

**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**

PROSINEC 2012

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

Zodpovědný zpracovatel: Ing. Karel Brázdil, CSc.
Zeměměřický úřad, Čechovo nábřeží 1791, 530 86 Pardubice
Telefon: 466 023 425
E-mail: karel.brazdil@cuzk.cz

Zpracovali: Doc. Ing. Jiří Šíma, CSc.
Ing. Karel Brázdil, CSc. (ZÚ, Pardubice)
Ing. Oldřich Kafka (ZÚ, Pardubice)
Ing. Zdeněk Švec (ZÚ, Pardubice)
Bc. Milan Vašek (ZÚ, Pardubice)
Ing. Blanka Koukalová (ZÚ, Pardubice)

Datum vydání: 15. prosince 2012

Správce dokumentu: vedoucí zeměměřického odboru Pardubice Zeměměřického úřadu

Dokument uložen: ZÚ/a359026/brazdil/provozni dokumentace/...

Aktualizace:

Datum	Obsah změny

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 diferenciálním 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 nebo 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 geometrické přesnosti Ortofota ČR.

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),
- aktualizace Základní báze geografických dat (ZABAGED[®]) a její 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 Digitálního modelu území 25 (DMÚ 25) 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).

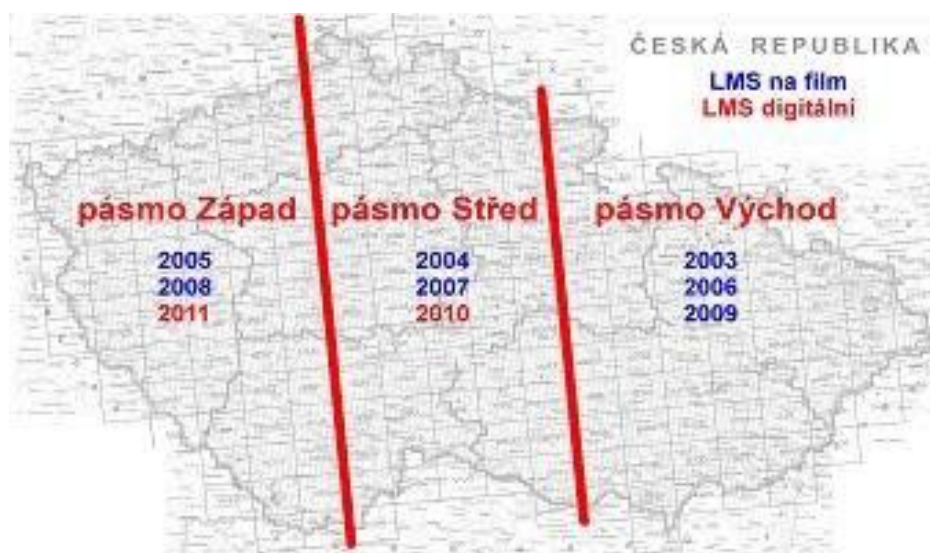
Tento produkt je poskytován řadě dalších uživatelů, především orgánům a organizacím státní správy a územní samosprávy, kde nachází uplatnění v oblasti územního plánování a přípravy stavebních projektů, při ochraně životního prostředí, v krizovém řízení a řadě dalších aplikací. Ortofoto ČR nachází stále 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, DP, WS DP, WMS KN).

1 Technologie tvorby produktu Ortofoto ČR

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 prvky jejich vnější orientace, tj. souřadnice projekčního centra snímku a tři úhlové parametry zjištěné aparaturami GNSS a IMU.

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).

1.1.1 Plánování leteckého měřického snímkování

Parametry leteckého měřického snímkování byly odvozovány od použitého způsobu snímkování a výsledného rozměru pixelu Ortofota ČR, do nějž byly převzorkovány ortogonalizované digitální snímky v rastrové formě (viz tabulka 1). V současné době jsou parametry leteckých měřických snímků voleny jednak s ohledem na jejich využití k tvorbě Ortofota ČR s velikostí pixelu 0,25 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. 26/2007 Sb., katastrální vyhláška.

Tabulka 1

Období	Způsob leteckého snímkování a získání rastrové formy	Průměrné měřítko snímků	Průměrný rozměr rastru (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	digitální (PAN, R, G, B, NIR) přímý rastrový záznam – UC XP	1 : 32 000	0,19 m (0,25 m)
2011	digitální (PAN, R, G, B, NIR) přímý rastrový záznam – UC X a XP	1 : 35 000	0,21 – 0,25 m (0,25 m)
2012	digitální (PAN, R, G, B, NIR) přímý rastrový záznam – UC XP	1 : 36 000	0,22 m (0,25 m)

V období 2003-2011 byly zadavatelem požadovány tyto parametry leteckého měřického snímkování:

- 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.

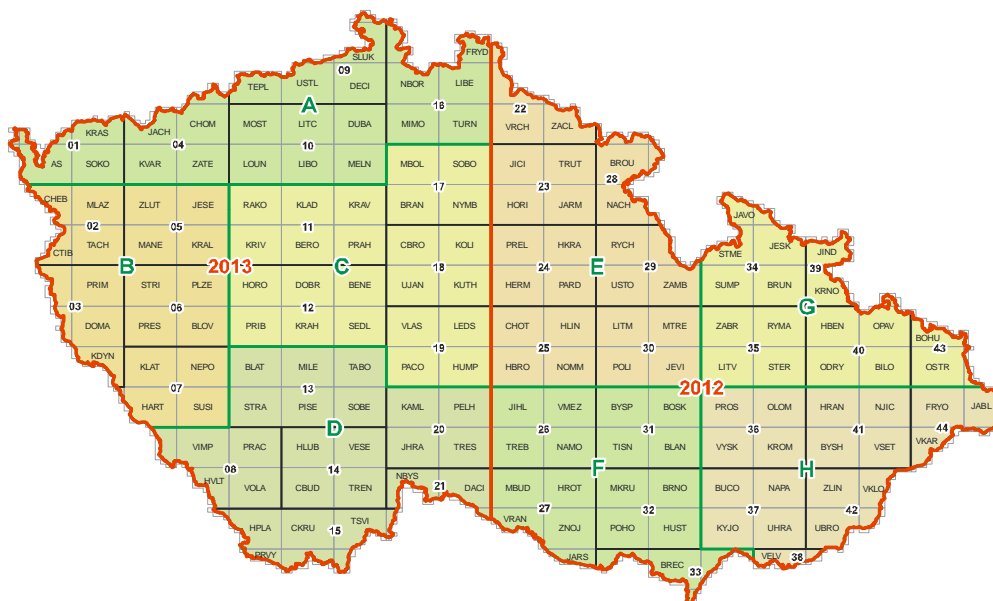
Od roku 2012 se změnil postup plánování leteckého měřického snímkování celého státního území tak, že bylo pro realizaci leteckého měřického snímkování s ohledem na výškové poměry snímkaného terénu definováno 44 snímkovacích bloků (viz obr. 2). Současně bylo území ČR rozděleno na „Východní polovinu ČR“ a „Západní polovinu ČR“ s cílem realizovat snímkování ve dvouleté periodě.

Zadavatelem byly poprvé 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 50 m od plánované absolutní (nadmořské) výšky H projekčních center.

Smyslem těchto opatření je 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 zvýšit aktuálnost leteckých měřických snímků a Ortofota ČR.



Obr. 2 Harmonogram a bloky snímkování v letech 2012 a 2013

Dříve aplikované parametry byly upřesněny v položkách:

- podélný překryt snímků musí být větší než 55 %,
- příčný překryt snímků musí být větší než 20 %,
- 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 90 % jejich počtu v bloku,
- celková plocha oblačnosti na snímcích nesmí překročit 0,01 % plochy bloku,
- celková plocha stínů způsobených oblačností nesmí překročit 0,02 % plochy bloku.

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 využívát části snímků s menším zorným úhlem snímkování, což se pozitivně projevuje ve zmenšeném náklonu výškových objektů na výsledném ortofotu a tím i snížením „zákrytových“ oblastí.

1.1.2 Přednáletová signalizace výchozích vlíčovacích bodů pro aerotriangulaci a výběr kontrolních bodů

Dosáhnout požadované absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR v souřadnicovém referenčním systému S-JTSK umožňuje způsob výběru a hustoty výchozích 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.

Za *výchozí vlíčovací body* pro AAT byly a jsou vybírány převážně vhodně situované trigonometrické a zhušťovací body, jejichž polohové souřadnice v S-JTSK jsou známy s vysokou přesností (střední souřadnicová chyba $m_{xy} = 0,02$ m) a nadmořské výšky ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání (Bpv), kde $m_H = 0,15$ m. 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 alespoň *čtyř kontrolních bodů* ve standardním bloku 40 x 50 km zjištěných se stejnou přesností, ale nepoužitých jako výchozí vlíčovací body pro AAT.

Od roku 2012 také nastala změna v tom, že rozložení vlíčovacích a kontrolních bodů v blocích projektuje zeměměřický odbor Pardubice vlastními kapacitami, ale vlastní provedení přednáletové signalizace a její údržbu zajišťují (případně i v kooperaci se státními orgány) firmy, které zvítězily ve veřejné soutěži na letecké měřické snímkování. Způsob přednáletové signalizace je vždy popsán v příloze k zadávací dokumentaci. V roce 2012 byla také ověřena metoda používání tzv. sdružených vlíčovacích bodů zaměřených metodou GNSS na zpevněných plochách komunikací a veřejných prostranství. Tím je zajištěna dostatečná viditelnost a zmenšení ztrát signálů v důsledku jejich poškození, zakrytí vozidlem nebo znehodnocení signalizace vzrostlou vegetací. Stejným postupem jsou získány kontrolní body, které jsou následně používány k ověření přesnosti Ortofota ČR. Právě profesionální preciznost při volbě, signalizaci a údržbě vlíčovacích bodů zajišťuje vysokou geometrickou kvalitu Ortofota ČR.

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, tj. ve Vojenském geografickém a hydrometeorologickém úřadu v Dobrušce (VGHMÚř) cca 1/3 objemu a v Zeměměřickém úřadu (ZÚ) cca 2/3 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 verze 5.2.1 (ve VGHMÚř), nebo verze 5.4.2 (v ZÚ). 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 a proto byly z výpočtu 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 (viz tabulka 2). Údaje v tabulce 2 také ukazují, že s rozvojem technologie leteckého měřického snímkování došlo k výraznému zmenšení zejména polohových chyb. Uvedené údaje jsou vysoce reprezentativní, neboť pokrývají celé území ČR (2007 a 2010 – pásmo Střed, 2009 – pásmo Východ, 2011 – pásmo Západ a 2012 – Východní polovinu ČR), přičemž počet výchozích vlíčovacích bodů v každém pásmu byl 650 – 700.

Tabulka 2

Letecké měřické snímkování		Měřítko snímkování	Rozměr pixelu na snímku	Střední hodnoty zbytkových chyb naVB		
rok	druh			m_x	m_y	m_H
2007	analogové (film) + skenování	1 : 23 000	21 μm	0,267 m	0,260 m	0,342 m
2009	analogové (film) + skenování	1 : 18 000	15 μm	0,134 m	0,149 m	0,263 m
2010	digitální	1 : 32 000	6 μm	0,113 m	0,100 m	0,200 m
2011	digitální	1 : 35 000	6 μm nebo 7,2 μm	0,089 m	0,085 m	0,216 m
2012	digitální	1 : 36 000	6 μm	0,067 m	0,074 m	0,256 m

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 S-JTSK uvnitř celého bloku (viz tabulka 3).

Tabulka 3

Rok LMS	Střední hodnoty zbytkových chyb na výchozích vlíčovacích bodech				Střední hodnoty zbytkových chyb na kontrolních bodech			
	počet bloků	m_x AAT [m]	m_y AAT [m]	m_H AAT [m]	počet bloků	M_x [m]	M_y [m]	M_H [m]
2010	17	0,113	0,100	0,200	12	0,160	0,140	0,300
2011	17	0,089	0,080	0,216	11	0,111	0,104	0,268
2012	23	0,067	0,074	0,137	22	0,184*	0,173*	0,256

Poznámka: * V letech 2010 (pásmo Střed) a 2011 (pásmo Západ) již byl použit k ortogonalizaci snímků velmi přesný DMR 4G, který bude v pásmu Východ k dispozici teprve koncem roku 2013.

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 jsou v současné době používány dva typy digitálního modelu reliéfu (viz tabulka 4).

Tabulka 4

Typ digitálního modelu reliéfu	Odvozen z	Rozsah pokrytí ČR v roce 2012
ZABAGED [®] – výškopis grid 10 x 10 m.	digitalizovaných vrstevnic ZM ČR 1 : 10 000	100 %
DMR 4G (mříž 5 x 5 m)	dat leteckého laserového skenování 2010-11	68,8 %

Oba modely jsou doplněny o 3D polygony představující povrch mostů vedoucích nad níže ležícími územními prvky (vodním tokem, železnicí, silnicí apod.). Použití jednotlivých DMR lze charakterizovat tak, že v pásmech Střed a Západ byl použit DMR 4G a na pásmu Východ je použit ZABAGED[®] - výškopis grid 10 x 10 m.

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 snímku), rozměr pixelu v úrovni srovnávací roviny 0,25 m.

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

1.4 Mozaikování, radiometrické úpravy a 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 verze 4.6.2, zčásti jsou nutné manuální zásahy operátora. 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 ostroty (prolínání sousedních obrazových záznamů). Manuálně se provádí první etapa barevného vyrovnání mezi snímky pocházejícími z různých snímkových letů v rámci jednotlivých bloků a mezi bloky navzájem, zejména pokud byly pořízeny v časovém odstupu několika týdnů až měsíců – při změně vzrůstu a zralosti vegetace, při výrazné změně výšky Slunce nad obzorem, při místním zastínění území stíny způsobenými vysokou oblačností, při opakovaném snímkování částí zastíněnými lokálními mraky v době původního snímkování.

Následuje automatické barevné vyrovnání celých oblastí resp. celého pásma snímkaného v příslušném roce (Global Tilting Adjustment), které je i na velmi výkonných pracovních stanicích časově náročné (např. celé pásmo Střed – 8 dní).

Následující etapou je automatické „rozřezání“ bežešvého 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.

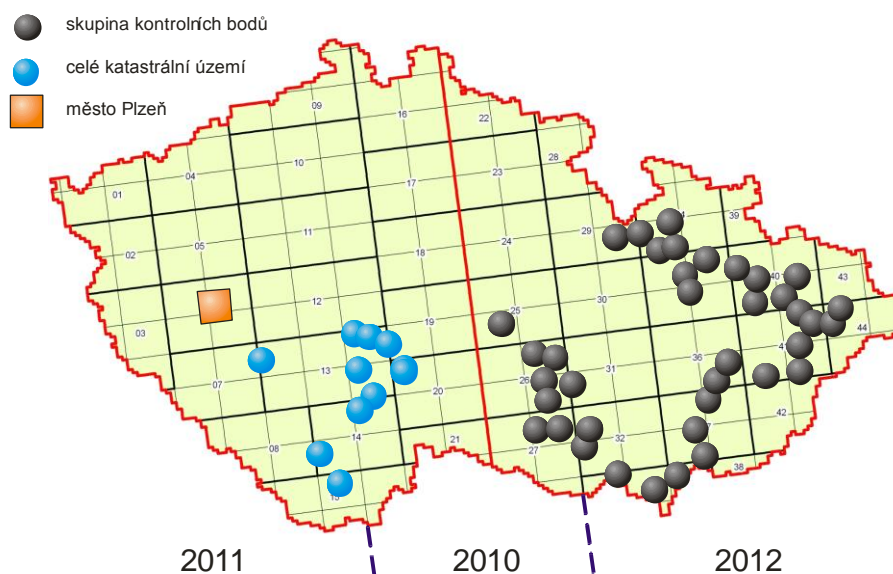
Výsledný grafický soubor ortofota pokrývá území 2,5 x 2 km, které je zobrazeno obrazovým rastrem 10 000 x 8 000 pixelů. Důležitou informací je, že umístovací soubor (viz oddíl 3) ***.tfw je vztažen k “severozápadnímu” rohu souboru, a to ke středu prvního pixelu o rozměru 0,25 m.**

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, kdy operátorky/operátoři otvírají jednotlivé soubory ortofot a kontrolují bezchybné uložení dat a pohledově kvalitu obrazu. Při této činnosti současně interaktivním způsobem s využitím software PhotoShop retušují drobné vady obrazu ortofota.

2 Parametry přesnosti produktu Ortofota ČR

Absolutní polohová přesnost produktu Ortofota ČR je systematicky ověřována, zejména po přechodu na rozměr pixelu na zemi 0,25 m v roce 2009 a přechodu na digitální letecké měřické snímkování v roce 2010. Sledování více parametrů přesnosti leteckých měřických snímků, výsledků digitální automatické aerotriangulace i finálního produktu je prováděno zejména v zeměměřickém odboru Pardubice ve spolupráci s oddělením geomatiky Fakulty aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni. Postupně se zvyšuje množství kontrolních bodů, které vstupují do hodnocení přesnosti Ortofota ČR. Rozsah ověřovacích zkoušek v letech 2010 až 2012 je znázorněn na obr. 3.



Obr. 3 Ověření přesnosti produktu Ortofota ČR v letech 2010 – 2011 – 2012

Parametry přesnosti Ortofota ČR, vyhotoveného v letech 2010 a 2011 v pásmu Střed a pásmu Západ, byly 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 $m_{XY} = 0,04$ m. Výsledky hodnocení jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5

Katastrální území (okres)	Rok LMS	počet bodů	c_Y [m]	c_X [m]	m_Y [m]	m_X [m]	m_{XY} [m]	ΔY_{max} [m]	ΔX_{max} [m]
Horusice (TA)	2010	27	- 0,07	0,03	0,14	0,18	0,16	- 0,32	- 0,37
Libějice (TA)		37	0,06	0,02	0,14	0,09	0,12	0,55	0,28
Pořín (TA)		23	0,11	- 0,09	0,19	0,19	0,19	0,43	0,44
Nemyšl (TA)		25	0,05	- 0,12	0,12	0,18	0,16	0,34	- 0,45
Prudice (TA)		17	0,04	- 0,11	0,12	0,17	0,15	0,24	- 0,40
Řípec (TA)		30	0,07	0,08	0,15	0,20	0,17	0,29	0,60
Sudoměřice(TA)		21	0,03	- 0,03	0,10	0,13	0,12	0,26	- 0,36
Rojšín (CK)	2011	19	- 0,13	0,04	0,19	0,14	0,17	- 0,35	0,35
Tchořovice (ST)		19	0,16	- 0,08	0,24	0,50	0,39	0,79	1,81
Střítež (CK)		22	0,09	- 0,09	0,20	0,16	0,18	0,68	- 0,36
		240	průměrné hodnoty		0,16	0,21	0,19 m = 0,8 pix (0,25 m)		

Použité druhy kontrolních bodů na ortofotu:

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

Zkoušky absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR s rozměrem pixelu 0,25 m na zemi, vyhotoveného z analogových snímků na filmu (speciální snímkování města Plzeň v roce 2008) po jejich naskenování a z digitálních snímků pořízených v roce 2011 na území města

Plzeň, byly založeny na výběru kontrolních bodů s kódem kvality 3 z digitální katastrální mapy (DKM), tj. se střední souřadnicovou chybou $m_{XY} = 0,14$ m. Výsledky hodnocení jsou uvedeny v tabulce 6. Z šetření vyplývá, že použitím digitálního snímkování byla zvýšena absolutní přesnost Ortofota ČR o 34 %.

Tabulka 6

Záznam obrazových dat	Počet bodů	c_Y [m]	c_X [m]	m_Y [m]	m_X [m]	m_{XY} [m]	ΔY_{max} [m]	ΔX_{max} [m]
barevný film 1: 16 650, 2008 skenováním pixel 0,020 mm	732	-0,17	0,08	0,36	0,33	0,35	1,88	- 1,67
digitální LMS 1: 33 000, 2011 přímý záznam pixel 0,006 mm	301	0,02	0,07	0,21	0,24	0,23	0,63	0,89
Zmenšení střední souřadnicové chyby Ortofota ČR přechodem na digitální LMS o 34%							0,23 m = 0,9 pixelu (0,25 m v území)	

Použité druhy kontrolních bodů na ortofotu:

- | | |
|--|---------------------------|
| ▶ roh budovy v úrovni terénu | ▶ roh zpevněné komunikace |
| ▶ roh plotu, zdi nebo podezdívky v úrovni terénu | ▶ roh obrubníku chodníku |

Pro rozsáhlé zkoušky Ortofota ČR, vyhotoveného v roce 2012 ve Východní polovině ČR, byly 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 7 v zásadě potvrzují závěry hodnocení uvedené v tabulce 5.

Tabulka 7

Zdroj / druh zkoušky přesnosti	operátor	počet bodů	c_Y [m]	c_X [m]	m_Y [m]	m_X [m]	m_{XY} [m]
Ortogonalizované LMS před mozaikováním Ortofota ČR	Ka.	92	0,033	0,046	0,181	0,214	0,198
ORTOFOTO ČR 2012	Šv.	90	0,02	-0,04	0,229	0,269	0,250
ORTOFOTO ČR 2012	Ka.	91	0,04	-0,05	0,195	0,232	0,215
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)

Z údajů shromážděných v tabulkách 5-7 vyplývají tyto závěry o absolutní polohové přesnosti produktu Ortofota ČR vyhotoveného z ortogonalizovaných digitálních leteckých měřických snímků počínaje rokem 2010:

- Díky transformaci bloků AAT (přímo na signalizované trigonometrické a zhušťovací body) je standardně dosahováno absolutní polohové přesnosti Ortofota ČR vyjádřené střední souřadnicovou chybou $m_{XY} = 0,25$ m, pokud jsou využity podrobné body typů uvedených v poznámkách k tabulkám 5–7.
- 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 a Ortofota ČR se tak stává aktuálním a homogenním polohopisným (mapovým) podkladem pro řadu náročných aplikací v rozsahu celého státního území.

3 Struktura dat a datové konvence

Data Ortofota ČR jsou poskytována v souborové struktuře, zpravidla ve formátu TIFF nebo JPEG. Současně s datovým souborem je poskytován tzv. umístovací soubor. 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. Pro jeho převod do souřadnicových referenčních systémů S-JTSK (EPSG:102067) nebo UTM 33N (EPSG:32633) jsou poskytovány umístovací soubory vztažené k příslušnému souřadnicovému referenčnímu systému.

Datové soubory jsou pojmenovány takto:

PPPPHH.RRRR.MMMMLL.tif, např. ORTO24.2012.PARD99.tif

Umístovací soubory jsou pojmenovány takto:

PPPPHH.RRRR.MMMMLL.tfw, např. ORTO24.2012.PARD99.tfw

kde:

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

Při poskytování dat z většího území jsou soubory 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.

Příklad celkové struktury:

ORTO24\2012\PARD\ORTO24.2012.PARD99.TIF

ORTO24\2012\PARD\ORTO24.2012.PARD99.TFW.

4 Dostupnost produktu Ortofoto ČR

Hlavní účely periodicky opakované tvorby produktu Ortofoto ČR byly zmíněny v Úvodu této technické zprávy. Zodpovědní správci uvedených celostátních úkolů (orgány MZe, ČÚZK, MO) a Národního geoportálu INSPIRE získávají příslušné datové sady *bezplatně z celého území České republiky*.

Další orgány státní správy a územní samosprávy získávají *bezplatně* Ortofoto ČR v rozsahu jejich *územní působnosti*, což vyplývá buď z příslušného zákona nebo na základě sepsané Smlouvy podle vnitřního předpisu. Například jde o data vyžádaná Pozemkovým úřadem v řízení o pozemkových úpravách a pro činnosti podle § 15 odst. 4 a § 20 odst. 1 zákona č. 139/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Školám registrovaným v České republice podle § 186 zákona č. 561/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů, se poskytují data *bezplatně v přiměřeném rozsahu* a ve zvoleném formátu pro výuku studentů, vyhotovení bakalářské, magisterské nebo semestrální práce (zpravidla do 10 mapových listů Základní mapy ČR 1: 10 000), a to na základě smlouvy uzavřené s vedením školy nebo příslušné fakulty vysoké školy.

Pro všechny uživatele bez omezení jsou k dispozici *veřejné prohlížečské služby WMS a WMTS na geoportálu ČÚZK* (<http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec>).

Podmínky získání produktu Ortofoto ČR *za úplatu* jsou podrobně popsány v dokumentu Výňatek z ceníku výkonů a výrobků ZÚ (<http://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/cenik.pdf>).

5 Další vhodné aplikace produktu Ortofoto ČR

5.1 Aplikace, které nevyžadují zvláštní nároky na absolutní polohovou přesnost ortofota

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, UTM, či WGS 84).

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 z družic (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 ortofota

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 jeho absolutní polohové přesnosti ve vztahu k okolním bodům základního a podrobného bodového pole, měřené velikostí úplné střední souřadnicové 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 i velmi kvalitní ortofoto méně nebo nanejvýše stejně přesné, takže může být použito *pouze k identifikaci změn* a dosud nezobrazených objektů, tedy při revizi katastrálního operátu.

Jiný je případ katastrální mapy *digitalizované* (typů KMD nebo dočasné účelové katastrální mapy), jejichž absolutní přesnost je i po digitalizaci vesměs sáhových map nebo vektorizaci orientačních map parcel do formy ÚKM evidentně nižší (střední souřadnicová chyba kolem 1 m a možný výskyt systematických posunů bloků parcel). V takovém případě je Ortofoto ČR s absolutní polohovou přesností charakterizovanou střední souřadnicovou chybou 0,20 – 0,25 m, spolehlivější a překrytím mohou být zjištěny systematické a hrubé polohové chyby katastrálních map takto digitalizovaných a georeferencovaných do souřadnicového referenčního systému S-JTSK.

Vysoké nároky na aktuálnost a přesnost ortofot mají orgány MZe při digitalizaci a správě zemědělských půdních celků, kdy od přesnosti ortofot se odvíjí přesnost určení ploch 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 bude spolehlivou součástí *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. Řada 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 je vždy 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, tak 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 vyžádat od ZÚ tzv. švy, které vymezují oblasti zobrazené na jednotlivých snímcích a ke kterým lze získat přesné datum a čas pořízení snímku, respektive oblastí ortofota.

Zpracovatelé Ortofota ČR jsou si vědomi, že množství kontrolních dat je omezené a 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>).