

**Z E M Ě M Ě Ř I C K Ý Ú Ř A D
V O J E N S K Ý G E O G R A F I C K Ý
A H Y D R O M E T E O R O L O G I C K Ý Ú Ř A D**

**TECHNICKÁ ZPRÁVA
K ORTOFOTOGRAFICKÉMU ZOBRAZENÍ ÚZEMÍ ČR
ORTOFOTO ČESKÉ REPUBLIKY**

KVĚTEN 2025

Název dokumentu: Technická zpráva k ortofotografickému zobrazení území ČR
Ortofoto České republiky

Zodpovědný zpracovatel: Ing. Josef Knapík
Zeměměřický úřad, Čechovo nábřeží 1791, 530 86 Pardubice
Telefon: 466 023 425
E-mail: josef.knapik@czuk.cz

Zpracovali: Doc. Ing. Jiří Šíma, CSc.
Mgr. Petr Dušánek (ZÚ, Pardubice)
Ing. Blanka Koukalová (ZÚ, Pardubice)
Mgr. Antonín Benc (ZÚ, Pardubice)

Datum vydání: 14. května 2025

Správce dokumentu: ředitel Zeměměřického odboru Pardubice Zeměměřického úřadu

Dokument uložen: [https://geoportal.czuk.gov.cz/\(S\(5f2hbrk0kelrgdfp4sc4cu4c\)\)/Dokumenty/TZ_Ortofoto_CR.pdf](https://geoportal.czuk.gov.cz/(S(5f2hbrk0kelrgdfp4sc4cu4c))/Dokumenty/TZ_Ortofoto_CR.pdf)

Aktualizace:

Datum	Obsah změn
28. 4. 2021	Doplnění tabulek 1, 2, 3 a 8, grafické úpravy.
01. 3. 2022	Doplnění nových měření přesnosti za rok 2021, odsunutí dílčích měření přesnosti (2010-2012 a 2017-2018) do příloh 1 a 2, grafické úpravy.
14. 2. 2023	Doplnění nových měření přesnosti za rok 2022, úpravy obrázků a drobné korekce textu.
28. 3. 2024	Doplnění nových měření přesnosti za rok 2023, přesun části textu do přílohy 3.
14. 5. 2025	Doplnění nových měření přesnosti za rok 2024, korekce textu, doplnění přílohy 4.

Obsah

Úvod.....	4
1. Technologie tvorby produktu Ortofoto ČR.....	5
1.1.1 Letecké měřické snímkování	5
1.1.1 Plánování leteckého měřického snímkování.....	7
1.1.2 Signalizace vlíčovacích bodů pro aerotriangulaci a výběr kontrolních bodů	9
1.2 Výpočet prvků vnější orientace leteckých měřických snímků digitální AAT.....	11
1.3 Ortogonalizace leteckých měřických snímků.....	13
1.4 Mozaikování, radiometrické úpravy, rozdělení bezešvého ortofota do kladu SM 5.	15
1.5 Výstupní kontrola a retuše.....	15
2. Parametry přesnosti produktu Ortofoto ČR	16
3. Struktura dat a datové konvence	17
4. Dostupnost produktu Ortofoto ČR	18
5. Další vhodné aplikace produktu Ortofoto ČR.....	18
5.1 Aplikace, které nevyžadují zvláštní nároky na absolutní polohovou přesnost.....	18
5.2 Aplikace, které vyžadují zvláštní nároky na absolutní polohovou přesnost.....	18
6. Upozornění a doporučení pro uživatele	19
Příloha 1: Ověření přesnosti Ortofota ČR v letech 2010 až 2012.....	20
Příloha 2: Ověření přesnosti Ortofota ČR v letech 2017 a 2018.....	22
Příloha 3: Ověření přesnosti Ortofota ČR v letech 2021 a 2023.....	23
Příloha 4: Ověření přesnosti Ortofota ČR v roce 2024	25

Úvod

Tato technická zpráva je určena pro uživatele produktu Ortofoto České republiky, který představuje **periodicky aktualizovanou sadu barevných ortofot v rozměrech a kladu mapových listů Státní mapy 1 : 5 000** (2 x 2,5 km). Ortofoto České republiky (dále jen Ortofoto ČR) vzniká diferencálním překreslením (ortogonalizací) leteckých měřických snímků zemského povrchu, při kterém jsou odstraněny posuny obrazu vznikající perspektivním zobrazením území s výraznější výškovou členitostí. Ortofoto ČR je v celém rozsahu barevně vyrovnané a zdánlivě bežešvé. Švy mezi jednotlivými ortogonalizovanými snímky jsou vedeny po přirozených liniích, plochami s homogenní texturou, zpravidla mimo stavby. Vzhledem k dominantním způsobům užití (digitalizace vektorových geografických dat a superpozice Ortofota ČR s vektorovými daty technické infrastruktury a s daty katastru nemovitostí) je vysoká pozornost věnována absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR ve vztahu k souřadnicovému referenčnímu systému JTSK.

Ortofoto ČR vzniká ve spolupráci orgánů resortů Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK), Ministerstva obrany (MO) a Ministerstva zemědělství (MZe) s cílem:

- vytvoření a aktualizace registru půdy pro administraci a kontrolu zemědělských dotací na skutečně obdělávanou plochu (podle zákona č. 252/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů, a projektu IACS),
- periodické aktualizace Základní báze geografických dat (ZABAGED[®]) a jejího využití pro tvorbu základních státních mapových děl středních měřítek (podle zákonů č. 359/1992 Sb. a č. 200/1994 Sb., obojí ve znění pozdějších předpisů),
- aktualizace Vojenského modelu území (VMÚ) a jeho využití pro tvorbu vojenských topografických map (podle zákonů č. 2/1969 Sb. a č. 200/1994 Sb., obojí ve znění pozdějších předpisů),
- poskytnutí geoprostorových obrazových dat z území České republiky (ČR) orgánům veřejné správy ČR a Evropské unie v rámci projektu INSPIRE (podle zákona č. 123/1998 Sb., ve znění pozdějších předpisů a příslušné legislativy Evropské unie),
- zajištění geoprostorových obrazových dat z území ČR pro potřeby obrany státu a aliance NATO (podle zákona č. 2/1969 Sb. a interních předpisů MO ČR),
- zajistit standardizovaný topografický podklad pro územně orientované informační systémy veřejné správy ČR,
- poskytnout standardizovaný topografický podklad pro projekční činnosti v územním plánování a pro ochranu životního prostředí.

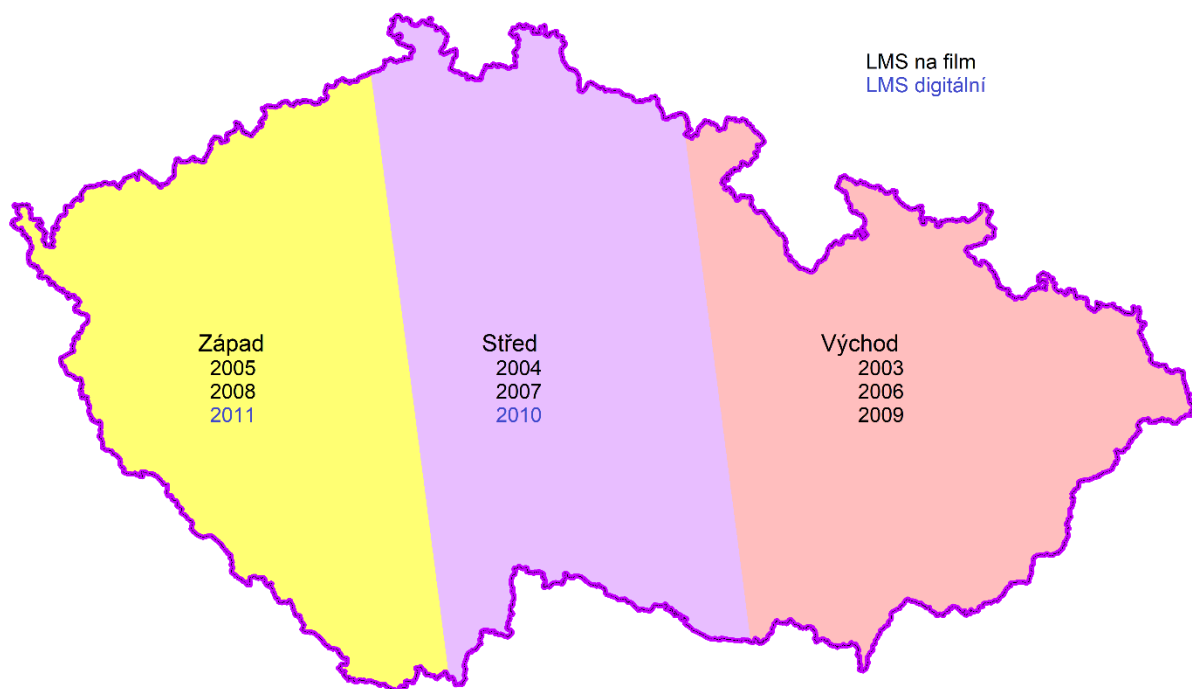
Ortofoto ČR nachází stále širší uplatnění jako základní datová vrstva geografických informačních systémů, mapových portálů a webových aplikací. Ortofoto ČR slouží jako podkladová vrstva v rámci všech služeb pro přístup k datům katastru nemovitostí (Nahlížení do KN, VDP RÚIAN, WS DP, WMS KN). Od 1. 7. 2023 vytváří jednu ze základních součástí Digitální mapy veřejné správy (DMVS).

1. Technologie tvorby produktu Ortofoto ČR

1.1.1 Letecké měřické snímkování

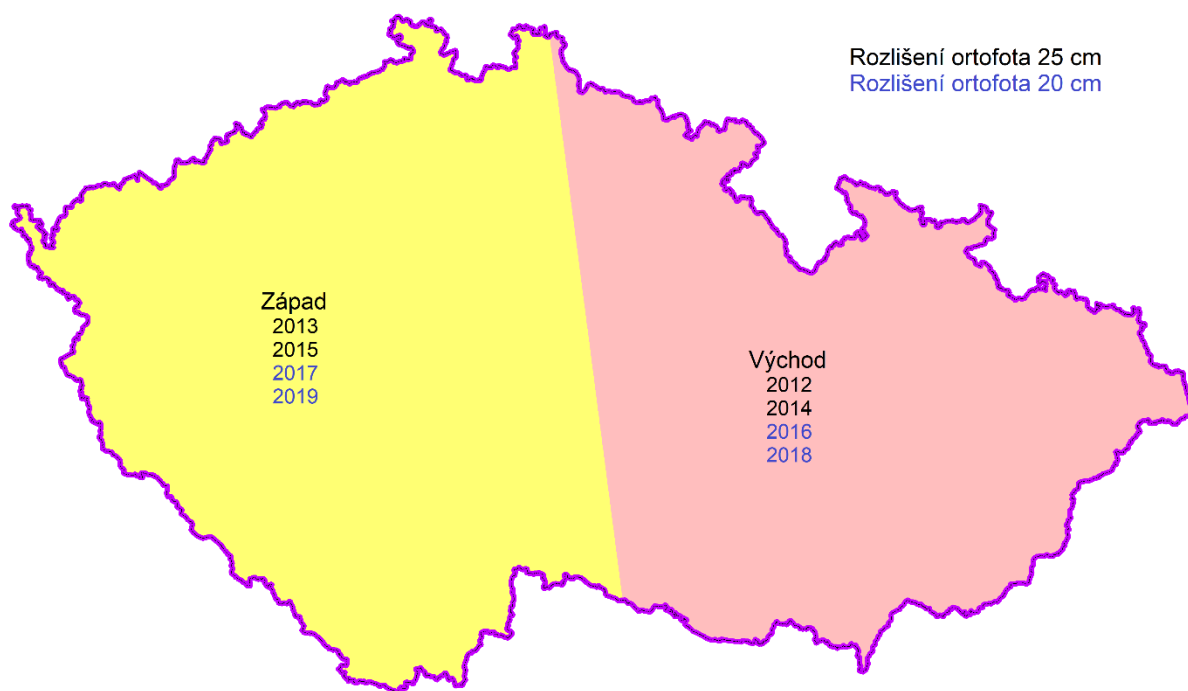
V letech 2003 – 2009 bylo letecké měřické snímkování realizováno analogově ve *tříletém* intervalu – pásmo Východ, pásmo Střed a pásmo Západ (viz obr. 1), a to pořízením snímků na film v přirozených barvách a jejich následným převodem do digitální rastrové formy pomocí přesného fotogrammetrického skeneru. Ve všech případech byly použity širokoúhlé letecké měřické komory o formátu snímku 230 x 230 mm. Současně s expozicí snímků byly zaznamenány přibližné prvky jejich vnější orientace, tj. souřadnice projekčního centra snímku a tři úhlové parametry zjištěné aparaturami GNSS a IMU. Ortofoto ČR mělo v tomto období prostorové rozlišení (rozměr pixelu ortofota) na zemi 0,50 m.

S cílem zvýšit kvalitu leteckých měřických snímků a produktu Ortofoto ČR bylo letecké měřické snímkování v roce 2009 v pásmu Východ provedeno s průměrným měřítkem snímků 1 : 18 000 (pro pixel ortofota 0,25 m). V roce 2010 bylo v pásmu Střed poprvé provedeno snímkování **digitálními leteckými kamerami** UltraCamX, respektive UltraCamXp, které pokračovalo i v roce 2011 v pásmu Západ. V roce 2011 tak bylo dokončeno letecké měřické snímkování pro Ortofoto ČR s pixelem 0,25 m z celého území České republiky.



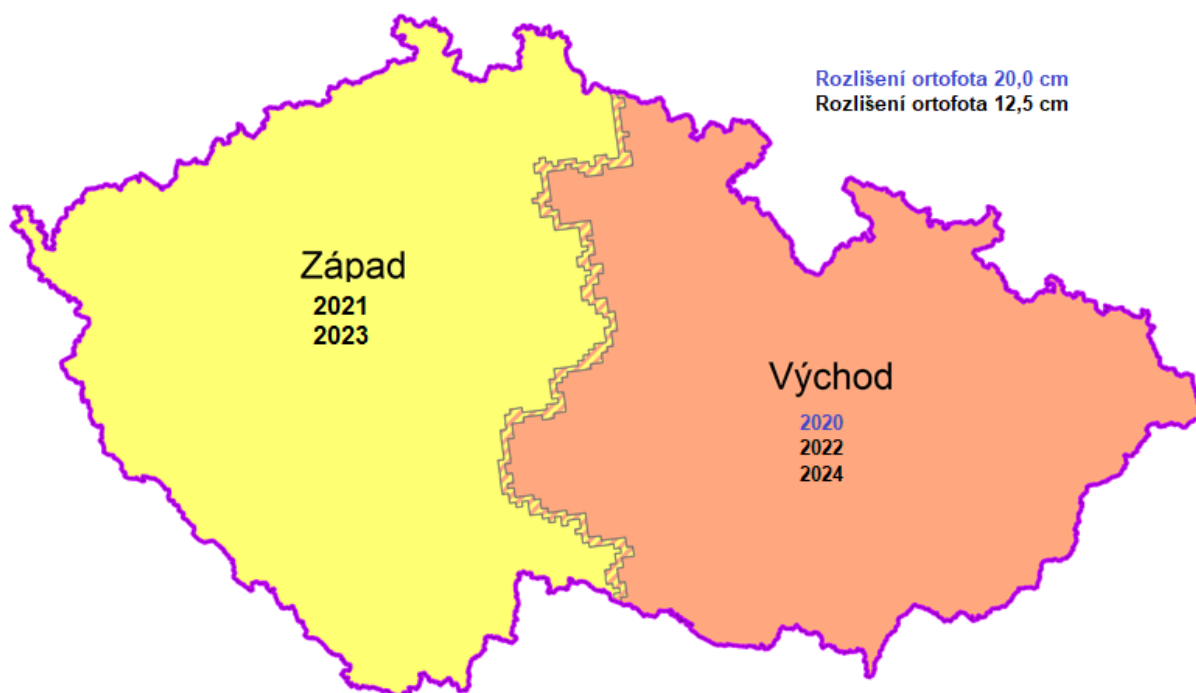
Obr. 1: Harmonogram leteckého měřického snímkování v letech 2003 až 2011

Vzhledem ke stále častějším požadavkům na maximální aktuálnost obrazových dat je, počínaje rokem 2012, realizován *dvouletý* interval *digitálního* leteckého měřického snímkování a následné tvorby produktu Ortofoto ČR (viz obr. 2) a v letech 2016-2020 zvýšeno prostorové rozlišení Ortofota ČR na 0,20 cm.



Obr. 2: Harmonogram leteckého měřického snímkování v letech 2012-2019

Od roku 2020 se změnilo rozhraní mezi Pásmem západ a Pásmem východ (doposud rozhraní listů SM50) tak, že jej tvoří hranice ucelených krajů, aby orgány veřejné správy disponovaly vždy Ortofotem ČR z celého území kraje (viz obr. 3). V roce 2021 bylo zvětšeno dosavadní rozlišení Ortofota ČR (velikost pixelu rastrového obrazu) 0,20 m na 0,125 m na zemském povrchu, mj. použitím výhradně nových typů digitálních měřických kamer Vecxel UltraCam Eagle MARK3 a Leica DMC III.



Obr. 3: Rozhraní mezi Pásmem západ a Pásmem východ Ortofota ČR

1.1.1 Plánování leteckého měřického snímkování

Parametry leteckého měřického snímkování (LMS) byly odvozovány od použitého způsobu snímkování a výsledného rozměru pixelu Ortofota ČR, do nějž byly převzorkovány ortogonalizované digitální snímky v rastrové formě (viz tabulku 1). Počínaje rokem 2021 jsou parametry leteckých měřických snímků (l. m. s.) voleny jednak s ohledem na jejich využití k tvorbě Ortofota ČR s velikostí pixelu 0,125 m, ale i s předpokladem využití snímků ke stereofotogrammetrickému vyhodnocování výškopisu, 3D modelů území a dalších aplikací v ZABAGED[®] a katastru nemovitostí. Stanovené parametry snímků umožňují provádět stereofotogrammetrické určení bodů s přesností odpovídající kódu kvality 3 - 4 dle vyhlášky ČÚZK č. 357/2013 Sb., katastrální vyhláška, ve znění vyhlášky č. 87/2017 Sb.

Tabulka 1

Období	Způsob leteckého snímkování a získání rastrové formy	Průměrné měřítko snímků	Průměrný rozměr pixelu l.m.s (rozměr pixelu ortofota)
2003-2008	analogové na barevný film + skenování do rastrové formy	1 : 23 000	0,46 – 0,48 m (0,50 m)
2009	analogové na barevný film + skenování do rastrové formy	1 : 18 000	0,27 m (0,25 m)
2010-2011	digitální (PAN, R, G, B) přímý rastrový záznam – UC XP	1 : 34 000	0,19 – 0,25 m (0,25 m)
2012-2015	digitální (PAN, R, G, B, NIR) přímý rastrový záznam – UC XP, UC-E M1	1 : 38 000	0,19 – 0,25 m (0,25 m)
2016-2019	digitální (PAN, R, G, B, NIR) přímý rastrový záznam – UC XP, UC-E M2	1 : 31 000	0,16 – 0,20 m (0,20 m)
2020	digitální (PAN, R, G, B, NIR) přímý rastrový záznam – UC Eagle Mark 3, Leica DMC III	1 : 31 000	0,12 m (0,20 m)
od 2021	digitální (PAN, R, G, B, NIR) přímý rastrový záznam – UC Eagle Mark 3, Leica DMC III	1 : 24 000	0,105 m (0,125 m)

V období **2003-2011** byly zadavatelem požadovány tyto parametry leteckého měřického snímkování (pro informaci při jejich archivním využití):

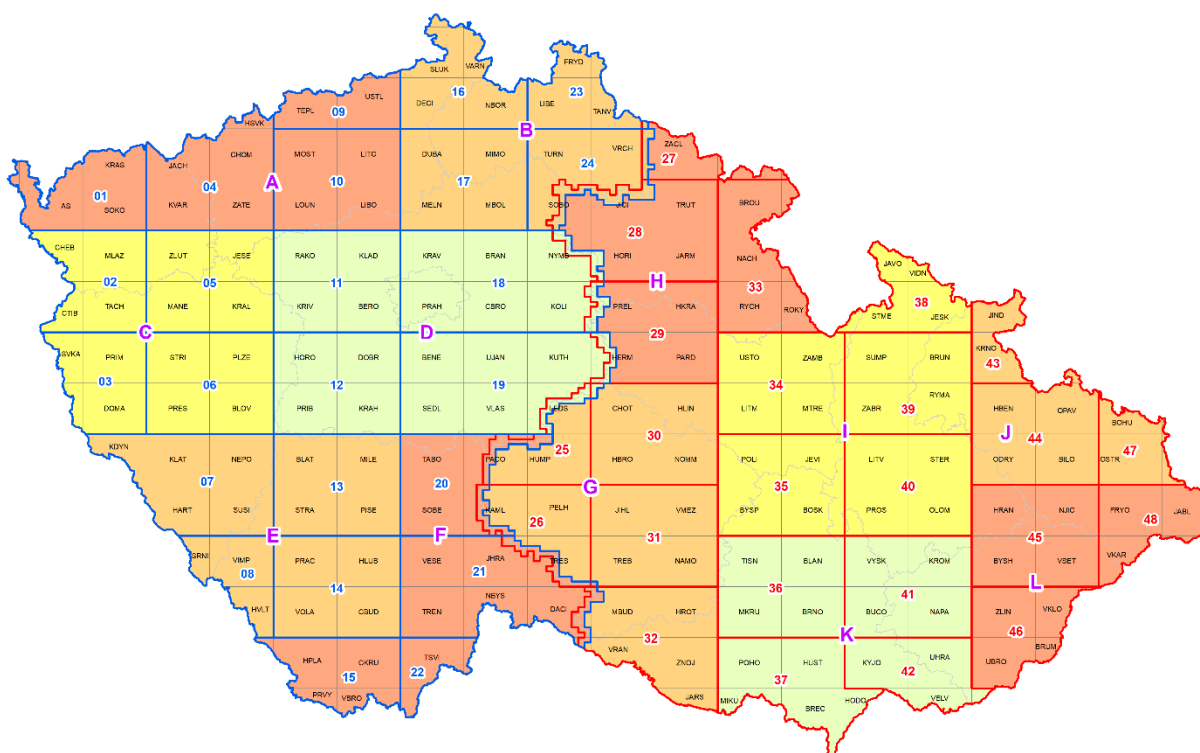
- předepsaný počet snímkových řad v bloku o šířce (ve směru S-J) 40 km,
- podélný překryt snímků 60 % (minimálně 56 %, maximálně 70 %),
- příčný překryt snímků 25 % (minimálně 20 %, maximálně 35 %),
- úhly podélného a příčného sklonu snímků nesmějí přesahovat 3° v 95 % případů a 4,5° ve zbývajících případech,
- úhel stočení snímku vůči ose Y nesmí přesahovat 5° v 95 % případů a 7° ve zbývajících případech,
- geodetické souřadnice X, Y, H středu projekce v okamžiku expozice snímku musí být určeny palubní aparaturou GNSS se středními chybami do 0,30 m,
- prvky vnější orientace snímku – podélného a příčného sklonu musí být určeny se střední chybou maximálně 0,02° a stočení snímků se střední chybou 0,035°,
- snímkování musí být provedeno za bezoblačného počasí, při výšce Slunce alespoň 30° nad horizontem,
- k bezpečnému rozlišení způsobu obdělávání a využití zemědělské půdy nelze snímkovat před 15. květnem (změna – viz rok 2017).

Od roku 2012 se změnil postup plánování leteckého měřického snímkování celého státního území tak, že bylo pro realizaci leteckého měřického snímkování s ohledem na výškové poměry snímkaného terénu definováno 44 snímkovacích bloků. Současně bylo území ČR rozděleno na „Pásmo Východ“ a „Pásmo Západ“ s cílem realizovat snímkování ve dvouleté periodě (viz obr. 2). **Toto rozdělení bylo v roce 2020 upraveno tak, aby sledovalo hranice celých krajů** (viz obr. 3) a počet bloků LMS je 48.

Zadavatelem byly již v roce 2012 definovány *prostorové polohy projekčních center* všech snímků, a to s tolerancemi:

- menšími než 100 m od plánované souřadnice X a Y projekčních center,
- menší než +100 a -50 m od plánované absolutní (nadmořské) výšky H projekčních center.

Smyslem těchto opatření bylo dosažení stejné prostorové polohy snímků i v příštích periodách snímkování nebo při opakování nepoužitelných snímků, což vede ke stejnému vzhledu a poloze objektů vůči středům snímků a usnadňuje multitemporální analýzu proměn krajiny a zvýšení věrohodnosti leteckých měřických snímků a Ortofota ČR.



Obr. 4: Členění území ČR do bloků v letech 2021-2022, které tvoří předmět veřejné zakázky

Dříve aplikované parametry LMS byly upřesněny v roce 2021 v položkách:

- podélný překryt snímků musí být větší než 55 %,
- příčný překryt snímků musí být větší než 20 %,
- velikost pixelu na zemi musí být při střední výšce letu nad terénem 2400 m menší než 11,5 cm
- úhly podélného a příčného sklonu snímků musí být menší než 3°,
- úhel stočení snímku vůči ose Y (S-JTSK) musí být menší než 5°,
- viditelnost (interpretabilita) signálů výchozích vlíčovacích a kontrolních bodů alespoň 95 % jejich počtu v bloku,
- velikost pixelu PAN senzoru digitální měřické kamery nesmí být větší než 4,6 μm ,
- ohnisková vzdálenost PAN senzoru nesmí být menší než 85 mm a větší než 115 mm,

- velikost obrazu min. 340 Mpx,
- radiometrická rozlišovací úroveň senzoru min. 12 bitů,
- frekvence měření aparaturou GNSS minimálně 1 Hz,
- frekvence měření aparaturou IMU minimálně 200 Hz,
- požadovaný termín leteckého měřického snímkování od 25. 4. do 15. 7. každého roku,
- oblačnost a stíny od mraků 0 % plochy snímku,
- sněhová pokrývka, záplavy 0 % plochy snímku,
- dohlednost minimálně 10 km,
- úplná střední chyba určení souřadnic Y, X, H projekčních center snímků zjištěných aparaturou GNSS menší než 0,3 – 0,2 – 0,2 m,
- úplná střední chyba určení úhlových prvků vnější orientace snímků ω , φ , κ , menší než 0,02° – 0,02° – 0,035°.

Při nedodržení uvedených parametrů je vyžadováno opakování snímkování, případně (vzhledem k nepříznivému počasí) jsou nárokovány slevy snímků. Uvedené parametry podélného a příčného překrytu jsou definovány jako minimální s ohledem na členitost (výškové rozdíly) terénu. Plánované prostorové polohy projekčních center však zajišťují zpravidla větší překryty snímků, což umožňuje jednak jejich efektivnější použití při stereofotogrammetrickém vyhodnocení a jednak při tvorbě ortofot vyuzívat části snímků s menším zorným úhlem snímkování, což se pozitivně projevuje ve zmenšeném náklonu výškových objektů na výsledném ortofotu a tím i zmenšením „zákrytových“ míst.

1.1.2 Signalizace vlíčovacích bodů pro aerotriangulaci a výběr kontrolních bodů

Dosáhnout vysoké absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR vzhledem k souřadnicovému referenčnímu systému S-JTSK umožňuje způsob výběru a hustoty pole vlíčovacích bodů pro digitální automatickou aerotriangulaci (AAT), která poskytuje nejpravděpodobnější prvky vnější orientace všech snímků pro jejich ortogonalizaci do formy digitálního ortofota i pro následné využití snímků ve stereofotogrammetrii.

Pro umístění vlíčovacích bodů pro AAT jsou vybírány převážně vhodně situované zpevněné plochy, které jsou před provedením samotného náletu signalizovány kontrastní barvou a zaměřeny metodou GNSS – RTK. V případě, nenalezení vhodné plochy je možno vlíčovací bod umístit na trigonometrický nebo zhušťovací bod, případně zvolit umístění bodu na barevně kontrastní kanalizační poklop. K zajištění optimální přesnosti a stability modelů se osvědčuje průměrný počet 2,7 výchozích vlíčovacích bodů / 100 km², a to jak v případě dřívějšího analogového snímkování, tak při současném digitálním snímkování. Pro spolehlivé zjištění přesnosti transformace bloku snímků do S-JTSK se osvědčil počet kontrolních bodů alespoň 8,5 % z počtu vlíčovacích bodů, zvolených v „prázdných prostorech“ mezi vlíčovacími body a zjištěných se stejnou přesností, ale nepoužitých jako vlíčovací body pro AAT.

Rozložení vlíčovacích a kontrolních bodů v blocích projektuje ZÚ – zeměměřický odbor Pardubice vlastními kapacitami, ale vlastní provedení přednáletové signalizace a její údržbu zajišťují firmy, které zvítězily ve veřejné soutěži na letecké měřické snímkování. Způsob přednáletové signalizace je vždy popsán v příloze k zadávací dokumentaci. Profesionální preciznost při volbě, signalizaci a údržbě vlíčovacích bodů zajišťuje vysokou geometrickou kvalitu Ortofota ČR.



Obr. 5: Ukázka signalizace vřícovacích bodů v období 2012 - 2020

V letech 2012-2020 byly trigonometrické a zhušťovací body signalizovány čtvercem 60×60 cm z bílé geotextílie doplněným 1 až 2 rameny o délce až 80 cm k snazší identifikaci na snímcích. Zajišťovací vřícovací body byly zhotoveny nástřikem na tmavém pevném okolí (nejčastěji na asfaltové vozovce) a rovněž doplněny jedním orientačním ramenem (obr. 5). Se změnou rozlišení Ortofota ČR v roce 2021 na 12,5 cm na zemi jsou nyní trigonometrické a zhušťovací body signalizovány bílou geotextílií, na které je černou barvou vyhotoven kontrastní okraj o šířce 20 cm a body zaměřené metodou GNSS – RTK nástřikem bílou barvou ve tvaru čtverce 40×40 cm bez orientačního ramene (obr. 6).



Obr. 6: Ukázka signalizace vřícovacích bodů v roce 2021 a 2022

1.2 Výpočet prvků vnější orientace leteckých měřických snímků digitální AAT

Jednoroční objem leteckých měřických snímků, pokrývajících přibližně 1/3 státního území v letech 2003-2011 a od roku 2012 přibližně 1/2 státního území, je dále zpracováván ve dvou zpracovatelských centrech, a to ve Vojenském geografickém a hydrometeorologickém úřadu v Dobrušce (VGHMÚř) cca 1/4 objemu a v Zeměměřickém úřadu (ZÚ) cca 3/4 objemu.

Vstupními daty jsou:

- digitální (dříve digitalizované) letecké měřické snímky pokrývající příslušný blok,
- seznam přibližných hodnot prvků vnější orientace snímků naměřených palubními aparaturami GNSS/IMU za letu a transformovaných do referenčního souřadnicového a výškového systému použitého v dalších výpočtech,
- seznam souřadnic a výšek výchozích vlíčovacích a kontrolních bodů vyskytujících se v příslušném bloku a na leteckých měřických snímcích,
- údaje o distorzi obrazového záznamu pro použitou (od roku 2010 již výhradně digitální) kameru.

Výpočty AAT jsou prováděny na fotogrammetrických pracovních stanicích v obou zpracovatelských centrech, a to s využitím programů MATCH-AT firmy Trimble/Inpho GmbH Stuttgart.

Protokol výpočtu AAT poskytuje následující údaje:

- počet automaticky vyhledaných a zaměřených spojovacích bodů na jednotlivých snímcích,
- celkový počet spojovacích bodů v bloku mezi dvěma, třemi až šesti sousedními snímky v řadě a mezi řadami,
- přehled dosažených středních chyb a maximálních odchylek v souboru spojovacích bodů, vlíčovacích bodů, kontrolních bodů, a středních chyb vypočtených prvků vnější orientace,
- seznam bodů, ve kterých byly významně překročeny apriorní hodnoty směrodatných odchylek (tyto body jsou následně z výpočtu AAT vyloučeny),
- výsledný seznam středů promítání všech snímků s uvedením polohových souřadnic v systému Krovak East North, kde $E = -Y$ (S-JTSK), $N = -X$ (S-JTSK), výšek v systému Bpv a úhlových prvků vnější orientace každého snímku (ω , φ , κ).

Dosažené parametry digitální AAT pro tvorbu Ortofota ČR jsou každoročně systematicky analyzovány. Pro vlastní produkt i zájmy jeho uživatelů jsou důležité zejména střední hodnoty zbytkových chyb na výchozích vlíčovacích bodech (tabulka 2) a též na kontrolních bodech (viz tabulka 3). Údaje v obou tabulkách také ukazují, že s rozvojem technologie leteckého měřického snímkování došlo k výraznému zmenšení polohových chyb. Uvedené údaje jsou vysoce reprezentativní, neboť pokrývají celé území ČR (2007 a 2010 – pásmo Střed, 2009 – pásmo Východ, 2011 – pásmo Západ a od roku 2012 střídavě východní/západní polovinu ČR), přičemž počet výchozích vlíčovacích bodů v každém pásmu byl 650 – 700 (do roku 2011) a kolem 1000 v každé polovině ČR od roku 2012. Některé výchozí vlíčovací body, které jsou situovány v blízkosti hranic sousedních bloků, jsou využity vícenásobně. Uvedené výsledky lze považovat za charakteristiku **absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR vůči referenčnímu souřadnicovému systému S-JTSK**. Tyto údaje lze podpořit výsledky určení polohové přesnosti Ortofota ČR na (de facto signalizovaných) středech ochranných skruží trigonometrických bodů, které jsou uvedeny dále v tabulce 8.

Tabulka 2

Rok	Počet bloků	Počet VVB		Střední hodnoty zbytkových chyb na VVB		
		horizontální	vertikální	m _y AAT [m]	m _x AAT [m]	m _H AAT [m]
2004	14	628	627	0,129	0,128	0,220
2005	12	607	607	0,107	0,098	0,202
2006	14	603	601	0,130	0,131	0,289
2007	16	683	681	0,253	0,265	0,310
2008	16	522	522	0,217	0,230	0,295
2009	18	827	828	0,144	0,133	0,221

Od roku 2010 jsou v každém bloku AAT voleny *kontrolní body*, které nevstupují do výpočtu AAT a poskytují tak důležitý údaj o absolutní polohové přesnosti vzhledem k souřadnicovému referenčnímu systému JTSK uvnitř celého bloku (viz tabulku 3).

Tabulka 3

Rok	Počet bloků	Počet VVB		Střední hodnoty zbytkových chyb na VVB			Počet bodů KB		Střední hodnoty zbytkových chyb na KB		
		horizont.	vertikál.	m _y AAT [m]	m _x AAT [m]	m _H AAT [m]	horizont.	vertikál.	m _y AAT [m]	m _x AAT [m]	m _H AAT [m]
2010	18	978	978	0,123	0,126	0,231	80	80	0,219	0,235	0,409
2011	17	654	654	0,075	0,080	0,183	52	52	0,137	0,163	0,302
2012	23	1062	1067	0,075	0,079	0,160	471	140	0,159	0,218	0,278
2013	21	1412	1416	0,068	0,067	0,172	147	147	0,181	0,230	0,278
2014	23	1217	1225	0,055	0,056	0,150	628	629	0,118	0,134	0,255
2015	21	1180	1181	0,063	0,062	0,161	667	667	0,157	0,189	0,268
2016	23	1425	1428	0,054	0,056	0,131	437	437	0,110	0,114	0,208
2017	21	1299	1299	0,048	0,045	0,116	462	462	0,097	0,102	0,198
2018	23	1141	1141	0,048	0,049	0,116	477	476	0,126	0,133	0,191
2019	21	1221	1221	0,036	0,033	0,100	482	482	0,083	0,090	0,178
2020	24	1108	1108	0,070	0,067	0,147	253	253	0,104	0,118	0,177
2021	24	1281	1281	0,063	0,059	0,106	171	171	0,073	0,073	0,109
2022	24	1303	1303	0,065	0,056	0,099	156	156	0,082	0,064	0,085
2023	24	1284	1284	0,041	0,040	0,080	149	149	0,063	0,059	0,099
2024	24	1138	1138	0,037	0,032	0,149	147	147	0,060	0,050	0,163

1.3 Ortogonalizace leteckých měřických snímků

Účelem této operace je odstranit nežádoucí radiální posuny obrazu objektů a terénu vzniklé perspektivním zobrazením (centrální projekcí) objektů a území s jinou nadmořskou výškou, než má fiktivní srovnávací rovina. Technologický postup dobře ilustruje dříve používaný název – diferenciální překreslení.

Digitální letecký měřický snímek je složen z obrazových prvků (pixelů). Ke každému z nich je zjištěna výška zobrazeného území nad srovnávací rovinou, která se odvozuje z digitálního modelu reliéfu (DMR) a následně je vypočítána jeho nová poloha v rastru s ohledem na výšku zobrazeného území. V rámci tvorby produktu Ortofoto ČR byl do doby vzniku DMR 4G (2010 - 2013) používán rastrový model (20 x 20 m v odvozený z DMR ZABAGED® – zdokonalený výškopis (viz tabulku 4).

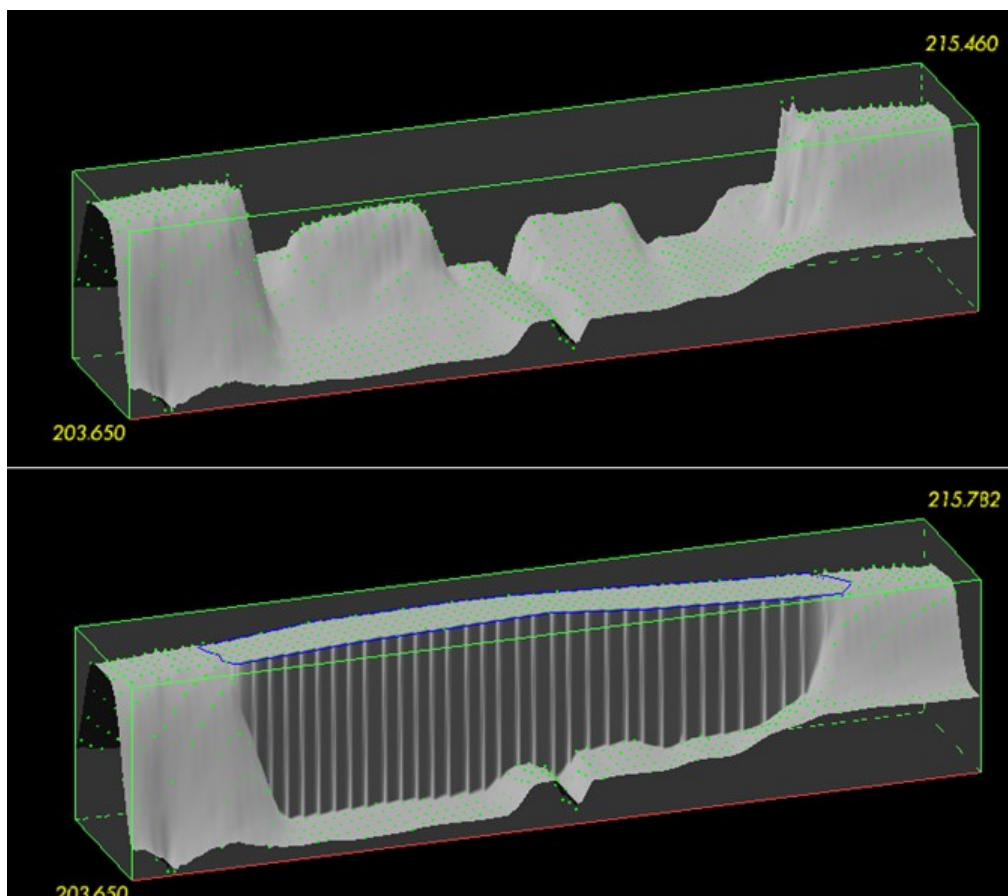
Tabulka 4

Typ digitálního modelu reliéfu	Odvozen z	Rozsah pokrytí území ČR
DMR odvozený ze ZABAGED® – zdokonalený výškopis (mříž 20 x 20 m)	digitalizovaných vrstevnic ZM ČR 1 : 10 000	100 % do roku 2013
DMR 4G (mříž 5 x 5 m)	dat leteckého laserového skenování 2010-13 a dále aktualizovaný	100 % od roku 2014

V průběhu přechodu na využívání DMR 4G byl DMR 4G pro potřeby tvorby Ortofota ČR doplňován o 3D polygony představující povrch mostů vedoucích nad níže ležícími územními prvky (vodním tokem, železnicí, silnicí apod.) – viz obr. 7. Díky takto doplněnému DMR jsou na Ortofotu ČR v zásadě odstraněny polohové vady ortofotografického zobrazení v blízkosti víceúrovňových povrchů (obr. 8). V této souvislosti také došlo k zásadnímu snížení retuší obrazu ortofotografického zobrazení a zvýšení věrohodnosti výsledného Ortofota ČR.



Obr. 7: Vlevo ortogonalizace na DMR 4G, uprostřed 3D mostovka, vpravo ortogonalizace na DMR 4G, který byl doplněn o 3D mostovku



Obr. 8: Model pásu terénu pod mostem doplněný o polygon povrchu mostovky

Ortogonalizace leteckého měřického snímku probíhá při použití programu ORTHO MASTER zcela automatizovaně a následuje zpravidla ihned po výpočtu AAT (viz oddíl 1. 2). Vstupními daty jsou:

- prvky vnitřní orientace použité letecké měřické kamery,
- prvky vnější orientace všech použitých snímků (výsledek výpočtu AAT),
- zvolený digitální model reliéfu v rozsahu ortogonalizovaného bloku snímků,
- definice zájmového území ortogonalizace formou uzavřeného polygonu (např. 100 metrů za státní hranici, vymezení překrytů mezi sousedními bloky),
- nastavené parametry pro ortogonalizaci sousedních snímků (procento vzájemného překrytí, řez od okraje snímků), rozměr pixelu v úrovni srovnávací roviny 0, 20 m (od roku 2021 0,125 m)

Výsledné jednotlivé digitální barevné ortofotosnímky jsou *georeferencovány*, tzn., že poloha každého pixelu je definována souřadnicemi (Y, X, resp. E, N) v použitém souřadnicovém referenčním systému.

1.4 Mozaikování, radiometrické úpravy, rozdělení bezešvého ortofota do kladu SM 5

Cílem této etapy zpracování je spojit jednotlivé ortofotosnímky do zdánlivě bezešvého ortofota, zajistit radiometrické vyrovnání obrazu na stycích ortofotosnímků a následně rozdělit bezešvé ortofoto do jednotlivých ukládacích jednotek v kladu Státní mapy 1 : 5000 (SM 5). K výše uvedeným úpravám produktu Ortofoto ČR se používá zejména software ORTHOVISTA, zčásti jsou nutné manuální zásahy operátora.

Vyžaduje-li to situace, provede se nejprve manuální barevné vyrovnání mezi snímky pocházejícími z různých snímkových letů. Následně je provedeno automatické barevné vyrovnání v rámci jednotlivých bloků. Před dokončením Ortofota ČR dochází ještě k barevnému vyrovnání celého zpracovávaného Pásma, a to manuální úpravou obrazu v nástroji Radiometrix Editor a následně je pro automatický proces používán algoritmus Global Tilting Adjustment, který umožní částečně odstranit rozdílné radiometrické vlastnosti obrazů pořízených při různé úrovni slunečního svitu. Rozdíly vzniklé pořízením l. m. s. v různém vegetačním období ovšem zůstávají patrné.

Automaticky se definují švy mezi sousedními ortogonalizovanými snímky v prostoru jejich podélného či příčného překrytu po zadání parametrů charakterizujících druh zobrazeného území (intravilán, extravilán, smíšený druh území) a míru ostrosti (prolínání sousedních obrazových záznamů). Od roku 2018 jsou do procesu automatického generování švů zahrnuty polygony budov a několika dalších objektů obsažených v ZABAGED[®] s přesahem 5 m, díky čemuž bylo dosaženo lepších výsledků v intravilánu (švy se vyhýbají budovám).

Další etapou je automatické „rozřezání“ bezešvého ortofota do kladu listů SM 5 po zadání souboru souřadnic rohů mapových listů. Produkt je automaticky ořezáván 100 m vně státní hranice.

Následuje vizuální kontrola ortofotografického zobrazení objektů na švech mezi sousedními ortogonalizovanými snímky s cílem odstranit deformace obrazů objektů (zejména budov a komunikací) v důsledku odlišné prostorové polohy letecké měřické kamery v okamžiku pořízení sousedních snímků. Náprava se děje lokální změnou průběhu švu mimo takové objekty v prostředí software ORTHOVISTA SE (Seam Editor). V prostorech změn je následně obraz ortofota přepočítán.

Výsledný grafický soubor ortofota pokrývá území 2,5 x 2 km, které je zobrazeno obrazovým rastrem 12 500 x 10 000 pixelů. Ortofoto je produkováno v bezztrátovém formátu TIFF. Důležitou informací je, že umístovací soubor (viz oddíl 3) *.tfw je vztažen k „severozápadnímu“ rohu souboru, a to ke středu prvního pixelu o rozměru 0,20 m, respektive 0,125 m.

1.5 Výstupní kontrola a retuše

Poslední a velmi významnou etapou zpracování Ortofota ČR je výstupní kontrola a retuše drobných vad obrazu. Jedná se o interaktivní práci v softwaru QGIS, kdy operátorky/operátoři otvírají jednotlivé soubory ortofot a kontrolují bezchybné uložení dat a pohledově kvalitu obrazu. Při této činnosti současně interaktivním způsobem s využitím softwaru PhotoShop retušují drobné vady obrazu ortofota.

2. Parametry přesnosti produktu Ortofoto ČR

Absolutní polohová přesnost produktu Ortofoto ČR je systematicky ověřována, zejména po přechodu na rozměr pixelu na zemi 0,25 m v roce 2009 a 0,20 m v roce 2016, a přechodu na digitální letecké měřické snímkování v roce 2010.

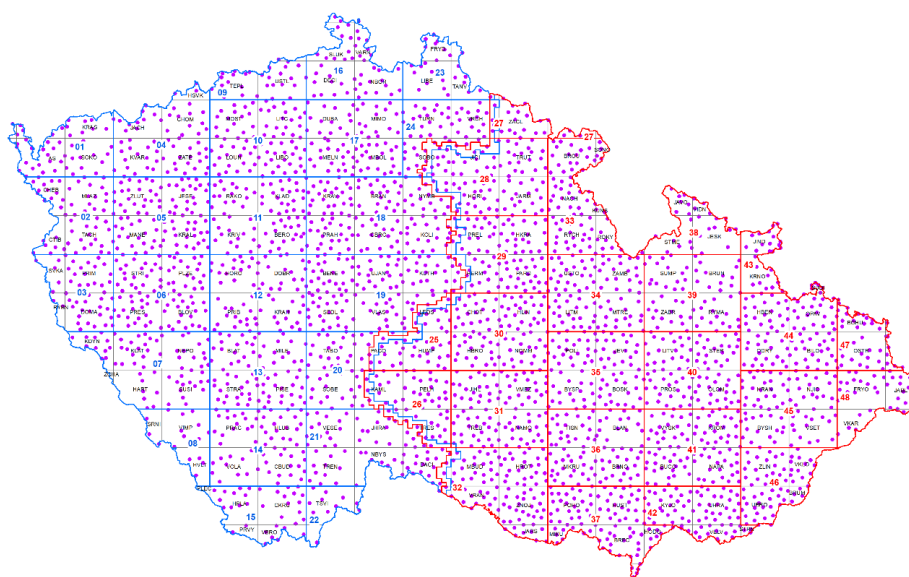
Proběhla tři rozsáhlá hodnocení přesnosti Ortofota ČR, výsledky prvního z let 2010 až 2012 jsou uvedeny v příloze 1, výsledky druhého z let 2017 a 2018 jsou uvedeny v příloze 2 a výsledky třetího z let 2021 až 2023 jsou uvedeny v příloze 3. V roce 2024 proběhlo ověření absolutní přesnosti na permanentních kontrolních bodech; výsledky jsou uvedeny v příloze 4.

Zeměměřický odbor Pardubice provádí od roku 2014 průběžně kontrolu absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR, a to porovnáním polohy trigonometrických bodů opatřených **ochrannými skružemi** s nabíleným vrchním okrajem, které byly na Ortofotu ČR dobře identifikovatelné, s geodetickými souřadnicemi TB v databázi Základního polohového bodového pole. Jejich počet je překvapivě značný – rozložení trigonometrických bodů je patrné z obrázku 9.

Zjištěné hodnoty absolutní střední polohové chyby (viz tabulku 5) potvrzují, že tato polohová chyba Ortofota ČR na takto signalizovaných a přesně identifikovatelných bodech v úrovni terénu je od roku 2014 bezpečně menší než 0,30 m a v letech 2019 a 2021 směřovala k hodnotě 0,20 m. Z měření přesnosti v letech 2021 a 2022 je zřejmé, že cca od rozměru pixelu 0,20 m se již nezlepšuje polohová přesnost Ortofota ČR lineárně.

Tabulka 5

Rok	Počet kontrolních bodů	Rozměr pixelu Ortofota ČR [m]	m_p [m]
2014	1037	0,250	0,266
2015	998		0,280
2016	1261		0,233
2017	1022		0,218
2018	1266		0,233
2019	960		0,202
2020	1152	0,200	0,210
2021	1123		0,191
2022	1335		0,202
2023	1193		0,184
2024	1277		0,189



Obr. 9: Signalizované trigonometrické body v ochranných skružích

3. Struktura dat a datové konvence

Souběžně se zpracováním Ortofota ČR probíhá archivace dat a metadat jednotlivých leteckých měřických snímků. Pro archivaci obrazových dat byl zvolen bezeztrátový formát JPEG2000. Metadata jsou ukládána v relační prostorové databázi Oracle, kalibrační protokoly měřických kamer ve formátu pdf. Spolu s kompresí snímků probíhá i přejmenování snímků tak, aby jméno bylo unikátní.

Po dokončení prací na Ortofotu ČR se provádí komprese a přejmenování výsledných dlaždic ortofota. Při distribuci leteckých měřických snímků a ortofota jsou data dekomprimována do formátu TIFF nebo JPEG. U leteckých měřických snímků dochází ke snížení bitové hloubky na 8 Bit. Standardní produkt je primárně distribuován v souřadnicovém referenčním systému *Krovak East North* (EPSG: 5514), tj. $X = -Y_{(S-JTSK)}$, $Y = -X_{(S-JTSK)}$ v kladu listů Státní mapy 1 : 5000.

Soubory LMS jsou pojmenovány:

PPPPHH.RRRR.MMMMLL.NNNNN.jp2, např. LMSD48.2018.PARD99.00096.jp2 (j2w)

PPPP – typ produktu: LMSD – Letecký měřický snímek digitální

HH – celková bitová hloubka zobrazení

RRRR – rok snímkování

MMMM – název SM 50

LL – číslo listu SM 5 v rámci SM 50

NNNNN – pětimístné číslo, které je unikátní v rámci bloku.

Soubory jsou uloženy do adresářů po skupinách v rámci jednoho mapového listu SM 50, kdy sekvence adresářů má strukturu PPPPHH\RRRR\MMMM, přičemž význam jednotlivých položek je obdobný.

Soubory ortofota jsou pojmenovány takto:

PPPPHH.RRRR.MMMMLL.tif, např. ORTO24.2012.PARD99.jp2 (j2w)

PPPP – typ produktu: ORTO – ortofoto

HH – celková bitová hloubka zobrazení

RRRR – rok snímkování

MMMM – název SM 50

LL – číslo listu SM 5 v rámci SM 50

Soubory jsou uloženy do adresářů po skupinách v rámci jednoho mapového listu SM 50, kdy sekvence adresářů má strukturu PPPPHH\RRRR\MMMM, přičemž význam jednotlivých položek je obdobný.

4. Dostupnost produktu Ortofoto ČR

Datová sada Ortofoto ČR je poskytována formou otevřených dat několika způsoby a v několika formátech, bližší informace jsou uvedeny na Geoportálu ČÚZK [Formy poskytování dat ZU.pdf](#). Vedle aktuálního Ortofota ČR jsou formou mapových služeb a žádostí přes e-shop poskytována archivní ortofota (od roku 1998). Prohlížení archivu leteckých měřických snímků je dostupné on-line <https://ags.cuzk.cz/archiv/>, výdej leteckých měřických snímků formou souborových dat na základě žádosti přes e-shop podléhá zpoplatnění.

5. Další vhodné aplikace produktu Ortofoto ČR

5.1 Aplikace, které nevyžadují zvláštní nároky na absolutní polohovou přesnost

Účelem takových aplikací je převážně *interpretace kvalitativních charakteristik* objektů a jevů na zemském povrchu a jejich změn v čase, nebo *vyšetření relativních polohových vztahů* bez návaznosti na závazný souřadnicový referenční systém (např. S-JTSK, WGS84/UTM, či ETRS98-TM).

Příkladem je využití barevného ortofota doplněného zákresem turistických tras a ikonami objektů souvisejících s cestovním ruchem. Zákres sítě geodetických souřadnic na elipsoidu WGS 84, kterou mohou turisté a sportovci využít k orientaci pomocí jednoduché aparatury GPS, nevyžaduje vyšší nároky na absolutní polohovou přesnost ortofota než je dosahována obvykle použitým způsobem georeferencování. Do této skupiny aplikací náleží též projekty Národní inventarizace lesů, dokumentace historických parků a zahrad, studie vývoje krajiny, mapování výskytu klíšťat a také většina aplikací, kdy zdrojem ortofota jsou ortogonalizované obrazové záznamy (např. ke sledování rekultivace výsypek povrchových hnědouhelných lomů a k inventarizaci zdravotního stavu lesních porostů).

5.2 Aplikace, které vyžadují zvláštní nároky na absolutní polohovou přesnost

Jedním z příkladů, kdy je vyžadována garantovaná geometrická přesnost Ortofota ČR, je aplikace v katastru nemovitostí. Případy překrytí ortofota s katastrální mapou v digitální formě různého typu vyžadují dosažení co nejvyšší absolutní polohové přesnosti ve vztahu k okolním bodům základního a podrobného bodového pole, měřené velikostí úplné střední polohové chyby v souřadnicovém referenčním systému, ve kterém byla katastrální mapa vyhotovena (obvykle S-JTSK).

V případě *digitální* katastrální mapy (typu DKM), charakterizované střední souřadnicovou chybou 0,14 m nebo 0,26 m, bude Ortofoto ČR téměř stejně přesné, takže může být použito **k identifikaci změn a dosud nezobrazených objektů, tedy při revizi katastrálního operátu.**

Jiný je případ katastrální mapy *digitalizované* (typů KMD), jejíž absolutní přesnost je i po digitalizaci vesměs sáhových map evidentně nižší (střední souřadnicová chyba kolem 1 m i více s možným výskytem systematických posunů bloků parcel). V takovém případě je Ortofoto ČR s absolutní polohovou přesností, charakterizovanou střední polohovou chybou 0,25 – 0,30 m, spolehlivější a překrytím mohou být **zjištěny systematické a hrubé polohové chyby katastrálních map** takto digitalizovaných a georeferencovaných do souřadnicového referenčního systému JTSK.

Vysoké nároky na aktuálnost a přesnost ortofot mají orgány MZe při digitalizaci a správě zemědělských půdních celků (LPIS), kdy od přesnosti ortofota se odvíjí přesnost určení ploch skutečně obdělávaných pozemků a následně výše dotací zemědělcům. Nepřesné vyjádření hranic obdělávání půdy vede ke sporům mezi zemědělskými podnikateli a orgány MZe.

Ortofoto ČR s ověřenou a ve svých metadatech garantovanou absolutní polohovou přesností je spolehlivou složkou *Digitální mapy veřejné správy* (DMVS) zaručující homogenní přesnost a aktuálnost na celém území státu. Velmi často je užíváno na úrovni obcí jako kvalitní polohopisný mapový podklad pro technické mapy obcí, vytvářené v jejich vlastní působnosti. Rada obcí používá Ortofoto ČR jako mapovou vrstvu pro vedení územně analytických podkladů, studie územního rozvoje, apod.

Dalším příkladem uplatnění vyšších nároků na absolutní přesnost ortofota je jeho využití v rámci projektů komplexních pozemkových úprav (např. jako podklad pro projekt společných zařízení, rozvržení a doplnění cestní sítě a pro návrh změn druhu užívání pozemků).

6. Upozornění a doporučení pro uživatele

Při užívání Ortofota ČR je nutné mít na zřeteli, že v tomto produktu jsou s garantovanou přesností zobrazeny polohopisně správně geografické **objekty a jevy v úrovni terénu**, tedy např. „paty“ staveb, sloupů, komínů, stromů i křovin. Tyto vertikálně výrazné objekty někdy zastíňují skutečná rozhraní (hrany, hranice) jiných objektů. Dále je nutné mít na zřeteli, že takové objekty často vrhají stíny následkem jejich slunečního osvětlení, které rovněž zastíňují některá rozhraní, která jsou předmětem zájmu uživatele ortofota.

Při užívání Ortofota ČR ve vztahu ke katastru nemovitostí je vždy nutno vzít v úvahu, že tento produkt znázorňuje **skutečný stav užívání objektů a pozemků v době pořízení snímků** a vesměs ne hranice parcel popisujících vlastnictví nemovitostí (tzv. právní stav).

Při užívání Ortofota ČR je také nutné vzít v úvahu, že se terén mohl v období mezi pořízením leteckých měřických snímků a vlastním užitím ortofota výrazně změnit, ať již v důsledku změn přírodních jevů nebo v důsledku lidské činnosti. Minimalizovat důsledky změn při užití Ortofota ČR v konkrétních aplikacích lze jednak důslednou rekognoskací stavu v terénu v době rozhodné pro řešení aplikační úlohy a jednak vyžádáním aktuální verze tohoto produktu. Tento častý požadavek vedl producenty Ortofota ČR ke **zkrácení periody leteckého snímkování celého území státu ze tří na dva roky**.

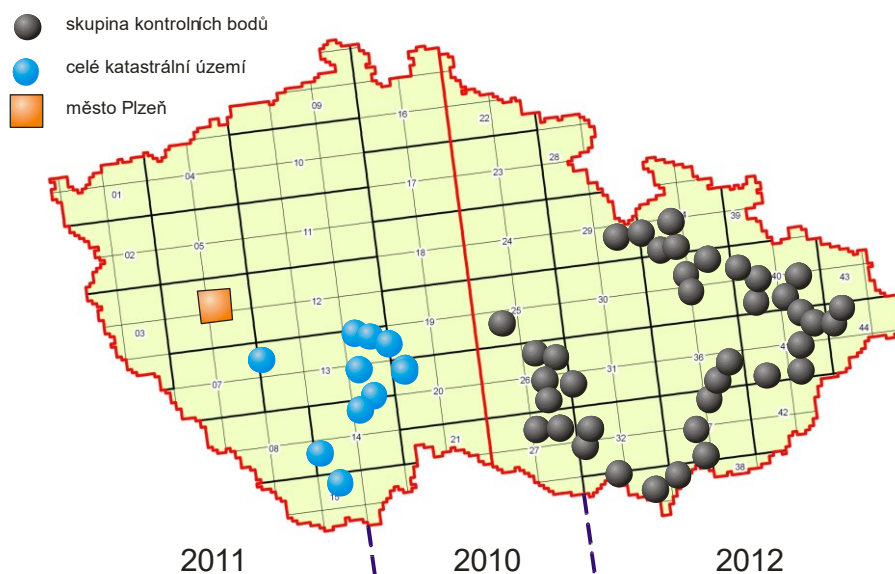
Důležitým aspektem ortofota je, že i jednotlivé soubory jsou zpravidla složeny z více ortogonalizovaných leteckých měřických snímků. Aktuálnost i jednotlivého ortofota není tedy vztažena k jedinému datu a času snímkování. Při aplikacích, kdy je čas pořízení významný, např. v soudních řízeních, je nutné použít letecké měřické snímky, u kterých je přesně stanoveno datum a čas expozice příslušného snímku.

Zpracovatelé Ortofota ČR jsou si vědomi, že i přes důslednou kontrolu produktu, se v něm mohou ojediněle objevit lokální vady vzhledu i geometrie obrazu. Za vadu však nelze považovat např. výskyt stínů nebo lokální vliv oblačnosti na barevnost a hustotu obrazu, protože tyto jevy jsou přirozené a zpravidla je nelze opravit jinak než novým snímkováním území v dalších letech.

V případě nalezení důvodných chyb v datech Ortofota ČR zašlete laskavě informaci o chybě do Zeměměřického úřadu. Pro ohlášení použijte aplikaci „Hlášení chyb v datech“ Geoportálu ČÚZK (<http://geoportal.cuzk.cz>)

Příloha 1: Ověření přesnosti Ortofota ČR v letech 2010 až 2012

Parametry přesnosti Ortofota ČR, vyhotoveného v letech 2010 a 2011 v pásmu Střed a pásmu Západ, byly poprvé ověřeny na 10 katastrálních územích v Jihočeském kraji, kde kontrolní body byly zaměřeny v rámci mapování pro účely komplexních pozemkových úprav technologií GNSS – metodou RTK se střední souřadnicovou chybou $m_{XY} = 0,06$ m. Výsledky hodnocení jsou uvedeny v tabulce 1. Rozsah ověřovacích zkoušek v letech 2010 až 2012 je znázorněn na obr. 1.



Obr. 1: Ověření přesnosti produktu Ortofoto ČR v letech 2010–2012

Tabulka 1

Katastrální území (okres)	Rok LMS	počet bodů	cy [m]	cx [m]	my [m]	mx [m]	mp [m]	ΔY_{max} [m]	ΔX_{max} [m]
Horusice (TA)	2010	27	- 0,07	0,03	0,14	0,18	0,23	-0,32	-0,37
Libějice (TA)		37	0,06	0,02	0,14	0,09	0,17	0,55	0,28
Pořín (TA)		23	0,11	-0,09	0,19	0,19	0,27	0,43	0,44
Nemyšl (TA)		25	0,05	-0,12	0,12	0,18	0,22	0,34	-0,45
Prudice (TA)		17	0,04	-0,11	0,12	0,17	0,21	0,24	-0,40
Řípec (TA)		30	0,07	0,08	0,15	0,20	0,25	0,29	0,60
Sudoměřice (TA)		21	0,03	-0,03	0,10	0,13	0,16	0,26	-0,36
Rojšín (CK)	2011	19	-0,13	0,04	0,19	0,14	0,24	-0,35	0,35
Tchořovice (ST)		19	0,16	-0,08	0,24	0,50	0,55	0,79	1,81
Střítež (CK)		22	0,09	-0,09	0,20	0,16	0,26	0,68	-0,36
Celkové výsledky		240			0,16	0,21	0,256		

Použité druhy kontrolních bodů na ortofotu:

- ▶ pata sloupu elektrického vedení
- ▶ roh budovy v úrovni terénu
- ▶ roh překlady mostku nebo výpusti rybníka
- ▶ střed studny nebo skruže meliorační šachty
- ▶ roh plotu, zdi nebo podezdívky v úrovni terénu

Pro rozsáhlé zkoušky Ortofota ČR, vyhotoveného v roce 2012 v Pásmu východ ČR, byly zeměměřickým odborem ZÚ zaměřeny skupiny kontrolních bodů na zpevněných plochách

hlavních silnic, k jejichž přesné signalizaci a identifikaci na snímcích posloužilo vodorovné dopravní značení (konce rozhraní parkovacích míst, hrany “zeber” a průsečíky čar ve tvaru X nebo T, a to technologií GNSS – metodou RTK se střední souřadnicovou chybou $m_{XY} = 0,04$ m. Dosažené výsledky uvedené v tabulce 6 v zásadě potvrzují závěry hodnocení uvedené v tabulce 2.

Tabulka 2

Zdroj / druh zkoušky přesnosti	operátor	počet bodů	c_y [m]	c_x [m]	m_y [m]	m_x [m]	m_p [m]
Ortogonalizované l.m.s. před mozaikováním Ortofota ČR	Ka.	92	0,03	0,05	0,181	0,214	0,280
ORTOFOTO ČR 2012	Šv.	90	0,02	-0,04	0,239	0,269	0,353
ORTOFOTO ČR 2012	Ka.	91	0,04	-0,05	0,195	0,232	0,303
Rozdíly v odečtení souřadnic dvěma operátory	Ka. / Šv.	90	-0,02	0,01	0,102	0,104	

Použité druhy kontrolních bodů na ortofotu:

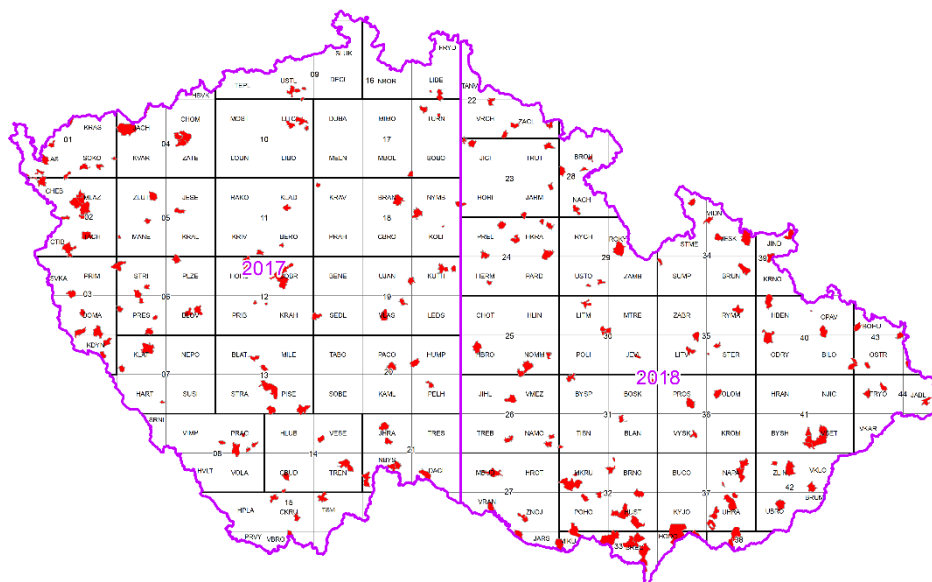
- ▶ konec vymežující čáry parkovacích míst na parkovišti
- ▶ roh vodorovného značení přechodu na vozovce (zebra)
- ▶ průsečík čar vodorovného značení na vozovce (typu X, T)

Ze shromážděných údajů vplynuly tyto závěry o absolutní polohové přesnosti produktu Ortofota ČR vyhotoveného z ortogonalizovaných **digitálních** leteckých měřických snímků počínaje rokem 2010:

- Díky transformaci bloků AAT (zejména na signalizované trigonometrické a zhušťovací body) je standardně dosahováno absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR vyjádřené střední polohovou chybou okolo $m_p = 0,30$ m, pokud jsou zvoleny podrobné body typů uvedených v poznámkách k tabulkám 5 a 6.
- Využitím přesného digitálního modelu reliéfu (DMR 4G) při ortogonalizaci leteckých měřických snímků dochází ke zvýšení absolutní i relativní (vnitřní) polohové přesnosti Ortofota ČR, zejména ve výškově členitých územích. Ortofota ČR se tak stává aktuálním a homogenním polohopisným (mapovým) podkladem pro řadu náročných aplikací v rozsahu celého státního území.

Příloha 2: Ověření přesnosti Ortofota ČR v letech 2017 a 2018

Závěry ověření přesnosti uvedených v příloze 1 se potvrdily rozsáhlým plošným ověřením absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR z let 2017 (Pásmo Západ) a 2018 (Pásmo Východ), provedeným Zeměměřickým úřadem podle jednotné metodiky, založené na volbě alespoň 4 katastrálních území v každém z 21 bloků v Pásmu Západ a 22 bloků v Pásmu Východ, kde byla zaručena přesnost kódem kvality KK=3 ($m_{xy} = 0,14$ m) podrobných bodů vybraných z databáze podrobných bodů digitálních katastrálních map. Převážně šlo o rohy budov v úrovni terénu a v extravilánu též o paty jednoduchých sloupů VN (22-35 kV) zaměřených pro potřeby komplexní pozemkové úpravy. Použita byla pouze data z nového katastrálního mapování, mapování dle Instrukce A po přepočtu originálních zápisníků měření, THM-V 1: 1000 a ZMVM 1:1000 a 1:2000 zaměřených geodetickými metodami nebo výsledky geodetického měření pro komplexní pozemkové úpravy. Lokalizace vybraných katastrálních území po celé ČR je znázorněna na obrázku 1. Souhrnné výsledky ověření absolutní přesnosti Ortofota ČR 2017 a 2018 uvádí tabulka 1.



Obr. 1: Katastrální území s kontrolními body pro ověření absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR 2017 a 2018

Tabulka 1

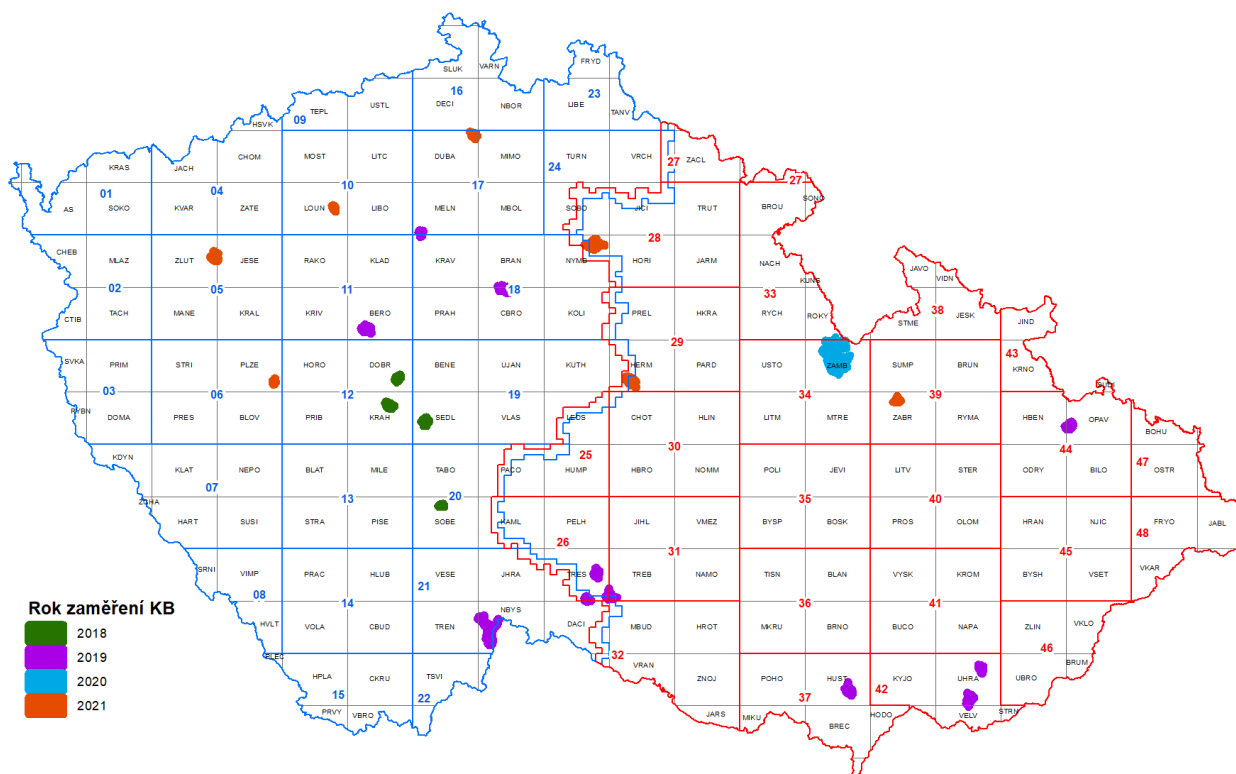
Rok	Počet kontrolních bodů	c_y [m]	c_x [m]	max d_y [m]	max d_x [m]	m_{xy} [m]	m_p [m]	Absolutní polohová přesnost [m] ¹⁾
2017	750	0,02	0,03	0,54	0,39	0,121	0,171	0,262
2018	719	0,01	0,01	0,53	0,46	0,143	0,203	0,283

¹⁾ Podle zákona o hromadění středních chyb s uvážením m_p kontrolních bodů s kódem kvality 3 (0,196 m)

Příloha 3: Ověření přesnosti Ortofota ČR v letech 2021 a 2023

Další vyhodnocení přesnosti proběhlo nad Ortofotem ČR z let 2021 až 2023 s rozlišením **0,125 m na zemi**. K tomuto účelu byly využity kontrolní body zaměřené v letech 2018 – 2021 ve 24 lokalitách pro ověření absolutní polohové přesnosti vybraných typů bodových a liniových objektů ZABAGED®. Tyto kontrolní body byly určeny geodeticky stejným postupem a se stejnou přesností jako výchozí vlíčovací a kontrolní body pro Ortofoto ČR (tj. technologií GNSS-RTK se střední polohovou chybou menší než 0,06 m). Jejich umístění je zřejmé z obr. 1. Kromě rohů domů, byly zaměřovány paty jednoduchých sloupů VN a VVN, rohy zdí, mostů a mostků a některé kontrolní body na ose evidovaných silnic, železničních tratí a vleček a zřetelné lomy jednočarých vodních toků.

Žádný z použitých kontrolních bodů nebyl signalizován terčem nebo nátěrem, takže výsledky, uvedené v tabulce 1, představují **reálnou polohovou přesnost** Ortofota ČR 2021-2022 s rozlišením 12,5 cm na zemi, jakou může dosáhnout kvalifikovaný uživatel **nastavením kurzoru na obraz bodu, při zvětšení na monitoru kolem 1:250**, jestliže tento bod leží na “roslém” terénu reprezentovaném Digitálním modelem reliéfu (DMR 4G).



Obr. 1: Zkušební lokality ZABAGED® využité pro kontrolu ORTOFOTA ČR 2021-2023

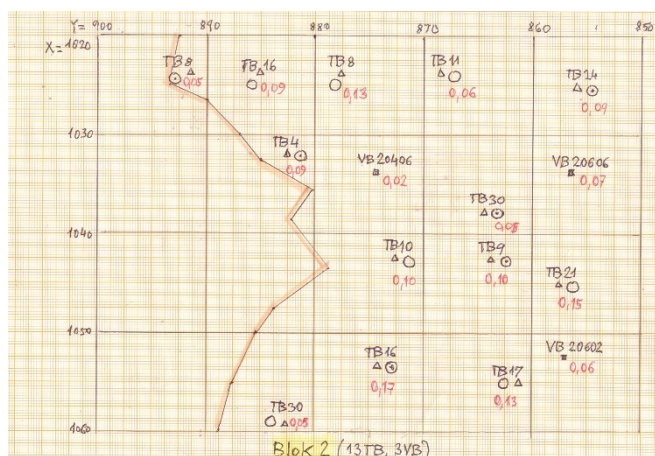
Tabulka 1

Rok	Lokalita	Počet kontrolních bodů	m_{xy} [m]	m_p [m]	Typ KB
2021	Chyše	24	0,207	0,292	OŽ, OS
	Sosnová u České Lípy	7	0,193	0,273	OS, OŽ
	Kosova Hora	22	0,171	0,298	RD
	Nový Knín	12	0,176	0,249	RD
	Hřiměždice	10	0,273	0,386	RD
	Staňkov	15	0,198	0,280	RD
	Žíteč	24	0,186	0,263	RD
	Libějice	31	0,233	0,329	PS
	Tetín u Berouna	26	0,136	0,193	PS, OS
	Nové Ouholice	20	0,149	0,210	PS, OS
	Chlumčany u Loun	18	0,151	0,213	PS, OS, RM
	Hrádek u Rokycan	20	0,168	0,237	OŽ, ŽP
	Mochov	19	0,136	0,192	PS, OS, OZ
2022	Kopidlno	19	0,140	0,198	PS, RM, OS, OŽ
	Ronov nad Doubravou	11	0,229	0,325	RM, OS
	Jablonné n. Orlicí a okolí	62	0,156	0,220	PS, RD, OS, OŽ, ŽP
	Nová Říše	18	0,202	0,286	RD
	Velký Pěčín	19	0,173	0,244	RD, OŽ, ŽP
	Mysliboř	14	0,199	0,281	RD
	Sudkov	30	0,134	0,190	PS, RM, OS, OZ, ŽP
	Bořetice	27	0,126	0,178	RD, OZ, ŽP
	Louka u Ostrohu	12	0,227	0,322	RD
	Podolí nad Olšavou	18	0,244	0,346	RD
	Branka u Opavy	10	0,198	0,280	RD
2023	Kosova Hora	9	-	0,280	RD
	Chlumčany u Loun	6	-	0,190	PS, RD
	Mochov	11	-	0,160	PS, ŽP
	Nové Ouholice	8	-	0,240	PS
	Nový Knín	12	-	0,260	RD
	Tetín	13	-	0,190	PS
	Žíteč	21	-	0,220	RD
Celkem		568	0,176¹⁾	0,247¹⁾	-
¹⁾ Vážený aritmetický průměr, kde váhou je počet kontrolních bodů v lokalitě					
RD - roh domu v úrovni terénu, PS - pata sloupu vedení VN a VVN, RM - roh mostku, OS - bod na ose silnice, OŽ - bod na ose železnice nebo vlečky, ŽP - střed železničního přejezdu					

Příloha 4: Ověření přesnosti Ortofota ČR v roce 2024

Ověření absolutní polohové přesnosti na permanentních kontrolních bodech (PKB)

V roce 2024 byl v Zeměměřickém úřadě vytvořen soubor 931 permanentních kontrolních bodů na celém území České republiky tak, že v každém čtverci vymezeném celými desítkami km (obr. 1) souřadnicového systému JTSK byl vybrán jeden permanentní kontrolní bod, přednostně pak trigonometrický bod s viditelným kamenem v ochranné skruži (obr. 2), nebo dobře viditelná ochranná skruž TB, jejíž excentricita byla zjištěna měřením na Ortofotu ČR v pásmu Východ v roce 2022 a v pásmu Západ v roce 2023 s tím, že kruž byla použita jako PKB pouze v případě, že zjištěná excentricita vůči kameni TB byla menší než 15 cm (obr. 3).



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3

Tabulka 1 shrnuje základní technické parametry digitálního leteckého měřického snímkování pásma Východ v roce 2024, které umožní výpočet střední polohové chyby charakterizující přesnost výpočtu blokové analytické aerotriangulace pomocí zvolených Check Points v blocích 25 až 48.

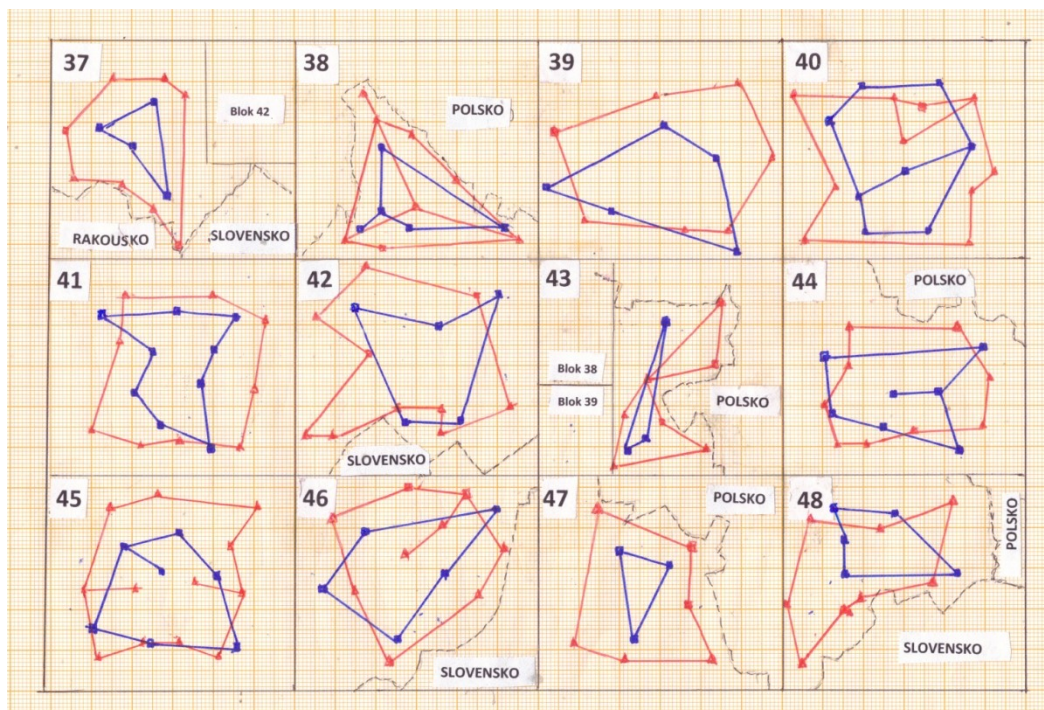
Blok	Počet snímků	Počet řad	Prům. abs. výška letu [m]	Prům.nadm. výška terénu [m]	Check Points				
					n	RMSE (x)	RMSE (y)	m _p [m]	n* m _p [m]
25	1 166	25	3 104	516	5	0,064	0,026	0,087	0,436
26	1 371	24	3 191	600	6	0,023	0,043	0,048	0,242
27	759	15	3 385	772	4	0,078	0,045	0,090	0,359
28	2 318	32	2 920	337	8	0,350	0,040	0,053	0,429
29	1 941	34	2 855	266	6	0,072	0,043	0,084	0,504
30	1 967	31	3 142	538	8	0,035	0,039	0,052	0,418
31	1 968	26	3 132	538	9	0,041	0,037	0,055	0,493
32	2 117	37	2 968	381	5	0,054	0,021	0,058	0,289
33	1 785	38	3 164	514	7	0,078	0,060	0,098	0,666
34	1 976	30	3 102	470	7	0,093	0,061	0,111	0,770
35	1 968	29	3 113	510	8	0,051	0,095	0,108	0,862
36	1 968	27	2 927	342	8	0,038	0,054	0,066	0,526
37	1 823	34	2 800	203	4	0,021	0,039	0,044	0,178
38	1 116	22	3 339	662	5	0,061	0,051	0,079	0,395
39	1 980	36	3 264	632	5	0,079	0,084	0,113	0,566
40	1 968	24	3 048	340	8	0,054	0,034	0,064	0,509
41	1 968	24	2 906	284	8	0,059	0,049	0,076	0,609
42	1 307	32	2 901	283	5	0,024	0,063	0,067	0,337
43	706	23	3 045	403	3	0,124	0,023	0,126	0,379
44	2 011	29	3 037	384	7	0,039	0,025	0,047	0,327
45	1 967	25	3 082	418	7	0,049	0,026	0,055	0,384
46	1 373	29	3 085	436	5	0,036	0,048	0,060	0,300
47	904	23	2 841	267	3	0,076	0,025	0,080	0,241
48	1 221	26	3 275	602	5	0,040	0,032	0,052	0,251
24 bloků					prostý aritmetický průměr 0,074 m				
váha = počet Check points v bloku (n)					n = 146 zvážený aritmetický průměr 0,072 m				

Hodnota $m_p = 0,072$ m (při $n = 146$) však představuje pouze **polohovou přesnost blokové AAT** v Pásmu východ 2024. Ke zjištění apriorní **absolutní polohové přesnosti vůči S-JTSK** je třeba ve smyslu zákona hromadění středních chyb uvažovat ještě **střední polohovou chybu vlastního zaměření kamene TB 0,022 m, geometrického středu ochranné skruže 0,070 m, zjištěného měřením na Ortofotu s GSD=12,5 cm, nebo použitého VB zaměřeného metodou GNSS-RTK 0,067 m, včetně střední polohové chyby transformace ETRS89/ S-JTSK pomocí povinného transformačního klíče ETJTZU 2019 0,036 m** – celkem tedy může dosáhnout hodnot až:

- táž chyba vyhodnocených geometrických středů ochranných skruží (83) $m_p = 0,100$ m,
- absolutní střední polohová chyba vlíčovacích bodů využitých jako PKB (51) $m_p = 0,105$ m.

Permanentní kontrolní body byly použity pro hodnocení **absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR 2024 v pásmu Východ**, kdy byla přijata tato opatření:

- 1) Počet permanentních kontrolních bodů (PKB) v jednotlivých blocích (24 – 48) je vždy **nejméně o jeden větší** než počet Check points (CHP) v rámci blokové AAT.
- 2) Plocha vzniklá propojením PKB po obvodu každého bloku je vždy větší než plocha vzniklá podobným propojením CHP (viz Obr. 4).



Obr. 4 (červeně PKB, modře CHP)

- 3) Při výběru PKB byla vždy dána přednost **TB s kamenem viditelným na ortofotu**, případně **geometrickému středu ochranné skruže** (jsou vesměs vždy dobře viditelné, i když od poslední periodické údržby ZBP na Moravě (kromě kraje Vysočina) již uplynulo 12-13 let a nátěr kamenů TB byl obnoven v dalších letech pouze na jednotlivých TB v rámci jejich dynamické údržby po oznámení o poškození nebo zničení trigonometrického bodu. Jen výjimečně byly použity jako PKB vlíčovací body signalizované na vozovkách 2. a 3. třídy nástřikem čtverce 40 x 40 cm, vesměs jeho obnovou z dřívějších let před realizací leteckého měřického snímkování; nikdy však ne ty vlíčovací body použité jako CHP v rámci blokové AAT. Těmito opatřeními bylo dosaženo naprosté nezávislosti při zjišťování absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR s GSD = 12,5 cm od roku 2024.

Tabulka 2

Výpočet absolutní polohové chyby na permanentních kontrolních bodech - rok 2024												
BL	Permanentní KB			Střed kamene TB			Geom. střed skruže			Vlícovací bod		
č.	n ¹⁾	m _p [m] ²⁾	n·m _p ³⁾	n ₁ ¹⁾	m _{TB} [m] ²⁾	n ₁ ·m _{TB} ³⁾	n ₂ ¹⁾	m _{OS} [m] ²⁾	n ₂ ·m _{OS} ³⁾	n ₃ ¹⁾	m _{VB} [m] ²⁾	n ₃ ·m _{VB} ³⁾
25	8	0,065	0,520	3	0,059	0,176	2	0,054	0,108	3	0,043	0,129
26	8	0,085	0,680	3	0,042	0,125	2	0,031	0,060	3	0,028	0,085
27	6	0,085	0,510	4	0,036	0,142	1	0,051	0,051	1	0,061	0,061
28	9	0,075	0,675	4	0,065	0,260	2	0,044	0,088	3	0,081	0,243
29	14	0,055	0,771	5	0,058	0,288	5	0,066	0,330	4	0,061	0,244
30	15	0,063	0,945	4	0,069	0,275	9	0,063	0,564	2	0,053	0,105
31	11	0,046	0,503	7	0,044	0,307	4	0,049	0,196	---	---	---
32	8	0,078	0,624	4	0,034	0,135	4	0,037	0,147	---	---	---
33	18	0,082	1,394	13	0,079	1,030	4	0,032	0,128	1	0,050	0,050
34	8	0,073	0,584	4	0,103	0,410	2	0,073	0,146	2	0,068	0,136
35	10	0,085	0,850	2	0,028	0,164	5	0,097	0,485	3	0,146	0,437
36	10	0,065	0,650	3	0,054	0,161	3	0,076	0,227	4	0,067	0,267
37	7	0,083	0,581	3	0,090	0,276	2	0,091	0,181	2	0,065	0,130
38	8	0,065	0,520	4	0,091	0,365	3	0,069	0,206	1	0,100	0,100
39	7	0,062	0,627	3	0,055	0,164	2	0,034	0,068	2	0,102	0,204
40	11	0,057	0,603	5	0,109	0,543	3	0,053	0,163	3	0,042	0,127
41	9	0,067	0,666	2	0,099	0,197	3	0,103	0,309	4	0,053	0,212
42	10	0,083	0,830	2	0,187	0,374	6	0,068	0,407	2	0,118	0,235
43	7	0,086	0,602	5	0,102	0,510	---	---	---	2	0,046	0,092
44	9	0,074	0,666	1	0,071	0,0710	5	0,074	0,370	3	0,074	0,222
45	12	0,065	0,780	---	---	---	12	0,065	0,780	---	---	---
46	9	0,054	0,486	5	0,045	0,223	1	0,100	0,100	3	0,032	0,096
47	6	0,049	0,294	3	0,043	0,133	1	0,058	0,058	2	0,052	0,103
48	8	0,063	0,504	5	0,064	0,318	2	0,043	0,086	1	0,064	0,064
Celkové výsledky za bloky 25–48												
BL	228	0,069	0,0695	94	0,079	0,072	83	0,062	0,064	51	0,070	0,070

¹⁾ Počet PKB, ²⁾ prostý aritmetický průměr ³⁾ zvážený aritmetický průměr, kde váhou je počet PKB v příslušném bloku

Z průběhu frekvenční křivky, znázorňující počet středních **polohových** chyb v závislosti jejich velikosti a která má typické asymetrické rozdělení, vychází skutečný výskyt těchto chyb v počtu 39 % do velikosti výše uvedených aritmetických průměrů, v počtu 86,5 % do velikosti jejich dvojnásobné hodnoty a v počtu 99 % do velikosti jejich trojnásobné hodnoty. To znamená, že z 228 využitých PKB dosáhne 89 v závěru tabulky 2 uvedené střední polohové chyby, dalších 108 pak jejího dvojnásobku a pouhé 2 PKB jejího trojnásobku. 77 % zjištěných středních polohových chyb bude přitom menší než GSD = 0,125 m.

Určení absolutní polohové přesnosti nesignalizovaných kontrolních bodů

Závěrečnou částí kontroly absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR 2024 ve vztahu k referenčnímu souřadnicovému systému JTSK bylo určení střední polohové chyby **nesignalizovaných** kontrolních bodů, které byly zaměřeny technologií GNSS-RTK speciální četou Zeměměřického úřadu v letech 2019-2021. Podkladem pro jejich volbu byla Ortofota ČR předchozích let (viz tabulka 3).

Tabulka 3

Lokalita v pásmu Východ	Geodetické měření KB	Podkladové Ortofota ČR	Relativní výška letu [m]	Počet řad	Kontrolované Ortofota ČR	Počet řad
Kopidlno	2021	2020	3100	18	2024	24
Mysliboř	2019	2018	3100	18	---	---
Nová Říše	2019	2018	3100	18	---	---
Jablonné n. Orl.	2020	2018	3100	18	---	---
Boršice	2019	2018	3100	18	---	---
Louka u Ostrohu	2019	2018	3100	18	---	---
Podolí n. Oslavou	2019	2018	3100	18	---	---
Branka u Opavy	2019	2018	3100	18	---	---
Sudkov	2021	2020	2400	18	2024	24

Při identifikaci tehdy zaměřených KB v roce 2024 bylo zjištěno, že značná část KB typu roh domu v úrovni terénu, bezpečně identifikovaná v letech 2018 nebo 2020, je na Ortofotu ČR 2024 **zakryta střešním přesahem**. Příčinou jsou změny počtu řad pokrývajících standardní blok 50 x 40 km (z 18 na 24), které zaujímají jinou polohu a tedy i jinou polohu digitální kamery (viz obr. 5 a 6). To se netýká KB typu pata jednoduchého sloupu, který se vyskytuje převážně v extravilánu a nebývá zakryt okolní stavbou. Jistou polohovou identifikaci představují také KB typu střed železničního přejezdu (je pokryt ocelovými deskami s mezerou uprostřed a identifikace středu koleje je vždy jistá) nebo v případě méně častých rohů betonových mostků. Pro tento účel však **nejsou reprezentativní KB na liniových objektech** typu bod břehové čáry širšího toku, bod osy toku do 3m šířky, protože tyto linie nejsou signalizovány a často se mění. Proto je celkový počet KB, zjištěný na Ortofotu ČR 2024 v pásmu Východ, pouze 67.



Obr. 5 Lokalita Louka na Ortofotu ČR 2018 podle níž byly voleny KB typu RD



Obr. 6. Lokalita Louka na Ortofotu ČR 2024, kde je většina KB typu RD zakryta

Zjištění polohové přesnosti nesignalizovaných kontrolních bodů v roce 2024 se opírá převážně o KB typu roh domu v úrovni terénu nezakrytého vegetací nebo neobloženého uskladněným topivem a o jednoduché sloupky elektrického vedení, jejichž celkový počet 67 je ovšem menší a tudíž i méně reprezentativní.

Tabulka 4

Střední polohové chyby nesignalizovaných podrobných bodů na ortofotu ČR 2024 v pásmu východ											
Lokalita	Číslo KB	Druh KB	$X_{KB} - X_{OR}$ [m]	$Y_{KB} - Y_{OR}$ [m]	P [m]	Lokalita	Číslo KB	Druh KB	$X_{KB} - X_{OR}$ [m]	$Y_{KB} - Y_{OR}$ [m]	P [m]
Mysliboř (okr. Jihlava)	521	RD	0,2	0,06	0,209	Sudkov (okr. Šumperk)	2005	PS	0,04	0,05	0,064
	523	RD	0,08	0,06	0,100		2101	ŽP	0,05	0,15	0,158
	529	RD	0,08	0,13	0,152		2107	ŽP	0,01	0,26	0,260
	530	RD	0,11	0,05	0,121		2113	PS	0,30	0,01	0,030
	532	RD	0,04	0,03	0,050		2115	PS	0,27	0,01	0,027
	533	RD	0,08	0,06	0,100		2121	PS	0,22	0,12	0,256
Kopidlno (okr. Jičín)	2505	PS	0,11	0,10	0,149	Bořetice (okr. Břeclav)	882	RD	0,01	0,12	0,121
	2506	R	0,10	0,00	0,100		883	RD	0,02	0,12	0,122
	2507	R	0,08	0,10	0,128		884	RD	0,15	0,01	0,150
	2508	R	0,04	0,17	0,175		885	RD	0,25	0,03	0,252
	2509	R	0,05	0,02	0,054		839	RD	0,07	0,01	0,071
Nová Říše (okr. Jihlava)	325	RD	0,07	0,00	0,070	Podolí n.Olšavou (okr. Uh. Hradiště)	1002	RD	0,22	0,01	0,220
	308	RD	0,27	0,01	0,270		1001	RD	0,14	0,15	0,205
	309	RD	0,02	0,06	0,062		1022	RD	0,32	0,02	0,321
	357	RD	0,05	0,01	0,051		1019	RD	0,01	0,02	0,022
	360	RD	0,22	0,29	0,364						

Pokračování na další straně

Lokalita	Číslo KB	Druh KB	$X_{KB} - X_{OR}$ [m]	$Y_{KB} - Y_{OR}$ [m]	P [m]	Lokalita	Číslo KB	Druh KB	$X_{KB} - X_{OR}$ [m]	$Y_{KB} - Y_{OR}$ [m]	P [m]
Jablonné n. Orł. (okr. Ústí n.Orł.)	201	PS	0,13	0,13	0,184	Branka u Opavy (okr. Opava)	1113	RD	0,11	0,21	0,237
	202	PS	0,08	0,14	0,161		1118	RD	0,16	0,05	0,168
	203	PS	0,15	0,1	0,18		1101	RD	0,29	0,12	0,314
	204	PS	0,02	0,13	0,132		1106	RD	0,11	0,21	0,237
	504	RD	0,26	0,02	0,261	Louka u Ostrohu (okr. Hodonín)	933	RD	0,15	0,12	0,192
	506	PS	0,02	0,1	0,102		938	RD	0,03	0,13	0,133
	607	PS	0,2	0,08	0,215		939	RD	0,26	0,16	0,297
	1608	PS	0,08	0,08	0,12		910	RD	0,04	0	0,04
	5001	ŽP	0,04	0,03	0,05		921	RD	0,3	0,06	0,306
	1804	PS	0	0,22	0,22		924	RD	0,12	0,06	0,134
	1807	PS	0,05	0,23	0,235		923	RD	0,14	0,04	0,146
	1809	ŽP	0,17	0,06	0,18		928	RD	0,01	0,04	0,041
	901	PS	0,06	0,14	0,152		929	RD	0,03	0,08	0,085
	903	RD	0,09	0,12	0,15		930	RD	0,04	0,1	0,107
	1005	PS	0,01	0,16	0,16		931	RD	0,06	0,15	0,187
	1004	PS	0,02	0,1	0,102		932	RD	0,04	0,22	0,224
	906	R	0,02	0,2	0,201		906	RD	0,01	0,34	0,34
	1302	RD	0,02	0,16	0,161						
	1301	RD	0,01	0,2	0,2						

Vysvětlivky

RD roh domu PS pata jednoduchého sloupu
RM roh mostku ŽP střed železničního přejezdu

Celkem KB	67	41 RD	18 PS	5 RM	3 ŽP
Střední polohová chyba jistých nesignalizovaných KB					0,156 m

Celkový počet reprezentativních nesignalizovaných kontrolních bodů je z výše uvedených příčin pouze 67.

Polohová přesnost **nesignalizovaných** kontrolních bodů – zejména na **čárových prvcích** polohopisu na Ortofotu ČR, byla ověřena v roce 2021 v pásmu Západ, kdy bylo poprvé použito prostorové rozlišení (GSD) 12,5 cm. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5

Čárový prvek polohopisu Ortofota ČR	Počet	Střední polohová chyba [m]
Osa železniční koleje	21	0,11
Osa železniční vlečky	4	0,16
Osa silnice 2. a 3. třídy (neznačená)	35	0,36
Osa mostku, mostu (neznačená)	22	0,46