obsažených ve starých mapách nebo např. z archivních leteckých snímků, které jsou zpracovány standardními metodami fotogrammetrie. DMR jsou díky technologii geografických informačních systémů a GIS internetovým technologiím nabízeny vědecké společnosti i široké veřejnosti.

Jezero Most

Lokalita jezera Most je probíhající hydrickou rekultivací zbytkové jámy hnědouhelného lomu Ležáky-Most. První záznamy o dolování v oblasti budoucího dobývacího prostoru lomu Ležáky-Most pocházejí již z roku 1762. V průběhu 18. a 19. století na lokalitě těžilo mnoho hlubinných dolů. O povrchové těžbě se zde začíná mluvit v souvislosti s dolem Jan (Johann, Johann-Tiefbau), který byl založen v roce 1870. Dobýval původně hlubinně, ale brzy přešel na dobývání čistě povrchové. Na počátku 20. století přecházejí na povrchovou těžbu i další, do té doby hlubinné doly. Samotný dobývací prostor lomu Ležáky-Most zde byl stanoven v roce 1969. Útlum těžby započal v roce 1995 a 31. srpna 1999 bylo dobývání v lokalitě definitivně ukončeno.¹⁰

■ Poznámky

¹⁰ Jiří Kloš, *Historie lomu Ležáky-Most, Jezero Most*, Ústí nad Labem 2009; dále Dvořák – Švec (pozn. 4).

z laserového skenování. Jako textura bylo použito ortofoto zpracované z LMS z let 1953 a 2012.

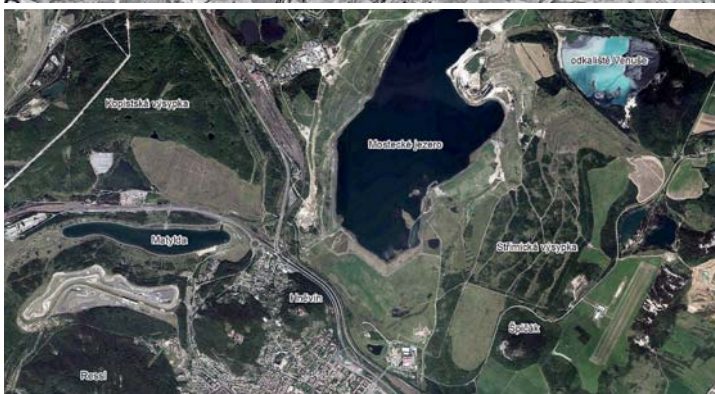
Pro tisk modelu byla použita tiskárna ZPrinter® 450 společnosti 3D systems, která v první fázi tisku přesune rotujícím válcem tenkou vrstvou prášku na pracovní plochu. V druhé fázi se na tiskové hlavy nanosou pojiva ve vodorovném řezu vyráběného modelu. Ve třetí fázi tisku pak ustoupí pracovní plocha o krok níž, čímž vytvoří prostor pro další vrstvu prášku. Tloušťka vrstvy prášku je softwarově nastavitelná pro každou jednotlivou tiskovou úlohu. Tento postup se opakuje, dokud není zhotoven celý prototyp.

Případová studie – vývoj reliéfu v okolí jezera Most

Reliéf v oblasti dnešního jezera Most (severozápadní Čechy) se v průběhu 20. století výrazně měnil v důsledku rozsáhlé povrchové těžby hnědého uhlí, které muselo ustoupit i královské město Most. V analýze vývoje reliéfu bylo využi-

to leteckých snímků z let 1953 a 2008, map 3. vojenského mapování reambulovaného v roce 1938 a Státních map 1 : 5 000 z let 1953, 1972 a 1981. Pro vizualizaci a kvantifikaci změn byly vytvořeny digitální modely reliéfu (DMT) a digitální modely povrchu (DMP) historických podob zdejšího reliéfu. S použitím vytvořených DMT a DMP bylo možné provést doplňující analýzy, které detailně přibližují změny reliéfu vlivem těžby.

V severozápadních Čechách je povrchovou těžbou ovlivněna velká část krajiny. Těžba uhlí má vliv na strukturu krajiny a její využívání, tvar reliéfu a hydrologii. V rámci tohoto textu bychom rádi představili exemplární příklad změny krajiny, která byla způsobena povrchovou těžbou uhlí. Při těžbě cca 100 milionů tun hnědého uhlí bylo spolu s okolními vesnicemi zničeno královské město Most, založené ve 13. století. Povrchová těžba uhlí v této oblasti začala ve 30. letech 20. století a definitivně skončila v roce 1999. V roce 2008 začalo přetváření vyuhleného lomu na hydrickou rekultivaci.



14

Obr. 13. Zájmová oblast v roce 1938 a v současnosti. Převezato z: <http://kontaminace.cenia.cz>, <http://ags.cuzk.cz>.

Obr. 14. Změny krajiny v místě jezera Most. Převezato z: Seznam.cz, Foto Mapy.cz. Pohled na město Most, <http://foto.mapy.cz/original?id=14170>, vyhledáno 16. 4. 2016 (nahore) a Palivový kombinát Ústí, Napouštění jezera Most, http://www.pk.uz/pku/site.php?location=5&type=napousteni_most, vyhledáno 14. 2. 2016.

Na místě dnešního jezera původně stálo královské město Most a další obce. Jezero je situováno severně od současné polohy města Most. Napouštění bylo zahájeno 24. října 2008 a je realizováno v rámci komplexní revitalizace území o celkové rozloze 1 264 ha. Z hlediska sanací a rekultivací nyní probíhá jedna z finálních etap dlouhodobých rekultivačních aktivit uskutečňovaných v této oblasti již čtyři desetiletí. Budoucí jezero by mělo mít podle plánovaného konečného stavu plochu 311 ha, maximální hloubku 75 m, obvod 9 815 m a hladinu ve 199 m n. m.¹¹

Napouštění jezera mělo být ukončeno v roce 2011. Termín ukončení hydričké rekultivace byl nakonec přesunut na polovinu roku 2012.¹² V současné době probíhají další rekultivační práce. Jejich výsledkem by měla být oblast s rekreačním využitím.

Zbytková jáma Venuše

Lokalita Venuše je zbytkovou jámou po těžbě hnědého uhlí. První uhlí bylo vytěženo v roce 1899. Z hlediska dobývání a bezpečnosti byly v této lokalitě nepříznivé podmínky, proto byl v roce 1946 dán souhlas s uzavřením dolu. V roce 1956 byl ale vydán příkaz k jeho znovuotevření a dolu byl stanoven úkol razit chodby pro stěnování. To však bylo změněno a v roce 1957 začaly průzkumné práce pro lomové dobývání dolu Ležáky. Dokončovací práce k uza-

vření provozu skončily v dubnu 1961 a likvidační práce byly ukončeny k 31. prosinci 1961.¹³

V současné době je lokalita využívána jako plaviště popelových odpadů. Plaviště Venuše bylo budováno v první polovině 70. let minulého století, do provozu bylo uvedeno v prosinci 1976.¹⁴

Jezero Matylda

Lokalita Matylda je ukončenou hydričkou rekultivací hnědouhelného lomu. Na jeho místě původně stála obec Souš. Po zahájení těžby nesl vznikající důl jméno Matylda, po 2. světové válce byl přejmenován na důl Vrbenský. Po skončení těžby začala rekultivace celého území. Stavba vodní nádrže byla zahájena v roce 1986. V roce 1992 začalo její napouštění vodou. Vodní nádrž má rozlohu 38,7 ha, průměrnou hloubku 3,5–4 metry a slouží k rekreaci, provozování vodních sportů i rybářům.¹⁵

Kopistská výsypka

Kopistská výsypka vznikala odvozem skrvky z povrchového dolu Obránců míru v letech 1945–1976. Na jejím území se rovněž rozkládala obec Souš, protékala tudy řeka Bílina, byla zde zemědělsky obhospodařovaná území a nacházely se tu malé důlní šachty. Už v roce 1962 na části výsypky začala lesnická rekultivace, rekultivační práce skončily v roce 1983. Vedle lesních ploch zde byly založeny i travnaté louky (celkem 5,9 ha). Specifikem výsypky je

velké množství bezodtokých vodních ploch různých velikostí, které vznikly hromaděním dešťových srážek v nepropustných prohlubeninách na okrajích i uprostřed výsypky.¹⁶

■ Poznámky

11 Idem.

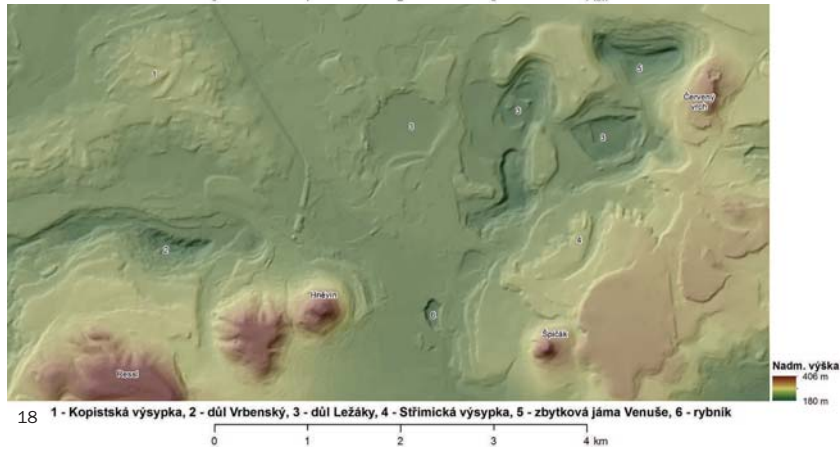
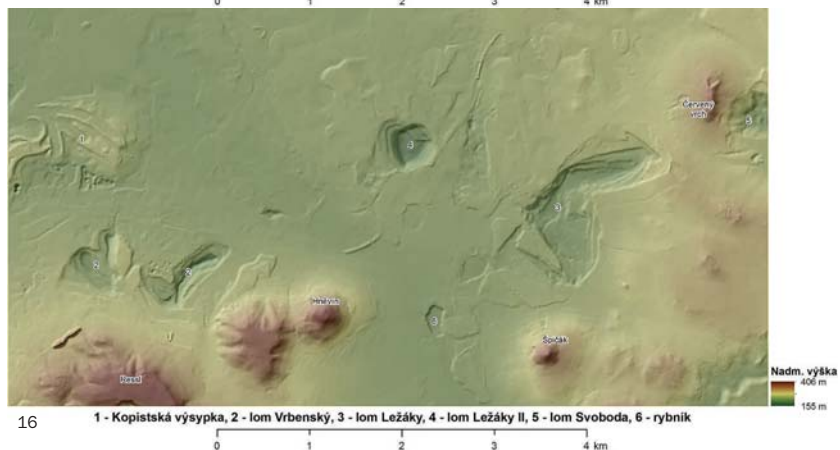
12 Martin Vokurka, Jezero Most se napouští už tři roky. Plné ale letos asi nebude, *Mostecký deník.cz* [on-line]. 2011, dostupné z: <http://mostecky.denik.cz/zpravy-region/jezero-most-se-napousti-uz-tri-roky-plne-ale-letos.html>, vyhledáno 15. 5. 2016.

13 Rekultivace na Mostecku, *Ekologické centrum Most*, dostupné z: http://www.ecmost.cz/rekultivace.php?page=uhli_lokality, vyhledáno 15. 6. 2016.

14 Ibidem; dále též Míla Pletichová – Josef Halíř, Problematika zatápění hnědouhelných lomů, *Historie Litvínovska a okolí*, dostupné z: <http://litvinov.sator.eu/kategorie/krusnohori/krusnohori-priroda/problematika-zatapieni-hnedouhelných-lomu>, vyhledáno 15. 6. 2016.

15 Ibidem.

16 Zdeněk Lipský, Rekultivace Kopistské výsypky: vznik regionálního biocentra v devastované krajině, *Regions: Mezinárodní konference*, dostupné z: http://investor.kr-ustecky.cz/reregions-mezinarodni_konference_most/C3B03TCZ.PDF, vyhledáno 26. 12. 2015.



Obr. 15. Digitální model reliéfu pro rok 1938 vytvořený na základě vrstevnice v mapě 3. vojenského mapování.

Obr. 16. Digitální model reliéfu pro rok 1953 vytvořený na základě vrstevnice v mapě SM-5.

Obr. 17. Digitální model povrchu pro rok 1953 vytvořený z leteckých snímků.

Obr. 18. Digitální model reliéfu pro rok 1972 vytvořený na základě vrstevnice v SMO-5.

Střimická výsypka

Střimická výsypka byla zakládána v letech 1959–1973. Sloužila pro skrývku z dolu Ležáky-Most. Dnes je součástí Dolů Bílina. První rekultivace, při které byl na části výsypky vysazen les, proběhla již v roce 1967. Ovšem kvůli špatně založeným horninám veškerá výsadba prakticky vyhynula a navíc zde probíhala značná eroze. Po úpravách vrchní vrstvy byla v roce 1974 zahájena nová lesnická rekultivace, tentokrát úspěšně. Následovaly ještě další fáze rekultivace – zemědělské byly ukončeny v roce 1998, lesnické v roce 2000. Dále se realizují především rekultivace charakteru „ostatní veřejná zeleň“, doplněné odvodněním a budováním cestní sítě.¹⁷

Analýza vývoje georeliéfu

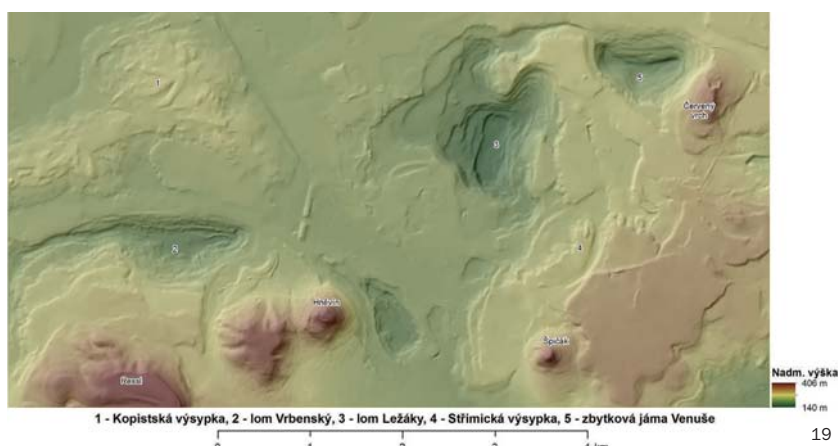
Pro definovanou oblast byla vytvořena časová řada DMR, které detailně popisují změny tvaru krajiny v průběhu povrchové těžby hnědého uhlí. Použitá data a metody zpracování DMR jsou představeny v úvodní části textu.

Digitální model reliéfu z roku 1938 (obr. 15) byl vytvořen interpolací vrstevnic 3. vojenského mapování reambulovaného v roce 1938. I přes nižší kvalitu modelu, která spočívá v menší podrobnosti a nižší míře zachycení detailu a jejíž příčinou byl méně podrobný a pravděpodobně méně přesný výškopis vstupní mapy, lze velmi dobře pozorovat počátky povrchové těžby v oblasti. Z modelu je patrné, že se na území ještě nevyskytuje žádný souvislý velkolom, ale mnoho menších dobývacích prostorů.

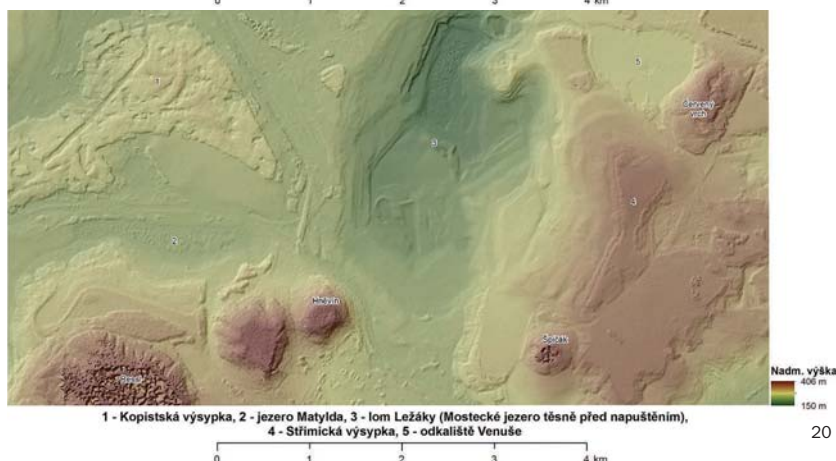
Pro rok 1953 byly k dispozici dva datové zdroje: vrstevnice SMO-5 a letecké snímky. Interpolací uvedených vrstevnic tak vznikl digitální model reliéfu (obr. 16) a fotogrammetrickým zpracováním leteckých snímků digitální model povrchu (obr. 17). Vedle primárního hodnocení vývoje reliéfu bylo možné zároveň ověřit správnost postupů tvorby výsledných modelů. Z vizuálního porovnání DMR a DMP z roku 1953 je dobře patrné, že charakter reliéfu v uvedeném roce vystihují stejně. Pro podepření uvedeného tvrže-

■ Poznámky

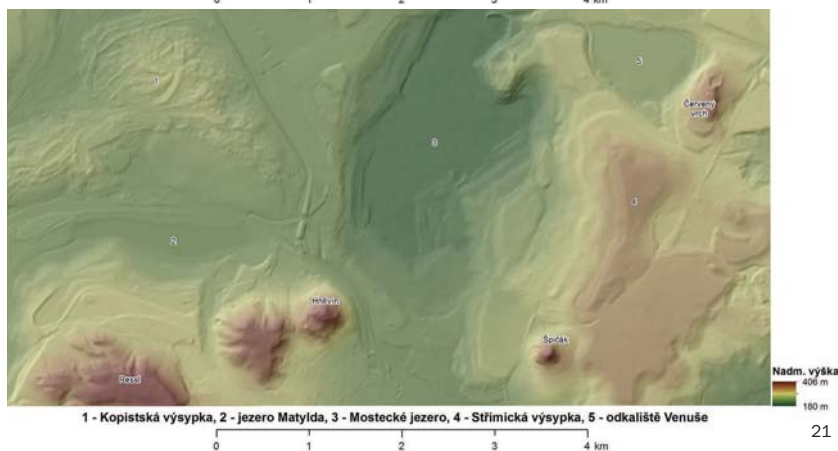
¹⁷ Kloš (pozn. 10).



Obr. 19. Digitální model reliéfu pro rok 1982 vytvořený na základě vrstevnice v SMO-5.



Obr. 20. Digitální model povrchu pro rok 2008 vytvořený z leteckých snímků.



Obr. 21. Digitální model reliéfu pro rok 2012 vytvořený na základě laserového skenování.

Digitální model reliéfu z roku 1972 (obr. 18) vznikl interpolací vrstevnic SMO-5 z roku 1972. Model zachycuje postupující těžbu v této době již existujícího lomu Ležáky-Most, dobývání lomu Vrbenský a zbytkovou jámu Venuše. Dobře jsou také vidět výsypky Střimická, jejíž stavba byla ukončena v roce 1973, a Kopistská, která je zde zachycena ve stavu čtyř let před ukončením. V této době již také probíhala demolice původního města Most.

Digitální model reliéfu z roku 1982 (obr. 19) vznikl interpolací vrstevnic SMO-5 z roku 1982. Model zachycuje jámu lomu Vrbenský v posledních letech před jejím zatopením, výsypky Kopistskou a Střimickou v jejich konečných podobách a stále postupující těžbu lomu Ležáky-Most. Zbytková jáma Venuše funguje od roku 1976 jako plaviště popelavých odpadů. V modelu je to patrné zvýšením nadmořské výšky v prostoru, kde se nachází, oproti DMR z roku 1972.

Digitální model povrchu z roku 2008 (obr. 20) byl vytvořen fotogrammetrickým zpracováním leteckých snímků z téhož roku. Model zachycuje dobu, kdy už se v zájmové oblasti netěžilo. Prostor lomu Vrbenský je výškově srovnatelný s okolím. Model tedy dobře odráží realitu. V této době byl lom Vrbenský již zaplavený a na jeho území se rozkládala vodní nádrž Matylda. Vzárust výšky vodní hladiny lze pozorovat i v případě plaviště popelavých odpadů Venuše. Lom Ležáky-Most je zde zachycen v počátcích hydričké rekultivace. Na leteckých snímcích již byla zřejmá menší zatopená část, kterou model zahrnuje.

Poslední digitální model reliéfu z roku 2012 (obr. 21) představuje finální stav napouštění Mosteckého jezera včetně úpravy okolních ploch. Tento model byl vytvořen z dat laserového skenování (4G výškopis),¹⁸ a tudíž reprezentuje, na rozdíl od DMP z roku 2008, terén bez vegetace.

■ Poznámky

18 ČÚZK: Digital Terrain Model of the Czech Republic of the 4th generation (DMR 4G), <http://geoportal.cuzk.cz/>, vyhledáno 16. 1. 2016.

ní byla ještě provedena volumetrická analýza, kdy byly spočítány objemy mezi konstantními nulovými výškami a maximálními výškami obou modelů. Objem DMP činil 7 681 311 602 m³, DMR měl objem 7 661 425 786 m³. Rozdíl mezi modely je tedy 0,26 %, což je s ohledem na odlišnost vstupních dat a povahu výsledných modelů zanedbatelné. Odchylna je dána faktem, že DMP na rozdíl od DMR zahrnuje i objekty stojící na zemském povrchu. Reliéf se v oblasti pod vlivem těžby navíc měnil velmi

rychle a snímky s velkou pravděpodobností nebyly pořízeny ve stejném čase jako výškopis SMO-5. Na základě této mírné odchylky lze předpokládat, že i zbylé modely byly konstruovány správně.

Modely z roku 1953 dobře korespondují s tehdejší realitou. V modelech je patrné zahájení těžby v prostoru budoucího lomu Ležáky. Zároveň je vidět postupující stavbu budoucí Kopistské výsypky a již probíhající těžbu lomu Vrbenský.