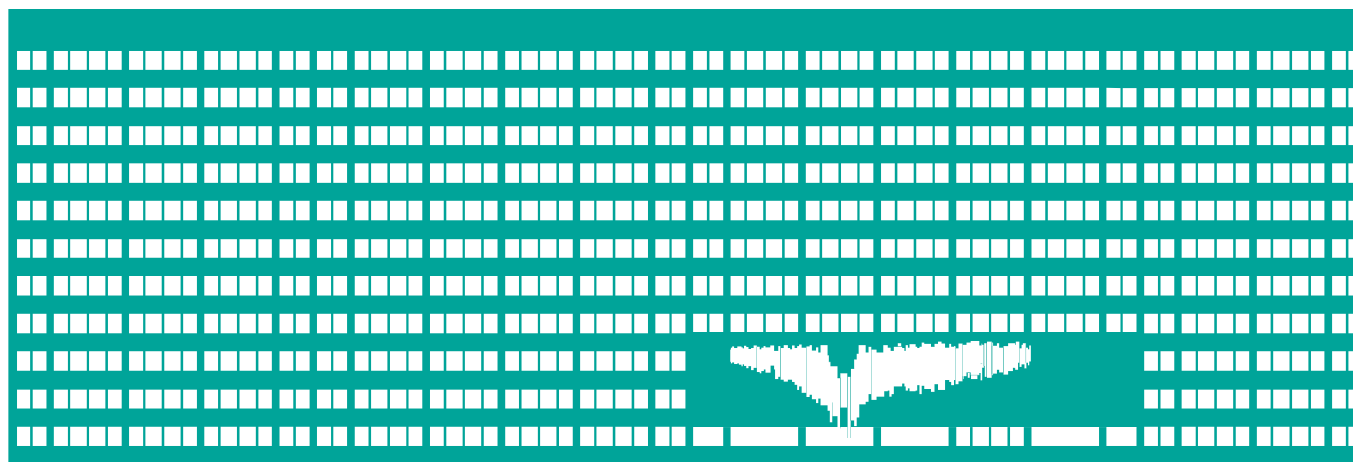


VŠB TECHNICKÁ  
UNIVERZITA  
OSTRAVA

VSB TECHNICAL  
UNIVERSITY  
OF OSTRAVA



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



# Metody hromadného sběru dat v tvorbě DTM

**Ing. Václav Šafář, Ph.D.**

**HGF, Katedra geodézie a důlního měřictví**

**[vaclav.safar@vsb.cz](mailto:vaclav.safar@vsb.cz)**

**Tel: 724 020 478**

# Fotogrammetrické metody v katastru v 70 a 80 letech –FÚO Fotogrammetrická údržba a obnova) 1/3

Technologický postup pro údržbu a obnovu map evidence nemovitostí fotogrammetrickou metodou s převodem těchto map do S-JTSK a dekadického měřítka. GK č.j. 3400/1971-4, Praha, GK 1971

Autor postupu **Ing. Miroslav Roule, CSc.** Měřítka snímkování zvoleno  **$M_s = 1 : 6\ 800!!!$**  => 26 let bylo oborové podvědomí v ČR, že ftgm metoda pro účely KN nelze použít, protože je **nepřesná** – u některých zaměstnanců katastru panuje tento názor dodnes.

Metoda byla nepřesná, protože **nevyhovovalo měřítka LMS**, snímkovalo se na klasický film („obyčejný“ český letecký film od firmy FOMA - film typu T-MAX s rovnoměrným rozložením halogenidů stříbra byl vyvinut v Rochestru až v roce 1984 a v Česku nebyl nikdy použit), k vyhodnocení se používali analogové fotogrammetrické přístroje, jen část byla řešena početně z hodnot snímkových souřadnic.

Přesnost absolutní polohy numericky vyhodnocených nesignalizovaných podrobných bodů vyplývá z tabulky 2. Je charakterizována průměrnou hodnotou střední polohové chyby

$$m_{x'y'} = \pm 30 \mu\text{m v měřítku snímku.}$$

Vyjádří-li se podle vztahu (1) polohová přesnost střední souřadnicovou chybou, je charakterizována hodnotou

$$\underline{m_{x'y'} = \pm 21 \mu\text{m v měřítku snímku.}}$$

Při využití snímků předpokládaných měřítek  $M_s$  jsou to hodnoty:

$$\begin{array}{ll} \text{pro } M_s = 1 : 6800 & m_{xy} = \pm 14 \text{ cm,} \\ \text{pro } M_s = 1 : 8600 & m_{xy} = \pm 18 \text{ cm ve skutečnosti.} \end{array}$$

Z toho vyplývá, že všechny stabilizované, k vyhodnocení určené PBPP a identické pevné body mapové kresby (pb) musí být fotogrammetricky signalizovány, aby byla dodržena přesnost vyhovující ustanovením předpisu [21]. Ostatní podrobné body, zejména při využití snímků v  $M_s = 1 : 6800$ , nemusí být signalizovány. Nemusí být signalizovány zejména ty podrobné body hranic, které nejsou v terénu trvale stabilizovány, protože v takových případech ani fotogrammetrická signalizace neumožní zpřesnit vlastnické vztahy. Vyhodnocení je možné provést podle kvalitně vyhotovených klasifikačních zákresů na zvětšenině leteckého snímku, provedených při místním šetření [13].

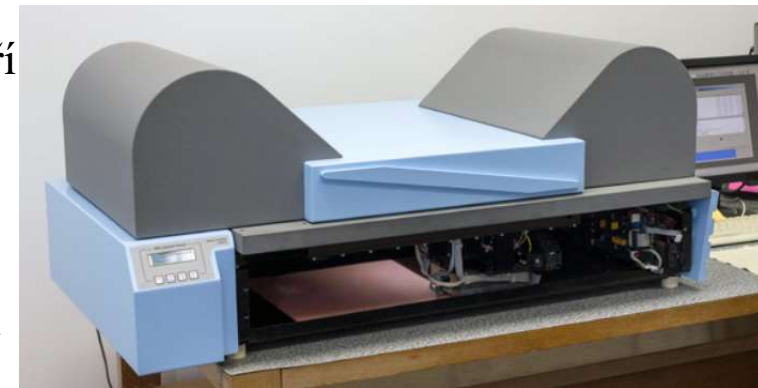
# Fotogrammetrické metody v katastru v 70 a 80 letech – FÚO (Fotogrammetrická údržba a obnova) 2/3

Nevhodně stanovené měřítko snímkování **1 : 6 800**.

Jak si **přiblížit představu měřítka** v dnešní terminologii (*pozemní vzdálenost vzorků fotografického obrazu – tedy ground sample distance – GSD*)?

Při převodu analogového snímku do digitální podoby skenováním na fotogrammetrických skenerech skenujeme takovou hustotou, která je srovnatelná s agregací stříbrných shluků halogenidů v emulzi, která vytváří viditelný obraz, což odpovídá skenování s **hustotou 14 mikrometrů** tedy velikosti **GSD=10,2cm**

**Z této hodnoty je všem v auditoriu (při hodnotě současného poznání) jasné, že při následném zpracování na analogových strojích nemohly výsledky ftgm dosáhnout požadovaných přesností.**



# Fotogrammetrické metody v katastru v 70 a 80 letech – FÚO (Fotogrammetrická údržba a obnova) 3/3

**Ing. Miroslav Roule, CSc.** uveřejnil v roce 2002 opravu svých předchozích rozborů z doby analogové fotogrammetrie a v časopise Zeměměřič 1+2/2002 definoval podmínku úspěchu použití moderní digitální fotogrammetrie v katastru nemovitostí:

.... z toho důvodu **je nutné pro měřické účely v KN využívat LMS** v měřítku snímku větším než 1 : 5 000, nejvhodněji **1 : 4 500**. Při využití digitální FM je to požadavek zcela bezkonfliktní a je základním předpokladem pro měřické využití fotogrammetrie v KN. ....

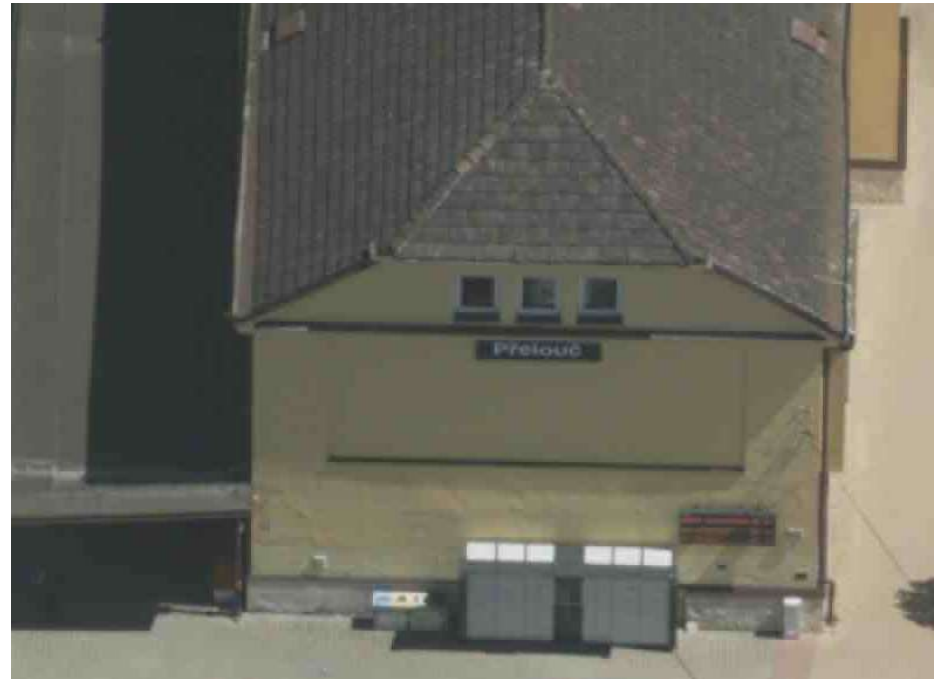
Což znamená při skenování na 14 mikrometrů **GSD=6,3cm**

Poznámka: od roku 1986 používala nynější Správa železniční geodézie na základě vlastních rozborů přesnosti k dosažení přesnosti v kódu kvality 3 snímkování na černobílý film v měřítku 1:4 000 což je v dnešním vyjádření **GSD=5,6cm**

V současné době je pro tvorbu DTM stanovena hodnota **GSD=5cm**

## Problém fotogrammetrie v KN

FÚO neměla jinou možnost v době svého vzniku vytvářet podklady pro KN jinak jak stereoskopickou fotogrammetrickou metodou, takže pokud byly určovány rohy budov v jejich protětím se zemí byly zaměřeny obvody střešních plášťů a následně byla určena korekce převisů střešních plášťů a graficky (v pozdější době početně) byla o tyto hodnoty redukována kresba budovy v katastru na její reálný stav v protěti s terénem, což bylo dalším místem vstupu chyb z FÚO do KN.



# Fotogrammetrické metody v katastru v 90 letech a ověřovací projekt Domanín 1/3

Po **26 letech** od FÚO, která se prakticky ve větší míře do tvorby KN nezapojilo, byla vyhlášena tehdejším ředitelem ČÚZK Ing. Jiřím Šimou, CSc. soutěž **Analýza možností a účelnosti užití metod analytické a digitální fotogrammetrie v kombinaci s geodetickými metodami pro tvorbu DKM** v jejímž zadání bylo psáno:

...cílem fotogrammetrického mapování je sběr digitálních dat pro tvorbu DKM, podpora ostatních činností při této tvorbě a celkové zefektivnění a urychlení prací v katastru související s redukcí podílu práce geodetů v terénu a případná tvorba nových produktů souvisejících s nasazením nových digitálních technologií v resortu geodézie ...

# Fotogrammetrické metody v katastru v 90 letech a ověřovací projekt Domanín 2/3

Technologické kroky experimentu Domanín:

- šetření průběhu hranic,
- signalizace bodů,
- snímkování v měřítku **1: 4 000**
- analytická aerotriangulace (AAT) ,
- vytvoření náčrtů,
- vyhodnocení , respektive určení souřadnic podrobných bodů,
- geodetické měření v terénu,
- editace souborů dat,
- kresba katastrální mapy,
- rozbor přesnosti a vyhodnocení efektivnosti nasazení fotogrammetrických metod v kombinaci s geodetickými,
- sestavení výsledků do rozborů , následující analýzy a doporučení



# Fotogrammetrické metody v katastru v 90 letech a ověřovací projekt Domanín 3/3

Experimentem bylo ověřeno, že:

- při měřítku snímkování **1: 4 000 nemá fotogrammetrická metoda mapování problém s přesností limitovanou kódem kvality 3**
- bylo navrženo 11 bodů úpravy textu v Návodu pro obnovu katastrálního operátu a převodu
- celková rozloha mapovaného území - metodu lze doporučit při mapování lokality od přibližně 1500 ha
- členitost jednotlivých lesních a zemědělských celků - logicky při větších rozlohách je fotogrammetrická metoda efektivnější, téměř nevyužitelná na Českomoravské vysočině, určitě výhodná na jižní a střední Moravě
- zkušenosti operátorů s vyhodnocením map velkých měřítek a znalostí katastrálních map – zde je třeba upozornit, že bez zkušeností a zaškolených lidí nelze vyhodnocovat

Závěr zadavatele – FM metoda nebude přes kladný výsledek ověřovacího experimentu připuštěna do mapování KN, protože ....

# Výsledek experimentu v opravě znění předpisu Návodu

V současnosti **platný článek v 2.5.2.1 Návodu obnovy katastrálního operátu a převodu** (č.j. ČÚZK-01500/2015-22, ve znění dodatku č.1 s účinností od 1. 1. 2019)

2.5.2.1 Body PPBP a popř. současně vlíčovací body (odst. 4.3.8.2) se určují analytickou nebo digitální analytickou aerotriangulací. Použijí se letecké měřické snímky (dále jen „snímky“) zpravidla o formátu 23 cm x 23 cm na rozměrově stálé podložce, pořizované kalibrovanými leteckými komorami s alespoň 60 % podélným a 30 % příčným překrytem a skenované s rozlišením alespoň **1210 DPI (pixel 0,021 mm)** nebo snímky pořízené kalibrovanými digitálními leteckými komorami. Nejmenší použitelné měřítko takových snímků je **1:6000**. Je účelné, aby současně s těmito snímky byly dodány jejich prvky vnější orientace měřené během snímkového letu aparaturami GNSS/IMU.



**GSD=12,6cm!!!**

# Laserově skenovací metody v katastru po 15.6. 2013 v Návodu

**Pozemní laserové skenování** - Pro měření a zpracování výsledků měřických prací pro potřeby katastru nemovitostí je možné použít pouze takové mobilní laserové skenovací jednotky nebo statické laserové skenery a zpracovatelské výpočetní nebo grafické programy, u kterých je možno doložit, že výsledná přesnost po provedení všech měřických a zpracovatelských úkonů vyhovuje požadavkům alespoň pro podrobné body s kódem kvality 3. Při měření i následném zpracování výsledků měřických prací je nutné dodržovat zásady uvedené v dokumentaci pro příslušné přístroje i pro použitý zpracovatelský program.....

## **Použití mobilních laserových skenovacích jednotek**

Použité přístroje musí vyhovovat ustanovení odst. [4.3.7.1](#) a při jejich použití musí být dodrženy následující podmínky: vzdálenost referenční stanice nesmí být větší než 20 km a k výpočtu trajektorie mobilní laserové jednotky nemůže být použita virtuální referenční stanice, elevační maska musí být nastavena v intervalu 10 – 15°, řešení každého bodu trajektorie mobilní laserové skenovací jednotky musí zahrnovat nejméně 6 družic GNSS, parametr může být překročen pouze výjimečně a pouze v úseku, který není delší než 60 vteřin a jsou v něm zaznamenána nepoškozená data z inerciální měřické jednotky (dále jen „IMU....

## **Použití statických laserových skenerů**

Použité přístroje musí vyhovovat ustanovení odst. [4.3.7.1](#) a při jejich použití musí být dodrženy následující podmínky: pokud jsou souřadnice stanoviska přístroje použity jako výchozí pro určení souřadnic bodů mračna bodů nebo ke kontrole napojení mračna bodů na jiné mračno bodů, pak musí být určeny s přesností stanovenou pro body PPBP nebo vyšší,

# Fotogrammetrické metody v katastru kolem roku 2014 až 2017- návrhy na úpravu Návodu pro obnovu katastrálního operátu a převodu

V úkol programu agentury TAČR TB02CUZK002 – „Integrace nové techniky a technologie do procesu obnovy katastrálního operátu novým mapováním“ byly předloženy návrhy na úpravu **Návodu** v oblasti fotogrammetrie a jeho doplnění o snímkování prostředky RPAS včetně návrhu postupů jak použít fotogrammetrii „in house“ v rámci ČÚZK. **Žádný z návrhů nebyl do Návodu včleněn, respektive ani o těchto návrzích na použití fotogrammetrii nebylo jednáno, a tak postupy fotogrammetrie nebyly dosud v KN použity.**

# Testování laserových skenovacích metod pro potřeby katastru

Pokračováním úlohy k pilotnímu ověření TAČR TB02CUZK002 bylo testováno použití leteckého skenování z prostředků RPAS, které bylo úspěšně testováno na lokalitě v intravilánu katastrálního území Dlouhá Ves u Sušice. Katastrální úřad v Plzni nezávisle ověřil jak přesnost určení podrobných bodů mapování a provedl nezávislý test úplnosti a možností nasazení laserového skenování v KN. Podrobná zpráva byla předložena i pro metody průsekové fotogrammetrie softwarem firmy Trimble s použitím RPAS. Žádné z těchto testovacích prací a ověření technologií včetně ekonomických zhodnocení se neprojeví ani ve změně postupů uvedených v Návodu ani v jiných předpisech ČÚZK.

# Pojem hromadný sběr dat do systému DTM, důvody , možnosti, přesnosti

S pojmem **hromadný sběr dat**, ve smyslu sdružení dvou nepřímých metod mapování a to **fotogrammetrie a laserového skenování pod jeden pojem**, se setkáváme poprvé v souvislosti s diskuzí a tvorbou podkladů a metodických pokynů pro zadání výběrových řízení na dodavatele digitální technické mapy kraje (DTM), například Pardubický kraj - čj. KrÚ 54437/2021 kapitola 6.3.2 strana 49. **Všechny metody mapování pro tvorbu DTM jsou v obecné rovině přípustné** a je na ně kladena prakticky jediná podmínka - **polohová a výšková přesnost podrobných bodů** mapování definovaná **kódem kvality 3** podle Vyhlášky č. 357/2013.

Těmito předpisy fotogrammetrie a laserové skenování vstupuje do tvorby dat DTM respektive DMVS

# Konkretizace postupů fotogrammetrického sběru dat a podmínky použití pro DTM

## Technické parametry fotogrammetrie pro tvorbu dat DTM:

- LMS s maximálním rozměrem pixelu 5 cm
- LMS musí být provedeno tak, aby se na snímcích nevyskytovaly mraky ani jejich stíny, o bez sněhové pokrývky a bez oparu, o při výšce slunce nad horizontem minimálně 25°.
- Minimální překryt snímkování (podélný překryv / příčný překryv) 75 % / 65 %
- Snímkování musí být provedeno velkoformátovou digitální leteckou měřickou kamerou (typu frame) vybavenou funkčním zařízením pro kompenzaci smazu způsobeného pohybem letadla během expozice a aparaturou dGPS
- Systém pro letecké snímkování musí být vybaven gyrostabilizací a zařízením pro registraci EO
- Letecké měřické snímky budou pokrývat celé území kraje s přesahem minimálně 2 km.
- Snímkování letového bloku bude provedeno s přesahem minimálně dvou snímkových základen za hranici bloku ve směru letu a minimálně jednu letovou osu za hranici bloku ve směru kolmém k letu.
- Tato tvorba dat bude probíhat zejména metodou digitální letecké fotogrammetrie, tj. metodou stereoskopického vyhodnocování souřadnic objektů nad stereodvojicemi **kolmých** LMS

# Konkretizace postupů sběru dat mobilním laserovým skenováním a podmínky použití v DTM

## Technické parametry mobilního laserového skenování pro tvorbu dat DTM:

- Pořízená data z MM musí obsahovat laserová mračna bodů v souřadnicích XYZ v S-JTSK a Bpv a s intenzitou odrazivosti, fotografie z digitálních kamer
- Pořízení dat bude provedeno bez sněhové pokrývky, bez oparu a bez vlhkosti povrchu vozovky
- Mobilní mapovací systém musí být vybaven laserovým skenovacím zařízením, digitální kamerou, globálním družicovým navigačním systémem (GNSS) a inerciální měřickou jednotkou (IMU) o absolutní přesnosti měření  $\leq 5$  cm (přesnost určení úhlů: Roll, Pitch  $\leq 0.008^\circ$ , Heading  $\leq 0.015^\circ$  o IMU data rate  $\geq 200$  Hz)
- Laserové skenovací zařízení musí mít min. dosah alespoň 60 m při odrazivosti cíle  $\geq 10\%$ . • Minimální hustota bodů ve vzdálenosti 10 m od trajektorie na vodorovné zpevněné ploše musí být min. 500 bodů na m<sup>2</sup>
- Minimální rozlišení jednotlivých digitálních kamer systému 5 MPx,
- Georeferencování laserového mračna bodů do S-JTSK a Bpv bude provedeno tak, aby umožňovalo vyhodnocování dat ve 3 třídě přesnosti podle vyhlášky DTM kraje, tj.  $m_{xy} = 0,14$  m a  $m_h = 0,12$  m



# Děkuji za pozornost

***Ing. Václav Šafář, Ph.D.***

+420 724 020 478

[vaclav.safar@vsb.cz](mailto:vaclav.safar@vsb.cz)