

Laserové skenování České republiky

Státní mapová díla (11)

Rapant, P. (2010), <http://www.cuzk.cz>
Brázdil, K. (2012), Nový výškopis ČR

Projekt tvorby nového výškopisu území České republiky

- letecké laserové technologie nahrazují dosavadní metody tvorby 3D dat
- není oficiálně (tj. ve vyhlášce) deklarováno jako státní mapové dílo
- nejnovější, nejrychlejší a nejnákladnější technologie
- výškopisné databáze jsou potřebné v systémech veřejné správy a také pro další státní mapová díla

Další aplikace výškopisu

- plánování a projektování výstavby pozemních, dopravních a vodohospodářských staveb
- řízení opatření na úseku ochrany ŽP
- plánování a organizování zemědělské výroby
- koncepční plánování a projektování rozvoje obcí
- šíření signálu např. u mobilních operátorů
- tvorba 3D modelů, krizové řízení, vojenské operace, použití letecké záchranné služby
- atd.

Proč nová výškopisná data

- současná data jsou místy zastaralá (zejména v určitých územích typech)
 - svou přesností a kvalitou limitují rozvoj geoinformačních a řídicích systémů
 - proto vznikl projekt nového mapování výškopisu ČR
- umožní tvorbu DTM i DSM (resp. DMP)
- současný stav výškopisných DB je na následujícím snímku

Současný stav výškopisných DB v ČR

Název databáze	Obsah	Střední chyba výšky (σz)
ZABAGED® – výškopis	Vektorizované vrstevnice ZM 10 uložené jako 3D objekty ve formátu DGN.	0,7–1,5 m v odkrytém terénu 1–2 m v intravilánech 2–5 m v zalesněných územích
ZABAGED® – zdokonalený výškopis	aktualizované a zpřesněné vrstevnice ZM 10, doplněné o terénní hrany náspů, výkopů, břehů, nádrží apod.	0,7–1,5 m v odkrytém terénu 1–2 m v intravilánech 2–5 m v zalesněných územích
ZABAGED® – mříž 10 × 10 m	Odvozený model z databáze ZABAGED® – zdokonalený výškopis do formy mříže (GRID) 10 × 10 m	0,7–1,5 m v odkrytém terénu 1–2 m v intravilánech 2–5 m v zalesněných územích
ZABAGED® – mříž 10 × 10 m	Výškový model ve formě mříže (GRID) 100 × 100 m	3–5 m v odkrytém terénu 5–8 m v intravilánech 10–15 m v zalesněných územích
DMR 3. generace	Výškový model ve formě nepravidelné sítě TIN získaný stereofotogrammetrickou metodou	1–2 m v odkrytém terénu 1–2 m v intravilánech 3–7 m v zalesněných územích

Stručné zhodnocení stavu

- DMR 3. generace vytvořilo MO ČR stereofotogrammetrickým mapováním v letech 2003 až 2008
- všechny ostatní v tabulce uvedené výškopisné databáze vycházejí z:
 - z vojenského topografického mapování ČSSR prováděného v letech 1952 až 1957 pro vojenskou topografickou mapu v měřítku 1:25000
 - následně z mapování pro topografickou mapu v měřítku 1:10000 vytvářenou společně civilní i vojenskou zeměměřickou službou ČSSR v letech 1957 až 1971

Stručné zhodnocení stavu

- i přes následné aktualizace a modifikace se však nepodařilo udržet homogenitu a aktuálnost uvedených výškopisných databází
- jedním z hlavních nedostatků současných digitálních modelů reliéfu je jejich nedostatečná přesnost a vysoká míra generalizace
- ta neumožňuje s požadovanou přesností interpretovat objekty mikroreliéfu ani prostorově lokalizovat jiné geografické objekty v třídimenzionálních geografických informačních systémech

Stručné zhodnocení stavu

- dosud postrádaným produktem je digitální model povrchu (DMP)
- již delší dobu je požadován zejména v resortech MO ČR, Ministerstva vnitra ČR a Ministerstva dopravy ČR k zajištění tvorby mezinárodních databází standardů ICAO (International Civil Aviation Organization) pro účely řízení letecké dopravy na území ČR

Projekt nového mapování výškopisu

- na základě vyhodnocení:
 - uživatelských potřeb výškopisných dat z území celé ČR
 - zhodnocení možných metod tvorby a aktualizace výškopisných databází
- bylo navrženo zajistit tvorbu nového výškopisu ČR metodou leteckého laserového skenování

Letecký laserový skener (LLS)

- rozmítá laserový paprsek v rovině přibližně kolmé na dráhu letu
- měří vzdálenosti od skeneru k pozemním bodům,
- s frekvencí až 160 000 měření za vteřinu,
- je schopen zaměřit až 160 řad výškových bodů za vteřinu
- s 1000 výškovými body v každé řadě
- výsledným produktem jsou soubory (mračna) výškových bodů

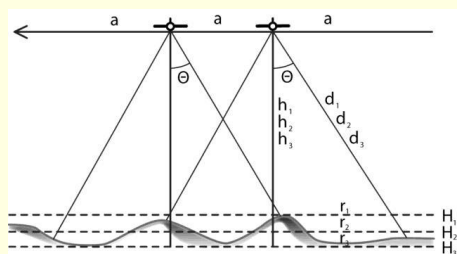
Hlavní charakteristiky projektu

- kvalita LLS je základním předpokladem pro dosažení požadovaných parametrů výsledných produktů
- ovlivňují ji zejména:
 - výška letu
 - rychlost letu
 - stabilita letu
 - meteorologické a klimatické podmínky a
 - parametry laserového skeneru

Hlavní charakteristiky projektu

- navrhuje se provádět letecké laserové skenování maximálně ze střední výšky 1500 m nad terénem
- reálně lze dosáhnout hustoty měření až 1 bod/m²
- přibližně 10 až 25 % paprsků pronikne lesním porostem
- provádění leteckého laserového skenování převážně v mimovegetačním období
- základní parametry letů jsou zřejmé z následujícího obrázku a z údajů uvedených v tabulce

Hlavní charakteristiky projektu



Obr. 1. Parametry leteckého laserového skenování.

Hlavní charakteristiky projektu

Parametr	Hodnoty		
Nadmořská výška letu (letová hladina) (H)	1800 m	2100 m	2400 m
Střední výška letu nad terénem (h)	1500 m	1500 m	1250 m
Minimální nadmořská výška skenovaného území (H3)	100 m	400 m	700 m
Střední nadmořská výška skenovaného území (H2)	300 m	600 m	1150 m
Maximální nadmořská výška skenovaného území (H1)	500 m	800 m	1600 m
Vzdálenost letových drah (a)	833 m	833 m	769 m
Překrytí skenování (q)	45 – 59 %	45 – 59 %	30 – 64 %
Maximální vychýlení paprsku (Θ_{max})	30°	30°	30°
Minimální délka paprsku v nadiru (h1)	1300 m	1300 m	800 m
Maximální délka paprsku v nadiru (h3)	1700 m	1700 m	1700 m
Minimální radiální vzdálenost (r1)	750,5 m	750,5 m	462,0 m
Maximální radiální vzdálenost (r3)	981,5 m	981,5 m	981,5 m
Maximální délka paprsku na okraji skenování (d3)	1963 m	1963 m	1963 m

Hlavní charakteristiky projektu

- parametry uvedené v tabulce zajišťují, že pro území o nadmořské výšce od 100 do 800 m bude dosažen průměrný překrytí skenování 52 %
- skenování po blocích o rozměrech až 10 × 30 km v závislosti na vertikální členitosti skenovaného území
- jednotlivé bloky budou skenovány v závislosti na převládající nadmořské výšce území v bloku v jedné z následujících letových hladin (tj. z absolutních výšek letu) 1800 m n. m., 2100 m n. m. a 2400 m n. m.

Digitální výškopisné produkty

- Digitální model reliéfu území České republiky 4. generace (DMR 4G)**
 - ve formě mříže (GRID) 5 × 5 m se střední chybou výšky
 - $\sigma_z = 0,30$ m v odkrytém terénu a
 - $\sigma_z = 1$ m v zalesněném terénu
 - bude vytvářen po částech území ČR, kde již proběhne letecké laserové skenování
 - v termínech vždy do půl roku po naskenování příslušného území
 - z celého území ČR bude vytvořen do jednoho roku po ukončení skenování

Výsledné výškopisné produkty

- Digitální model reliéfu území České republiky 5. generace (DMR 5G)**
 - ve formě nepravidelné sítě vybraných výškových bodů (TIN) se střední chybou výšky
 - $\sigma_z = 0,18$ m v odkrytém terénu a
 - $\sigma_z = 0,3$ m v zalesněném terénu
 - bude vytvořen do tří let po ukončení snímkování celého území ČR, tedy do konce roku 2015
 - bude vytvářen postupně v částech území, kde již proběhne skenování, a to v termínech do dvou let po naskenování tohoto území

Výsledné výškopisné produkty

- Digitální model povrchu území České republiky 1. generace (DMP 1G)**
 - ve formě nepravidelné sítě vybraných výškových bodů (TIN) se střední chybou výšky
 - $\sigma_z = 0,4$ m pro přesně prostorově vymezené objekty (budovy)
 - $\sigma_z = 0,7$ m pro objekty přesně neohraničené (lesy a další prvky rostlinného půdního krytu)
 - tento model bude vytvořen do tří let po ukončení skenování území ČR
 - bude vytvářen postupně v částech území, kde již proběhne skenování, a to v termínech do dvou let po naskenování tohoto území

Postupy zpracování výškopisných dat

- bude zajišťovat zeměměřický odbor Zeměměřického úřadu v Pardubicích ve spolupráci s oddělením fotogrammetrie Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu v Dobrušce
- jako základní technologické vybavení se předpokládá využívat především softwarové nástroje ze skupiny programů SCOP++ z produkce německé firmy INPHO GmbH a software a nadstavby ArcGIS z produkce firmy ESRI

Postupy zpracování výškopisných dat

- pro DMR 5G bude na území ČR zaměřeno cca 800 komparačních základů
- zpravidla horizontální bodové mikropole o rozměrech cca 100 × 100m se zaměřenou sítí výškových bodů v mříži obvykle 10 × 10m a se zaměřenými významnými vodorovnými hranami vybraných objektů, například budov nebo bazénů

Postupy zpracování výškopisných dat

- vstupními daty pro vytvoření výškopisných modelů budou:
 - data z leteckého laserového skenování
 - ortofoto ČR
 - současné výškopisné databáze
 - geodeticky zaměřená data z komparačních základů
 - případně další geodeticky zaměřená výškopisná data

Postupy zpracování výškopisných dat

- základním technologickým postupem při zpracování výškopisných dat je automatizovaná filtrace dat s využitím programu SCOP++ LIDAR
- automatizovaná separace zaměřených výškových bodů ze vstupních mračen dat do čtyř samostatných datových souborů:
 - odrazy od země
 - odrazy od staveb
 - odrazy od vegetace
 - chybné odrazy od objektů mimo zemský povrch

Postupy zpracování výškopisných dat

- odhalení hrubých chyb s využitím dosavadních výškopisných modelů
- identifikace prostorů s nadměrnými rozdíly současného a nového výškového modelu
- takové prostory budou individuálně posuzovány tak, aby již pro generování DMR 4G byly odhaleny a opraveny hrubé chyby způsobené zejména neprostupností laserového paprsku hustým lesním porostem

Postupy zpracování výškopisných dat

- k zajištění požadované kvality DMR 5G a DMP 1G budou data celoplošně manuálně kontrolována a interaktivně opravována
- základními nástroji budou programy DT Master ze skupiny programů SCOP++ a ArcGIS Spatial Analyst a ArcGIS 3D Analyst ze skupiny programů ESRI

Postupy zpracování výškopisných dat

- datovými zdroji budou:
 - výškopisná data po hrubé filtraci
 - vytvořený stínovaný model reliéfu
 - ortofoto ČR
 - případné další aktuální informační podklady

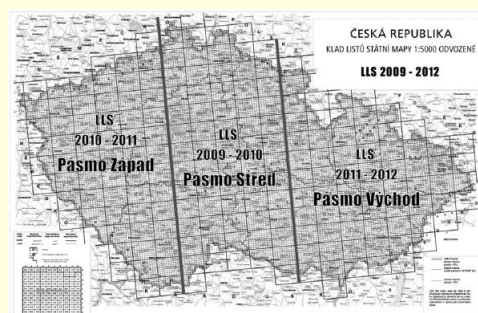
Postupy zpracování výškopisných dat

- výsledné produkty DMR 4G, DMR 5G a DMP 1G budou transformovány do souřadnicových referenčních systémů S-JTSK a WGS 84/UTM
- budou "rozřezány" do standardizovaných ukládacích jednotek
- v případě uložení dat v S-JTSK bude základní ukládací jednotkou prostor o velikosti 2 x 2,5 km vymezený kladem statní mapy 1 : 5 000 (SM 5)
- v případě uložení dat v referenčním souřadnicovém systému WGS 84/UTM se předpokládá data ukládat po blocích o velikosti 10 x 10 km vymezených rovinnou souřadnicovou sítí WGS 84/UTM

Postupy zpracování výškopisných dat

- jednotlivé datové modely a sady dat budou ukládány na diskových polích v databázi Oracle
- s využitím aplikace řízení dat Top DM z produkce německé firmy INPHO GmbH ta zajišťuje:
 - "bezešvé" nahlížení výškopisných dat
 - provádění výběrů dat podle uživatelských požadavků i
 - zápis a organizaci nezbytných metadat

Sektory zpracování LLS



Sektory zpracování dat

- postup skenování předchází státnímu digitálnímu leteckému měřickému snímkování území ČR v rozlišení 0,20 - 0,25 m v terénu, které bude realizováno rovněž v tříletém intervalu v letech 2010 až 2012
- Letecké laserové skenování a zpracování výškopisných dat do formy DMR 4G bylo zahájeno již v roce 2009 na pásmu Střed
- data DMR 4G byly použity pro ortogonalizaci leteckých měřických snímků a tvorbu Ortofota ČR na Pásmu Střed již v roce 2010
- v dalších dvou letech pak budou vytvořeny DMR 4G v Pásmu Západ a Pásmu Východ

Hlavní zásady normalizace

- produkty budou zpracovány podle jednotných pravidel na celém území ČR
- budou zpracovány v souřadnicových referenčních systémech WGS 84/UTM a S-JTSK a ve výškovém systému Baltském – po vyrovnání (Bpv)
- navržená formální struktura datovýchází TIN a GRID bude odpovídat základním požadavkům mezinárodních standardů OGC
- k jednotlivým datovým sadám budou vedena metadata v souladu s požadavky ISO 19115

Zásady spolupráce ČÚZK s Mze ČR a MO ČR

- „Dohoda o spolupráci při tvorbě digitálních databází výškopisu území České republiky“
 - ČÚZK zajistí projektovou přípravu leteckého laserového skenování a organizaci spolupráce s MO ČR a MZe ČR
 - ČÚZK zajistí v letech 2009 – 2015 zpracování laserových dat do formy výsledných databází výškopisu v rozsahu tří čtvrtin území ČR
 - MZe ČR se bude podílet na úhradě nákladů na letecké laserové skenování formou pronájmu leteckého laserového skeneru.

Zásady spolupráce ČÚZK s Mze ČR a MO ČR

- MO ČR zajistí v letech 2009 – 2012 realizaci leteckého laserového skenování svými odbornými kapacitami a letadlem typu L 410 FG. Dále zajistí v letech 2009 – 2015 zpracování laserových dat do formy výsledných digitálních databází výškopisu v rozsahu jedné čtvrtiny území ČR.
- MO ČR se bude po celou dobu řešení úkolu, tj. v období let 2009–2015, podílet na přípravě technologií pro zpracování dat leteckého laserového skenování

Závěr

- budou vytvořeny zcela nové výškopisné databáze o území ČR
- DMR 5G se stane základní a trvale aktualizovanou výškopisnou databází
- budou z ní generovány odvozené výškopisné produkty a databáze pro různé aplikace a informační systémy veřejné správy ČR

Závěr

- významných efektů bude dosaženo při aplikaci přesných výškopisných modelů v oblastech
 - rozvoje krizového řízení
 - nové výškopisné modely umožní rozvoj a uplatnění simulačních technologií a trenažérové techniky při výcviku na plnění úkolů krizového charakteru

Závěr

- v resortech MŽP ČR a MZe ČR umožní DMR 5G například:
 - výpočty objemů srážek a odtoků z povodí,
 - přesné vymezení záplavových území,
 - zpřesnění průběhů vodních toků včetně jejich spadů a odtokových charakteristik
 - stanovení odtokových směrů vod a na jejich základech efektivní ovlivňování zemědělské výroby včetně užívání chemických hnojiv a tím zvýšení ochrany povrchových i podzemních vod

Závěr

- resortu MMR ČR, resortu MD ČR a orgánům územní samosprávy bude poskytnut jeden z nejdůležitějších *územně analytických podkladů*
 - pro plánování a projektování pozemní, dopravní a vodohospodářské výstavby v jejich působnosti.

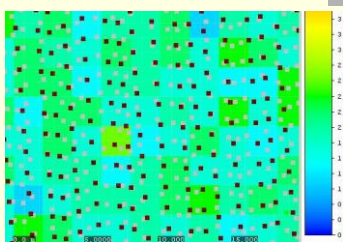
Závěr

- V resortu ČÚZK umožní kvalitní výškopis:
 - tvorbu nové generace ortofot ČR s rozlišením 0,25 m v území s absolutní polohovou přesností lepší než 0,5 m
 - následně pak i zvýšení přesnosti Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED) až o 50 % současné polohové přesnosti
 - v neposlední řadě bude zkvalitněna tvorba vrstevnic ve státních mapových dílech v měřítku 1 : 5 000 a 1 : 10 000

Závěr

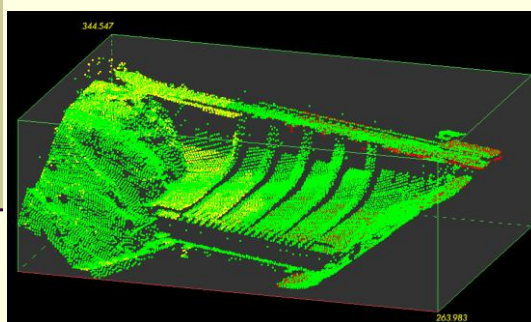
- četným uživatelům ve státní správě i územní samosprávě budou poskytnuty přesnější a kvalitnější kartografické podklady a geografické databáze pro územně orientované plánování a řízení rozvoje v jejich působnosti

Hustota mračna bodů



- minimální hustota bodu je 1 bod/m²
- průměrná hustota bodu je 1,5 bodu/m²

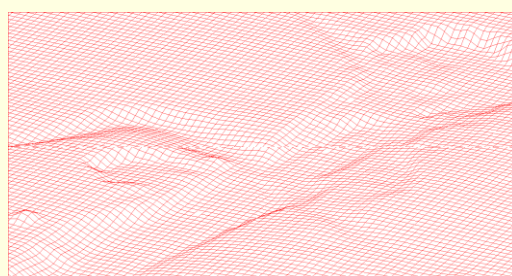
Příklad mračna bodů



Očekávané výsledky leteckého laserového skenování ČR

- **DMR 4G** ve formě mříže 5 x 5 m (GRID) s úplnou střední chybou výšky 0,30 m v odkrytém terénu a 1 m v zalesněném terénu (výsledek předběžného automatizovaného zpracování)
 - Termín: konec roku 2013
- **DMR 5G** ve formě nepravidelné sítě bodů (TIN) s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,30 m v zalesněném terénu (finální poloautomatické zpracování dat)
 - Termín: konec roku 2015
- **DMP 1G** ve formě nepravidelné sítě bodů (TIN) s úplnou střední chybou výšky 0,4 m pro přesně vymezené objekty a 0,7 m pro objekty přesně neohrazené (lesy a další prvky rostlinného půdního krytu)
 - Termín: konec roku 2015

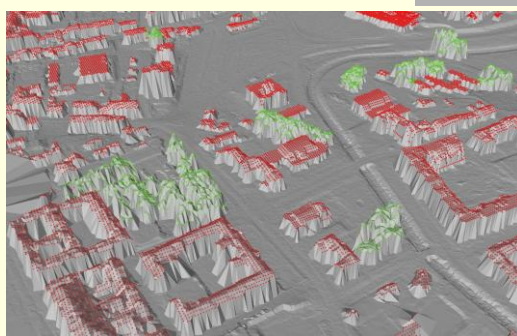
Ukázka dat – DMR 4G



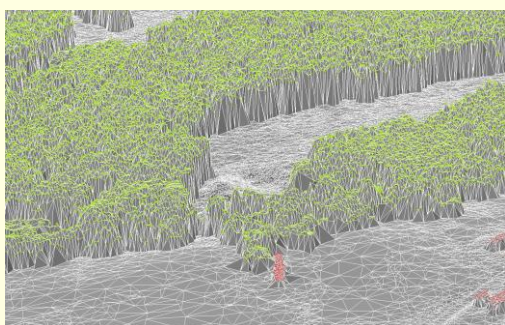
Ukázka dat – DMR 5G



Ukázka dat – DMP 1G



Ukázka dat – DMP 1G



Výškopis dat z laserscanningu



Ortofoto ČR

- rovněž není podle legislativy součástí SMD, i když má obdobný charakter
- snímkování probíhá v tříletém cyklu, od 1. dubna 2010 jsou k dispozici aktualizovaná ortofota jedné třetiny republiky – tzv. pásmo východ v rozlišení 0,25 m (v návaznosti na laserové letecké skenování)

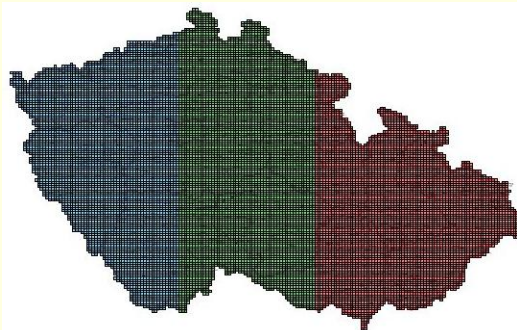
Ortofoto ČR

- sada barevných ortofot v rozměrech kladu mapových listů Státní mapy 1 : 5 000 (tj. 2 × 2,5 km)
- barevné vyrovnání
- zdánlivě bezešvé (švy jsou vedeny po přirozených liniích)
- ortofoto do r. 2008 má prostorové rozlišení 50 cm, od roku 2009 pak 25 cm, od roku 2010 již 20 až 25 cm
- dohoda mezi ČÚZK, VGHMÚř (resp. MO), Mze

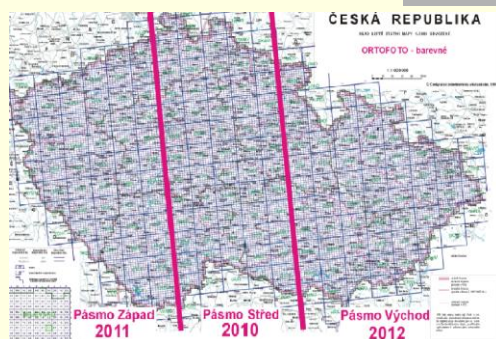
Ortofoto ČR

- princip snímování ČR vždy 1/3 každý rok platí od roku 2003
- na MZe využíván v rámci systému LPIS
 - viz <http://www.lpis.cz/>
- od roku 2005 publikováno pomocí WMS
- 150,- Kč za výdejní jednotku (+ přírážky)
- S-JTSK, WGS 84 / UTM zone 33N
- JPG(JTSK), JPG(UTM), MrSID(JTSK), MrSID(UTM)
- 4,40 MB; 5000 × 4000 pixelů

Aktualizace ortofoto



Aktualizace ortofoto



Maximální rozlišení (2008)

