

ZEMĚMĚŘICKÝ ÚŘAD



**TECHNICKÁ ZPRÁVA
K
DIGITÁLNÍMU MODELU RELIÉFU ČR
DMR BODY (DMR 5G)
A DMR GRID/RASTR (DMR 4G)**

leden 2026

Název dokumentu: Technická zpráva k Digitálnímu modelu reliéfu ČR
DMR 5G a DMR 4G

Zodpovědný zpracovatel: Ing. Josef KNAPÍK
Zeměměřický úřad
Čechovo nábřeží 1791, 530 86 Pardubice
Telefon: +420 466 023 425
E-mail: josef.knapik@cuzk.gov.cz

Zodpovědný správce: Mgr. Petr DUŠÁNEK
Zeměměřický úřad
Čechovo nábřeží 1791, 530 86 Pardubice
Telefon: +420 466 023 429
E-mail: petr.dusanek@cuzk.gov.cz

Zpracovali: Mgr. Petr DUŠÁNEK (ZÚ, ZO Pardubice)
doc. Ing. Jiří ŠÍMA, CSc.
Mgr. Jindřich HORÁK (ZÚ, ZO Pardubice)

Původní verze:

RNDr. Luboš BĚLKA, Ph.D. (VGHMÚř, Dobruška)
Ing. Radek FIALA, Ph.D. (ZČU v Plzni)
Mgr. Jakub GAMRÁT (ZÚ, ZO Pardubice)
Ing. Oldřich KAFKA (ZÚ, ZO Pardubice)
Ing. Josef PEICHL (ZÚ, ZO Pardubice)

Datum vydání: 27. ledna 2026

Správce dokumentu: ředitel Zeměměřického odboru Pardubice
Zeměměřického úřadu

Dokument uložen: https://geoportal.cuzk.gov.cz/Dokumenty/TECHNICKÁ_ZPRÁVA_K_DMR_4G_a_5G.pdf

Aktualizace:

Datum	Obsah změny
17. 7. 2015	Aktualizace v návaznosti na zpracování dat
27. 11. 2015	Aktualizace v návaznosti na zpracování dat
22. 12. 2016	Revize, aktualizace stavu pokrytí
22. 11. 2022	Sloučení dokumentů TS k DMR 4G a DMR 5G. Revize, aktualizace postupů zpracování.
30. 9. 2025	Revize textu. Odstranění obrázku 1, nahrazení odkazem na Geoportál ČÚZK. Oprava odkazů.
27. 1. 2026	Doplnění změn 2026+, doplnění informací o DMR rastr (DMR 4G).

ÚVOD

Tato technická zpráva je určena uživatelům Digitálního modelu reliéfu České republiky (DMR ČR), a to ve všech jeho třech formách:

DMR body (DMR 5G),

DMR grid (DMR 4G),

DMR rastr (DMR 4G).

Cílem technické zprávy je popsat postupy zpracování výškopisných dat získaných leteckým laserovým skenováním a definovat základní charakteristiky tohoto modelu.

Produkty DMR body (DMR 5G), DMR grid a DMR rastr (DMR 4G) vznikly v rámci společného projektu Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK), Ministerstva obrany (MO) a Ministerstva zemědělství (MZe) České republiky s názvem „Projekt tvorby nového výškopisu České republiky“ (Praha: Zeměměřický úřad, 2008). Metodickým a procesním východiskem pro zpracování dat byl dokument „Realizační projekt zpracování výškopisných dat“ (Praha: Zeměměřický úřad, 2009).

1 Technologie zpracování leteckých laserových dat

1.1 Letecké laserové skenování

Období 2010–2013

Celoplošné leteckého laserového skenování (LLS) v období 2010–2013 bylo realizováno systémem LiteMapper 6800 firmy IGI mbH s využitím leteckého laserového skeneru RIEGL LMS – Q680 s příslušenstvím pro autonomní určování polohy skeneru GNSS (Global Navigation Satellite System) a IMU (Inertial Measurement Unit). Popis základních parametrů jednotlivých zařízení je uveden v Realizačním projektu zpracování výškopisných dat, kapitola 8. Nosičem leteckého laserového skeneru je speciální letoun MO typu L 410 FG. Vlastní skenování se uskutečnilo z průměrné výšky 1 200 m nebo 1 400 m nad střední rovinou terénu v jednotlivých blocích dle realizačního projektu a v závislosti na vzrůstu vegetace, přičemž bloky (převážně o šířce 10 km) s podobnou členitostí a v určitém rozmezí nadmořských výšek byly pro realizaci LLS spojeny do bloků s maximální délkou 60 km.

Období 2016+

Od roku 2016 probíhá letecké laserové skenování pro aktualizaci DMR 5G a DMR 4G. Skenování je prováděno v místech, kde původní skenování bylo provedeno v nevhodnou vegetační dobu a v místech kde došlo k podstatným změnám rostlého terénu, především v okolí dopravních staveb. Od roku 2016 je využíván letecký laserový skener Leica ALS80-CM. Letecké laserové skenování je opět prováděno převážně z výšek okolo 1 300 m nad střední rovinou terénu.

1.2 Předzpracování leteckých laserových dat

Účelem tohoto procesu je provedení zpřesnění trajektorie letu pomocí diferencí opravy GNSS a opravy dat IMU, extrakce bodového mračna a vyrovnání měřických pásů.

Období 2010–2013

Pro řešení byly použity následující softwarové aplikace:

- AEROoffice Software,
- GrafNav GPS Postprocessing Software,
- RiPROCESS + RiWORLD + RiANALYZE.

Trajektorie zaznamenaná spolu s daty LLS byla nahrána do SW AEROoffice, kde byly zadány tzv. lever arms (LA), tedy vzdálenost GNSS antény a vysílače/přijímače laserového paprsku od středu IMU. Takto zpracovaná trajektorie byla vyexportována a následně nahrána do SW GrafNav, kde došlo k diferencní opravě dat GNSS za použití pozemních stanic sítě CZEPOS. Opravená poloha trajektorie byla zpět nahrána do SW AEROoffice, kde došlo ke spojení polohy a úhlů

náklonů zaznamenaných IMU. Výsledná trajektorie byla vyexportována do nativního formátu skenerů RIEGL.

V balíku SW RIEGL (RiPROCESS, RiWORLD a RiANALYZE) došlo k vyrovnání, extrakci a georeferencování bodových mračen. Tato data byla v souřadnicovém systému ETRS89-TM33 vztažena k elipsoidické výšce GRS80.

Veškeré následné zpracování dat se po dohodě s MO uskutečnilo v souřadnicovém referenčním systému UTM (E, N) na elipsoidu WGS 84-G873 a ve výškovém referenčním systému Bpv.

Pro transformace rovinných souřadnic ze systému UTM/GRS 80 do UTM/WGS 84-G873 byly použity transformační klíče VGHMŮř, verze 2010. Přesnost této transformace je charakterizována úplnými středními chybami souřadnic $mE = mN = 0,02$ m.

Pro transformace výškových údajů elipsoidických výšek vztažených ke GRS 80 do výškového referenčního systému Bpv byly použity údaje kvazigeoidu CZ-2005 Výzkumného ústavu geodetického, topografického a kartografického (VÚGTK) autorů Ing. Ivana Peška, CSc. a prof. Ing. Jana Kosteckého, DrSc., verze 2010. Přesnost transformace je charakterizována střední chybou $mH = 0,06$ m.

Období 2016+

S použitím leteckého laserového skeneru ALS80 bylo nutno přistoupit k jinému postupu předzpracování dat.

Pro řešení jsou používány následující softwarové aplikace:

- NovAtel Inertial Explorer,
- Leica CloudPro,
- TerraScan + TerraMatch.

Trajektorie zaznamenaná spolu s daty LLS je nahrána do SW Inertial Explorer, kde jsou zadány tzv. lever arms (LA), tedy vzdálenost GNSS antény a vysílače/přijímače laserového paprsku od středu IMU. V SW Inertial Explorer dojde jak k opravě dat IMU tak diferenční opravě dat GNSS za použití dat ze sítě permanentních stanic CZEPOS.

Ze SW Leica CloudPro jsou vyexportována bodová mračna v souřadnicovém systému ETRS89-TM33 vztažena k elipsoidické výšce GRS80. Tato data nejsou vyrovnána, vyrovnání měřických pásů je provedeno v SW TerraScan + TerraMatch od finské společnosti TerraSolid.

1.3 Automatická filtrace a klasifikace LLS dat

Cílem automatické filtrace a klasifikace dat leteckého laserového skenování (LLS) je separace bodů, ve kterých dopadl laserový paprsek na terén (včetně skalních povrchů), vegetaci, stavby a výškové překážky leteckého provozu (dále jen *kategorie*), a současně identifikace chybných měření (např. odrazy od letících ptáků). Úspěšnost automatizovaných postupů správné klasifikace výškových bodů výrazně závisí na ročním období pořízení dat, zejména na stupni rozvinutí vegetace.

Období 2010–2013

Pro automatickou filtraci a klasifikaci dat LLS byl použit software SCOP++ společnosti Inpho GmbH. Výsledkem tohoto procesu byly samostatné datové soubory jednotlivých kategorií, roztríděné podle typu dopadu laserového paprsku na půdňí kryt a objekty na zemském povrchu.

Období 2016+

Vzhledem k zastaralosti, složitému ovládání, pomalým výpočetním procesům a celkové změně koncepce zpracování dat LLS bylo přistoupeno ke změně softwarového řešení pro automatickou filtraci a klasifikaci dat. V tomto období byla používána kombinace nástrojů z balíku LAStools společnosti rapidlasso GmbH, konkrétně sekvence nástrojů *lasground*, *lasheight* a *lasclassify*.

Období 2026+

Vzhledem k tomu, že software TerraScan poskytuje lepší výsledky automatické filtrace a klasifikace, bylo rozhodnuto nahradit klasifikaci prováděnou pomocí nástrojů LAStools tímto softwarem. Klasifikace tak následuje jako další krok bezprostředně po vyrovnání měřických pásů.

1.4 Manuální kontrola a výsledků automatického zpracování

K eliminaci chyb vzniklých v oblastech s nespolehlivou robustní filtrací je prováděna následná interaktivní vizuální kontrola dat. Jejím cílem je identifikace a přeřazení chybně klasifikovaných bodů do odpovídajících kategorií. Pro tyto účely je využíván software DTMaster společnosti Trimble Inpho.

Období 2010–2013

Výsledkem tohoto procesu byly samostatné soubory výškových bodů reprezentujících skutečný terén, vegetaci, stavby a body identifikované jako možné výškové překážky leteckého provozu.

Období 2016+

Výsledkem manuální kontroly byly klasifikované soubory ve formátu LAS, obsahující jednotlivé třídy, zejména: neklasifikované body, terén, vegetaci, budovy, nízký šum, vysoký šum, mostovky a klíčové body DMR 5G (viz následující podkapitola).

Období 2026+

V průběhu roku 2025 došlo ke změnám v systému správy výškopisných dat a k úpravám procesů manuální editace. Bylo přistoupeno k povýšení formátu LAS z verze 1.2 na LAS 1.4, který umožňuje ukládání většího množství atributových informací. Současně bylo zavedeno plošné používání komprimované varianty tohoto formátu, tj. souborů LAZ. Ve specifikaci LAS 1.4 došlo ke sjednocení a ustálení číslování některých tříd, proto byly tyto třídy sjednoceny v souladu s tímto standardem.

1.5 Ředění mračna bodů třídy terén, tvorba DMR 5G

Vzhledem k tomu, že model po předchozích úpravách vykazuje velmi vysokou bodovou hustotu a jednotlivé body mohou být zatíženy drobnými výškovými chybami, zejména v důsledku nízké vegetace, je prováděno další ředění bodového mračna třídy terén.

Období 2010–2013

Pro ředění bodového mračna byla použita metoda tzv. „*hoblování*“ vyvinutá firmou Atlas, spol. s r. o. Výsledkem tohoto procesu byla redukováná množina nerovnoměrně rozložených výškových bodů reliéfu se skutečně měřenou polohou, přičemž výška bodů byla upravena v mezích přesnosti požadované pro kvalitu DMR body (DMR 5G).

Období 2016+

Vzhledem k zastaralosti používaného softwaru, jeho složitému ovládání, pomalým výpočtům a celkové změně koncepce zpracování dat LLS bylo přistoupeno ke změně softwarového řešení pro ředění bodového mračna. Pro tento účel je využíván nástroj *lasthin* z balíku LAsTools společnosti rapidlasso GmbH. Výsledkem je soubor LAZ, ve kterém jsou reprezentativní body označeny třídou „model key points“.

Období 2026+

Se změnami v systému správy výškopisných dat došlo také k úpravám postupu ředění mračna bodů při tvorbě výsledného produktu DMR body (DMR 5G). Tyto změny reflektovaly očekávaný přísun nových, výrazně hustších a objemnějších dat. Původní postup, kdy se nástroj *lasthin* spouštěl pro jednotlivé měřické pásy bezprostředně po dokončení manuální editace, byl nahrazen postupem, kdy se ředění provádí až při přípravě finálních produktů, tedy po výřezu výsledné dlaždice (s přesahem). Nástroj *lasthin* je dále kombinován s nástrojem *lascoverage*, což umožňuje odstranit nadbytečné body v oblastech s výrazně vyšší hustotou skenování a tam, kde nedošlo k ideálnímu vyrovnání měřických pásů.

2 Interpolace bodů DMR 5G a tvorba DMR 4G

Cílem interpolace je převést DMR 5G z nepravidelné sítě uzlových bodů do pravidelné čtvercové sítě bodů o stanoveném rozměru (v případě DMR 4G 5×5 m).

2.1 DMR ve formě GRIDu

Období 2010–2013

Pro interpolaci byl použit programový systém SCOP++ s metodou adaptabilní lineární predikce. Jedná se o modifikaci lineární predikce, při níž jsou pro interpolaci výškového modelu využívány různé velikosti výpočetních jednotek v závislosti na distribuci vstupních bodů v lokálních oblastech. Podrobnější informace o metodě jsou uvedeny v manuálu programu SCOP++ (str. 168–183 a 311–327). Výsledkem byla pravidelná mřížka s rozlišením 5×5 m, přičemž souřadnice interpolovaných bodů byly vztaženy k rohu buňky.

Období 2016+

Vzhledem k zastaralosti původního softwaru, jeho složitému ovládání, pomalým výpočtům a celkové změně koncepce zpracování dat LLS bylo přistoupeno ke změně softwaru pro interpolaci DMR grid (DMR 4G). V současnosti je využíván nástroj *las2dem* z balíku LAStools společnosti rapidlasso GmbH. Výška bodů pravidelné mřížky DMR grid je odvozena z nepravidelné trojúhelníkové sítě sestavené z uzlových bodů DMR body (DMR 5G). Výstupem je pravidelná mřížka s rozlišením 5×5 m, přičemž souřadnice interpolovaných bodů jsou vztaženy k rohu buňky.

Období 2026+

Se změnami v systému správy výškopisných dat nedošlo k zásadním úpravám postupu tvorby DMR grid (DMR 4G).

2.2 DMR ve formě RASTERu

Období 2026+

Od roku 2026 je digitální model reliéfu nově vytvářen rovněž ve formě rastrových dat – DMR rastr (DMR 4G). Rastr je interpolován z bodového modelu DMR body (DMR 5G) s využitím knihoven PDAL a GDAL. Výstupem je pravidelná mřížka s rozlišením 5×5 m, přičemž souřadnice rastru jsou vztaženy ke středu buňky.

Do budoucna se předpokládá, že DMR grid (DMR 4G) bude zrušen a DMR 4G bude nadále vydáván pouze ve formě rastrových dat.

3 Struktura dat

3.1 Bodové mračno LLS

Samotné bodové mračno je uloženo v souborovém systému, přičemž každý soubor představuje jeden letový pás. Data LLS jsou primárně zpracovávána a uložena v souřadnicovém systému ETRS89-TM33 (EPSG: 3045) s elipsoidickou výškou GRS80. Pro snazší manipulaci a výdej dat jsou transformována také do následujících souřadnicových systémů:

S-JTSK (EPSG: 5514) s nadmořskou výškou Bpv (EPSG: 5705),

WGS84/UTM33 (EPSG: 32633) s nadmořskou výškou Bpv,

ETRS89-TM33 (EPSG: 3045) s nadmořskou výškou EVRS (EPSG: 5621).

Data jsou uložena v binárním formátu LAS, případně v komprimované bezztrátové variantě LAZ 1.4.

3.2 DMR body (DMR 5G)

DMR body jsou uloženy v souborovém systému, přičemž každý soubor pokrývá pravidelně vymezené území. V souřadnicovém systému S-JTSK + Bpv jsou data uložena v kladu listů Státní mapy 1 : 5 000 (SM5). V souřadnicových systémech ETRS89 + GRS80, ETRS89-TM33 + EVRS a WGS84/UTM33 + Bpv jsou data ukládána v pravidelných dlaždicích o rozměru 2 × 2 km. Data jsou uložena v binárním formátu LAS, případně komprimovaném bezztrátovém formátu LAZ 1.4.

3.3 DMR grid a DMR rastr (DMR 4G)

DMR grid (DMR 4G) a DMR rastr (DMR 4G) jsou uloženy v souborovém systému, přičemž každý soubor pokrývá pravidelně vymezené území. V souřadnicovém systému S-JTSK + Bpv jsou data uložena v kladu listů SM5. V souřadnicových systémech ETRS89 + GRS80, ETRS89-TM33 + EVRS a WGS84/UTM33 + Bpv jsou data ukládána v pravidelných dlaždicích o rozměru 2 × 2 km. Data jsou uložena v binárním formátu LAZ 1.2.

3.4 Dostupnost produktů DMR body, DMR grid a DMR rastr

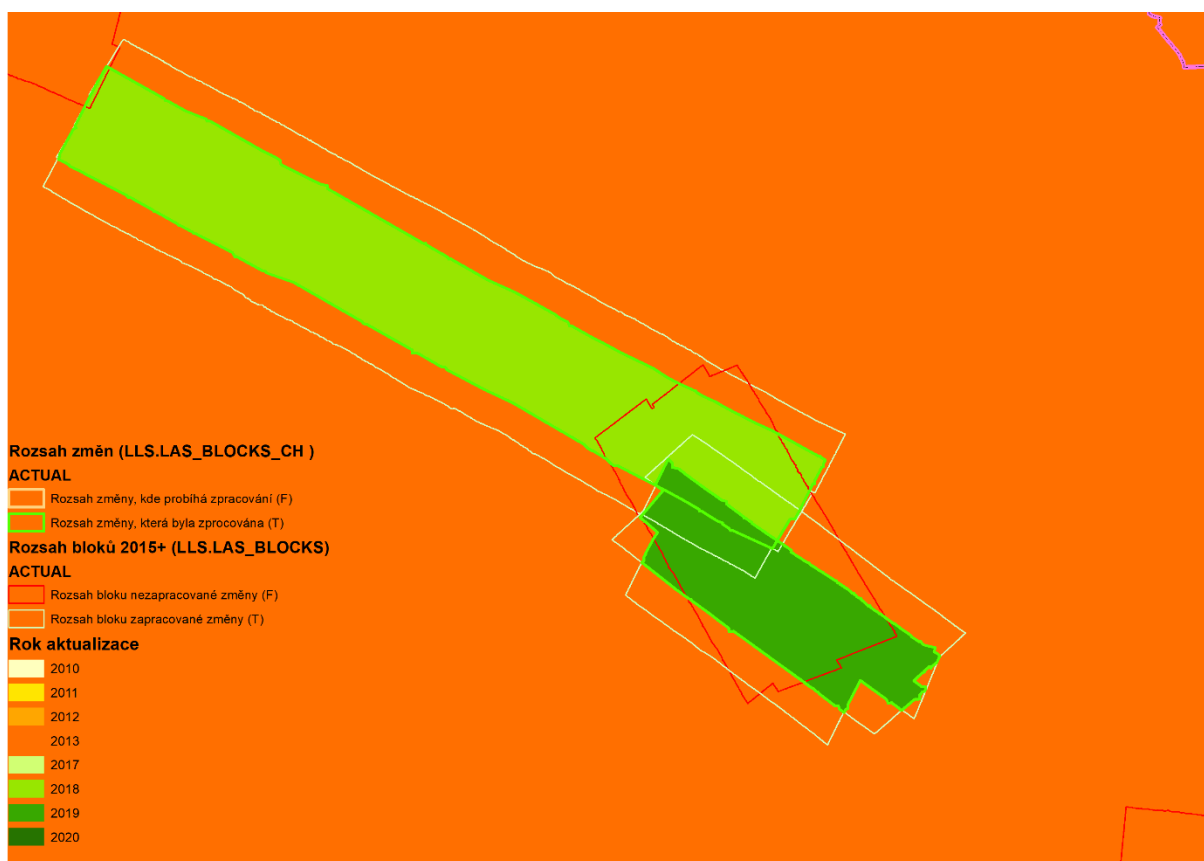
Datové sady DMR body, DMR grid a DMR rastr jsou poskytovány formou otevřených dat několika způsoby a v různých formátech. Bližší informace jsou uvedeny na Geoportálu ČÚZK v dokumentu [Formy poskytování dat ZU.pdf](#).

4 Aktualizace DMR

Od roku 2016 probíhá postupné skenování území České republiky pro účely aktualizace DMR body (DMR 5G) a DMR grid/rastr (DMR 4G). Letecké laserové skenování je prováděno jednak plošně, zejména v oblastech, kde bylo původní skenování realizováno v letním období, a dále v okolí nově vybudovaných liniových staveb. Stav aktualizace DMR je dostupný on-line: [Geoportál ČÚZK](#).

Aktuální verze DMR body a DMR 4G je sestavována automaticky na základě dat LLS uložených v souborovém systému a metadat uložených v relační databázi. Každý letový pás má v databázi uloženu geometrii svého pokrytí, vytvořenou nástrojem *lasboundary* z balíku *LAStools*. Měřické pásy se spojují do letových bloků, jejichž geometrie vzniká průnikem geometrií jednotlivých pásů patřících do daného bloku.

Pro sestavení aktuální verze DMR je vytvářena ještě jedna geometrie, označovaná jako změny, která je zpravidla menší, než geometrie bloku vzniklá sloučením geometrií pásů. Při sestavování nové verze digitálního modelu jsou stará data v oblasti nového pásu odmazána a nahrazena daty z nového skenování. Princip skládání aktuální verze digitálních modelů je patrný z Obrázku 1.



Obrázek 1: Princip aktualizace DMR 5G a DMR 4G.

5 Charakteristiky přesnosti DMR

K ověření a definování charakteristik přesnosti a kvality dat DMR byly využity tři zdroje referenčních dat:

1. soubory kontrolních bodů na komparačních základnách,
2. výšky vybraných bodů základního polohového bodového pole (trigonometrických a zhušťovacích bodů),
3. kontrolní geodetická měření realizovaná lokálně pro ověření přesnosti DMR na plochách s různým typem terénu a vegetačního krytu.

Ověření bylo provedeno pro DMR body (DMR 5G) a DMR grid (DMR 4G). DMR rastr (DMR 4G) nebyl vyhodnocen, protože jeho produkce začala až v roce 2026.

5.1 Ověření přesnosti na komparačních základnách

Pro účely ověření přesnosti DMR byly kontrolní výškové body komparačních základen transformovány do souřadnicového referenčního systému S-JTSK a výškového referenčního systému Bpv. Pro každý geodeticky zaměřený bod o souřadnicích X , Y , H_{GEO} (S-JTSK, Bpv) byla pomocí bilineární interpolace vypočítána odpovídající výška H_{5G} , resp. H_{4G} z DMR body (DMR 5G), resp. DMR grid (DMR 4G) a výškový rozdíl ΔH_{5G} , resp. ΔH_{4G} .

$$\begin{aligned}\Delta H_{5G} &= H_{5G} - H_{GEO} \\ \Delta H_{4G} &= H_{4G} - H_{GEO}\end{aligned}$$

Statistickým zpracováním byly stanoveny následující parametry přesnosti DMR body (DMR 5G) a DMR grid (DMR 4G):

Systematická chyba podle vzorce:

$$c_H = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta H_i}{n}$$

Úplná střední chyba podle vzorce:

$$m_H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta H_i^2}{n}},$$

kde n je počet geodeticky zaměřených bodů komparační základny a ΔH_i rozdíl výšky interpolované z DMR 5G, resp. DMR 4G a geodeticky zaměřené na i -tém kontrolním bodě komparační základny.

Výše uvedené parametry přesnosti byly postupně vypočítány na 152 (DMR 5G), resp. 240 (DMR 4G) komparačních základnách v pásmu „Střed“ (36 % území ČR). Výsledky ověření přesnosti jsou uvedeny v Tabulce 1. Při ověřování přesnosti dat DMR 5G v pásmu „Západ“ nebyly nalezeny zásadní odchylky. Publikované informace jsou reprezentativní pro data DMR z celé České republiky.

Tabulka 1: Vyhodnocení přesnosti DMR na komparačních základnách

	Počet komparačních základen	C_H	M_H
DMR body (DMR 5G)	152	0,02	0,06
DMR grid (DMR 4G)	240	-0,12	0,14

V případě DMR grid (DMR 4G) byla detekována relativně velká systematická složka úplné střední chyby, která byla způsobena komplexním působením několika zdrojů chyb různých operací, jež jsou součástí technologie leteckého laserového skenování a tvorby DMR ve formě gridu, zejména:

- systematickou chybou měření délky prostorového rajonu mezi skenerem a měřeným bodem,
- systematickou chybou aparatury GPS při určení výšky skeneru (skokovou) o velikosti až 0,15 m, odlišnou v sousedních zčásti se překrývajících pásách LLS,
- způsobem dosavadního vyrovnání výšek v bloku 14 překrývajících se pásů,
- způsobem výběru uzlových bodů ve čtvercích 5 × 5 m (body s nejmenší výškou).

V souladu s prokazatelně homogenními výsledky zjištění parametrů výškové přesnosti na komparačních základnách byly výšky všech bodů DMR grid (DMR 4G) opraveny o střední hodnotu systematické chyby přičtením konstanty +0,12 m, to pro všechny bloky. Po odstranění systematické chyby u DMR 4G dosahují kvalitativní parametry těchto hodnot $c_H = +0,01$ m, $m_H = 0,08$ m. V současnosti je DMR grid (DMR 4G) vytvářen přímo z DMR 5G, díky čemuž nedochází ke vzniku záporné systematické chyby způsobené výběrem nejnižšího bodu v síti 5 × 5 m.

5.2 Ověření výškové přesnosti DMR na vybraných bodech základního geodetického bodového pole

Cílem řešení bylo ověřit výškovou přesnost DMR body (DMR 5G), resp. DMR grid (DMR 4G) na rozsáhlém území a případně odhalit výrazné nehomogenity obou modelů.

Pro toto šetření byly podle místopisů geodetických bodů vybrány trigonometrické a zhušťovací body rovnoměrně rozložené po celém území pásma „Střed“. Body byly vybírány tak, aby ležely pokud možno v rovině nebo v mírně sklonitém terénu bez lokální členitosti reliéfu a mimo lesní oblasti. V úvahu však je nutné vzít, že místopisy jsou často i třicet let staré, a že výškové poměry v blízkosti vybraného bodu se mohly výrazně změnit. Provádět fyzickou kontrolu bodů v terénu však bylo kapacitně a finančně nereálné.

Pro každý takto vybraný bod o souřadnicích X, Y, H_{GEO} (S-JTSK, Bpv) byla opět vypočítána odpovídající H_{5G}, resp. H_{4G} z DMR 5G, resp. DMR 4G a výškový rozdíl ΔH_{5G} , resp. ΔH_{4G} . Následně pak byly pomocí dříve uvedených vzorců vypočítány parametry přesnosti, výsledky jsou uvedeny v Tabulce 2.

Tabulka 2: Vyhodnocení přesnosti DMR na trigonometrických bodech

	Počet trigonometrických bodů	C_H	M_H
DMR body (DMR 5G)	1026	-0,09	0,20
DMR grid (DMR 4G)	1453	-0,15	0,25

Dosažené výsledky vypovídají, že DMR 5G i DMR 4G se zdají být položeny systematicky o 0,15 resp. 0,09 m pod úroveň horní plochy kamene trigonometrických bodů při úplné střední chybě 0,25, resp. 0,20 m. Dosažené hodnoty korespondují s logickým vysvětlením, že geodetické body jsou zpravidla osazeny kamennými mezníky, jejichž horní ploška je často 10–15 cm nad zemí a dále, že jsou zpravidla umístěny na lokální vyvýšenině terénu. Cílem ověření nebylo ověření absolutní přesnosti DMR 5G, resp. DMR 4G, nýbrž homogenity přesnosti modelů v rozsáhlém území. Při kontrole prostorového rozložení kontrolních bodů nebyly zjištěny žádné lokální anomálie a bylo dosaženo v zásadě homogenní úrovně přesnosti obou modelů.

5.3 Ověření přesnosti kontrolním geodetickým měřením v terénu

Cílem tohoto postupu bylo alespoň na menších vzorcích dat dokumentovat přesnost DMR 5G, resp. DMR 4G v terénu s různým sklonem, členitostí, vegetačním krytem, zástavbou, nebo s častým výskytem terénních tvarů s hranami v území přetvořeném lidskou činností.

Při měření výšek kontrolních bodů v terénu byla využita metoda trigonometrické nivelace pomocí totálních stanic Leica TC 1010 a Nikon DTM 310. Z blízkých bodů základního polohového bodového pole (výškově ověřených metodou GNSS) nebo z dočasných stanovišť nově zaměřených metodou RTK GNSS bylo zaměřeno celkem 3 014 podrobných bodů v 21 lokalitách.

Současně byla u jednotlivých bodů zaznamenána charakteristika povrchu a půdního krytu v době LLS. Povrchy byly rozděleny do pěti kategorií:

- terénní hrany (zpravidla u cest, silnic a železnic),
- zpevněné plochy,
- orná půda,
- louky a pastviny,
- křoviny, stromořadí a lesy.

Pro každý geodeticky zaměřený bod o souřadnicích X , Y , H_{GEO} (S-JTSK, Bpv) byla vypočítána odpovídající H_{5G} , resp. H_{4G} z DMR body (DMR 5G), resp. DMR grid (DMR 4G) a výškový rozdíl ΔH_{4G} , resp. ΔH_{5G} . Výsledky ověření přesnosti v závislosti na různých kategoriích zemského povrchu jsou uvedeny v Tabulce 3.

Tabulka 3: Vyhodnocení přesnosti DMR 5G a DMR 4G na geod. zaměřených bodech

Kategorie povrchu a půdního krytu	DMR body (DMR 5G) 3014 bodů 21 lokalit			DMR grid (DMR 4G) 970 bodů 25 lokalit		
	C_H	C_H	C_H	C_H	M_H	max ΔH
terénní hrany u komunikací	-0,11	-0,25	-0,25	-0,25	0,18	0,66
zpevněné plochy	-0,09	-0,01	-0,01	-0,01	0,13	0,37
orná půda	-0,07	-0,01	-0,01	-0,01	0,14	0,56
louky a pastviny	-0,03	-0,09	-0,09	-0,09	0,21	0,42
křoviny, stromořadí a lesy	-0,06	-0,02	-0,02	-0,02	0,13	0,46

Z Tabulky 3 je patrné, že DMR body (DMR 5G) dosahují vyšší přesnosti než DMR grid (DMR 4G). To je dáno především tím, že pravidelná mříž 5×5 m nemůže dokonale vystihnout tvary terénu. Tento jev je nejvýraznější u kategorie „terénní hrany u komunikací“. Je tomu tak zjevně v důsledku generalizace výškopisu do čtvercové sítě o velikosti ok 5×5 m, kdy zejména u komunikací užších než 10 m dochází v důsledku vyhlazení modelu k zanedbání hran koruny tělesa, pat náspů, dna příkopů apod. V DMR 5G je překročena deklarovaná úplná střední chyba (0,18 m) u kategorie „louky a pastviny“. Tato skutečnost je dána zjevně tím, že nebyla nalezena vhodná metoda pro odstranění (přeřazení) bodů (paprsků), které dopadly na nízkou vegetaci a trávy do kategorie vegetace. Naopak bodů (paprsků), které pronikly nízkou hustou vegetací až k rostlému terénu je v těchto oblastech velmi málo.

6 Závěry a doporučení

Ověřovací zkoušky parametrů přesnosti DMR body (DMR 5G), resp. DMR grid (DMR 4G) potvrzují, že garantovaná úplná střední chyba výšky těchto generalizovaných modelů georeliéfu (0,18 m, resp. 0,30 m v terénu bez souvislé vegetace a zástavby a 0,30 m, resp. 1,00 m v terénech pokrytých hustou vegetací) je dosažena. Přesnost DMR rastr (DMR 4G) nebyla přímo testována, ale lze očekávat, že bude dosahovat stejných hodnot jako DMR grid (DMR 4G).

Řešitelé projektu jsou si vědomi, že množství použitých kontrolních dat bylo pro ověření přesnosti omezené, a že se mohou v obou modelech vyskytnout lokální chyby, které by však podle teorie normálního rozdělení statistických veličin neměly překročit dvojnásobek úplné střední chyby v jednotlivých kategoriích terénu v 95 % případech a trojnásobek úplné střední chyby v 99,7 % případech.

Při užívání DMR grid a rastr (DMR 4G) je nutné vždy brát zřetel možnosti a omezení generalizované reprezentace terénního reliéfu pomocí čtvercové sítě bodů, resp. sítě pixelů, která pochopitelně nemůže vystihnout lokální terénní anomálie a hrany. Jeho hlavním účelem je být zdrojem informací o terénním reliéfu pro účely ortogonalizace leteckých měřických snímků (tvorbu ortofotografického zobrazení celého území ČR). Lze jej využít pro řadu dalších úloh, které v regionálním a celostátním měřítku řeší např. obory meteorologie, hydrologie, vojenství, letectví, lesní hospodářství, krizové řízení a další.

Pro účely pasportizace komunikací, projektování pozemních, dopravních a vodohospodářských staveb, zobrazování výškopisu ve velkých měřítcích, pasportizace vodních toků a staveb a tvorbu územně analytických podkladů a v povrchovém důlním hospodářství je vhodnější používat DMR body (DMR 5G), který zobrazují výstižněji i lokální terénní anomálie.

Při užívání všech DMR je nutné vzít v úvahu skutečnost, že se reliéf terénu mohl v období od provedení LLS změnit, ať již v důsledku přírodních jevů nebo lidské činnosti. Minimalizovat důsledky takových změn při použití všech modelů v konkrétních aplikacích uživatelů lze jednak vyžadováním nových verzí DMR v Zeměměřickém úřadu (ZÚ), který zajišťuje průběžnou aktualizaci výškopisných databází ČR, a důslednou rekognoskací skutečného stavu v terénu v době rozhodné pro řešení aplikační úlohy. Pro tuto rekognoskaci je optimálním podkladem stínované zobrazení reliéfu, které lze buď generovat z dat obou modelů vhodným aplikačním programem, nebo vyžádat aplikaci „Analýzy výškopisu“ <https://ags.cuzk.gov.cz/av/>. Při použití DMR body (DMR 5G) k projektování staveb se doporučuje provést důslednou rekognoskaci terénu zeměměřičem a případně doměřit polohy a výšky bodů a hran charakterizujících nově nastalé místní změny reliéfu geodetickými metodami.

V případě nalezení chyb v datech DMR zašlete laskavě informaci o chybě do Zeměměřického úřadu. Pro hlášení použijte aplikaci „Hlášení chyb v datech“ Geoportálu ČÚZK (<https://geoportál.cuzk.gov.cz>).