

# GEODETICKÝ a KARTOGRAFICKÝ

# obzor

# obzor

Český úřad zeměměřický a katastrální  
Úrad geodézie, kartografie a katastra  
Slovenskej republiky

10/2017

Praha, říjen 2017  
Roč. 63 (105) ● Číslo 10 ● str. 197–220





**Základná mapa**  
ZBGIS



**Kataster nehnuteľností**  
Parcely C, parcely E, listy vlastníctva

# Nový Mapový klient ZBGIS®

[www.zbgis.sk](http://www.zbgis.sk)

Informácie z rezortu geodézie, kartografie a katastra SR „pod jednou strechou“



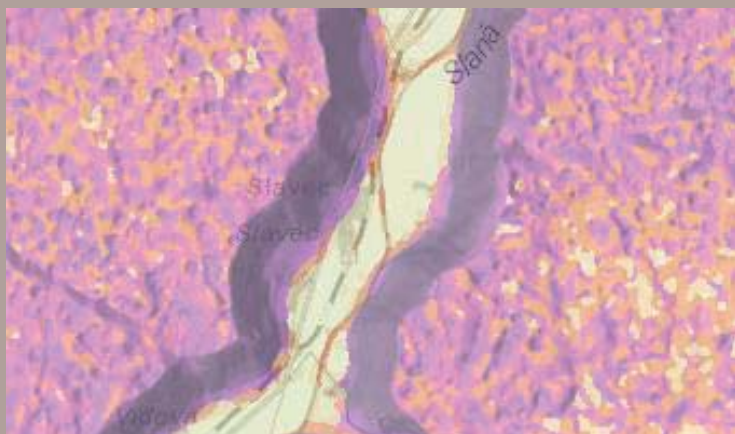
Desktop



Tablet



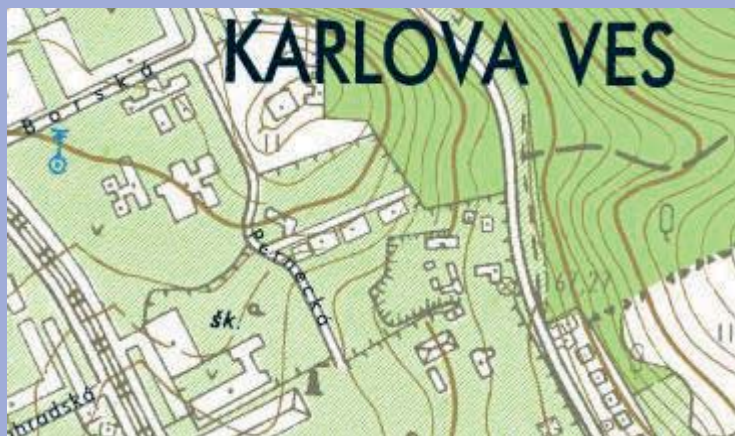
Smartfón



**Terén**  
DMR, sklony, orientácie



**Geodetické základy**  
Referenčné geodetické body



**Archív**  
ŠMD, ZM, TM, AM



**Geografické názvoslovie**  
Mimo územia SR

## Obsah

RNDr. Pavel Novák, Ph.D., Ing. Radek Roub, Ph.D.,  
Ing. Tomáš Vybíral, Ph.D., Ing. Štěpán Marval,  
Ing. Tomáš Hejduk, Ph.D., Ing. Luděk Bureš  
**Letecké batymetrické laserové skenování** ..... 197

Ing. Michal Buday  
**Transformácia lokálneho výškového systému  
(balský - po vyrovnání) do jednotného celo-  
svetového výškového systému** ..... 210

**Z MEDZINÁRODNÝCH STYKOV** ..... 216

**Z DĚJIN GEODÉZIE, KARTOGRAFIE  
A KATASTRU** ..... 219

## Letecké batymetrické laserové skenování

RNDr. Pavel Novák, Ph.D.<sup>1)</sup>, Ing. Radek Roub, Ph.D.<sup>2)</sup>,  
Ing. Tomáš Vybíral, Ph.D.<sup>3)</sup>, Ing. Štěpán Marval<sup>1)</sup>,  
Ing. Tomáš Hejduk, Ph.D.<sup>1)</sup>, Ing. Luděk Bureš<sup>2)</sup>  
<sup>1)</sup> Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i.,  
<sup>2)</sup> Česká zemědělská univerzita v Praze,  
<sup>3)</sup> GEOREAL, spol. s r. o.

### Abstrakt

Prezentace nových poznatků z oboru vodního hospodářství, konkrétně z oblasti říční hydrauliky a batymetrie vodních toků a nádrží. Pro získání relevantních informací o morfologii dna vodních toků a nádrží jsou rozhodující vstupní data. Jedna z nejmodernějších metod získání batymetrických dat, která je v současnosti ověřována v zahraničí a byla předmětem testování, je letecké batymetrické laserové skenování. Metoda využívá technologii LiDAR (Light Detecting And Ranging), s jejímž použitím je možné získat mračna bodů s přiřazenými prostorovými souřadnicemi X, Y, H, což jsou základní informace pro vytvoření digitálního modelu reliéfu (DMR). Oproti standardnímu leteckému laserovému skenování poskytuje letecké batymetrické laserové skenování informace o rozložení vodní hladiny a o členitosti dna pod ní, a to především prostřednictvím paprsku, který vodní hladinou prostupuje.

### Aerial Batymetric Laserscanning

### Abstract

Presentation of new findings in the field of water management, specifically in the field of river hydraulics and bathymetry of watercourse and reservoirs. To obtain relevant information about morphology of the bottom of watercourse and reservoirs input data are crucial. One of the most modern methods of obtaining bathymetric data currently being tested abroad is called airborne bathymetric laser scanning and was tested subject here as well. This method uses LiDAR (Light Detecting And Ranging) technology, which enables obtaining of point clouds with associated spatial coordinates X, Y, H. Spatial coordinates are the basic information for creation of a digital elevation model (DEM). In comparison to the standard airborne laser scanning the airborne bathymetric laser scanning offers the possibility of obtaining information not only about water level, but particularly about the topography of the waterbottom, using the beam that penetrates through the water level.

**Keywords:** LiDAR, digital elevation model, stream, sedimentation

## 1. Úvod

Dlouhodobě se lidé snaží obhospodařovat krajinu tak, aby bylo její využití co možná nejefektivnější. Ať už jsou předmětem krajinářské, vodohospodářské nebo urbanistické potřeby, vždy je zapotřebí provést důkladný terénní průzkum. Oproti našim předkům máme stále se vyvíjející a zdokonalující technické vybavení. Metody tachymetrie či fotogrammetrie nabízejí stále aktuální technologii mapování zemského povrchu, přesto současný dynamický vývoj geoinformačních technologií umožňuje zdokonalení daných metod a jejich standardem v oblasti terénního průzkumu

se stává dálkový průzkum Země s využitím aktivních senzorů v podobě radarů a sonarů.

Termín LiDAR představuje akronym z anglických slov Light Detection And Ranging. Jako první jej použili [1] v roce 1953, kde jej autoři popsali jako technologii pro dálkové snímání, které měří nadmořskou výšku (hloubku) analýzou odrazu impulsů laserového světla od objektu [1].

Moderní dálkový průzkum Země založený na laserovém skenování má své počátky v sedmdesátých letech minulého století, kdy NASA začala pracovat s prototypy letadel pro možný vývoj leteckého laserového skenování (LLS). V počátcích byla tato činnost zaměřena zejména na získá-



vání informací o vlastnostech atmosféry, oceánské vody, lesního krytu nebo ledových ker, a ne tedy na topografické mapování [2]. Nově získané poznatky v oboru LLS umožnily širokou aplikovatelnost pořízených výškopisných dat metodou LLS [3], [4], [5], [6], [7], [8].

Zaměřovací jednotka nezaznamenává pouze dobu návratu laserového paprsku, ale také jeho intenzitu, díky níž lze určit odrazivost povrchu. Odrazivost materiálu závisí kromě jiného významně na spektru záření. Předměty s vysokou odrazivostí vykazují vyšší hodnoty intenzity odrazu než tmavé předměty (např. asfaltové vozovky). Podrobnosti možného využití zaznamenané odrazivosti a porovnání se snímky z termografické kamery podrobně vysvětluje [9].

Specifickou kategorií jsou skenery umožňující skenování povrchu pod vodní hladinou, tzv. letecké topo-batymetrické laserové skenování povrchu (LBLS). LBLS v anglickém originále známé pod slovními spojení Airborne Laser Bathymetry (ALB), Airborne Laser Hydrography (ALH) nebo LIDAR bathymetry, je tedy technologie pro měření v relativně mělkých pobřežních vodách s využitím leteckého laserového skenování [10]. LBLS se v posledních letech velmi dynamicky rozvíjí a nyní umožňuje zaměření říční topografie s rozlišením více než 20 bodů/m<sup>2</sup> a přesností určení výšky do 10 cm, jak pro vodní hladinu, tak i pro povrch dna.

S využitím LBLS na úseku vodního toku Pielach v Rakousku prezentují autoři článku [11] nový přístup k modelování povrchu říční sítě a zároveň strategii pro zlepšení filtrování při modelování DMR. Další výsledky z LBLS prezentuje [12], autoři dokumentují archeologická naleziště ponořená v mělkých povrchových vodách. Rovněž zajímavé jsou výsledky práce již z roku 2009, kdy [13] porovnává získaná data metodou sonaru s daty z LBLS.

## 2. Použitý materiál a metody

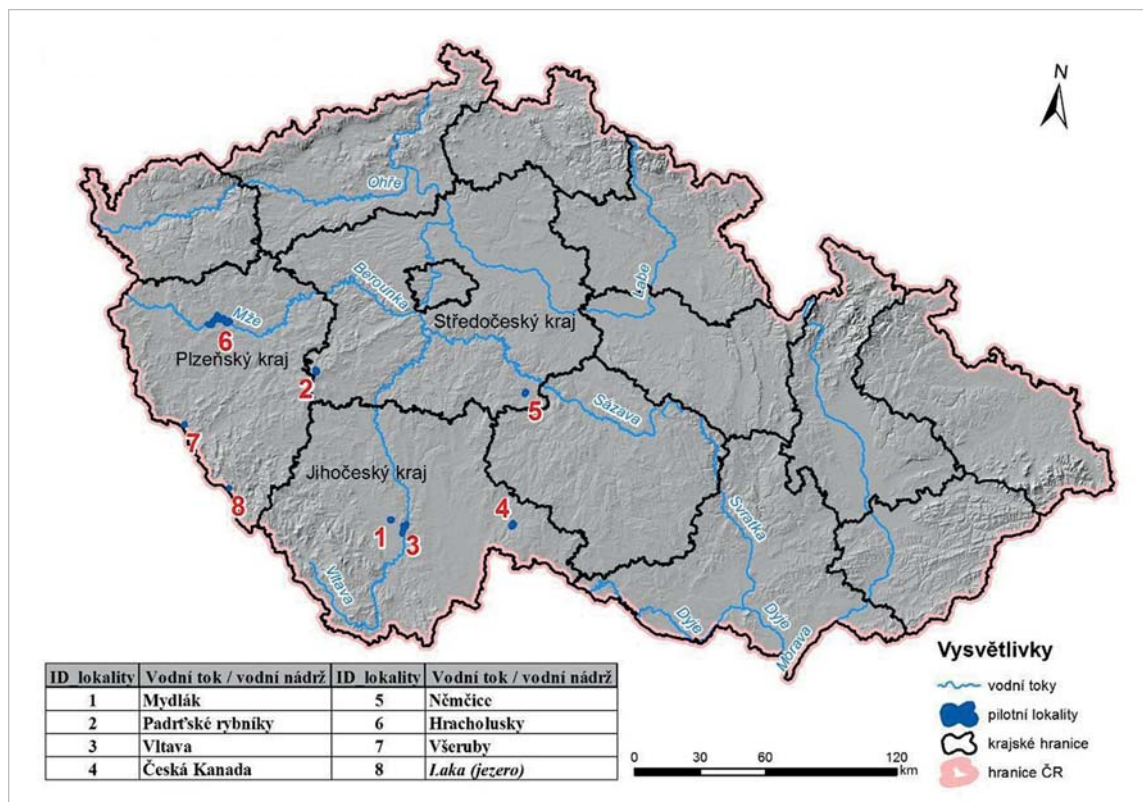
### 2.1 Pilotní lokality

Pro pilotní testování LBLS v podmínkách České republiky (ČR) byly vytipovány lokality, které jsou prezentovány v tab. 1 a graficky znázorněny na obr. 1. LBLS bylo provedeno v termínu 25. 4. 2016.

Povětrnostní podmínky byly během letu velmi variabilní s občasnými intenzivními sněhovými/dešťovými přeháňkami, s vysokou vlhkostí a slunečním zářením. Teploty se pohybovaly v rozmezí 4–8 °C. Lokalita Laka nebyla měřena v důsledku silných sněhových přeháňek v oblasti Bavorského lesa podél česko-německé hranice.

Tab. 1 Vybrané vodní toky / vodní nádrže pro pořízení dat LBLS

Vodní tok / vodní nádrž	Úsek
Mydlák	Celý rybník
Padrtské rybníky	Celý Hořejší i Dolejší rybník
Vltava	6 km úsek okolí Hluboké nad Vltavou
Česká Kanada	Celý Kačležský a Krvavý rybník
Němčice	Celá vodní nádrž
Hracholusky	Celá vodní nádrž
Všeruby	Celý rybník
Laka (jezero)	data nepořízena – špatné meteorologické podmínky



Obr. 1 Přehledová mapa pilotních lokalit LBLS

v důsledku silných sněhových přeháněk v oblasti Bavorského lesa podél česko-německé hranice.

Na základě podmínek z doby pořízení surových dat, analýzy naměřených dat, pořízení kvalitních RGB snímků a následných zobecnění získaných výsledků byly vybrány dvě lokality pro další detailní zpracování dat. Jednou z pilotních lokalit byla vodní nádrž Hracholusky (3 dílčí lokality), druhou pak cca 6 kilometrů dlouhý úsek na řece Vltavě.

### Hracholusky

Vodní nádrž (VN) Hracholusky (obr. 2) se nachází na řece Mži přibližně 20 km západně od města Plzeň. VN Hracholusky byla vybudována zejména za účelem akumulace vody pro průmysl, závlahy a teplárnu. Dalšími účely jsou snížení účinků povodní, rekreace, energetické využití, rybolov a zajištění minimálních průtoků. Vzdouvací objekt je tvořen sypanou zemní hrází se středním jílovým těsněním. Délka koruny hráze je 270 m, výška 26,5 m a maximální hloubka nádrže je 31 m. Na hrázi jsou vybudovány dva bezpečnostní přelivy, jeden je korunový boční s dlouhým železo betonovým skluzem, druhý šachtový a jeho koruna je položena o 50 cm výše než přelivná hrana bočního přelivu. Součástí sruženého objektu se šachtovým přelivem jsou také dvě spodní výpusti a malá vodní elektrárna s vertikální Kaplanovou turbínou. Údolí VN je poměrně úzké, břehy většinou strmé a skalnaté. Délka vzdutí VN Hracholusky je 22,5 km, celkový objem činí 56,65 mil. m<sup>3</sup> a zatopená plocha se rozkládá na 489,62 hektarech.

### Vltava

Úsek na řece Vltavě (obr. 3) byl nalétáván od obce Bavorovice, přes Hlubokou nad Vltavou a dále po proudu, kde je již tok ovlivněn vzdutím VN Hněvkovice. Jedná se o úsek v celkové délce 6 km s maximální hloubkou 4 m. Vybraný úsek představuje poměrně proměnlivou oblast z hlediska

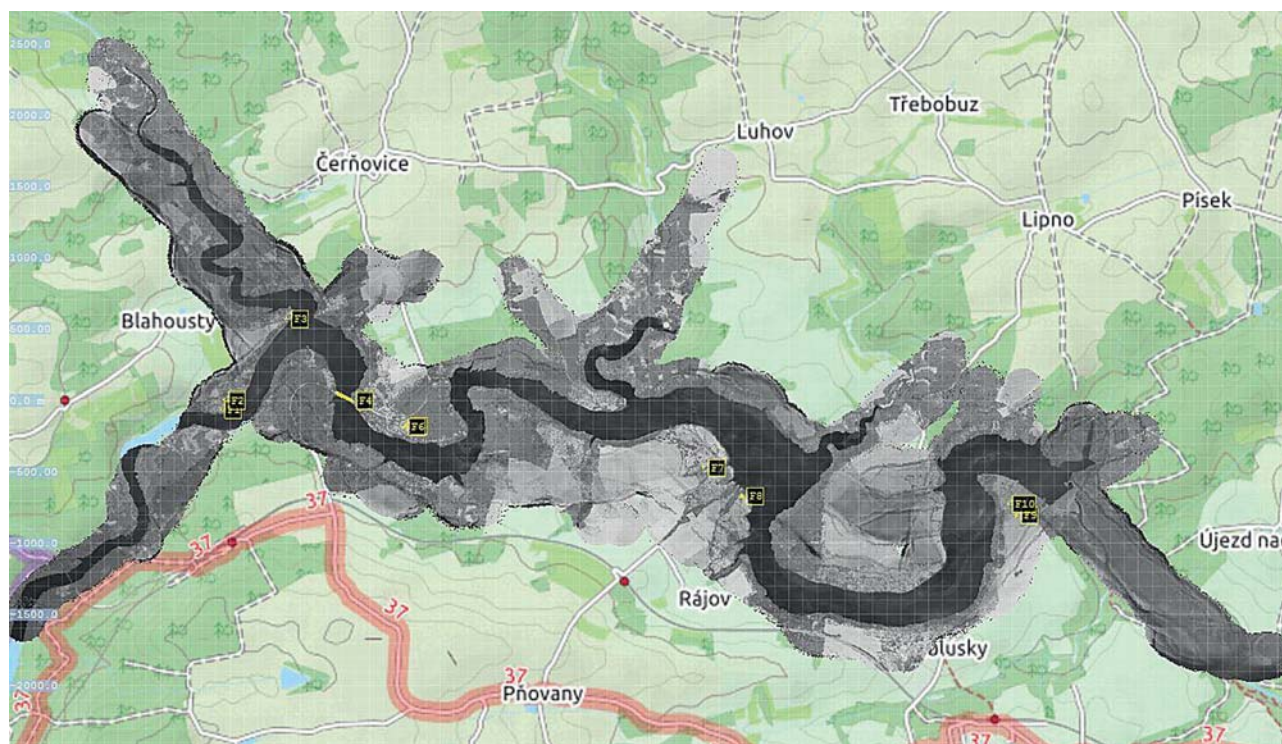
reliéfu. V počátečním skenovaném úseku, před Hlubokou nad Vltavou, řeka protéká rovinatou oblastí Českobudějovické pánve.

## 2.2 Použité metody

Základními komponenty systému leteckého LiDARu jsou:

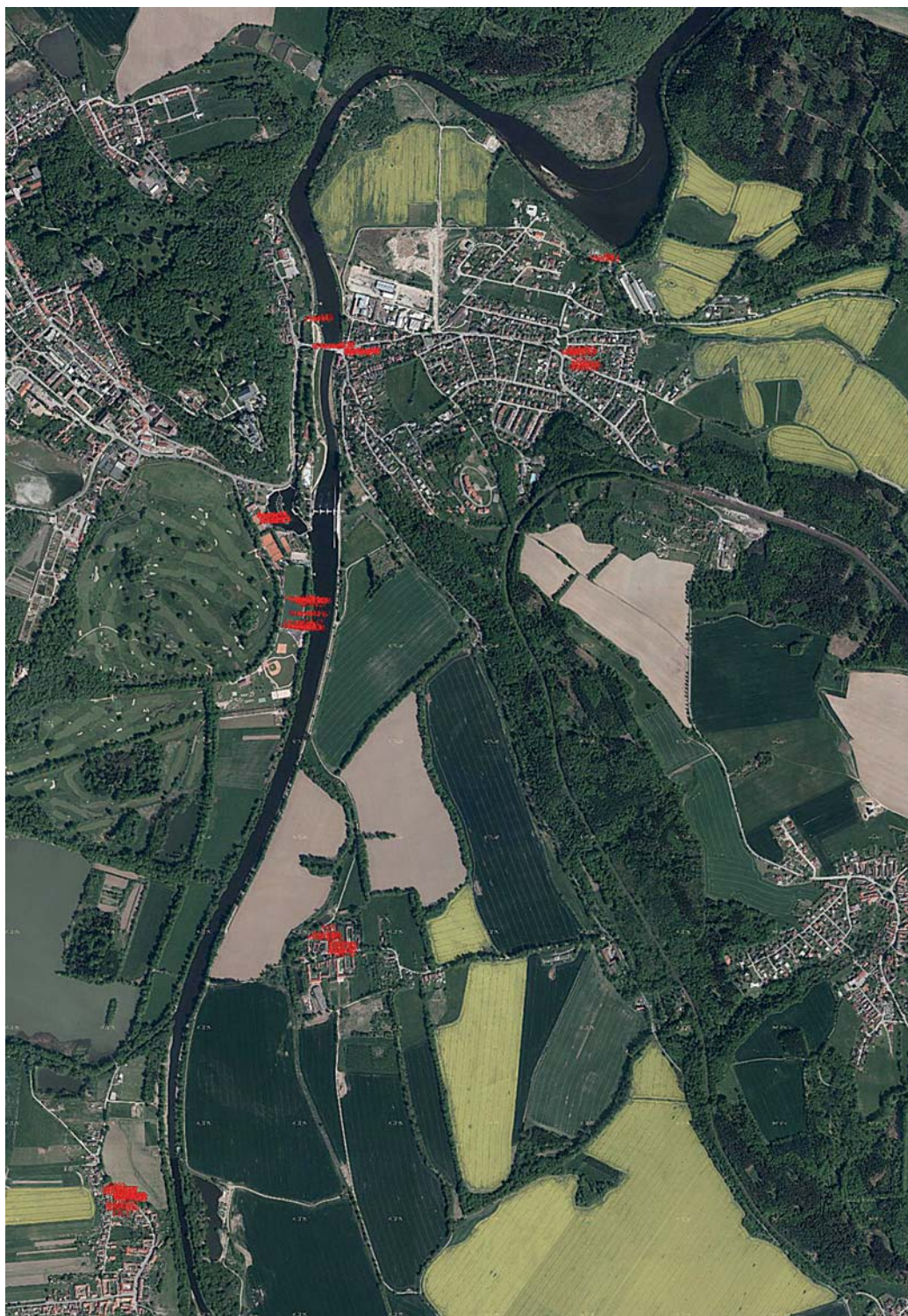
- základní měřicí jednotka (Laser Range Finder – LRF), která obsahuje vysílací a přijímací optiku laserového paprsku, detektor signálu, zesilovač, záznamník časového zdržení a potřebné elektronické komponenty;
- optický mechanismus v podobě rotujícího zrcadla, které se používá k rozptýlení paprsku v příčném směru letové dráhy;
- elektronická jednotka poskytující kontrolní funkci celého systému a zároveň zpracovává získaná data;
- globální navigační satelitní systém (GNSS);
- software k ovládání a koordinování činnosti každého základního komponentu systému, ukládá a předběžně zpracovává data shromážděná během celého letu;
- zařízení pro snímání obrazu povrchu jako jsou digitální kamera s plošným snímačem, videokamera nebo kamera s liniovým snímačem (pushboom scanner) [14], [15].

Základní měřicí jednotka vysílá laserové paprsky a podle doby, za kterou se paprsky vrátí zpět a následně analýzy dopadového signálu, určí lokální souřadnice X, Y, H bodu, odkud se paprsek odrazil. Skenery používané k LBLs využívají k měření dat paprsky dva, jeden z blízké infračervené části spektra (vlnová délka 1 064 nm), druhý ze zelené části spektra (vlnová délka 532 nm) [10]. Paprsek z infračervené části spektra je vodou téměř zcela pohlcován, a proto je vhodný pro skenování pevninského reliéfu mimo vodní hladinu. Naopak paprsek ze zelené popř. zelenomodré části spektra se odráží od hladiny, přičemž



Obr. 2 Pilotní lokalita Hracholusky



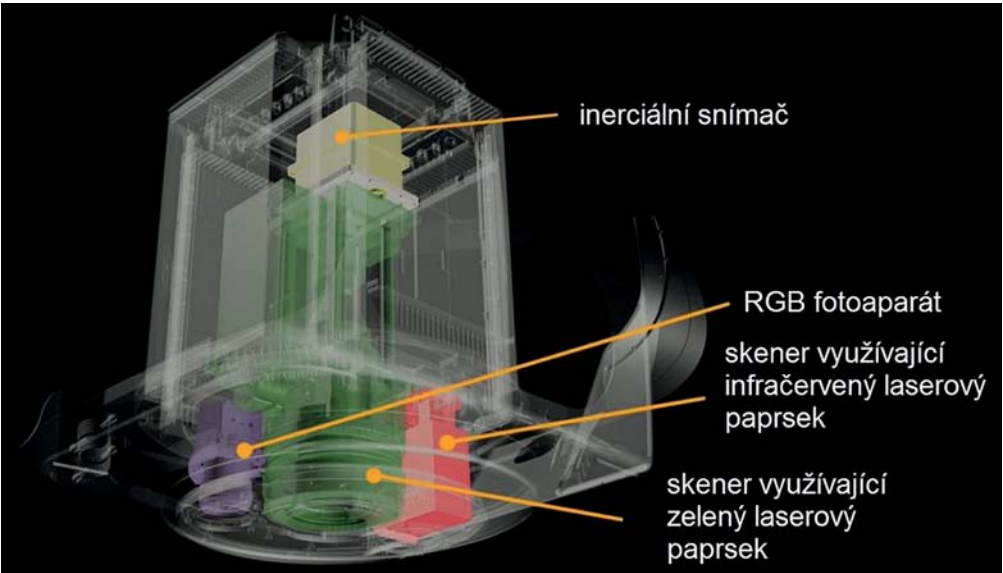


Obr. 3 Pilotní území Vltavy s použitými vlíčovacími body

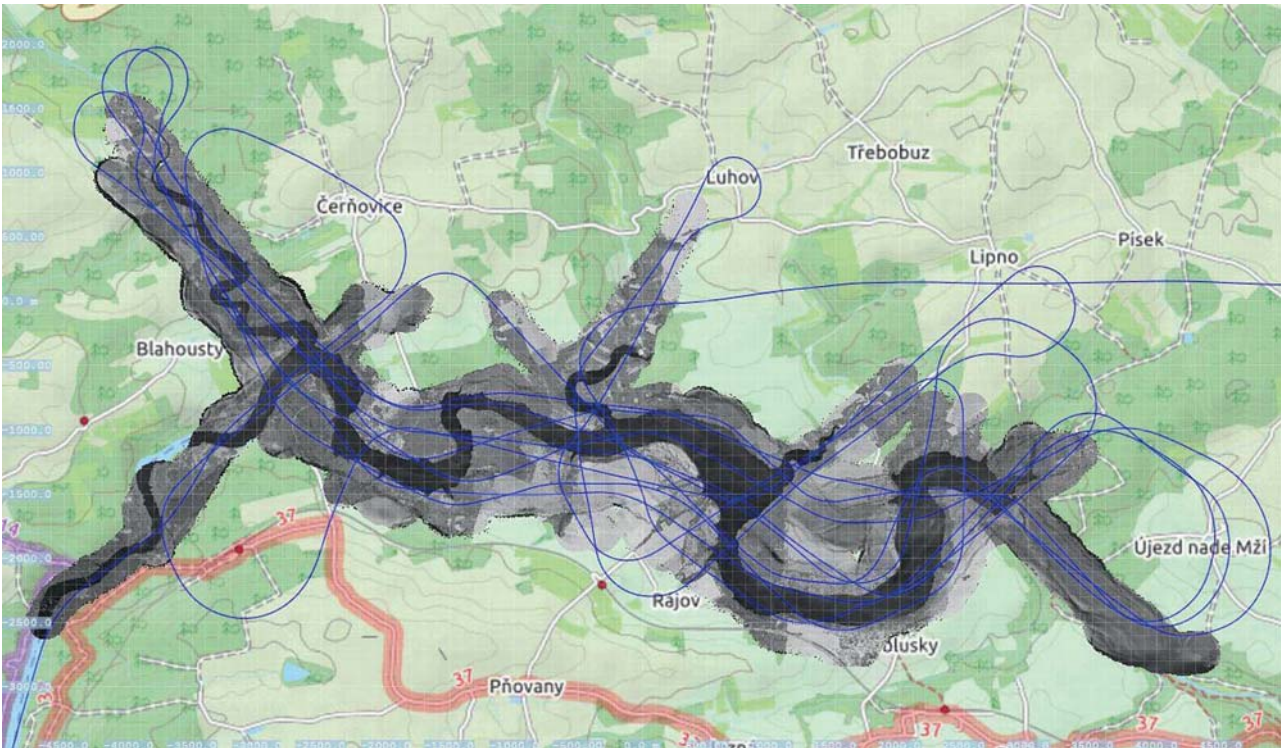
i prostupuje vodní hladinou a získává morfologická batymetrická data o zaplavené části povrchu. [15] uvádí, že maximální hloubka, do které lze reálně získávat batymetrická data pomocí LiDARu dosahuje až 70 m v závislosti na výkonnosti využitého systému a také na průhlednosti a proudění vody. LBLS na pilotních lokalitách bylo provedeno plně integrovaným systémem pro letecké skenování RIEGL VQ-880-G (obr. 4). Jedná se o systém, který účelně kombinuje hydrografické a topografické měření. Pro účely apliko-

vaného LBLS byla soustava nastavena pro měření v rozlišení 20 bodů/m<sup>2</sup>. Nedílnou součástí RIEGL VQ-880-G je přesný inerciální snímač, který stanovuje přesnou polohu a orientaci přístroje. Integrovaný digitální fotoaparát a druhý laserový skener s infračerveným paprskem doplňují údaje o získaných datech skenerem se zeleným laserovým paprskem. Robustní mechanická konstrukce je umístěna v odolném vodotěsném krytu, který umožňuje dlouhodobý provoz. Samotný nálet byl proveden letadlem typu Tecnam P2006T.





Obr. 4 Schematická konstrukce LiDARu RIEGL VQ-880-G



Obr. 5 Trajektorie náletu – Hracholusky

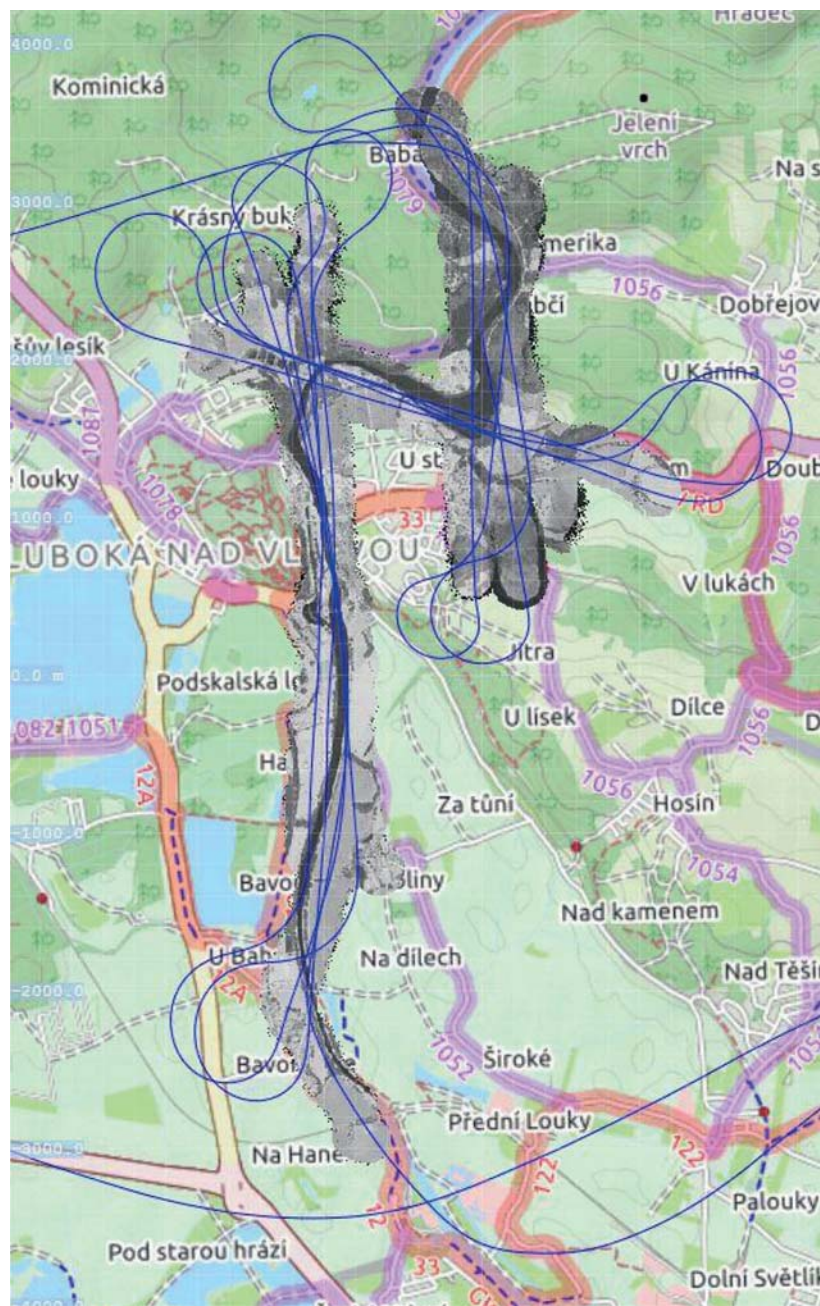
**Obecné parametry náletu:**

- průměrná rychlost letu byla cca 150 km/hod (80 uzlů) s letovou nadmořskou výškou 400 m AGL (metrů nad zemí),
- frekvence měření laserového skeneru byla 550 kHz / frekvence IMU byla 256 Hz,
- celkové překrytí mezi sousedními pásy se pohybovalo v řádu 50-80 %, což představuje průměrnou bodovou hustotu 30-60 bodů/m<sup>2</sup>,
- doba leteckého skenování 25. 4. 2016:
  - Hracholusky: 08:38 až 09:21 světového času (UTC) (obr. 5),
  - Vltava: 12:33 až 12:55 UTC (obr. 6).

**Technické parametry skeneru Riegl VQ-880G:**

Princip měření délek – čas letu laserového paprsku, digitalizace dopadového signálu a následná online analýza tvaru dopadové vlny.

Frekvence laserového pulsu	145 kHz	245 kHz	550 kHz
Odrazivost cíle $\Delta \geq 20 \%$	900 m	700 m	500 m
Odrazivost cíle $\Delta \geq 60 \%$	1 500 m	1 200 m	850 m
Maximální výška letu	800 m	650 m	450 m
Above Ground Level (AGL)			
Minimální měřená délka	10 m		
Přesnost	25 mm		



Obr. 6 Trajektorie náletu – Vltava

Maximální efektivní počet měření:

- 45 000 měř./sec (@ 145 kHz PRR (frekvence pulsu) & 40° (úhel rozsahu skenování)),
- 79 000 měř./sec (@ 245 kHz PRR (frekvence pulsu) & 40° (úhel rozsahu skenování)),
- 177 200 měř./sec (@ 550 kHz PRR (frekvence pulsu) & 40° (úhel rozsahu skenování)).

Vlnová délka laseru: 1,064 nm (near infrared) + 532 nm (green).  
Šířka laserového paprsku: 0,2 mrad.

#### Vlastnosti skeneru

Princip skenování:

- řádkový (infračervený skener),
- kruhový (zelený skener).

Rozsah skenování:  $\pm 20^\circ = 40^\circ$

#### IMU/GNSS vlastnosti a přesnost:

Roll, Pitch (náklony kolem podélné a příčné osy letadla): 0,0025°  
Heading (náklony ve směru letu): 0,005°  
IMU Sampling Rate (frekvence měření hodnot IMU): 200 Hz  
Position Accuracy (přesnost určení pozice):  
horizontální <0,05 m // vertikální <0,1 m

#### Integrovaná digitální kamera:

RGB Camera s rozlišením 29 MPixel  
Sensor Dimensions (rozměry senzoru):  
diagonální 43 mm (full format)  
Focal Length of Camera Lens (ohnisková vzdálenost objektivu kamery): 50 mm  
Field of View (FOV) (šířka max. záběru): cca 40° x 27°



Pro získání korektních dat z leteckého topo – batymetrického skenování bylo potřeba také využít několik sofistikovaných programů. Pro správnou funkci vlastního skeneru byly uplatněny obslužné programy, vyvinuté společností Riegl, kterými jsou RiACQUIRE, RiANALYZE, RiWORLD, RiPROCESS. Program Riegl GeoSYS manager 2.0.8 umožňuje okamžitý přístup uživateli a lokalizaci pro usnadnění georeferencování. Pro post- processing, tedy zpracování mračen bodů, byl využit software RiSCAN Pro 2.4 a dále pak ArcGIS 10.1.

### Zdrojová data

Naskenované body v již lokálním systému byly přepočteny pomocí inerciální měřicí jednotky (Inertial Measurement Unit – IMU) GNSS souřadnic a spojovány do zaměřeného mračna bodů.

Samotné měření probíhalo tak, že pomocí programu RiACQUIRE sloužícího k zaznamenávání naměřených dat, byla pořizována měřená data (ze skeneru infračervené a ze zelené části spektra, jednotky IMU, aparatury GNSS a kamery RGB). Pomocí programů RiWORLD, RiACQUIRE a RiPROCESS (Riegl) byla z naměřených dat IMU a GNSS vypočítána přesná trajektorie letu. Ta byla následně použita pro vypočtení výsledného mračna bodů (ze znalosti trajektorie a dat ze snímačů skenerů). Jednotka GNSS byla nakonfigurovaná na měření v Evropském terestrickém referenčním systému (ETRS89), výsledné mračno bodů je tedy ve stejném systému.

Na základě analýzy výsledných mračen bylo vytipováno 101 vličovacích a kontrolních bodů v lokalitě Hracholusky a 98 v lokalitě Vltava. Jako body byly použity charakteristické rohy střechních pláštů nebo charakteristické značky viditelné na základě rozdílné intenzity odrazu (čáry na te-

nisových kurtech, bílé vodorovné silniční značení, atp). Body pak byly zaměřeny pomocí GNSS (službou RTK sítě CZEPOS) s prostorovou přesností 2 cm, v souřadnicovém systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) a výškovém systému baltském - po vyrovnání (Bpv). Následně byly přepočteny do ETRS89 a použity jako vličovací body pro tzv. dotransformaci mračen bodů kvůli zpřesnění výsledků samotných měření, při standardní odchylce transformace  $\pm 6$  cm (vypočítané z reziduí na vličovacích bodech).

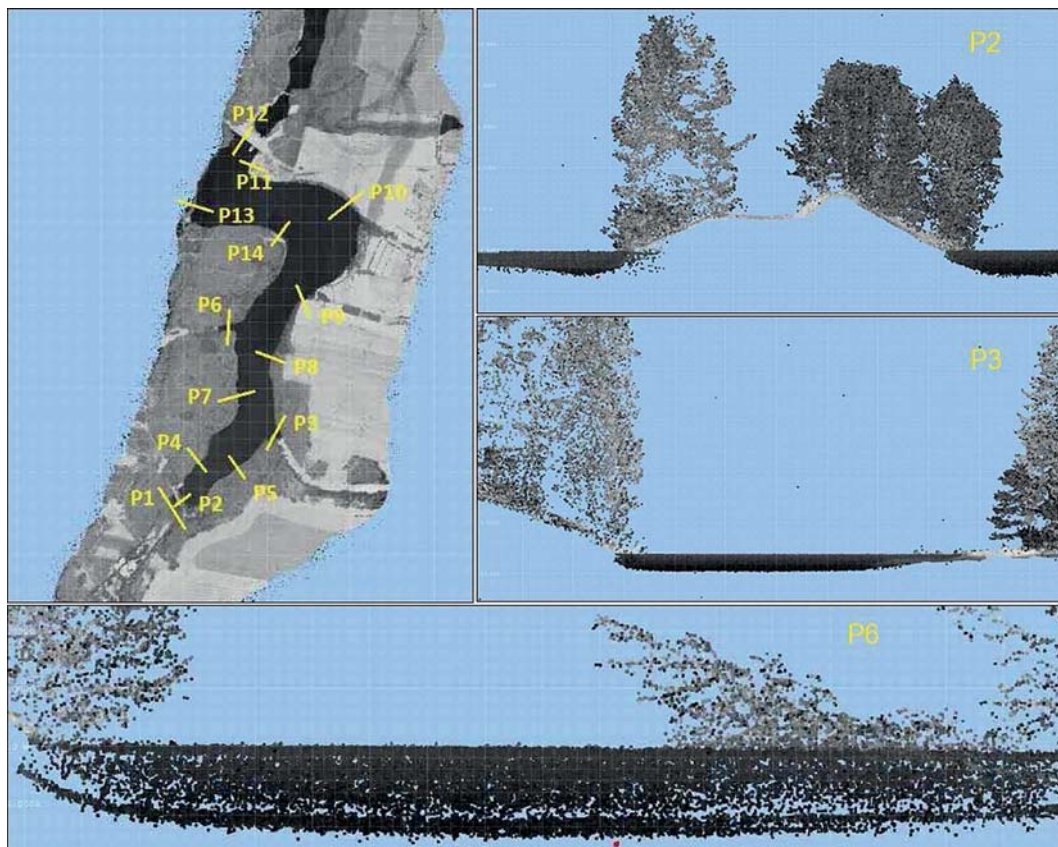
Pro navazující použití pořízených dat byla provedena filtrace dat a jejich transformace do souřadnicového systému S-JTSK pomocí vličovacích bodů [16]. V prvním kroku úpravy mračna bodů je provedena filtrace pomocí proužkové analýzy, kde se přepočítají rozptýlené body od správné pozice paprsku tak, aby vzniklo konzistentní mračno bodů.

Ze systému ETRS89 byly poté souřadnice bodů transformovány do S-JTSK pomocí transformačního programu ETJZU 2013 schváleného ČÚZK. Výstupem je tedy mračno nasnímaných bodů v podobě seznamu souřadnic X, Y (polohový systém S-JTSK) a H (výškový systém Bpv) tvořící DMR – v našem případě dna rybníka nebo vodní nádrže a přilehlých břehů. Směrodatná odchylka transformace vychází cca  $\pm 6$  cm, primární souřadnicový systém naměřených dat je ETRS89.

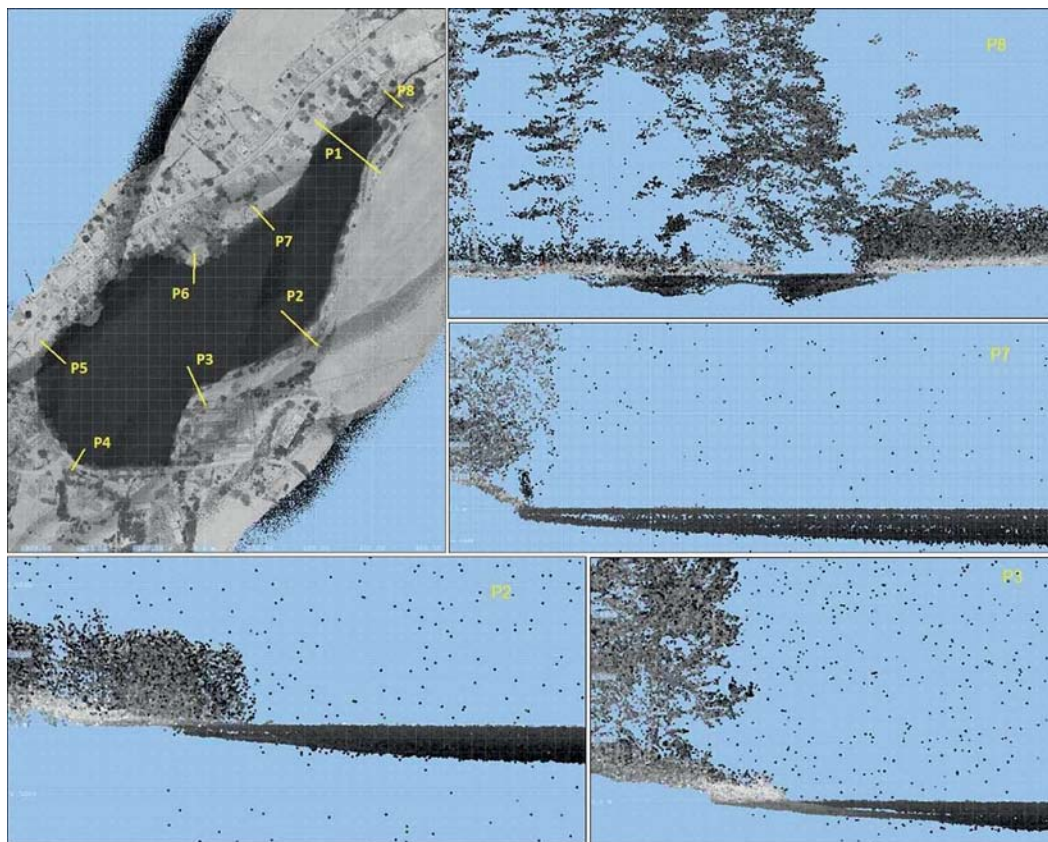
### 3. Výsledky

#### 3D mračno bodů

Pomocí leteckého topo-batymetrického laserového skenování a navazujících postprocessingových operací byla pořízena mračna bodů. Obr. 7 a 8 prezentuje pořízená 3D



Obr. 7 Ukázka mračna bodů podle intenzity odrazu – vodní nádrž (VN Němčice)



Obr. 8 Ukázka mračna bodů podle intenzity odrazu – rybník (Všetuby)

vektorová data, která jsou po provedené klasifikaci zdrojem pro tvorbu DMR zájmové lokality. Klasifikace proběhla automaticky v SW RiPROCESS na základě analýzy vlny dopadu pulsu (první odraz~vodní hladina, poslední odraz~dno pod vodní hladinou, jediný odraz~terén). Prezentovány jsou dílčí výsledky pořízené za optimálních podmínek z pilotní lokality VN Němčice a rybníka Všetuby.

Okolí VN Němčice se vyznačuje strmými břehy a občasnými mělčícími místy, které přecházejí až do nádrže. Malá vodní nádrž Všetuby se vyznačuje bahnitým dnem s tmavou barvou a organickým obsahem. Tyto podmínky omezily možnost batymetrického laseru lépe zaměřit dno. V případě VN Němčice byla maximální zaměřená hloubka 1,5 m – 2 m. V případě malé vodní nádrže Všetuby byla maximální zaměřená hloubka 1 m – 1,5 m.

Vyhodnocení odraženého signálu pro účely kategorizace mračna bodů do tří základních tříd (kolik cílů zasáhl paprsek a kolikátý cíl je zasážen):

- jediný odraz – reliéf (mimo hladinu),
- první odraz – vodní hladina,
- poslední odraz – dno (ideální případ).

V rámci detailnějšího zpracování pořízených dat byl pro dílčí úsek Vltavy vygenerován DMR ve variantách:

- A) DMR (LBLS 1. odraz),
- B) DMR (LBLS poslední odraz),
- C) DMR (sonar).

Zpracovaný výstup je prezentován na obr. 9 a 10. Z výsledků je patrná omezenost použití metody LBLS v podmínkách ČR. Břehy vodního toku Vltavy jsou většinou strmé s občasnými mělčícími úseky přecházejícími do řeky. Říční dno má tmavou barvu a vysoký obsah organických látek. Tyto podmínky omezily možnost batymetrického

laseru lépe zaměřit dno, respektive poskytnout relevantní informaci o jeho morfologii.

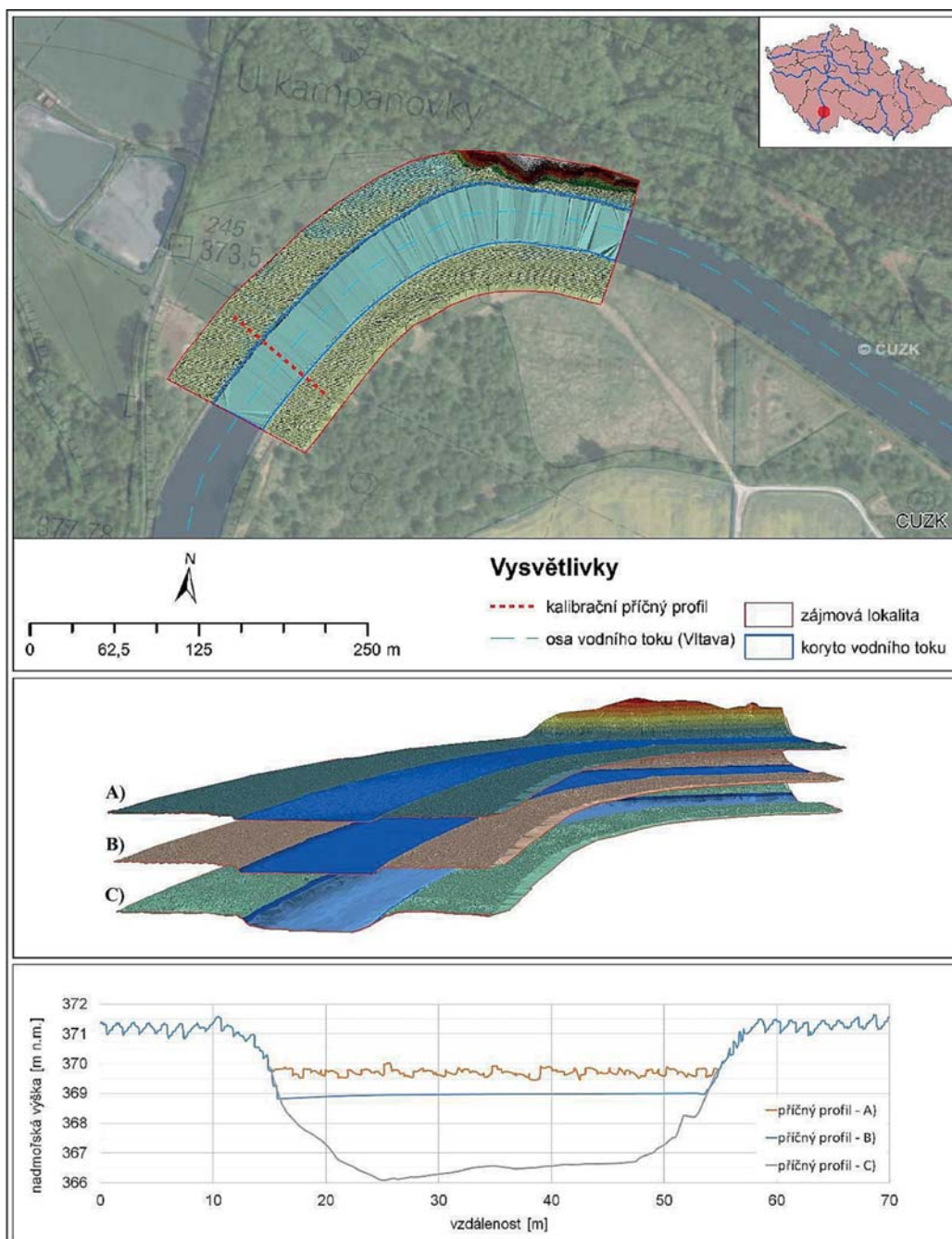
Výškovou fluktuaci DMR nad břehovou linií lze přisuzovat různorodému vegetačnímu pokryvu. V případě fluktuace dat na hladině vodního toku stanovenou na základě 1. odrazu LBLS lze předpokládat příčinu ve vysoké hustotě pořízených dat a neustálené vodní hladině. Další příčinou může být zvolená metoda tvorby DMR (triangulated irregular network – TIN) v kombinaci s vysokou hustotou dat. Naopak hladký průběh v případě varianty B (poslední odraz) je zapříčiněn vstupními daty, kdy pro stanovení uvedené podoby příčného profilu byl vstupem pouze jeden bod na každém břehu vodního toku.

**Varianta DMR A** prezentuje DMR, který reflektuje hladinu vodního toku. Pro tvorbu DMR A bylo využito dat z provedeného leteckého topo-batymetrického laserového skenování, kde pro přípravu DMR byla v oblasti vodního toku použita kategorie „první odraz“ (vodní hladina) z klasifikovaného mračna bodů.

**Varianta DMR B** prezentuje DMR, který reflektuje zahloubení koryta vodního toku. Pro tvorbu DMR B bylo využito dat z provedeného LBLS z kategorie „poslední odraz“ (dno) z klasifikovaného mračna bodů. V hloubkách větších než 1,5 m (2 m – VN Hracholusky) již nedochází ke zpětnému odrazu paprsku a oblast tak nedisponuje požadovanými daty o morfologii dna řešené vodní nádrže.

**Varianta DMR C** prezentuje DMR, který reflektuje zahloubení koryta vodního toku. Pro tvorbu DMR C v oblasti vodního toku bylo využito dat z provedeného LBLS v kombinaci se sonarem [17], [18]. Data pořízená pomocí infra-





Obr. 9 Porovnání LBLS s echosounderem – území Vltavy



Obr. 10 RGB snímky (nahore) a příčný profil (dole) – Vltava

červeného paprsku byla použita pro tvorbu DMR nad břehovou linií vodního toku.

#### 4. Diskuse

Při samotném náletu ovlivňuje výsledek několik faktorů, které určují vhodnost dat pro další zpracování. Prvním z faktorů, který má dopad na sledovaný výsledek, bylo pořízení kvalitních snímků RGB pro určení kontrolních a vlivovacích bodů. Dalším faktorem byla vysoká vlhkost, která se vyskytovala v den náletu, kvůli občasnému dešti se sněhem. Vyskytující se srážky, pak působily jako šum naskenovaný v samotných mračnech bodů (nejvíce v lokalitě Hracholusky) viz [obr. 11](#).

Z pohledu jednotlivých lokalit byly pro získání relevantních dat určující především vstupní meteorologické podmínky, charakter dna (pevné dno, vrstva sedimentů, atd.) a průhlednost:

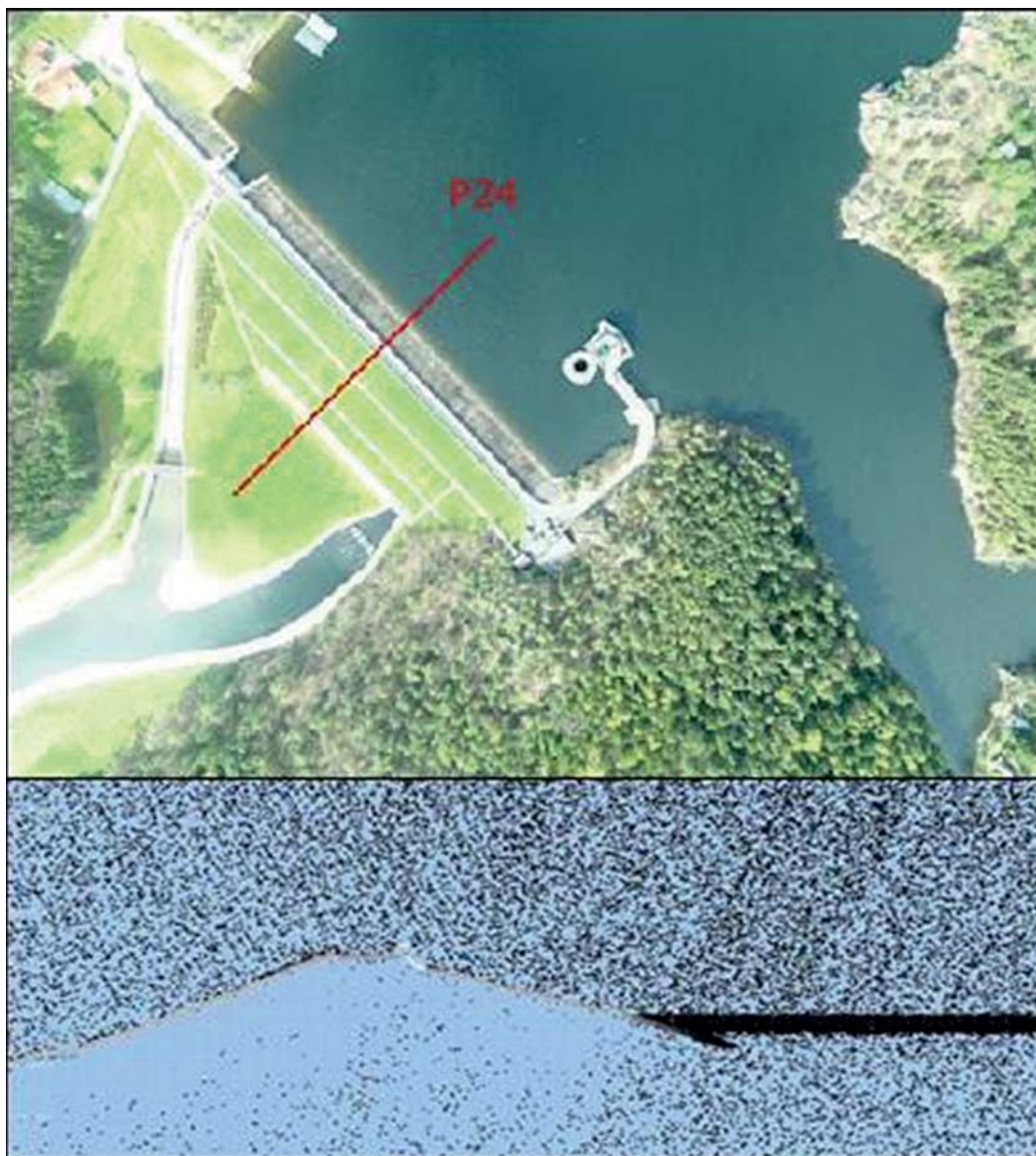
**Česká Kanada:** dva rybníky, kde bylo v době náletu temnější dno bohaté na organické látky. Maximální změřená hloubka 1,5 m – 2 m, v jižnější části 0,5 m – 1 m.

**Mydlák:** v rybníce byl během měření nízký stav vody, především v severní a východní části do hloubky max. 1 m. Dno je bahnité s tmavou barvou a organickým obsahem. V centrální části rybníka se zvyšovalo zakalení. Okrajové části nebyly tak zakalené a hloubka zaměření laserem byla proto větší.

**Vltava:** břehy většinou strmé s občasnými plošími úseky rozšiřujícími se do řeky. Říční dno má tmavou barvu a vysoký obsah organických látek. Maximální zaměřená hloubka je do 1,5 m.

**VN Němčice:** dno nádrže bylo zaměřeno v jižnější části přehrady. Zbytek oblasti je obdobný jako VN Hracholusky se strmými břehy a lokálními mělčími místy, které přecházejí až do nádrže. Maximální zaměřená hloubka 1,5 m až 2 m.

**Všeruby:** dno je bahnité s tmavou barvou a organickým obsahem. Maximální zaměřená hloubka 1 m – 1,5 m.



Obr. 11 Nepříznivé meteorologické podmínky při skenování – VN Hracholusky (příčný řez hráze)



**Padrtské rybníky:** vzdušná vlhkost byla během měření vyšší kvůli přeháňkám deště se sněhem v blízkosti skenované oblasti. Toto způsobilo, že došlo k naskenování velkého množství „falešných“ odrazů. Dno je opět bahnité s tmavou barvou a organickým obsahem. Lokálně je maximální zaměřená hloubka 0,5 m, přesto na většině plochy bylo dno zaměřeno.

**VN Hracholusky:** břehy jsou svažité. V místech, kde se objevily mělčí a rovnější části dna, se podařilo zaměřit povrch i ve větších hloubkách. Na většině území zaměřena hloubka okolo 2,5 m.

**Kontrolní srovnání s leteckou fotogrammetrií a se sonarovým měřením**

V roce 2015 byla pomocí leteckého snímkování (letecké fotogrammetrie – FGM) určena břehová čára VN Hracholusky (s aplikací 3D stereoskopického měření). U celkového počtu 1 396 bodů vyhodnocené břehové čáry byly použity X a Y souřadnice jednotlivých bodů břehové čáry

a na těchto souřadnicích byl vyhledán odpovídající bod v mračnu bodů. U takto odpovídajících si bodů byly poté porovnány nadmořské výšky.

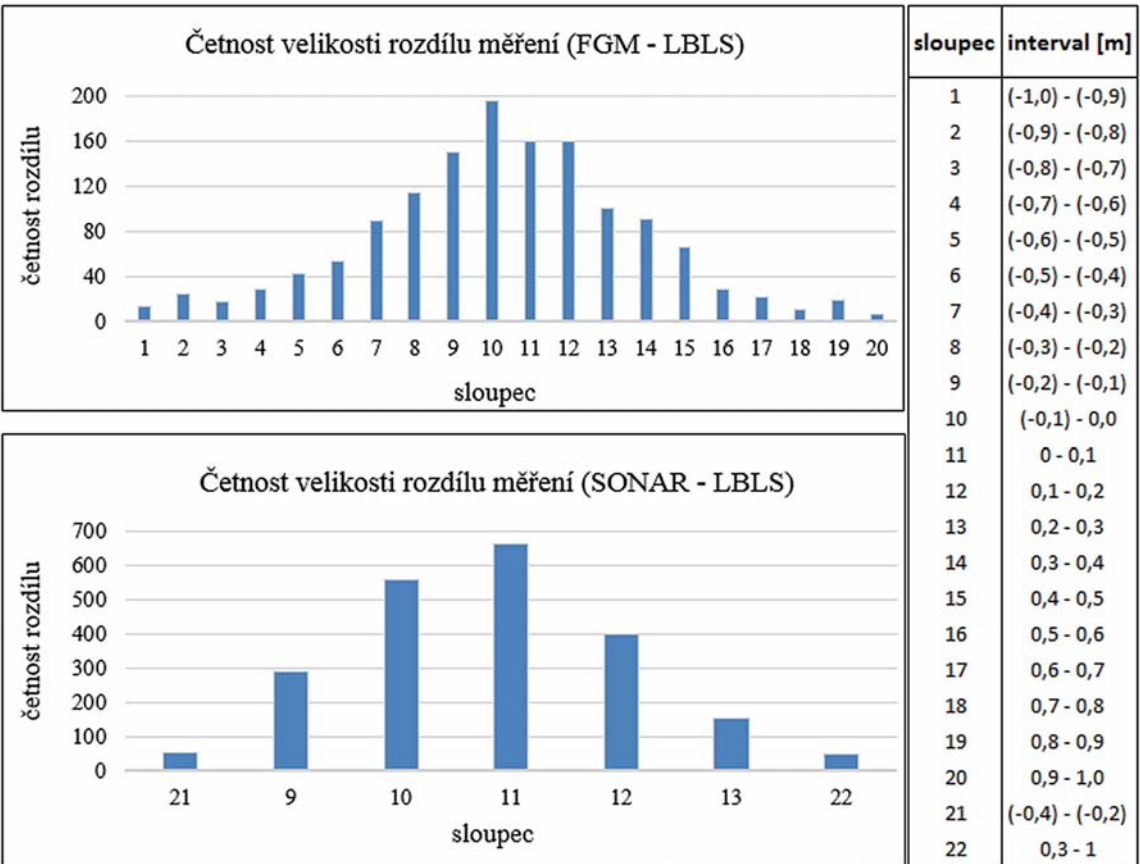
Pro srovnání LBLS s daty z měření pomocí sonaru bylo využito datových zdrojů pořízených v rámci monitorovací kampaně Povodí Vltavy, státní podnik, které proběhlo na VN Hracholusky v roce 2014, kdy bylo celkem zaměřeno 329 120 bodů měřickou sonarovou lodí JOSKA. S výsledky sonarového měření se naskenované mračno bodů LBLS překrývá ve vybraných oblastech – cca na 2 074 bodech. U sonarových měření byly převzaty souřadnice X a Y jednotlivých zaměřených bodů a na těchto souřadnicích byly vyhledány odpovídající body v mračnu bodů, které byly poté porovnány v atributu nadmořské výšky.

Srovnání bylo provedeno v programu Arc GIS verze 10.1 (ESRI) a je prezentováno v **tab. 2**.

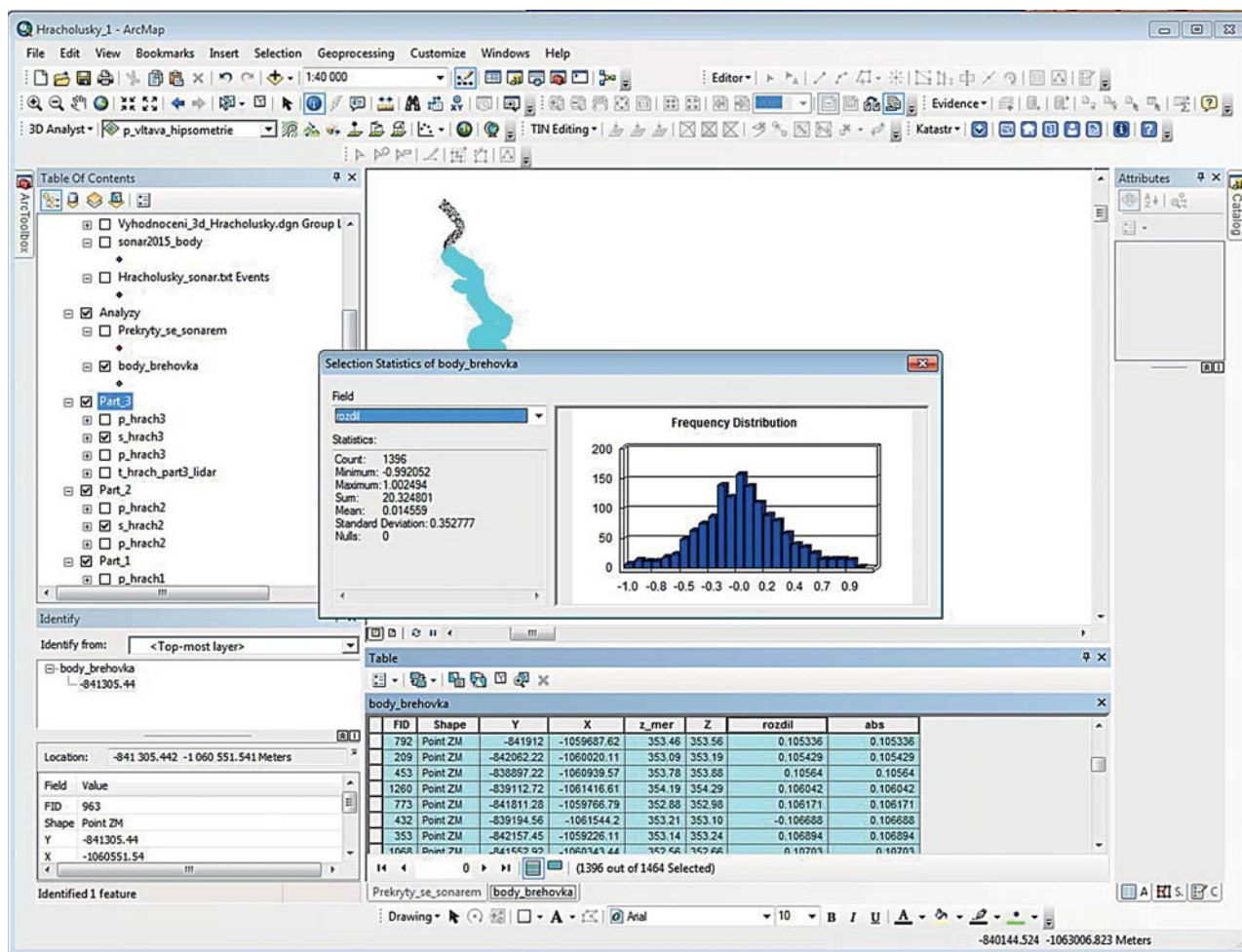
Další výsledky jsou prezentovány na **obr. 12** a **13**. Ze vzorku dat získaných výsledků kontrolního srovnání LBLS s FGM a se sonarovým měřením lze identifikovat blízkou

**Tab. 2** Základní parametry srovnání FGM / LBLS a SONAR / LBLS

Parametry	FGM / LBLS	SONAR / LBLS
počet měření	1 396	2 074
min/max rozdíl [m]	-0,99 / 1,00	-0,34 / 0,96
průměrná hodnota [m]	0,015	0,032
směrodatná odchylka [m]	0,352	0,136



**Obr. 12** Kontrolní srovnání s LBLS / FGM / SONAR



Obr. 13 Výpočet základních statistických parametrů v SW ArcMap

shodu mezi jednotlivými datovými zdroji, respektive mezi metodami jejich pořízení (LBLS, FGM a sonar). Možné rozdíly mezi metodami měření lze přičíst i různému datu pořízení jednotlivých datových sad (LBLS – 2016, FGM – 2015, SONAR – 2014).

## 5. Závěr

Jedním z hlavních vlivů na dosažené výsledky byly špatné meteorologické podmínky během vlastní letecké kampaně – změna podmínek nastala velice rychle a atypicky na měsíc duben a letové plány již nemohly být změněny (m.j. i z organizačních, finančních a dalších důvodů).

V řadě odborných publikací je možné nalézt informace, že maximální hloubka, do které lze reálně získávat batymetrická data pomocí LiDARu, dosahuje až 70 m v závislosti na výkonnosti využitého systému a také na zákalu a proudění vody [15].

Přestože vybavení bylo parametricky obdobné, jako použil [15], relevantní výsledky byly dosaženy pouze do hloubky 1,5 m (2 m) pod vodní hladinou. Tato skutečnost, přestože mohla být způsobena zákalem či specifickým prouděním vybraných (vnitrozemských) lokalitách, bohužel objektivně nezdůvodňuje rozdíl mezi uváděným zdrojem a výsledky, které byly získány v rámci prováděné mě-

řící kampaně. Hloubka 1,5 m (2 m) pod vodní hladinou citelně omezuje aplikaci daného měření a výrazně tak omezuje jeho možnou širší aplikaci. Pro širší zavedení metody LBLS do uživatelské praxe v podmínkách ČR je proto důležité navazující výzkum soustředit na eliminaci dopadů meteorologických podmínek (volba doby náletu), pořízení dat směřovat do ustáleného vodního stavu, tj. kdy průtok vody není ovlivněn předchozí srážkou, která způsobí zakalení, apod.

Z prezentovaných výsledků je patrné, že sledovaná metoda se z pohledu určení morfologie dna pod vodní hladinou v podmínkách ČR osvědčila do hloubek cca 2 m. Pro získání relevantních dat i ve větších hloubkách pod vodní hladinou je proto nutné tuto metodu i nadále testovat.

## Poděkování:

Článek vznikl za podpory Technologické agentury ČR, projektů TA04020042 „Nové technologie batymetrie vodních toků a nádrží pro stanovení jejich zásobních kapacit a sledování množství a dynamiky sedimentů“ a TH02030396 „Využití letecké termografie jako nového přístupu pro identifikaci znečištění vod z bodových a nebodových zdrojů“.

## LITERATURA:

- [1] MIDDLETON, W. E. K. - SPILHAUS, A. F.: *Meteorological Instruments* (University of Toronto Press, Toronto 1953).



- [2] SHUCKMAN, K.-KING, B.-DUTTON, J. A.: *Topographic Mapping with Lidar: Lesson 1: Lidar Sensors and Data* [online]. 2009, [cit. 2017-01-23]. Dostupné z <https://www.e-education.psu.edu/geog481/11.html>.
- [3] DOLANSKÝ, T.: *Lidary a letecké laserové skenování*. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2004. Acta Universitatis Purkynianae. ISBN 80-7044-575-0.
- [4] WANG, Z.-SHENK, T.: *Building extraction and reconstruction from lidar data*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 2000, Vol. XXXIII, Part B3.
- [5] ROUB, R.-HEJDUK, T.-NOVÁK, P.: Využití dat z tvorby nového výškopisu území České republiky metodou leteckého laserového skenování při analýze a mapování povodňových rizik. Geodetický a kartografický obzor, 58/100, 2012, č. 1, s. 4-8. ISSN 0016-7096.
- [6] ROUB, R.-HEJDUK, T.-NOVÁK, P.: Automating the creation of channel cross section data from aerial laser scanning and hydrological surveying for modeling flood events. Journal of Hydrology and Hydromechanics, 60, 2012, 4. ISSN 0042-790X.
- [7] GRINDGIS. *LIDAR Data 50 Applications and Uses- It is important* [online]. 2016 [cit. 2017-01-23]. Dostupné z <http://grindgis.com/data/lidar-data-50-applications>.
- [8] NOVÁK, P.-ROUB, R.-HEJDUK, T.: Využití hydrologického měření při tvorbě hydrodynamických modelů z dat leteckého laserového skenování. Vodní hospodářství, 2011, roč. 61, č. 8, s. 297-302. ISSN 1211-0760.
- [9] JENSEN, J. R.: *Remote sensing of the environment: an earth resource perspective*. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, c2007. ISBN 9780131889507.
- [10] GUENTHER, G. C.-CUNNINGHAM, A. G.-LAROQUE, P. E.-REID, D. J.: *Meeting the accuracy challenge in airborne Lidar bathymetry*. Proceedings, 20th EARSeL Symposium Workshop on LiDAR Remote Sensing of Land and Sea. Dresden, Germany, June 16-17, 2000, 28 pp.
- [11] MANDLBURGER, G.-HAUER, CH.-WIESER, M.-PFEIFER, N.: *Topo-bathymetric LiDAR for monitoring river morphodynamics and instream habitats - a case study at the Pielach river*. Remote Sens. 2015, 7, p. 6160-6195; doi:10.3390/rs70506160.
- [12] DONEUS, M.-MIHOLJEK, I.-MANDLBURGER, G.-DONEUS, N.-VERHOEVEN, G.-BRIESE, CH.-PREGESBAUER, M.: *Airborne laser bathymetry for documentation of submerged archaeological sites in shallow water*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences: Volume XL-5/W5, 2015 Underwater 3D Recording and Modeling, 16-17 April 2015, Piano di Sorrento, Italy.
- [13] DE NIGRIS, N.-PRETI, M.-MONTI, M.: *Comparison between the ABL system and the multibeam for the survey of the Beach Morphology*. 9th International Conference on the Mediterranean Coastal Environment: 2009, Russia.
- [14] BALTASAVIAS, E. P.: *Airborne laser scanning: existing systems and firms and other Resources*. Institute of Geodesy and Photogrammetry, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 54: 1999, Zurich, Switzerland.
- [15] SHAN, J.-TOTH, K.: *Topographic laser ranging and scanning: principles and processing*. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis Group, c2009. ISBN 1420051423.
- [16] HILL, L. L.: *Georeferencing: the geographic associations of information*. Cambridge, Mass.: MIT Press, c2006. ISBN 9780262083546.
- [17] NOVÁK, P.-ROUB, R.-VYBÍRAL, T.-HLAVÁČEK, J.-HEJDUK, T.-BUREŠ, L.-REIL, A.: *Nové technologie batymetrie vodních toků a nádrží*. Vodní hospodářství, 2015, roč. 65, č. 3, s. 13-20. ISSN 1211-0760.
- [18] BUREŠ, L.-MÁČA, P.-ROUB, R.-HEJDUK, T.-NOVÁK, P.: *Estimation of River Bathymetry Using the Global Optimization Algorithms, Mathematics and Computation*, 2017 [in print].

Do redakce došlo: 3. 3. 2017

**Lektoroval:**  
**Ing. Marek Fraštia, PhD.,**  
**Slovenská technická univerzita v Bratislave**

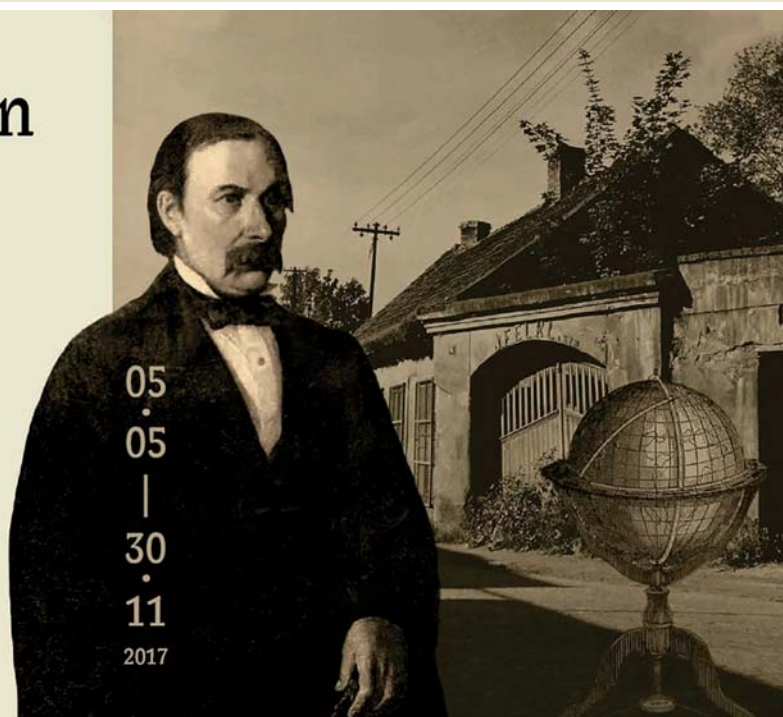
**Geografická sekce, Mapová sbírka a knihovna geografie  
ve spolupráci se Středočeským muzeem v Roztokách u Prahy  
pořádají výstavu**

# Jan Felkl & syn továrna na glóby

Albertov 6, Praha 2,  
2. patro

Otevírací doba:  
Po-Pá 9.00-17.00

Expozice glóbů  
v sále Mapové sbírky:  
Středa 9.00-17.00



05  
05  
|  
30  
11  
2017

## Transformácia lokálneho výškového systému (balský - po vyrovnaní) do jednotného celosvetového výškového systému

Ing. Michal Buday,  
Ústav geodézie, Fakulta stavební,  
Vysoké učení technické v Brně

### Abstrakt

Jeden z hlavných problémov súčasnej fyzikálnej geodézie je vytvorenie jednotného výškového celosvetového systému, ktorého primárnou definičnou konštantou bude hodnota geopotenciálu  $W_0$  na základnej hladinovej ploche – geoidu. Tento problém naráža hneď na niekoľko úskalí ako sú napríklad rôzne typy používaných fyzikálnych výšok vo svete, spôsoby odstraňovania vplyvu prílivov a odlivov na tvar zemského telesa či schopnosť dohodnúť sa na medzinárodnej úrovni na referenčnej hodnote  $W_0$ . Táto práca sa zaoberá metódou, ktorá využíva globálne modely gravitačného poľa Zeme, charakteristiky normálneho gravitačného poľa Zeme a referenčnú hodnotu  $W_0$  a tento postup je aplikovaný na lokálny výškový systém balský - po vyrovnaní na území Českej a Slovenskej republiky.

### Transformation of the Local Height System (Baltic Vertical Datum - After Adjustment) into Unified World Height System

### Abstract

One of the main problems of modern physical geodesy is the unification of local height systems into one unified global World Height System. The primal physical constant used for this purpose is the value of geopotential on Geoid's surface  $W_0$ . The main difficulties are different types of physical heights that are used worldwide, different ways of elimination of the influences caused by high and low tides on the shape of the Earth or necessity to agree on the reference value of  $W_0$ . This paper deals with the method using global gravity field models, characteristics of normal gravity field and well known reference value of  $W_0$ . The method is further applied on the local height system of the Czech Republic and the local height system of the Slovak Republic: Baltic Vertical Datum - After Adjustment.

**Keywords:** physical geodesy, physical heights, normal gravity field

## 1. Úvod

Hlavným dôvodom vytvorenia Celosvetového výškového systému (anglicky World Height System – WHS) je nahradenie lokálnych národných výškových systémov za účelom zjednotenia práce s dátami z celého sveta, aby nebolo nutné pracovať rôznymi dátami samostatne.

V článku sa autor zaoberá prípadom transformácie lokálneho výškového systému balského - po vyrovnaní (Bpv), ktorý je používaný na území Českej republiky (ČR) a iných štátoch strednej a východnej Európy. Dáta, ktoré boli za týmto účelom použité sú súradnice bodov tzv. výberovej údržby, ktoré majú známe geodetické súradnice ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $h_{el}$ ) a taktiež známe hodnoty normálnej Molodenského výšky  $h_n$ . Ďalšie body, ktoré boli použité sú body siete permanentných staníc CZEPOS. Všetky dáta, ktoré boli na tento účel použité je možné bezplatne získať z webovej aplikácie ČÚZK. Celkový počet bodov výberovej údržby použitých v tejto práci je 2 429 a 27 bodov siete CZEPOS. Normálne Molodenského výšky bodov výberovej údržby boli určené metódou technickej nivelácie od najbližších bodov Českej štátnej nivelačnej siete (ČSNS) a geocentrická poloha spravidla metódou statickej observácie, normálne výšky bodov siete CZEPOS boli určené kombináciou presnej nivelácie a presnej trigonometrie.

V prípade prevodu Bpv na území Slovenskej republiky (SR) bolo použitých 43 bodov Štátnej priestorovej siete (ŠPS), a to body kategórie B (Slovenská geodynamická referenčná sieť). Ich elipsoidická výška  $h_{el}$  je známa so strednou chybou  $m_{hel} < 0,015$  m [1].

## 2. Rozdielne definície fyzikálnych výšok a hladinové plochy

Historicky prvá formulácia geoidu ako hladinovej plochy [2] je založená na princípe gravimetrických meraní. Vďaka primitívnej meracej technike v tej dobe mala však táto definícia len teoretický význam. Prvá regularizácia Zemského telesa bola vyvinutá Helmertom [3], ktorý prakticky odvodil ortometrické výšky, teda dĺžku ťažnice medzi základnou hladinovou plochou – geoidom a bodom na povrchu Zeme.

Ďalším významnejším míľnikom je prínos ruského geofyzika Molodenského [4]. Ten odvodil nový spôsob určovania výšok, a to najmä vďaka faktu, že nebolo potrebné určovať strednú hodnotu gravitačného zrýchlenia medzi povrchom Zeme a geoidu. Namiesto toho zavádza novú plochu – kvazigeoid. Nespochybniteľnou výhodou tohto typu výšok je, že určenie nadmorskej výšky je možné na základe meraní vykonaných len na povrchu Zeme.

### 2.1 Slapové systémy

Geoid (1) je ekvipotenciálna plocha reprezentujúca tiažové pole Zeme. Táto plocha sa úzko spája so strednou hladinou oceánov, ale je nutné uvedomiť si, že táto definícia nie je úplne správna. Rozdiel medzi strednou hladinou oceánov a geoidom je primárne vyjadrený ako dynamická topografia oceánov (anglicky Dynamic Ocean Topography), ktorá nadobúda hodnoty v intervale  $-2,13$  m do  $0,80$  m [5].



$$W_0 = \text{konšt.} \quad (1)$$

Úplná definícia geoidu je veľmi komplexná, napríklad aj vďaka deformáciám Zemskej kôry, ktoré sú spôsobené pôsobením gravitačných účinkov Slnka, Mesiaca či iných telies v Slnčnej sústave. Pri uvažovaní vplyvu externých telies dostávame tri hlavné definície geoidu či referenčných elipsoidov [6] a [7]. Sú to:

- **Tide-Free** systém – založený na myšlienke, že sa z meraní odstraňujú všetky priame a nepriame pôsobenia gravitácie Slnka a Mesiaca. To znamená, že sa odstraňuje ako priamy vplyv presunu hmôt Zemskeho telesa tak aj vplyv elasticity Zeme.
- **Mean-Tide** systém – z geodetických meraní sa neodstraňuje pôsobenie presunu hmôt Zemskeho telesa ani vplyv elasticity Zeme. Tento systém je taktiež používaný pri definícii Bpv.
- **Zero-Tide** systém – z meraní je odstránený priamy vplyv, ale ostáva nepriamy vplyv elasticity Zeme.

Koncepcne všetky tri definície sa používajú pri vytváraní referenčných elipsoidov, ktoré sú následne úzko spojené s príslušným typom geoidu. Ako bude uvedené neskôr, pre tieto tri rôzne slapové systémy dostávame rozdielne parametre hladinových elipsoidov (dĺžku hlavnej polosi a sploštenie elipsoidu –  $a$  a  $\alpha$ ).

## 2.2 Transformácia medzi slapovými systémami

Variácie geopotenciálu alebo iných parametrov gravitačného poľa Zeme sú vyvolané slapovými silami. Najčastejšie sa tieto variácie vyjadrujú ako zmeny Stokesových koeficientov  $C_{nm}$  a  $S_{nm}$ . Vplyv slapov na korekcie  $\Delta C_{nm}$  a  $\Delta S_{nm}$  je možné vyjadriť pomocou Loveových čísiel  $k_{nm}$ . Zjednodušený prevod medzi slapovými systémami môžeme napísať ako [8]:

$$C_{20}^{MT} - C_{20}^{ZF} = \frac{0,193 \cdot r^3(\varphi)g(\varphi)}{\sqrt{5} a^2 GM}, \quad (2)$$

$$C_{20}^{TF} - C_{20}^{ZF} = k \cdot \frac{0,193 \cdot r^3(\varphi)g(\varphi)}{\sqrt{5} a^2 GM}.$$

V rovnici (2) predstavuje člen  $k$  Loveovo číslo (podľa IAG je prijatá hodnota 0,29525, je nutné však používať tú hodnotu, ktorá bola použitá pri tvorbe daného modelu, napr. EGM96 používal hodnotu 0,3),  $r(\varphi)$  je stredný polomer krivosti v danom bode,  $g(\varphi)$  je hodnota tiažového zrýchlenia na povrchu použitého elipsoidu,  $a$  je veľká polos zvoleného elipsoidu a  $GM$  je geocentrická gravitačná konštanta. Táto metóda predstavuje akési zjednodušenie oproti zverejnenému postupu IERS [9].

## 3. Definícia hladinového elipsoidu

Aby sme mohli vzájomne previazať globálny model gravitačného poľa Zeme s hodnotou geopotenciálu na geoidu, je nutné aby sme spočítali hladinový elipsoid (v našom prípade rotačný elipsoid), ktorý má na svojom povrchu rovnakú geopotenciálnu kótu ako na povrchu geoidu.

Výpočet parametrov hladinového elipsoidu je daný iteratívnym postupom s využitím rovníc (4) a (5), kde  $a_0$  je polomer referenčnej sféry použitého geopotenciálneho modelu,  $J_{20}$  je taktiež odvodený z tohto modelu s prihliadnutím na použitý slapový systém.  $W_0$  je hodnota geopotenciálu na povrchu geoidu,  $\omega$  je uhlová rýchlosť Zeme,  $e$  je prvá numerická excentricita, pre ktorú platí známy vzťah:  $e^2 = 2\alpha - \alpha^2$ . Počiatočná hodnota  $a_0$  pre výpočet bola zvolená 1/298,25231 (IAGSC3 1995).

$$C_{2n,0} = \frac{-J_{2n,0}}{\sqrt{2n+1}}, \quad (3)$$

$$a_{i+1} \frac{a_i^2}{2} + \frac{3}{2} \left( \frac{a_0^2}{a_i} \right) J_{20} + \frac{2}{15} q \left( \frac{a_i}{a_0} \right)^3 e^{3/2} \left[ \frac{3-2e^2}{e^2} \cdot \arctan \sqrt{\frac{e^2}{1-a_i}} \right]^{-1}, \quad (4)$$

$$a_{i+1} \frac{GM}{W_0} \cdot \frac{1}{e} \arctan \left( \frac{e}{1-a_i} \right) + \frac{1}{3} \omega^2 a_i^3. \quad (5)$$

Aby sme sa presvedčili, že hladinový elipsoid má na svojom povrchu skutočne hodnotu geopotenciálu rovnú  $W_0$ , je možné použiť vzťah:

$$\bar{W}_0 = \frac{GM}{ae} \arctan \left( \frac{e}{1-a} \right) + \frac{1}{3} \omega^2 a^2. \quad (6)$$

Pre rôzne hodnoty  $W_0$  a rôzne typy slapových systémov môžeme obdržať rozdielne parametre hladinových elipsoidov. Pre druhý zonálny Stokesov koeficient z modelu EGM2008 a strednú uhlovú rýchlosť rotácie Zeme, definované pre elipsoid WGS84 dostávame hodnoty v tab. 1.

Z tabuľky môžeme ľahko vypočítavať, že pokiaľ použijeme inú hodnotu  $W_0$ , rozdiel 2,0 m<sup>2</sup>s<sup>-2</sup> sa prejaví v rozdiel veľkosti hlavných polosi na úrovni 0,20 m a na zmenu veľkosti sploštenia nemá významný dopad.

Rozdiel  $\Delta W$  medzi hodnotou tiažového potenciálu  $W_M$  v bode  $M$  na povrchu Zeme a hodnotou normálneho potenciálu  $U_N$  na povrchu teluroidu v bode  $N$  budeme nazývať anomáliou tiažového potenciálu.

$$\Delta W = W(x_M, y_M, z_M) - U(u_N, v_N, w_N). \quad (7)$$

**Tab. 1** Prehľad parametrov hladinových elipsoidov pre rôzne slapové systémy a rozdielne hodnoty geopotenciálu na základnej hladinovej ploche

Slapový systém	$W_0 = 62636856 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$			$W_0 = 62636854 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$		
	Hlavná polosa [m]	Sploštenie 1/ $\alpha$	$C_{20}$	Hlavná polosa [m]	Sploštenie 1/ $\alpha$	$C_{20}$
Tide Free	6378136,545	298,257755	-4,841651E-04	6378136,749	298,257749	-4,841651E-04
Mean Tide	6378136,415	298,2631409	-4,841471E-04	6378136,620	298,263135	-4,841471E-04

$$W(x_M, y_M, z_M) = U(u_N, v_N, w_N)$$

$$= \frac{GM}{a \cdot e} \left( \operatorname{arccot}(\sinh w_N) + \frac{1}{3} e q \frac{(3 \sinh^2 w_N + 1) \operatorname{arccot}(\sinh w_N) - 3 \sinh w_N}{\frac{3 - 2e^2}{e^2} \cdot \arctan \frac{e}{\sqrt{1 - e^2}} - 3 \frac{\sqrt{1 - e^2}}{e^2}} P_{20}(\cos u_N) \right) \quad (8)$$

$$+ \frac{GM}{a \cdot e} \left( \frac{1}{3} q e^3 \cosh^2 w_N \cdot (1 - P_{20}(\cos u_N)) \right).$$

$$W(\phi, \lambda, r) = \frac{GM_m}{r} \left( \sum_{i=0}^n \left( \frac{r_m}{r} \right)^i \sum_{j=0}^i P_{ij}(\sin \phi) \cdot [C_{ij} \cdot \cos(j \cdot \lambda) + S_{ij} \cdot \sin(j \cdot \lambda)] \right) + \frac{1}{2} (\omega \cdot r \cdot \cos \phi)^2 \quad (12)$$

**Tab. 2** Prehľad základných charakteristík presnosti prevodu nadmorských výšok zo systému Balt po vyrovnaní do WHS pri použití rozdielnych geopotenciálnych modelov pre hodnotu  $W_0 = 62636586,0 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$

	Body výberovej údržby (ČR)			Štátna priestorová sieť – trieda B (SR)		
Použitý model	EGM96	EGM2008	EIGEN-6C4	EGM96	EGM2008	EIGEN-6C4
Aritmetický priemer [m]	-0,430	-0,260	-0,256	-0,460	-0,259	-0,237
Stredná absolútna chyba [m]	0,140	0,027	0,030	0,210	0,030	0,025
Smerodajná odchýlka [m]	0,180	0,035	0,037	0,240	0,037	0,031
Minimálna hodnota korekcie [m]	-1,050	-0,397	-0,397	-0,810	-0,322	-0,317
Maximálna hodnota korekcie [m]	0,225	-0,150	-0,060	0,014	-0,177	-0,171

Keď máme k dispozícii parametre normálneho hladinového elipsoidu, môžeme počítať normálny potenciál  $U_N$ . Tento potenciál je počítaný po prevedení geodetických súradníc z globálneho elipsoidu WGS84 na krivociare súradnice (eliptické konfokálne súradnice) na hladinovom elipsoide. Postup tohto prevodu je možné nájsť v literatúre [10]. Normálny potenciál  $U_N$  je daný vzťahom (8) (publikované [11] kde  $a$  a  $e$  sú parametre hladinového elipsoidu a členy  $q$  a  $P_{20}$  sú vyjadrené v rovnici (9):

$$q = \frac{\omega^2 a^3}{GM}, \quad P_{20}(\cos u_N) = \frac{3 \cos^2 u_N - 1}{2}. \quad (9)$$

Netreba však zabúdať, že takto získaná anomália geopotenciálu je v jednotkách  $\text{m}^2 \text{s}^{-2}$ . Pre prevedenie  $\Delta W$  na metre je nutné poznať hodnotu normálneho gravitačného zrýchlenia. Explicitné vyjadrenie tohto vzťahu je možné nájsť v literatúre [12] alebo odvodiť z rovnice (8) s využitím rovnice (10), kde členy  $h_w$  a  $h_u$  sú takzvané Lámove koeficienty:

$$\gamma(u, v, w) = \frac{1}{h_w} \cdot \frac{\partial U}{\partial w} + \frac{\frac{1}{2} \cdot \left( \frac{1}{h_u} \cdot \frac{\partial U}{\partial u} \right)^2}{\frac{1}{h_w} \cdot \frac{\partial U}{\partial w}}. \quad (10)$$

Z definície, ktorú zaviedol Molodenský pre normálne výšky (11), je veľkosť vektoru normálneho tiažového zrýchlenia daná strednou hodnotou medzi bodom na hladino-

vom elipsoide  $N_0$  a bodom na povrchu telluroidu  $N$ . Pre tento účel môžeme použiť vetu o strednej hodnote:

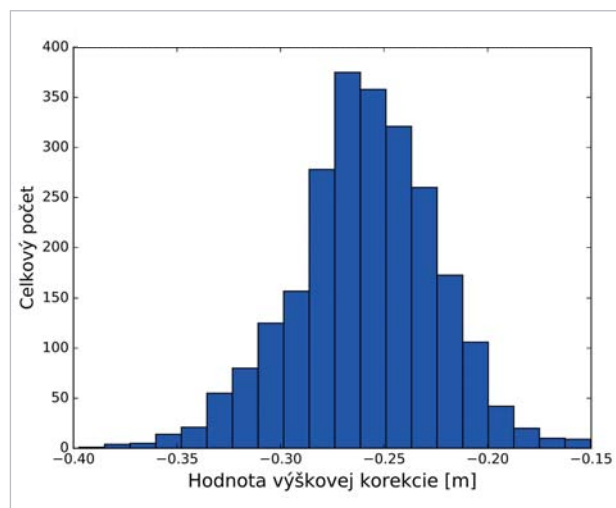
$$H_{\text{norm}} = \frac{W_0 - W_M}{\gamma_{(N_0, N)}}. \quad (11)$$

#### 4. Zjednotenie výškových systémov

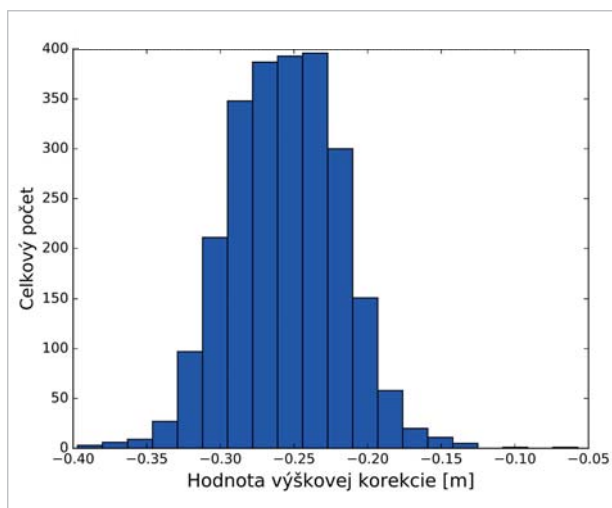
Po spočítaní normálneho potenciálu  $U_N$  v bode  $N$  nad hladinovým elipsoidom je taktiež nutné počítať tiažový potenciál v bode  $M$  na povrchu Zeme. Najjednoduchšia cesta je výpočet tejto veličiny z globálneho geopotenciálneho modelu a známeho vzťahu (12), kde  $\phi$  a  $\lambda$  sú sférické súradnice a  $r$  je geocentrický sprievodič.  $P_{ij}(\sin \phi)$  sú plne normované pridružené Legendreove koeficienty stupňa  $i$  a rádu  $j$ ,  $C_{ij}$  a  $S_{ij}$  sú normované koeficienty z geopotenciálneho modelu.  $GM_m$  je geocentrická gravitačná konštanta,  $r_m$  je polomer sféry, oboje vzťahnuté k použitému modelu. Konštanta  $n$  vyjadruje maximálny stupeň daného modelu. Pre tieto účely boli použité celkovo 3 modely: EGM96 (stupeň a rád 360), EGM08 (stupeň 2190 a rád 2159) a EIGEN-6C4 (stupeň a rád 2190). Výpočet geopotenciálu z vybraných modelov bol uskutočnený pomocou programu GRAFLAB [13].

Pre tento spôsob prevodu nadmorských výšok v systéme Bpv do WHS dostávame pre rôzne geopotenciálne modely navzájom odlišné hodnoty výškovej korekcie (viď tab. 2). Na rozdiel od rovnice (7) sú na obr. 1, 2, 3 a 4 vy-

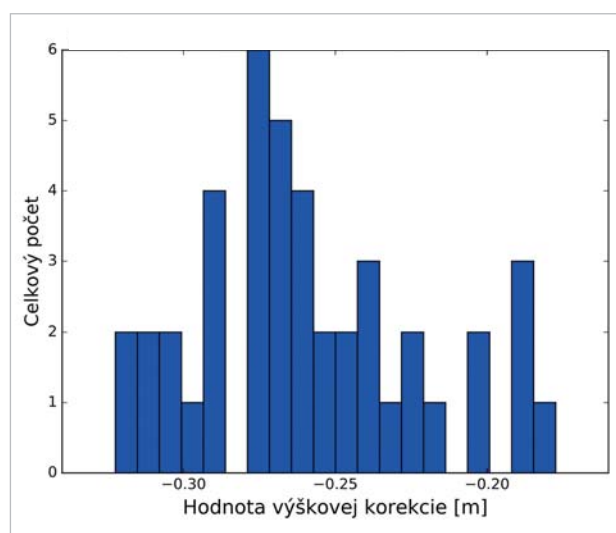




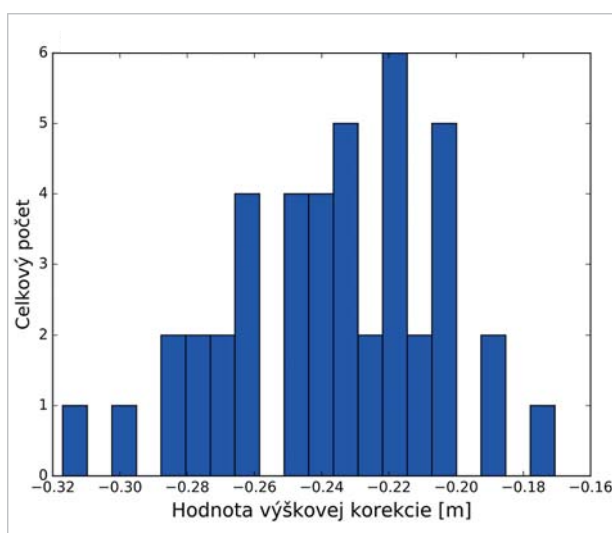
Obr. 1 Histogram početnosti pre výškovú korekciu prevodu výšok Bpv do WHS na území ČR pre model EGM2008 a  $W_0 = 62636856 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$



Obr. 2 Histogram početnosti pre výškovú korekciu prevodu výšok Bpv do WHS na území ČR pre model EIGEN-6C4 a  $W_0 = 62636856 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$



Obr. 3 Histogram početnosti pre výškovú korekciu prevodu výšok Bpv do WHS na území SR pre model EGM2008 a  $W_0 = 62636856 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$



Obr. 4 Histogram početnosti pre výškovú korekciu prevodu výšok Bpv do WHS na území SR pre model EIGEN-6C4 a  $W_0 = 62636856 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$

obrazené hodnoty, ktoré musíme pripočítať k normálnym Molodenského výškam aby sme dostali normálne výšky vo WHS (opačné znamienko oproti pôvodnej rovnici). Histogram na obr. 1 zobrazuje hodnoty výškovkej korekcie pre obr. 5, ktorú je nutné pripočítať k nadmorským výškam Baltského systému. Jedná sa o model EGM08 a hodnotu  $W_0 = 62636856,0 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$  území Českej republiky (publikované [14]). Histogram na obr. 2 zobrazuje rozloženie korekcií pre model EIGEN – 6C4, ktorý je na obr. 6.

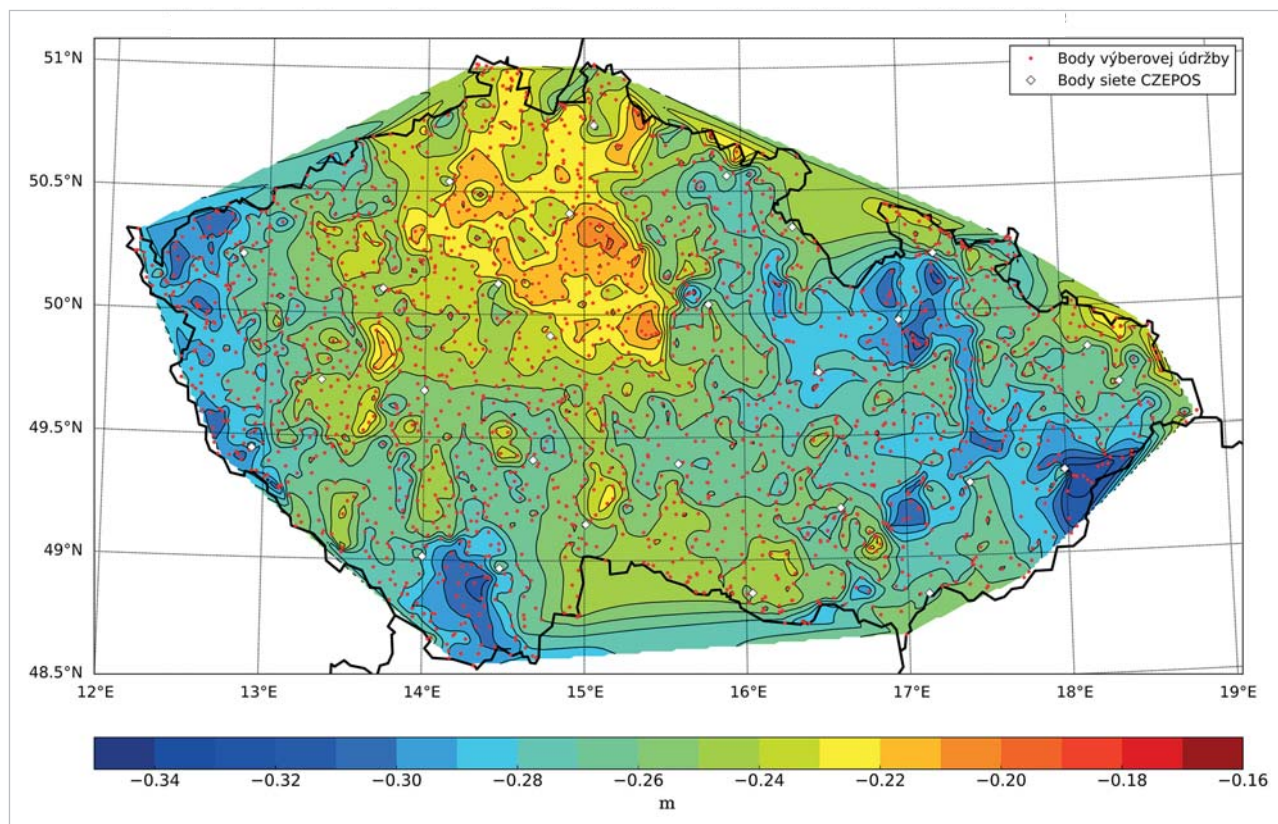
V prípade, že by sme použili hladinový elipsoid spočítaný pre  $W_0 = 62636584,0 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$  (publikované [15]), môžeme predpokladať, že výsledok by sa zmenil o hodnotu blízku 0,20 m (viď tab. 1).

Na obr. 7 a obr. 8 môžeme vidieť rovnaký postup aplikovaný na výškový systém Bpv na území SR. Hodnota  $W_0$  je rovnaká ako v predchádzajúcom prípade.

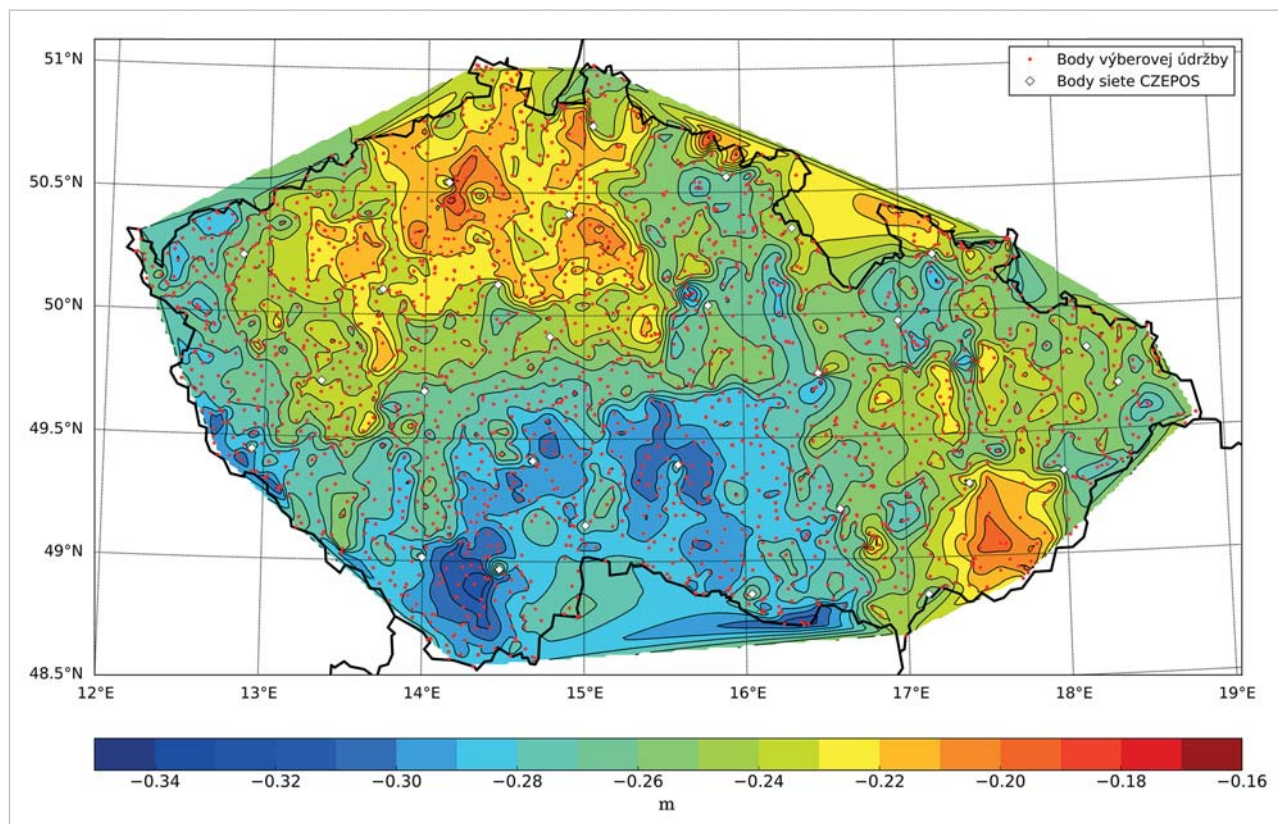
Základné charakteristiky presnosti sú uvedené v tab. 2.

## 5. Záver

V článku bola popísaná jedna z možných metód prevodu lokálneho výškového systému do spoločného celosvetového systému WHS. Nespochybniteľnou výhodou tohto prevodu je, že je aplikovateľná na ľubovoľný typ slapového systému ako aj na rôzne typy fyzikálnych výšok. Hoci v našom prípade pracujeme len s normálnymi Molodenského výškami, s patričnými úpravami je možné aplikovať túto metódu aj na ostatné typy fyzikálnych výšok. Základnými jednotkami, s ktorými pracujeme sú jednotky geopotenciálu ( $\text{m}^2\text{s}^{-2}$ ) a na konci tohto postupu prepočítavame korekcie do metrickej miery v metroch. Tento posledný krok je teda závislý na tom, ako sa jednotlivé definície výšok navzájom líšia ohľadne určenia hodnoty veľkosti gravitačného zrýchlenia (napr. rovnica (11)).

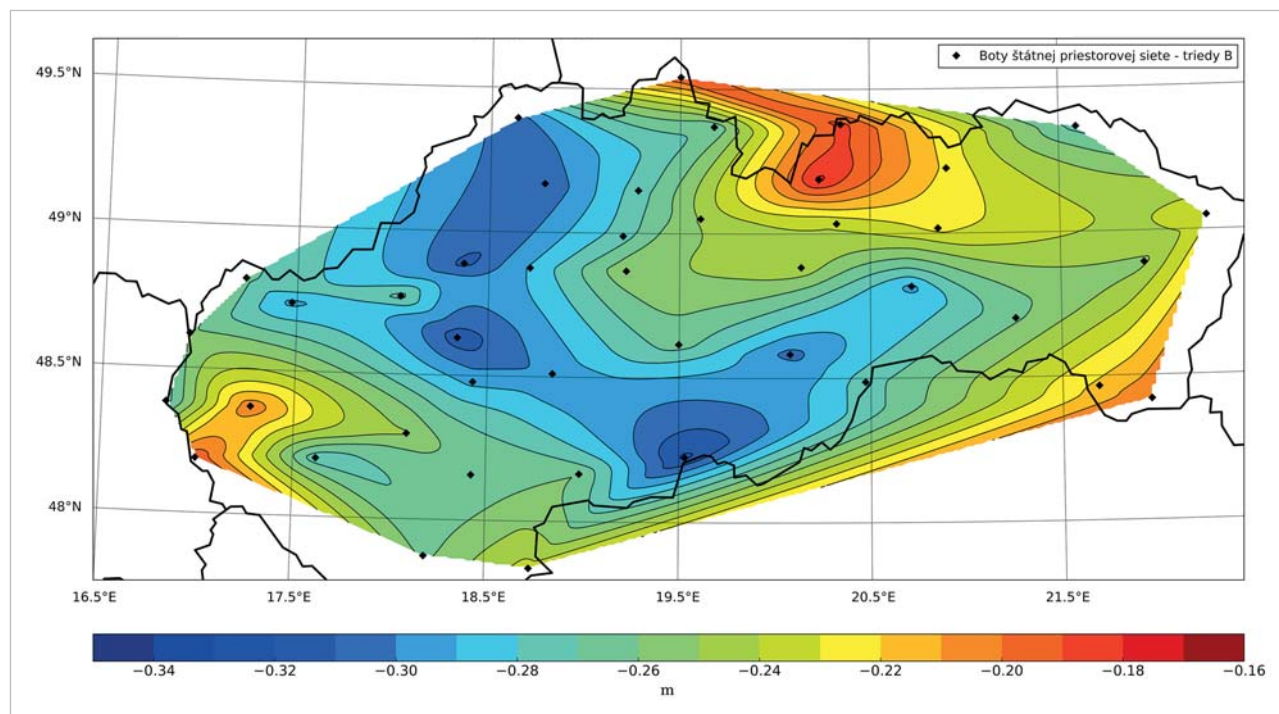


Obr. 5 Zobrazenie výškovej korekcie (m) pre prevod nadmorských výšok z Bpv do WHS a použitých bodov na území ČR pre model EGM08 a  $W_0 = 62636856 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$

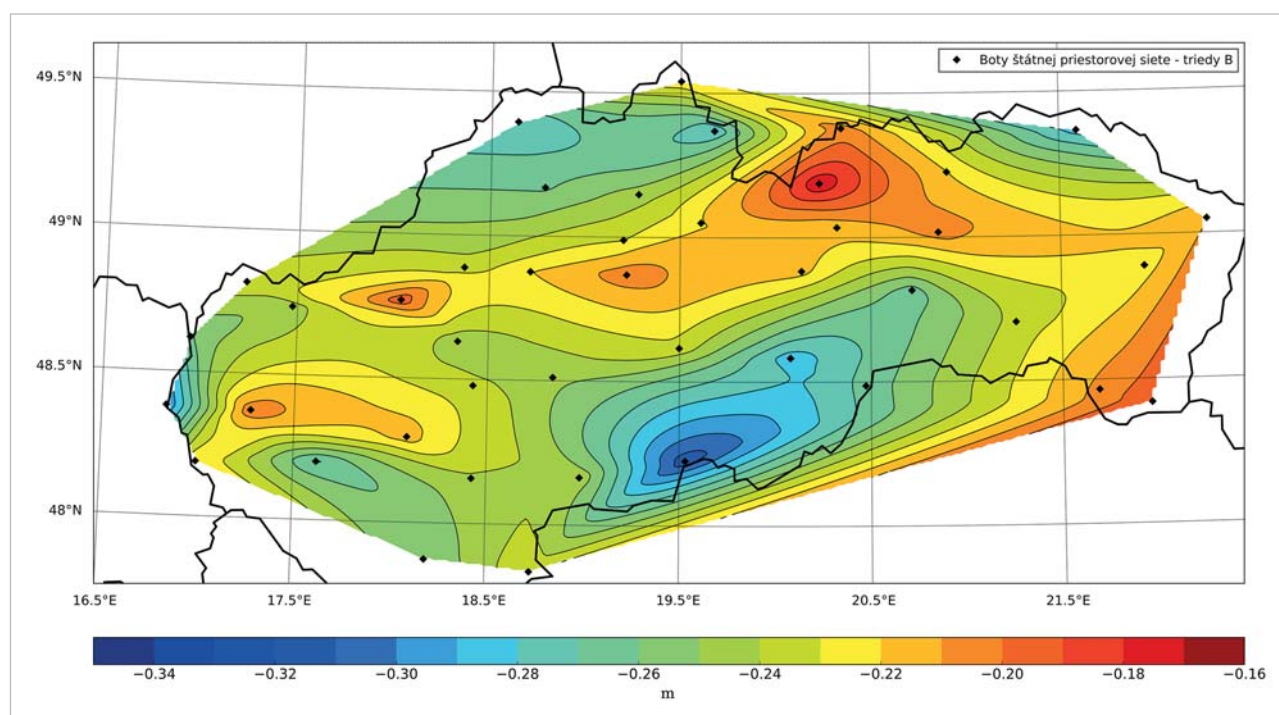


Obr. 6 Zobrazenie výškovej korekcie (m) pre prevod nadmorských výšok z Bpv do WHS a použitých bodov na území ČR pre model EIGEN-6C4 a  $W_0 = 62636856 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$





Obr. 7 Zobrazenie výškovej korekcie (m) pre prevod nadmorských výšok z Bpv do WHS a prehľad použitých bodov na území SR pre model EGM08 a  $W_0 = 62636856 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$



Obr. 8 Zobrazenie výškovej korekcie (m) pre prevod nadmorských výšok z Bpv do WHS a prehľad použitých bodov na území SR pre model EIGEN-6C4 a  $W_0 = 62636856 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$

V súčasnosti je k dispozícii veľké množstvo globálnych modelov gravitačného poľa Zeme (EGM08, EIGEN-6C4, GECO, atď.). Ďalším krokom v tomto výskume bude otestovanie jednotlivých modelov za účelom zistenia, ktorý model dáva najlepšie výsledky. Vzhľadom na priestorovú rozlišova-

ciu schopnosť týchto modelov je vhodné preferovať tie, ktoré sú stupňa a rádu aspoň 2000. Hoci v tomto článku bol uvedený aj model EGM96 je nutné podotknúť, že na tieto účely je nevyhovujúci z dôvodu vysokého rozptylu pre hodnoty korekcií ako aj veľké smerodajné odchýlky.

Pre územie ČR môžeme spočítať, že priemerný rozdiel výškovkej korekcie získanej z modelu EGM2008 a modelu EIGEN-6C4 je -3 mm a pohybuje sa v intervale +0,039 m až -0,078 m. Tento interval je totožný aj pre územie SR avšak priemerná hodnota rozdielu je -0,022 m.

#### Podakovanie:

Článok vznikol za finančnej pomoci juniorského špecifického výskumu FAST-J16-3144 : „Metódy začlenenia lokálneho výškového systému Českej republiky (BPV) do celosvetového výškového systému“. Podakovanie taktiež patrí Výskumnému ústavu geodézie a kartografie v Bratislave za poskytnutie potrebných dát pre aplikáciu uvedeného postupu aj na území Slovenskej republiky.

#### LITERATÚRA:

- [1] DROŠČÁK, B.: *Realizácie geodetických referenčných systémov v SR, XX. Medzinárodné PL – CZ – SK geodetické dni*, 6.-9. October 2014, Berlin, German, 2014.
- [2] STOKES, G. G.: *On the variation of gravity at the surface of the Earth*, Cambridge Philos. Soc., ročník VIII, 1849.
- [3] HELMERT, F. R.: *Die mathematischen und physikalischen Theorien der hohen Geodäsie*. Vol. 2, B. G. Teubner, Leipzig, 1884.
- [4] MOLODENSKIJ, M. S.-EREMEEV, V. F.-YURKINA, M. I.: *Methods for study of the external gravitational field and figure of the Earth*. Translated from Russian, Israel Program for Scientific Translations, 1962.
- [5] ANDERSEN, O. B.-KNUDSEN, P.: *DNSC08 mean sea surface and mean dynamic topography models*. J. Geophys. Res., 114, C11001, doi: 10.1029/2008JC005179. 2009.
- [6] BURŠA, M.: *Primary and Derived Parameters of Common Relevance of Astronomy, Geodesy, and Geodynamics, Earth, Moon, and Planets*, 1995.
- [7] RAPP, R. H.-NEREM, R. S.-SHUM, C. K.-KLOSKO, S. M.-WILLIAMSON, R. G.: *Consideration of Permanent Tidal Deformation in the Orbit Determination and Data Analysis for the Topex/Poseidon Mission*. NASA TM 100775, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, 1991.
- [8] GUOCHANG, X.: *Sciences of Geodesy – II: Innovations and Future Developments*. 2013. ISBN 978-3-642-27999-7.
- [9] PETIT, G.-LUZUM, B.: *IGRS Conventions (2010)*, Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie. Frankfurt am Main 2010, ISSN 1019-4568.
- [10] MOLODĚNSKIJ, M. S.-JEREMEJEV, V. F.-JURKINA, M. I.: *Metody izučeniya vnešnego gravitacionnogo polja i figury Zemli*. 1960.
- [11] PIZZETTI, P.: *Principii della teoria meccanica della figura dei pianeti*, Pisa, Enrico Spoerri. 1913.
- [12] BURŠA, M.-VATRT, V.-VOJTÍŠKOVÁ, M.: *Geopotenciál díl 2 - Modely a ich využitie v praxi*. Vojenský geografický a hydrometeorologický úrad ČS, 2012, ISBN 978-8-260-2092-9.
- [13] BUCHA, B.-JANÁK, J.: *A MATLAB-based graphical user interface program for computing functionals of the geopotential up to ultra-high degrees and orders*. Comput. Geosciences, Vol. 66, 2013. ISSN 0098-3004.
- [14] BURŠA, M.-KENYON, S.-VATRT, V.-VOJTÍŠKOVÁ, M.: *Earth's Dimension Specified by Geoidal Geopotential*, *Studia Geophysica et Geodaetica*. Vol. 46, 2002. ISSN 1573-1626.
- [15] SÁNCHEZ, L.-ČUNDERLÍK, R.-DAYOUB, N.-MIKULA, K.-MINARECHOVÁ, M.-ŠÍMA, Z.-VATRT, V.-VOJTÍŠKOVÁ, M.: *A conventional value for the geoid reference potential W0*. Journal of Geodesy, Vol. 90, 2016. ISSN 1432-1394.

Do redakcie došlo: 4. 4. 2017

Lektoroval:

Ing. František Beneš, CSc.,  
Zeměměřický úřad, Praha



## Z MEDZINÁRODNÝCH STYKOV

### Spoločná konferencia PCC a EULIS na Malte

V rámci predsedníctva Rady Európskej únie (EÚ), rotujúceho medzi štátmi EÚ, ktoré prvý polrok 2017 zabezpečoval ostrovny štát Malta, zorganizovali PCC a EULIS (Stály výbor pre kataster, Európska pozemková informačná služba) 5. 5. 2017 pravidelnú spoločnú odbornú konferenciu. Uskutočnila sa v meste Valleta s názvom **Joint PCC and EULIS Conference Malta** s obsahovou témou *The Current Technological Trends in Land Registration* (Súčasná technologické trendy v registrácii pozemkov). Predmetom konferencie boli súčasné technológie a trendy zaoberajúce sa katastrom a registráciou nehnuteľností v štátoch EÚ, ako aj otázkami zaoberajúcimi sa jednotným digitálnym trhom. Jednodňové podujatie sa uskutočnilo v priestoroch starobylej pevnosti Fort St. Angelo (**obr. 1**) v časti ostrova Vittoriosa. Hojný počet odborníkov z rôznych krajín privítal vo svojom uvítacom príspevku Claude Josef Sapiano, prezident Land registry Malta.

Prvý prednáškový blok bol zostavený z odborných tém z domáceho prostredia, kde svoje témy prednášali: Owen Bonnici (čestný minister), Joe Vella Bonnici (predseda Identity Malta), Marcelle Muscat (manažérka registrácie nehnuteľností na Land Registry Malta) a Charles Attard (Land Registry Malta) s prezentáciou úradu LAND REGISTRY MALTA a v neposlednom rade Raymond Attard a Omar Hilli s témou Mapovanie na Malte, minulosť a budúcnosť. Účastníci si vypočuli zaujímavé informácie o predsedajúcej krajine – Malta z oblasti histórie mapovania a zápisov práv k nehnuteľnostiam. Prvé historické mapy na Malte siahajú do roku 1930 keď boli zaznamenané prvé katastrálne náčrty. Malta bola v minulosti kolóniou Spojeného Kráľovstva, takže aj prvé mapy neboli v dekadických mierkach. Ako zobrazenie bolo zvolené univerzálne transverzálne Mercatorovo zobrazenie. V roku 1966 bola založená „nová“ geodetická sieť po vzore Talianska, ktorá bola prevzatá ako základ pre podrobné mapovanie. V roku 1988 bola taktiež založená štátna mapovacia agentúra, v ktorej pôsobnosť je spravovanie katastrálnych máp. Katastrálne mapy na Malte sú v súčasnosti spracovávané v mierkach 1 : 1 000 a 1 : 2 500 s presnosťou 0,2 m a 0,5 m. V dnešnej dobe má Malta mapy v digitálnej forme s pokrytím len cca 60 % územia. Poskytovanie údajov je riešené prostredníctvom webového portálu, pričom sa katastrálne údaje poskytujú všetkým subjektom bezodplatne.

Ďalšie odborné prednášky prezentovali Rik Wouters (riaditeľ EULIS, **obr. 2**) – Prezentácia projektu medzi európsky prepojeného portálu na registrovanie nehnuteľností, Andreas Hadjiiraftis (predseda cyperského geodetického, kartografického úradu) – Nové internetové služby ako medzník v modernej histórii oddelenia pozemkov a merania, Carol Agius (koordinátor EuroGeographics) – Úloha Geoportálových informácií (zahŕňajúca administráciu pozemkov a manažment) v cieľoch trvalo udržateľného rozvoja.



Obr. 1 Fort St. Angelo, miesto konania konferencie





Obr. 2 Riaditeľ EULIS Rik Wouters pri prezentácii

Ako veľmi zaujímavý príspevok možno považovať prezentáciu Cyperského katastra v súvislosti s priestorovými informáciami a budovaním 3D modelu krajiny, ktoré sú spracovávané v spolupráci s aplikáciou Google Earth. Na Cypre sú na tieto účely využívané predovšetkým ortofotomapy, ktoré sa obnovujú pravidelne v štvorročných intervaloch. Zároveň bolo prezentované, že všetky priestorové informácie sú voľne prístupné na národných webových portáloch.

V druhom bloku odzneli príspevky, ktoré prezentovali Alvis Rudzītis (Lotyšsko) – Predstavenie informačného systému obmedzených teritórií a registrácie obmedzených teritórií v informačnom systéme katastra v Lotyšsku, Saviour Formosa (Malta) – Vznikajúce skutočnosti priestorových informačných systémov, Mihal Taus (ELRA, člen rady riaditeľov) – IMOLA spoločný jazyk pre európsku registráciu nehnuteľností, Nicky Heathcote (riaditeľka registračného oddelenia v Anglicku a Walesu) – Vytváranie dôvery v systémoch pozemkovej administrácie, Rik Wouters (riaditeľ EULIS) – PDOK – portál holandského katastra na distribúciu a prístup ku katastrálnym informáciám, Amalia Velasco Martín-Varés (medzinárodná koordinátorka v španielskom katastri) – šikovné, úspešné, nové, katastrálne nástroje na registráciu nehnuteľností – všetko v 16 digitáloch a Franco Maggio (Generálny riaditeľ úradu katastra a kartografie Taliansko) – Katastrálne mapy – pomoc pri následkoch zemetrasení.

V súvislosti s týmto blokom možno spomenúť predovšetkým prezentáciu z Lotyšska, ktorá sa venovala predstaveniu systému evidovania všetkých inžinierskych sietí spolu a katastrálnou mapou v jednom systéme tzv. „systém evidovania obmedzení“. Jednalo sa o prezentáciu novej právnej úpravy, ktorá od roku 2017 ukladá správcom inžinierskych sietí povinnosť odovzdávať digitálne podklady do nového systému. V diskusii boli účastníci informovaní, že uvedený systém vzniká až 10 rokov, nakoľko aj v Lotyšsku bola dlhodobo riešená problematika zdieľania digitálnych dát medzi jednotlivými subjektmi. Zároveň boli uvedené podrobné informácie o uvedenom systéme, ktorý bude plne funkčný od roku 2018, kde po jeho kompletnom spustení budú pre občanov sprístupnené možnosti jednoznačnej identifikácie inžinierskych sietí vzhľadom na záujmový pozemok, čo bude slúžiť ako nástroj komplexnej informatizácie o stave pozemku v prípade záujmu o kúpu nehnuteľnosti.

Možno záverom konštatovať, že jednodňová odborná konferencia *Joint PCC and EULIS Conference Malta* odborne vyčerpala všetky témy, pričom ju možno považovať za úspešnú a veľmi prospešnú udalosť, vedúcu ku naplneniu spoločného cieľa spolupráce pri odovzdávaní skúseností a vzájomnej informovanosti z oblasti katastra a registrácie nehnuteľností.

Ing. Michal Leitman,  
ÚGKK SR

## 34. setkání představitelů geodetických a katastrálních služeb zemí bývalé rakousko-uherské monarchie

Letošní setkání představitelů geodetických a katastrálních služeb zemí bývalé rakousko-uherské monarchie se uskutečnilo ve dnech 17. – 19. 5. a probíhalo ve znamení 200. výročí založení stabilního katastru, tedy vydání nejvyššího patentu císaře Františka I. dne 23. 12. 1817 o dani pozemkové a vyměření půdy. Hostitelem byl rakouský Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV), na jehož půdě ve Vídni se konala odborná část programu. Odpoledne prvního dne setkání bylo však věnováno tématu společenskému. Tím bylo odhalení pamětní desky Johana Jakoba von Marinoni ([obr. 1](#)), císařského matematika, astronoma a geodeta narozeného v roce 1676 v Udine a zemřelého v roce 1755 ve Vídni. Marinoni je autorem detailního plánu Vídně z roku 1706 a vedl mnoho významných geodetických a kartografických prací pro císařské dvůr. Odhalení pamětní desky se zúčastnila řada významných osob z oblasti geodézie, kartografie a katastru v Rakousku.

V rámci odborného programu, který probíhal vždy v dopoledních hodinách 18. a 19. 5., postupně vystoupili zástupci jednotlivých zemí se svými příspěvky na dané téma „Tradice a inovace v katastru – protiklady či motivace“. Jednání ve čtvrtek 18. 5. zahájil Rupert Kugler ([obr. 2](#), vpravo dole), zástupce předsedy BEV, který připomněl 200. výročí schválení císařského patentu.

V průběhu čtvrtého odborného jednání byl přednesen příspěvek za Rakousko následovaný příspěvkem za Česko, Slovensko, Maďarsko a Slovinsko. Vystupující zpravidla připomněli historické milníky budování katastru v jednotlivých zemích a popsali současný stav využívání informačních technologií při správě katastru i pozemkové knihy včetně jejich pozice v rámci rozvoje



Obr. 1 Odhalení pamětní desky



Obr. 2 Zahájení setkání



Obr. 3 Účastníci setkání

e-governmentu. V příspěvcích i v následných diskuzích byly opakovaně vyzdvihovány výhody plynoucí ze spojení katastru s pozemkovou knihou v jedné instituci. Z prezentací se vymykala výrazně futuristicky zaměřená prezentace G. Ivána, zástupce maďarského FÖMI, který zároveň informoval o reorganizaci, v rámci které byl FÖMI od 1. 1. 2017 začleněn pod Magistrát hlavního města Budapeště. T. Petek v části věnované historii připomněl i uplatnění francouzského katastru vedeného v metrické míře na části území Slovinska na počátku 19. století.

Odpoledne účastníci navštívili vojenské historické muzeum, kde absolvovali komentovanou prohlídku se zaměřením na společnou historii v období rakousko-uherské monarchie.

V rámci odborného jednání v pátek 19. 5. byla přednesena společná prezentace zástupců Trentina a Jižního Tyrolska zakončená vtipným videem, následovaly prezentace Furlanska-Julských Benátek a Chorvatska. V příspěvcích byly porovnávány historické a moderní metody měření a prezentován přínos informačních technologií pro šíří údajů a jejich dostupnost v pozemkových evidencích, včetně sdílení dat mezi pozemkovou knihou a katastry budov a pozemků. V části prezentace věnované inovacím bylo opakovaně zmiňováno rozšiřování

údajů katastru o 3. rozměr, a to zejména ve vztahu k evidovaným budovám. P. Pavese z italské Agenzia delle Entrate k tomu ve svém vystoupení prezentoval i probíhající revize prostřednictvím automatického zjišťování existence staveb neevidovaných v katastru budov a nezobrazených v katastrální mapě. K tomu je využíváno porovnání katastrální mapy s údaji z leteckého laserscanningu. Přednášející zpravidla také zmínili aktuální institucionální zajištění pozemkových evidencí v jednotlivých zemích včetně počtu zaměstnanců podílejících se na chodu institucí. V návaznosti na chorvatskou prezentaci, ve které bylo připomenuto chystané spojení pozemkové knihy s katastrem v jednu evidenci, bylo opět diskutováno o výhodách zmíněného spojení. Touhu po napodobení tohoto kroku dávali najevo zejména zástupci pořádajícího Rakouska.

Na závěr jednání pozvali chorvatští kolegové všechny zúčastněné (obr. 3) na následující 35. setkání, které se bude konat ve městě Koprivnica.

Ing. Jan Kmínek,  
Český úřad zeměměřický a katastrální,  
foto: BEV



[www.ntm.cz](http://www.ntm.cz)

Symposium je polytematické, sleduje události z geodézie, kartografie, fotogrammetrie a katastru, které přispívají k doplňování zeměměřické historie. Pozornost je věnována osobnostem, významným dílům a sbírkám přístrojů a map. Vybrané příspěvky budou publikovány.

## XXXVIII. SYMPOZIUM Z DĚJIN GEODÉZIE A KARTOGRAFIE

Pořádá Národní technické muzeum

ve středu 29. listopadu 2017 od 9 hodin

Účastnický poplatek 50 Kč, studenti, senioři a přednášející mají účast zdarma.  
Národní technické muzeum, Kostelní 42, 170 78, Praha 7.





## Z DĚJIN GEODÉZIE, KARTOGRAFIE A KATASTRU

### Dvě století stabilního katastru

Mnohé evropské země byly koncem 18. století a v první polovině 19. století výrazně ovlivněny ideály francouzské revoluce, napoleonskými válkami a národními revolucemi, které významně změnily politický a ekonomický stav společnosti. Habsburská říše, která se stále považovala za evropskou velmoc, procházela velmi obtížným obdobím. V letech 1789–1803 se státní dluh zvýšil 2,3krát na téměř 792,8 milionu zlatých. Pro srovnání uvedme, že v posledním roce platnosti josefského katastru, tedy 1789, vynesly daně (v průměrné výši zhruba 10 %) v Čechách 3,6 milionu, na Moravě 2,1 milionu a ve Slezsku 0,3 milionu zlatých (podle J. Petříka, Katastr pozemkový, in: Teyssler – Kotýška, Technický slovník naučný, 1931). Roku 1804 se prohlásil František II., do roku 1806 poslední císař rozpadající se Svaté říše římské, jako František I. prvním císařem rakouským (obr. 1). Roku 1806 zadal dvorské kanceláři vypracování nového daňového systému, o čtyři roky později její pravomoc přešla na dvorskou komisi pro úpravu daně pozemkové, vedenou hrabětem Kristianem Wurmserem von Wendenheim. Ta měla na odborných a vědeckých základech zajistit úplný, pravidelný a z pohledu občanů spravedlivý výběr daně jako důležitého zdroje státního příjmu a současně zajistit ochranu soukromého pozemkového majetku. Nově bylo stanoveno, že tato daň bude jediným poplatkem z vlastnictví půdy. Roku 1811 byl vyhlášen státní úpadek, hodnota papírového oběživu byla snížena v poměru 1 : 5. Situace se opakovala roku 1816; hodnota „bankocetlí“ klesla v poměru 1 : 2,5.

Dne 23. 12. 1817 vydal císař František I. (1768–1835) na podkladu dokonale připraveného návrhu zmíněné komise *patent* (pro odpor uherského panstva jen *pro německé a vlášské země o stabilním katastru*). (V Rakousku je znám též jako Františkův katastr; daňová sazba byla stanovena na 16 %.) Triangulační práce (vzorem bylo Bavorsko) zahrnovaly určení rovinných souřadnic v nekonformním Cassini-Soldnerově příčném válcovém zobrazení Gaussovy koule, a to v sítích I. – III. řádu výpočtem z měřených úhlů a čtyř základěn, ve IV. řádu graficky metodou měřického stolu. V Čechách triangulace probíhala (s přerušením) v letech 1824–1840, na Moravě a ve Slezsku 1821–1829. Jednotlivé země nebo nad sebou ležící skupiny zemí předlitavské (cislažtánské) části monarchie ležely v 5 pásech, které byly zobrazovány na odlišné válce a měly tedy jiné souřadnicové počátky (obr. 2). Mapování v měřítku 1 : 2 880 (1 : 1 440 ve velkých městech, výjimečně 1 : 5 760 v horách) začalo téhož roku v Dolních Rakousích, skončilo 1861 v Tyrolsku. Císařským rozhodnutím bylo přerušeno od února 1831 do března 1833. V Čechách se podrobně mapování konalo v letech 1826–1830 a 1837–1843, na Moravě a ve Slezsku (také s přerušením) 1824–1836 (obr. 3). Součástí byl písemný a vceňovací operát se stanovením čistého peněžitého výnosu (tj. po odečtení nutných nákladů) z 1 vídeňského jitra (0,575 ha) plodné půdy „při užití obvyklé píle“ hospodaření „v roce obvyčejné úrodnosti“ pro účely zdanění; do roku 1869 daň vzrostla na 26,3 %. Při zahájení prací byla roku 1820 na podkladě rukopisů z roku 1818 vydána tiskem instrukce pro mapování stolovou metodou, rokem 1865 je datována verze, platná pro území celé monarchie. Síť roku 1862 revidoval vídeňský VZÚ pro účely stupňového měření. Mapy se tiskly litograficky na navlhčený papír, po roce 1861 na papír suchý.

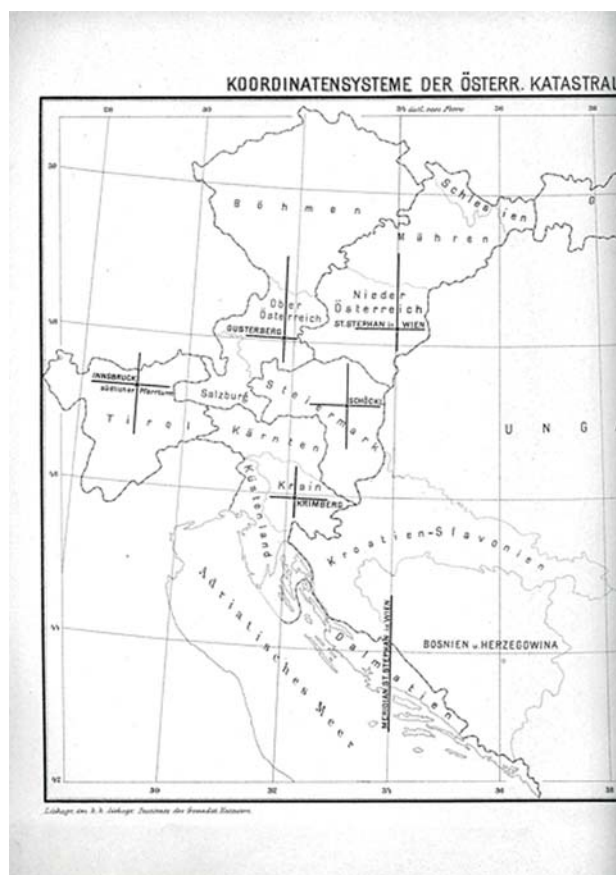
Roku 1869 byl vydán tzv. *reambulační zákon* č. 88 říšského zákoníku, jehož cílem bylo doplňování změn do katastrálních map a odstranění závad v oceňování pozemků novým šetřením v opakovaném cyklu 15 let. Výsledkem byl roku 1882 tzv. *reambulovaný katastr*, který však nedosahoval původních kvalit. Již v roce 1871 byl vydán rakouský *knihovní zákon* č. 95, který upravoval zakládání *pozemkových knih* jako dokladu o vlastnictví půdy. V Čechách byl doplněn zemským zákonem č. 92/1874, na Moravě a ve Slezsku říšskými zákony č. 97/1874 a 98/1874. Nutnost vzájemného souladu si vynutila roku 1883 vydání důležitého zákona č. 83 ř. z. o *udržování evidence katastru daně pozemkové* (tzv. *evdovaný katastr*, podle Petříka též *revidovaný k.*), který stanovil ohlašovací

vací povinnost a povinnost průběžného zaznamenávání změn včetně *geometrických plánů*. Současně zavedl *evidenční geometry* v okresech a *evidenční inspektory* u zemských finančních správ. Roku 1896 byl vydán zpřesňující zákon č. 121. Měřická instrukce z roku 1904 zavedla dekadická měřítka 1 : 2 500, 1 : 1 250 a 1 : 625 a číselné měření v metrické míře, které bylo používáno (zásluhou např. Františka Novotného a Aloise Skrbka) už podle tzv. polygonální instrukce z roku 1897. Poslední instrukce pro stolové měření nese datum 1907.

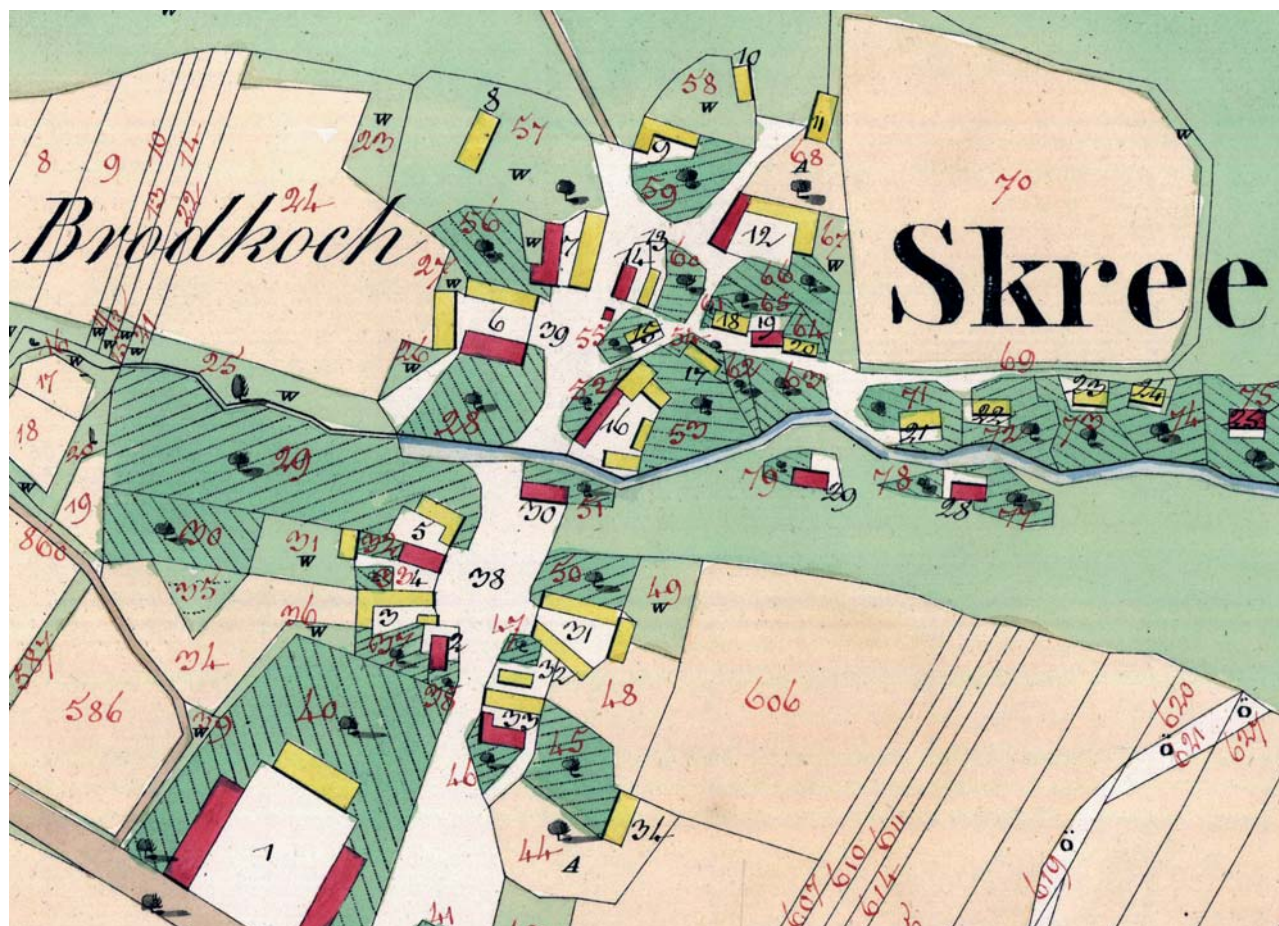
Za vlády Františka Josefa I. (1830–1916) byl po potlačení uherského povstání vydán 20. 10. a 31. 10. 1849 *patent o stabilním katastru pro Uhry*. Trian-



Obr. 1 František I. (autor Franz Eybl, Wikipedia)



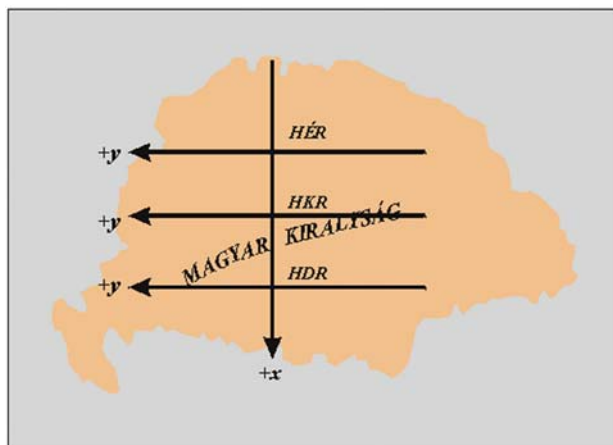
Obr. 2 Katastrální soustavy rakouské části monarchie (konečný stav, archiv autora)



Obr. 3 Císařský povinný otisk (obec Skryje, 1825, Zeměměřický úřad)

gulace započala roku 1853, síť byla vyrovnána 1860 (poprvé v monarchii metodou nejmenších čtverců) za značného přispění českých geodetů, zejména Františka Horského a Jana Marka, který byl autorem příslušné instrukce. Měřický návod pro Uhry a Chorvatsko z roku 1856 vycházel ze zkušeností z budování stabilního katastru v rakouské části a platil pak pro celou monarchii. Protože práce pokračovaly pomalu, bylo dekretem z roku 1850 zavedeno *provisorium daně pozemkové* s původní platností v letech 1853–1869 s mapami v měřítku 1 : 7 200 nebo 1 : 14 400. Roku 1863 bylo Cassiniho zobrazení v budapeštské, klaštar-ivaničské a sedmihradské soustavě nahrazeno Gaussovou konformní projekcí Besselova elipsoidu na kouli a její *stereografickou projekcí* do roviny v budapeštské a sedmihradské soustavě. Po rakousko-uherském státoprávním vyrovnání v roce 1867 bylo v dosud nezaměřených územích zavedeno *provisorium*. Uherský katastr byl dán zákonným článkem č. VII z roku 1875, evidence byla prováděna podle zák. čl. č. XXII z roku 1885. Nařízením zák. čl. XXIX z roku 1886 byly zřízeny inspektoráty katastrálního vyměřování. V roce 1893 byl zaveden úřední název *zemské katastrální vyměřování*. Revize probíhala podle zákonného článku V z roku 1909. Stereografické zobrazení bylo téhož roku pro značně velké hodnoty zkreslení na okrajích (na Slovensku až +60 cm/km) nahrazeno třemi pomocnými soustavami konformního *válcového zobrazení* Antala Faschinga (obr. 4). Původní budapeštská soustava byla zachována pro vyrovnání trigonometrické sítě. Mapování v měřítku 1 : 2 880 pokračovalo především v rovinách středních Uher, takže dvě župy na Slovensku nebyly vůbec měřeny, dalších osm jen z části.

V této podobě katastr roku 1918 převzala nová Československá republika s tím, že na Hlučínsku a Opavsku platil *katastr pruský* podle patentu z 26. 7. 1820 s úpravami z let 1839 a 1861 s mapami v měřítkách 1 : 2 500 až 1 : 5 000. Roku 1927 byl vydán *unifikační katastrální zákon* č. 177/1927 Sb., který na základě rakouského (předlitavského) katastru sjednotil vedení *pozemkového*

Obr. 4 Konformní válcové zobrazení  
Antala Faschinga (Google.hu)

katastru v ČR, tj. i na Slovensku, kde dosud platily zákony uherské a ve Slezsku se zákony pruskými. Současně bylo zavedeno *Křiváckovo zobrazení*, k němuž se váže souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK). To je však již jiná historie, i když i ta má letos výročí. (Podrobněji k celému vývoji např. Mašek, F.: *Pozemkový katastr*. Praha 1948, nebo Bumba, J.: *České katastry od 11. do 21. století*. Praha, Grada 2007.)

Doc. Ing. Pavel Hánek, CSc.,  
ČVUT v Praze



**GEODETICKÝ A KARTOGRAFICKÝ OBZOR**  
**recenzovaný odborný a vědecký časopis**  
**Českého úřadu zeměměřického a katastrálního**  
**a Úřadu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky**

**Redakce:**

**Ing. Jan Řezníček, Ph.D.** – vedoucí redaktor  
*Zeměměřický úřad, Pod sídlištěm 1800/9, 182 11 Praha 8*  
tel.: 00420 284 041 530

**Ing. Darina Keblůšková** – zástupce vedoucího redaktora  
*Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky,*  
*Chlumeckého 2, P.O. Box 57, 820 12 Bratislava 212*  
tel.: 00421 220 816 053

**Petr Mach** – technický redaktor  
*Zeměměřický úřad, Pod sídlištěm 1800/9, 182 11 Praha 8*  
tel.: 00420 284 041 656

e-mail redakce: [gako@egako.eu](mailto:gako@egako.eu)

**Redakční rada:**

**Ing. Karel Raděj, CSc.** (předseda)  
*Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v. v. i.*

**Ing. Katarína Leitmannová** (místopředsedkyně)  
*Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky*

**Ing. Svatava Dokoupilová**  
*Český úřad zeměměřický a katastrální*

**Ing. Robert Geisse, PhD.**  
*Stavebná fakulta Slovenskej technickej univerzity v Bratislave*

**doc. Ing. Pavel Hánek, CSc.**  
*Fakulta stavební Českého vysokého učení technického v Praze*

**Ing. Michal Leitman**  
*Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky*



**Vydavatelé:**

Český úřad zeměměřický a katastrální, Pod sídlištěm 1800/9, 182 11 Praha 8  
Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky, Chlumeckého 2, P. O. Box 57, 820 12 Bratislava 212

**Inzerce:**

e-mail: [gako@egako.eu](mailto:gako@egako.eu), tel.: 00420 284 041 656 (P. Mach)

**Sazba:**

Petr Mach

Vychází dvanáctkrát ročně, zdarma.

Toto číslo vyšlo v říjnu 2017, do sazby v září 2017.  
Otisk povolen jen s udáním pramene a zachováním autorských práv.

**ISSN 1805-7446**

<http://www.egako.eu>  
<http://archivnimapy.cuzk.cz>  
<http://www.geobibline.cz/cs>



**Český úřad zeměměřický a katastrální**



**Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky**

**Geodetický a kartografický obzor (GaKO)**

**10/2017**