

POROVNANIE 3D MODELU Z PRIAMEHO MERANIA S DIGITÁLNYM MODELOM RELIEFU

COMPARISON OF THE 3D MODEL FROM DIRECT MEASUREMENT WITH DIGITAL
MODEL

Ján Ježko

ABSTRAKT

Autor predstavuje postup a výsledky tvorby 3D modelu získaného s priameho merania v teréne a porovnáva výsledky z tvorby modelu s možnosťou získať digitálny model reliéfu (DMR) s iných dostupných zdrojov bez priameho merania v teréne. Všeobecným základom tvorby 3D modelov sú geodetické práce v teréne s využitím metód, ktoré zabezpečia spracovanie geodetických meraní (polohopisu a výškopisu) v danej lokalite. Výsledkom spracovania meračských prác v teréne býva mapový podklad (3D model) v mierke, ktorá slúži projektantovi pre potreby funkčnosti a využitia objektov a lokality. Hlavná časť príspevku je venovaná porovnaniu DMR (digitálny model reliéfu) - produkt ponúkaný GKÚ Bratislava a 3D modelu, ktorý bol vytvorený z priameho merania v teréne.

Kľúčová slova: Zber údajov v teréne, tvorba mapových podkladov, 3D model, DMR - digitálny model reliéfu.

ABSTRACT

The author presents the progress and a result of the 3D modelling obtained with direct field measurements and compares the results from the model creation with the possibility to obtain the digital model of relief (DMR) with other available sources without direct field measurement. The general basis for creating 3D models is geodetic work in the terrain using methods that ensure the processing of geodetic measurements (planning and altimetry) in the given locality. As a result of the workmanship processing in terrain, the map is based on a 3D model at a scale that serves the designer for the purposes of functionality and the use of objects and locations. The main part of the contribution is devoted to the comparison of DMR (digital relief model) - the product offered by GKÚ Bratislava and a 3D model, which was created by direct field measurement.

Key words: Field data collection, map data creation, 3D model, DMR - digital relief model.

1 ÚVOD

Pri zbere údajov v teréne pre potreby projekčnej a následnej stavebnej činnosti je dôležité zamerať a zobraziť nielen samotný objekt (objekty) záujmu, ale i širšie okolie vybraného objektu. Takto vytvorené geodetické podklady - v súčasnosti najčastejšie a najvýhodnejšie v tvare 3D modelu umožňujú efektívne realizovať projekčné i ostatné stavebné činnosti. Na priestorové určenie sú najčastejšie využívané geodetické metódy, volené na základe zhodnotenia situácie (podmienky v teréne, prístrojové vybavenie, požiadavky odberateľa, požadovaná presnosť). V prípade vodohospodárskych objektov - vodných nádrží, tzv. tajchov v oblasti Banskej Štiavnice je potrebné

zamerať tvar a okolie objektu (vodnej nádrže) spolu s významnými prívodnými kanálmi, ktoré tvorili základ celého banskoštiavnického vodohospodárskeho systému a spájali jednotlivé jazerá.

Dôvodom tvorby 3D modelov v súčasnosti je potreba rekonštrukcie týchto tajchov pre zaistenie bezpečnosti obyvateľstva pod vodnými nádržami, ich využitie pre potreby rekreácie a prípadná možnosť využívať tieto nádrže ako zdroj pitnej vody.

2 BANSKOŠTIAVNICKÝ VODOHOSPODÁRSKY SYSTÉM A VODNÁ NÁDRŽ POČÚVADLO

Banskoštiavnický vodohospodársky systém bol vytvorený umelými vodnými nádržami, ktoré sú navzájom prepojené spojovacími kanálmi. Uvedený systém slúži nielen ako turistická atrakcia, ale plní súčasne aj účel praktického charakteru v oblasti vodohospodárstva – ide o možnosť využitia vody, ktorá sa nachádza vo vodných nádržiach. Predmetný systém je zaradený tiež do Zoznamu svetového dedičstva UNESCO [1]. V súčasnosti sa z vodohospodárskeho systému zachovalo 24 umelých vodných nádrží, ktoré sú predmetom rekonštrukcie a opráv. Kritéria na základe, ktorých sa posudzuje poradie rekonštrukcie a opráv jednotlivých vodných nádrží sú hlavne bezpečnosť obyvateľstva pod vodnými nádržami a ich technická spôsobilosť. Doposiaľ boli opravené vodné nádrže Banky, Klinger, Veľká Vodárenská, Moderštôľňa, Evička, Belianska, Veľká Vindšachtská, Rozgrund, Bakomi, Veľká a Malá Kolpašská [5].

2.1 Vodná nádrž Počúvadlo

Základné informácie (obr. 1) :

Objem vodnej nádrže – 745 300 m³ (informácia z roku 1855), (iné údaje – 922 300 m³)

Maximálna hĺbka – 10,8m.

Rozloha – 12,3 ha.

Nadmorská výška – 680,120 m n. m.

Dĺžka známych prítokových jarkov – 17 746m (štôľne 2752,4m).

Dĺžka koruny hrádze – 195,3m.

Šírka koruny hrádze – 19,0m.

Výška hrádze - 29,6m.



Obr. 1 Vodná nádrž Počúvadlo

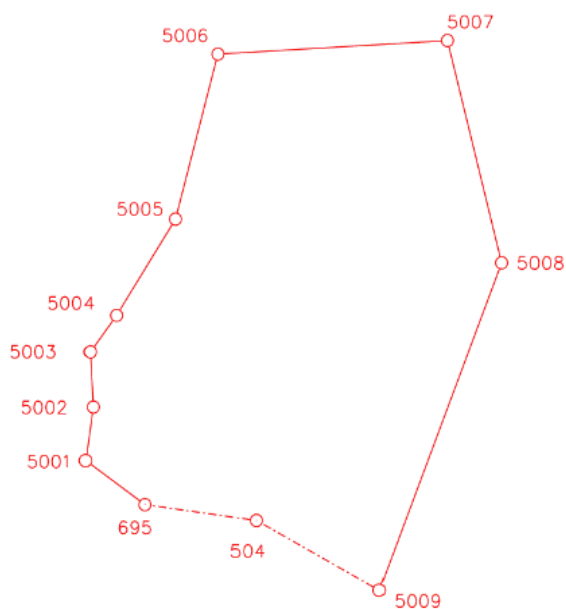
S výstavbou tajchu pri dedine Počúvadlo sa začalo 24. apríla 1775 na základe návrhu strojného majstra Jozefa Karola Hella. Rozpočet na výstavbu schválila Dvorská komora vo Viedni na 71 485 florénov a 30 grajciarov. Po začatí výstavby a odobrení návrhu merača Dumbschera, ktorý bol poverený s vytyčovaním vodného jarku a 3 vodných štôlni nastal konflikt a Dumbscher úlohu nesplnil. Jeho úlohu prevzali Hellovci. Výstavbu nádrže sprevádzalo množstvo havárií ako napríklad pretrhnutie hrádzí ich presakovanie a podobne. Zaujímavosťou bolo, že na budovaní sa podieľalo viac žien ako mužov. Ukončenie prác nastalo 26. mája 1779 s prekročením rozpočtu o približne 30 000 florénov v dôsledku havárií a poškodení. Jedinečnosťou Počúvadlianskeho jazera je to, že pozostáva zo šiestich zemných hrádzí. Pomocou prítokových kanálov bolo možné nahromadiť množstvo vody aj 2000 000 m³. Veľkou mierou pri výstavbe tajchu Počúvadlo prispel aj zememerač Samuel Mikovíni [3, 5].

3 ZBER ÚDAJOV V TERÉNE A TVORBA 3D MODELU POČÚVADLIANSKEHO JAZERA

Výsledkom zberu 3D údajov v teréne sú údaje potrebné pre určenie výšky a polohy podrobných bodov. Spolu s 3D modelom reliéfu (digitálnym modelom reliéfu - DMR) tvoria kategóriu mapových podkladov. Mapové podklady sú vytvárané tak aby bol ich obsah v súlade s aktuálnymi normami STN a aby splnili účel a požiadavky odberateľa, pre ktorého boli vyhotovované [6].

3.1 Zber údajov v teréne

Zber priestorových (3D) údajov bol realizovaný elektronickou tachymetriou pomocou univerzálnych meracích staníc (UMS), s potrebou doplnenia bodového poľa satelitnými metódami (GNSS). Zakrytý terén s porastom neumožňoval plné využitie metód GNSS zberu údajov v teréne [6]. Realizované bodové pole je na obr. 2. Na samotné meranie v teréne bola použitá UMS Leica TCR 407 (obr. 3) [3].



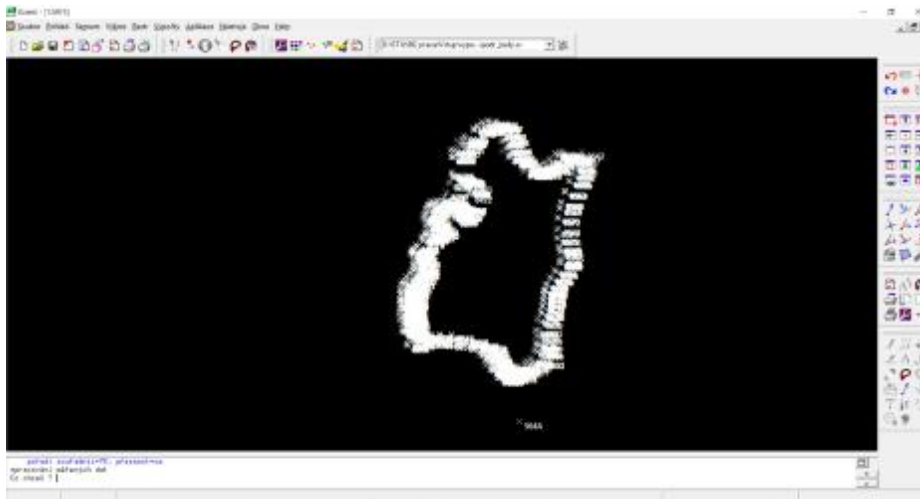
Obr. 2 Realizované bodové pole



Obr. 3 UMS Leica TCR 407 pri meraní v teréne

3.2 Tvorba mapových podkladov pre rekonštrukciu

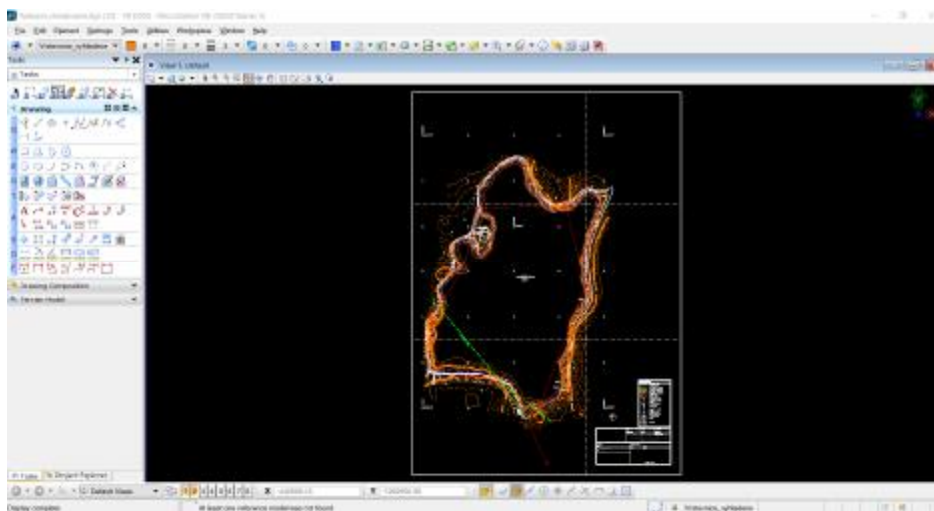
Výsledkom priestorového zberu 3D údajov v teréne sú údaje potrebné pre určenie výšky a polohy podrobných bodov (v záväzných súradnicových systémoch). Cieľ - vytvoriť polohopisný, výškopisný plán (v minulosti tachymetrický plán), ktorý spolu s 3D modelom reliéfu daného územia je zaradený do kategórie mapových podkladov. Samotnému vytváraniu mapových podkladov a tvorbe 3D modelu predchádza výpočet súradníc a výšok podrobných bodov vrátane nevyhnutných kontrol a splnenia požadovaných kvalitatívnych kritérií. Pre výpočet súradníc a výšok podrobných bodov bol použitý program KOKEŠ vo verzii 10, obr. 4 z prostredia programu KOKEŠ a grafický výstup slúžiaci na vizuálnu kontrolu zobrazených údajov [3].



Obr. 4 Prostredie programu KOKEŠ 10

3.3 Tvorba mapového podkladu pre rekonštrukciu v programe Microstation v8i

Program Microstation patrí najčastejšie využívané programy stavebných inžinierov, projektantov a architektov. Táto softwarová platforma pomáha aj geodetom a ďalším profesiám zlepšovať prácu vo fázach návrhu, tvorby, modelovania, vizualizácie, dokumentovania projektov. Umožňuje užívateľom vytvárať 3D modely rôznych objektov, ktoré predstavujú elektronickú simuláciu reálnych objektov spolu so všetkými informáciami o ich parametroch [3]. V programe Microstation v8i bola dotvorená polohopisná časť mapových podkladov. Samotné prostredie programu Microstation obr. 5.

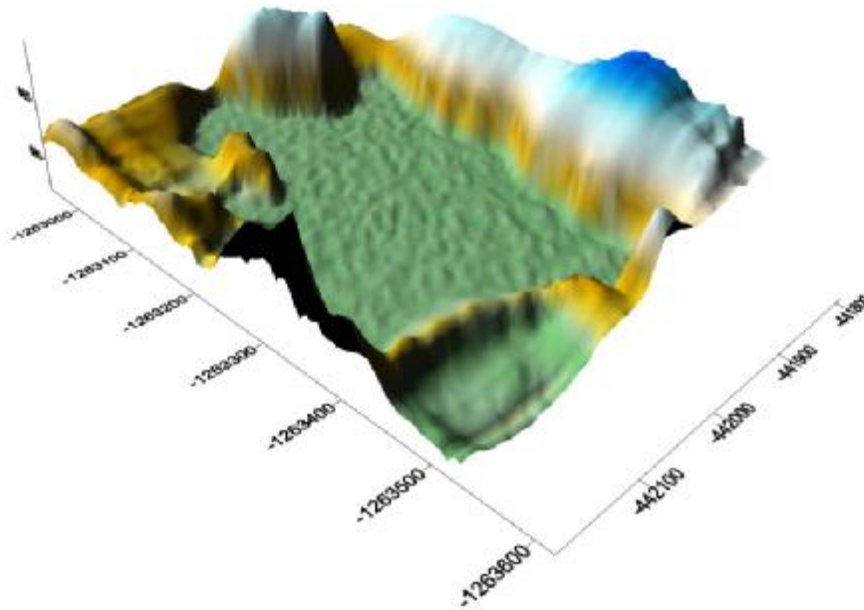


Obr. 5 Prostredie programu Microstation v8i

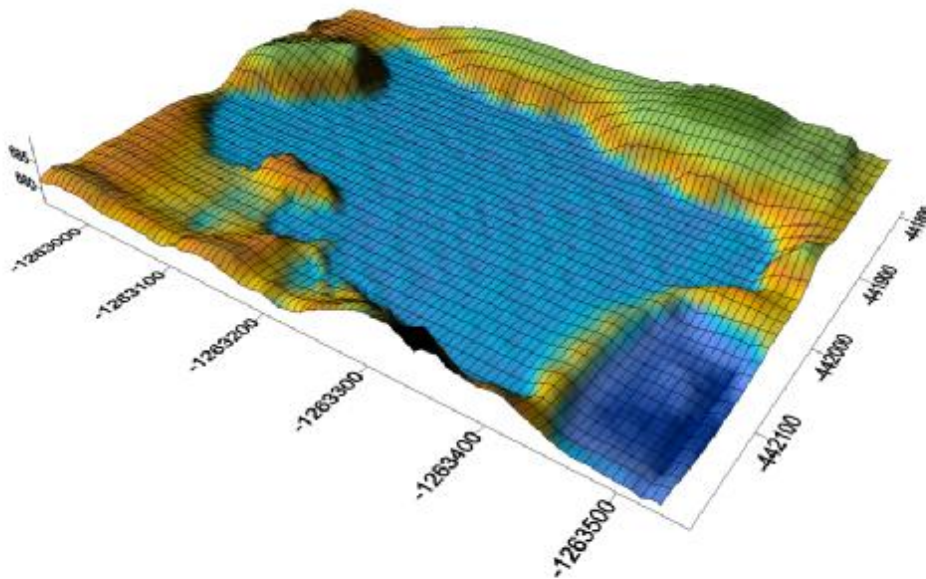
3.4 Tvorba 3D modelu Počúvadlianskeho jazera

Digitálny model reliéfu (3D model územia) predstavuje nový výrazový prostriedok na vyjadrenie tvaru reliéfu. Je definovaný množinou priestorových bodov, ktorých súradnice (Y, X, Z) sú známe a nachádzajú sa na povrchu. Aj napriek tomu, že DMR je definovaný spomenutými bodmi, tieto body nevyjadrujú priebeh reliéfu, ale sú sprostredkujúcimi veličinami pri analytickej konštrukcii terénnej plochy pomocou interpolácie [3, 7].

Tvorbu 3D modelu (DMR) Počúvadlianskeho jazera bola realizovaná programe Surfer, vo verzií 14. Na obr. 6 je prvá verzia gridu, finálna (po úpravách) je na obr. 7 [3].



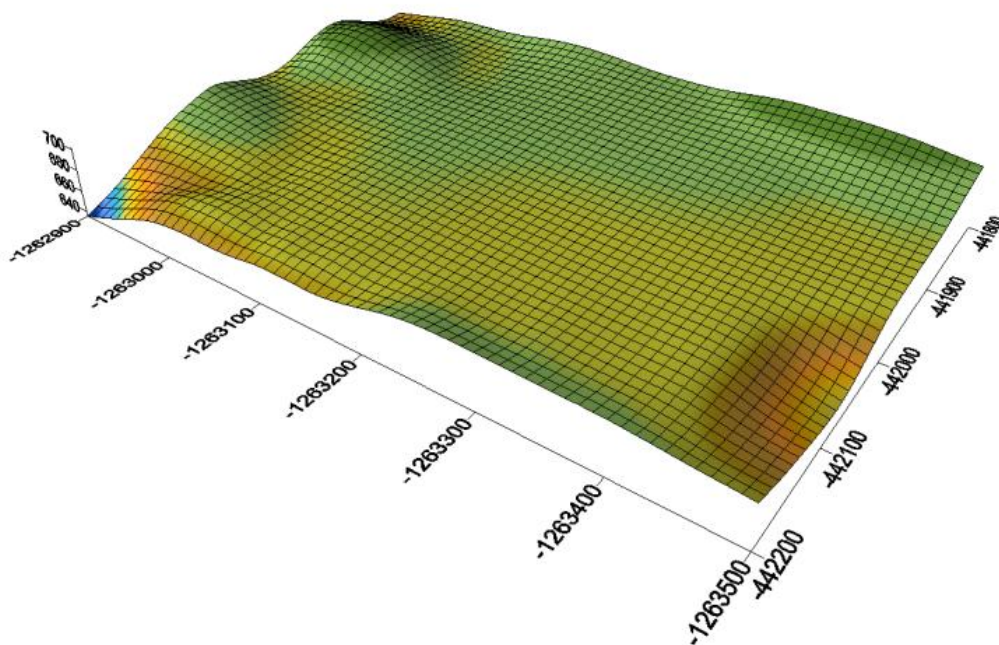
Obr. 6 Prvá verzia modelu (grid)



Obr. 7 Finálna verzia modelu (po doplnení štvorcovou sieťou)

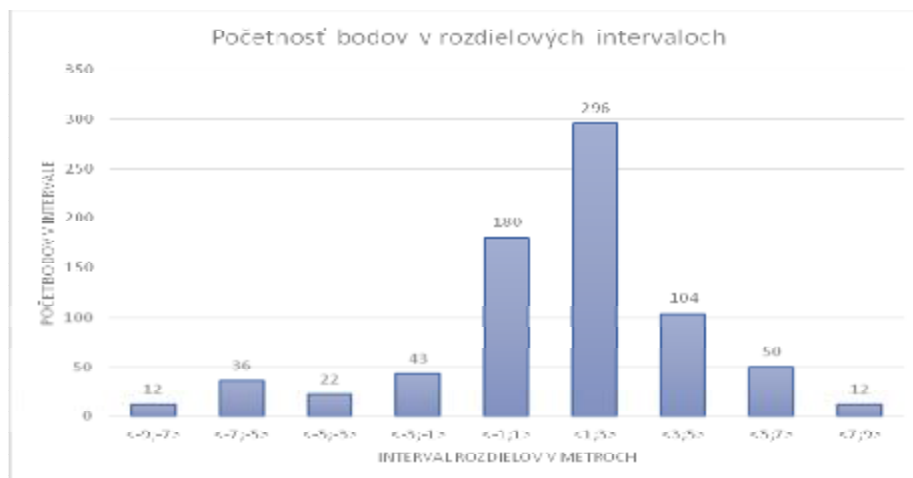
4 POROVNANIE DMR 3.5 A DMR Z MERANIA V TERÉNE

DMR 3.5 (produkt GKÚ Bratislava) obsahuje informácie o výškových údajoch terénu z celého územia Slovenskej republiky. Výškové údaje sú reprezentované maticou, ktorá je vo vzťahu k polohovému (S – JTSK) a výškovému systému (Bpv). Hlavným zdrojom informácií pre tvorbu DMR 3 boli topografické mapy v mierkach 1:10 000 a 1:25 000. Úpravami bolo premodelovanie územia na základe fotogrametrických údajov, ktoré boli vyhotovené v rámci ZBGIS®. V pôvodnom DMR boli prevažne premodelované roviny (nížiny, kotliny, doliny). Dôvodom tohto premodelovania boli vrstevnice, ktoré nedostatočne reprezentovali skutočný priebeh terénu. Ďalším prvkom premodelovania boli mestá s hrubými výškovými chybami, ktoré mohli vzniknúť zle zadanou výškou vstupnej vrstevnice [7]. Porovnanie DMR 3.5 z uvedenej lokality (obr. 8) a DMR (obr. 7), ktorý bol vytvorený na základe merania v teréne bolo realizované v programe Surfer 14 [3].



Obr. 8 DMR 3.5

Na základe týchto výškových rozdielov boli určené intervaly a graf početnosti bodov v rozdielových intervaloch (obr. 9).



Obr. 9 Graf početnosti bodov v rozdielových intervaloch

Graf pozostáva z 9 intervaloch pričom krajné výškové hodnoty predstavujú +/- 9 metrov. Z grafu vidieť že najväčší výskyt bodov bol v intervale 1 až 3 metre. Vysoké výškové rozdiely môžeme pripísať členitosti lokality a forme mapovania. Pri priamom meraní bola daná lokalita zameraná veľmi podrobne s geodetickými metódami a pri DMR 3.5 boli použité fotogrametrické metódy, resp. mapové podklady iných mierok [3].

5 ZÁVER

Výsledkom porovnania DMR získaného s priameho merania v teréne a DMR 3.5 (produkt GKÚ Bratislava) sú výškové rozdiely na základe, ktorých možno konštatovať, že priame meranie v teréne je pre uvedené potreby rekonštrukcie vhodnejšie a kvalitnejšie ako verzie získavania podkladov z existujúcich DMR, ktoré často pre zníženie nákladov presadzujú projektanti. Podobné výsledky je možné interpretovať aj z grafických výstupov na obr. 7 (model získaný z priameho merania v teréne) a obr. 8 (DMR 3.5) jednoduchým vizuálnym porovnaním.

Porovnanie DMR bolo realizované na základe výšok nameraných bodov, ktorých celkový počet predstavoval 755. Výsledné výškové rozdiely z porovnania boli rozdelené do nasledovných intervalov:

- -9 m až -7 m, kde sa nachádzalo 12 porovnávaných bodov (1,6%),
- -7 m až -5 m, kde sa nachádzalo 36 porovnávaných bodov (4,8%),
- -5 m až -3 m, kde sa nachádzalo 22 porovnávaných bodov (2,9%),
- -3 m až -1 m, kde sa nachádzalo 43 porovnávaných bodov (5,7%),
- -1 m až 1 m, kde sa nachádzalo 180 porovnávaných bodov (23,8%),
- 1 m až 3 m, kde sa nachádzalo 296 porovnávaných bodov, (39,2%),
- 3 m až 5 m, kde sa nachádzalo 104 porovnávaných bodov (13,8%),
- 5 m až 7 m, kde sa nachádzalo 50 porovnávaných bodov (6,6%),
- 7 m až 9 m, kde sa nachádzalo 12 porovnávaných bodov (1,6%).

Terestrické metódy pri získavaní podkladov pre rekonštrukčné práce v uvedenej lokalite sú dôveryhodnejšie, presnejšie, ale časovo i finančne náročnejšie, čo znamená, že sú vhodné pre menšie územia. Zabezpečia však v plnom rozsahu požiadavky odberateľa – spracovateľa prípadného projektu rekonštrukcie uvedeného objektu – tajchu „Počúvadlianske jazero“ a jemu podobných lokalít a objektov.

Použitá literatura

- [1] KOLEKTÍV AUTOROV. *Historické mesto Banská Štiavnica a technické pamiatky priľahlého okolia*. In.: *Nominačný spis pre zápis lokality na Listinu svetového kultúrneho a prírodného dedičstva UNESCO podľa dohovoru*. Bratislava, MŽP SR, 1992.
- [2] LICHNER, Marian. *Banskoštiavnické tajchy*. Banská Bystrica, Harmony, 1999.
- [3] SZABO, Michal. *Tvorba mapových podkladov pre rekonštrukciu vodohospodárskeho systému jazera Počúvadlo*. Vedúci práce: Ing. Ján Ježko, PhD. Bratislava, 2017, 49s., 6 príloh .
- [4] Baníctvo v Banskej Štiavnici. <http://www.prvybanickyspolok.sk/content/historia/historia-banictva/banictvo-v-banskej-stiavnici>
- [5] KOLEKTÍV. *Banskoštiavnická oblasť – štúdia*. Bratislava: Hydroconsult, 1991.
- [6] BITTERER, Ladislav. *Vyššia geodézia*. 2. vyd. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2008, Dostupné na: <http://svf.uniza.sk/kgd/skripta/vg1>.
- [7] <https://www.geoportal.sk/sk/udaje/udaje-zbgis/udaje-zbgis/aktualizacia-dmr-3-5.html>

Príspevok bol vytvorený realizáciou grantového projektu agentúry KEGA MŠ SR č. 037STU-4/2016 „Modernizácia a rozvoj technologických zručností vo výučbe geodézie a fotogrametrie.“