Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

VYUŽITÍ MULTISPEKTRÁLNÍCH SNÍMKŮ A DAT LIDAR PRO AKTUALIZACI ZABAGED

Diplomová práce

Bc. Marek POPP

Vedoucí práce RNDr. Jakub MIŘIJOVSKÝ, Ph.D.

Olomouc 2025

Geoinformatika a kartografie

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá problematikou automatické a poloautomatické detekce změn krajinného pokryvu za účelem aktualizace Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED®) s využitím metod dálkového průzkumu Země. Hlavním cílem je nalezení vhodných datových sad a nástrojů, které umožní efektivní detekci změn vybraných objektů ZABAGED®. Práce se zaměřuje především na stavební objekty, vodní toky a vegetační pokryv. V rámci práce byly analyzovány a testovány různé přístupy zpracování prostorových dat pomocí kombinace ortofot (Ortofoto ČR, CIR ortofoto) a výškových dat (LiDAR). Vybrané nástroje byly otestovány ve třech případových studiích na mapových listech JIHL84, KLAT35 a ZNOJ57 v kladu Státní mapy 1 : 5 000. Výsledkem práce jsou ověřené postupy umožňující automatizovaně generovat polygony označující změny, které mohou sloužit jako podklad pro plošnou (periodickou) aktualizaci ZABAGED®.

KLÍČOVÁ SLOVA

ZABAGED®; aktualizace; dálkový průzkum Země; detekce změn; ortofoto; letecké laserové skenování

Počet stran práce: 111

Počet příloh: 1 (z toho 1 volná)

ANNOTATION

The thesis addresses the issue of automatic and semi-automatic land cover change detection for the purpose of updating the Fundamental Base of Geographic Data of the Czech Republic (ZABAGED®), using remote sensing methods. The main goal is to identify suitable datasets and tools that enable efficient detection of changes in selected ZABAGED® features. The work primarily focuses on buildings, watercourses and vegetation cover. Various approaches to spatial data processing were analyzed and tested using a combination of orthophotos (Ortophoto of the Czech Republic, CIR orthophoto) and elevation data (LiDAR). The selected tools were tested in three case studies on map sheets JIHL84, KLAT35, and ZNOJ57 in the 1:5,000 State Map series. The result of the thesis is a set of verified procedures that allow for the automated generation of polygons indicating changes, which can serve as a basis for large-scale (periodic) updates of ZABAGED®.

KEYWORDS

ZABAGED®; update; remote sensing; change detection; orthophoto; airborne laser scanning

Number of pages 111

Number of appendixes: 1

Prohlašuji, že

- diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

- jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo,

- beru na vědomí, že Univerzita Palackého v Olomouci (dále UP Olomouc) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užívat (§ 35 odst. 3),

- souhlasím, že údaje o mé diplomové práci budou zveřejněny ve Studijním informačním systému UP,

- v případě zájmu UP Olomouc uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít výsledky a výstupy mé diplomové práce v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,

- použít výsledky a výstupy mé diplomové práce nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem UP Olomouc, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly UP Olomouc na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

Děkuji vedoucímu práce RNDr. Jakubovi Miřijovskému, Ph.D. za přínosné podněty a připomínky při vypracování diplomové práce.

Za poskytnutá data děkuji Českému úřadu zeměměřickému a katastrálnímu.

Děkuji Ing. Karlu Brázdilovi, CSc., řediteli Zeměměřického úřadu, a RNDr. Janě Pressové, ředitelce Odboru ZABAGED, za podporu studia při zaměstnání. Za konzultaci dat použitých v práci děkuji Mgr. Petru Dušánkovi, vedoucímu Oddělení správy dat a vývoje. Děkuji také Mgr. Janě Volné, vedoucí Oddělení distribuce a podpory, za konzultaci licencí k poskytnutým datům.

Velké poděkování rovněž náleží mé manželce Zuzaně za pochopení a oporu při celém studiu.

Zadání – 1. strana

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	**Bc. Marek POPP**
Osobní číslo:	**R22898**
Studijní program:	**N0532A330009 Geoinformatika a kartografie**
Téma práce:	**Využití multispektrálních snímků a dat LiDAR pro aktualizaci ZABAGED**
Zadávající katedra:	**Katedra geoinformatiky**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je nalezení postupů pro automatickou nebo poloautomatickou detekci změn pro aktualizaci datové sady ZABAGED. Student se bude zabývat zejména:

a) výběrem vhodných datových sad,

b) nalezením nebo vytvořením nástrojů pro automatickou nebo poloautomatickou detekci změn,

c) testováním nástrojů včetně odpovídajícího vyhodnocení,

d) vytvoření postupu pro detekci změn aktualizace datové sady ZABAGED.

Student současně otestuje různé přístupy a své metody otestuje na různých datových sadách nebo jejich kombinacích (letecké snímky v přirozených barvách, letecké snímky v NIR, laserová data). Pro zpracování DP budou využita data získaná z ČÚZK. Data si student zajistí samostatně.

Text práce student zpracuje v souladu se závaznou šablonou pro kvalifikační práce KGI. O diplomové práci student vytvoří webovou stránku a poster. Celou práci (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, poster a web) odevzdá student v digitální podobě na datové úložiště katedry. Do evidence STAG student odevzdá úplný text práce s přílohami, které určí vedoucí práce. Fyzicky student odevzdá výtisk posteru ve formátu A2 a přílohy určené vedoucím práce.

Rozsah pracovní zprávy:	**max. 50 stran**
Rozsah grafických prací:	**dle potřeby**
Forma zpracování diplomové práce:	**elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. LILLESAND, T., KIEFER, R., CHIPMAN, J. Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons, Inc., New York, 756 s., 2008.
2. CAMPBELL, J., B., WYNNE, R. H. Introduction to Remote Sensing. 5th ed. Guilford Press, New York, 667 s., 2011.
3. Pavelka, K. (2002). Fotogrammetrie 10, 2.přeprac. vyd. Praha: FSv ČVUT, 198 s.

Manuály programů Trimble Inpho a Agisoft

Voženílek, V. (2002): Diplomové práce z geoinformatiky. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc, UP, 31 s.

Vedoucí diplomové práce:	**RNDr. Jakub Miřijovský, Ph.D.** Katedra geoinformatiky

Zadání 2. strana

Datum zadání diplomové práce: **6. února 2023**
Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2024**

L.S.

doc. RNDr. Martin Kubala, Ph.D.
děkan

prof. RNDr. Vilém Pechanec, Ph.D.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 1. září 2023

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK **10**
ÚVOD **11**
1 CÍLE PRÁCE **12**
2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY **13**
3 METODY A POSTUP ZPRACOVÁNÍ **16**
4 VÝBĚR VHODNÝCH DATOVÝCH SAD **18**
4.1 Ortofoto ČR 18
4.2 CIR ortofoto 19
4.3 Data LiDAR 19
4.4 Vybrané objekty ZABAGED® 20
4.5 Zemědělské kultury LPIS 21
4.6 Výběr vhodného území 21
5 DETEKCE ZMĚN OBJEKTŮ ZABAGED **22**
5.1 Zpracování multispektrálních dat 22
5.1.1 Příprava vstupních dat 22
5.1.2 Řízená klasifikace 22
5.1.3 Hodnocení přesnosti klasifikace 25
5.2 Zpracování dat LiDAR 26
5.2.1 Vstupní data 26
5.2.2 Příprava dat 26
5.2.3 Vytvoření DMP a DMR 26
5.2.4 Výpočet rozdílového DMP 27
5.2.5 Vymezení zpracovávaného území 27
5.2.6 Odstranění šumu 27
5.2.7 Konverze do vektorového formátu 27
5.3 Postupy pro detekci změn objektů ZABAGED® 28
5.3.1 Detekce nových stavebních objektů 28
5.3.2 Detekce zbořených stavebních objektů 29
5.3.3 Detekce geometrie linií vodních toků 30
5.3.4 Detekce změny vegetace 30
5.4 Postup aktualizace ZABAGED® pomocí nástrojů detekce změn 31
6 PŘÍPADOVÁ STUDIE 1: JIHL84 ..... **32**
6.1 Použitá data 32
6.2 Zpracování multispektrálních dat 35
6.2.1 Per-pixel klasifikace 36
6.2.2 Objektově orientovaná klasifikace 41
6.3 Zpracování dat LiDAR 46
6.3.1 Rozdílový DMP 46
6.3.2 LAS klasifikace 47
6.4 Detekované změny objektů ZABAGED® 47

6.4.1 Detekce nových stavebních objektů ... 47
6.4.2 Detekce zbořených stavebních objektů ... 52
6.4.3 Detekce geometrie linií vodních toků ... 53
6.4.4 Detekce změny vegetace ... 54
7 PŘÍPADOVÁ STUDIE 2: KLAT35 ... 55
7.1 Použitá data ... 55
7.2 Zpracování multispektrálních dat ... 58
7.2.1 Per-pixel klasifikace ... 59
7.2.2 Objektově orientovaná klasifikace ... 64
7.3 Zpracování dat LiDAR ... 69
7.3.1 Rozdílový DMP ... 69
7.3.2 LAS klasifikace ... 70
7.4 Detekované změny objektů ZABAGED® ... 70
7.4.1 Detekce nových stavebních objektů ... 70
7.4.2 Detekce zbořených stavebních objektů ... 75
7.4.3 Detekce geometrie linií vodních toků ... 76
7.4.4 Detekce změny vegetace ... 76
8 PŘÍPADOVÁ STUDIE 3: ZNOJ57 ... 77
8.1 Použitá data ... 77
8.2 Zpracování multispektrálních dat ... 80
8.2.1 Per-pixel klasifikace ... 81
8.2.2 Objektově orientovaná klasifikace ... 86
8.3 Zpracování dat LiDAR ... 91
8.3.1 Rozdílový DMP ... 91
8.3.2 LAS klasifikace ... 92
8.4 Detekované změny objektů ZABAGED® ... 92
8.4.1 Detekce nových stavebních objektů ... 92
8.4.2 Detekce zbořených stavebních objektů ... 95
8.4.3 Detekce geometrie linií vodních toků ... 97
8.4.4 Detekce změny vegetace ... 98
9 VÝSLEDKY ... 99
10 DISKUZE ... 101
11 ZÁVĚR ... 103
POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE ... 104
PŘÍLOHY

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
CIR	kompozit v nepravých barvách (anglicky: Color InfraRed)
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DMP 1G	Digitální model povrchu 1. generace
DMR 5G	Digitální model reliéfu 5. generace
DPZ	dálkový průzkum Země
GUI	Grafické uživatelské rozhraní (anglicky: Graphical User Interface)
LAS	otevřený binární formát souboru navržený pro výměnu a archivaci dat lidarového mračna bodů (anglicky: Lidar LASer File Format)
LiDAR	laserová metoda DPZ (anglicky: Light Detection And Ranging)
LLS	letecké laserové skenování
LMS	letecké měřické snímky
m. l.	mapový list
NIR	blízké infračervené pásmo (anglicky: Near InfraRed)
SM5	Státní mapa v měřítku 1 : 5 000
SMD	státní mapové dílo
SVM	Klasifikátor Support Vector Machine
ÚHÚL	Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem
ZABAGED®	Základní báze geografických dat České republiky
ZTM 5	Základní topografická mapa 1 : 5 000
ZÚ	Zeměměřický úřad

ÚVOD

Aktualizace topografických databází na celostátní úrovni je tradičně náročný proces vyžadující značné lidské kapacity, čas a propracované metodické přístupy. V případě databáze ZABAGED® může jeden aktualizační cyklus trvat až 6 let. Vzhledem k rychle se měnícím podmínkám v krajině však roste tlak na to, aby ZABAGED® lépe odrážela aktuální stav. Uživatelé očekávají, že data budou co nejaktuálnější. Pro splnění těchto požadavků je nezbytné vyvinout moderní metodiku, která se zaměří na prioritní oblasti změn a zároveň bude schopna udržet potřebnou úroveň datové kvality.

Díky technologickému pokroku v posledních letech – zejména v oblasti dálkového průzkumu Země, algoritmů pro zpracování obrazu a metod strojového učení – se otevírá možnost realizovat automatizované postupy s vyšší přesností a nižšími náklady. Významně k tomu přispívá i dostupnost velmi kvalitních snímků z digitálních leteckých kamer vybavených NIR senzory.

Změny v krajině probíhají kontinuálně, a pokud má být ZABAGED® aktuální a spolehlivá, je nutné tyto změny pravidelně identifikovat a zaznamenávat. Ruční metody však nejsou z dlouhodobého hlediska udržitelné – jsou pomalé a závislé na odborné interpretaci. Automatizace se tak jeví jako nezbytný krok pro modernizaci celého procesu aktualizace.

Autor diplomové práce se věnuje v Zeměměřickém úřadě v Odboru ZABAGED kontrolám kvality dat ZABAGED®. Touto diplomovou prací chce podpořit zkvalitňování obsahu ZABAGED® nalezením nástrojů pro detekci změn objektů, které mohou umožnit rychlejší proces aktualizace ZABAGED®.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je nalezení postupů pro automatickou nebo poloautomatickou detekci změn krajinného pokryvu pro aktualizaci Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED®) pomocí metod dálkového průzkumu Země (DPZ). Práce sestává z výběru vhodných datových sad, nalezení nástrojů pro detekci změn krajinného pokryvu, testování nástrojů včetně odpovídajícího vyhodnocení a vytvoření postupu pro detekci změn pro aktualizaci ZABAGED®.

Hlavním záměrem práce je nalézt takové nástroje, které by spolehlivě a bez velkých zásahů uživatele detekovaly změny objektů ZABAGED®. Detekované změny by následně mohly být využity pro plošnou (periodickou) aktualizaci ZABAGED® při každodenní topografické práci. Výsledkem práce jsou nalezené postupy, kterými lze automatizovaně generovat polygony, které označují změny vybraných objektů ZABAGED®. Pro analýzy byly vybrány stavební objekty, vodní toky a vegetační pokryv.

V diplomové práci jsou otestovány různé přístupy zpracování prostorových dat. Metody byly otestovány na různých datových sadách a jejich kombinacích (Ortofoto ČR, CIR ortofoto a data LiDAR). Testování nástrojů proběhlo ve třech případových studiích. Pro zpracování diplomové práce byla využita především data získaná od Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK). O diplomové práci byly taktéž vytvořeny webové stránky a poster.

Cíl práce byl řešen v posloupnosti několika dílčích úkolů. Po prostudování odborné literatury byl proveden výběr vhodných datových sad, které byly získány a následně použity pro účely diplomové práce. Poté byly nalezeny nástroje pro automatickou detekci změn vybraných objektů ZABAGED®. Tyto nástroje byly testovány ve třech případových studiích na mapových listech JIHL84, KLAT35 a ZNOJ57 v kladu Státní mapy 1 : 5 000 (SM 5). Výsledkem práce jsou postupy pro detekci změn pro plošnou (periodickou) aktualizaci vybraných objektů ZABAGED®.

Tento postup umožní detekovat změny v aktualizovaném území při topografických pracích při plošné (periodické) aktualizaci ZABAGED®. Detekované změny objektů ZABAGED® mohou podpořit topografické práce a následně mohou být nápomocny při kontrole kvality aktualizovaného území před publikací dat ZABAGED®.

2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Tato kapitola seznamuje s problematikou aktualizace ZABAGED® a prácemi na téma automatickou detekci změn pro aktualizaci map včetně zahraničních mapových děl.

ZABAGED®

Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED®) je trvale aktualizovaný vektorový geografický digitální model území České republiky, který spravuje Zeměměřický úřad (ZÚ) podle zákona č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením. Obsah ZABAGED® je určen vyhláškami č. 31/1995 Sb., č. 92/2005 Sb., č. 383/2015 Sb. a č. 156/2023 Sb.

Seznam typů objektů ZABAGED® včetně jejich definic, atributů, zdrojů dat, způsobu geometrického vyjádření, polohové přesnosti a dalších vlastností je uveden v Katalogu objektů ZABAGED® (ZÚ, 2024a) a v jeho webové verzi (ZÚ, 2024b). Podrobné charakteristiky všech spravovaných objektů, pokyny ke klasifikaci a vzájemné topologické vztahy mezi objekty ZABAGED® jsou popsány v interním dokumentu Upřesnění objektů ZABAGED®, který je určen pracovníkům Odboru ZABAGED a Odboru správy a rozvoje IS zeměměřictví (ZÚ, 2025c).

Obsahem ZABAGED® je 144 objektů s více než 400 popisnými atributy. Polohopisná část je členěna do 8 kategorií: Sídla, hospodářské a kulturní objekty, Komunikace, Rozvodné sítě a produktovody, Vodstvo, Územní jednotky včetně chráněných území, Vegetace a povrch, Terénní reliéf a Geodetické body (ZÚ, 2024a).

Základní geometrickou reprezentací v ZABAGED® jsou bod, linie a plocha (útvar). Jejich geometrické určení vyjadřuje způsob vektorového zobrazení jednotlivých objektů, pro které jsou v datovém modelu přesně stanovena pravidla jejich geometrického vyjádření. Některé objekty mohou mít v závislosti na své velikosti dvě různé reprezentace, které jsou určeny na základě velikostních kritérií stanovených pro jednotlivé objekty.

Data ZABAGED slouží jako podklad pro tvorbu Základních topografických map měřítek 1 : 5 000 až 1 : 250 000, pro datovou strukturu Infrastruktury pro prostorové informace v Evropském společenství (Infrastructure for Spatial Information in Europe; INSPIRE) a pro připravovaný Vojenský model území.

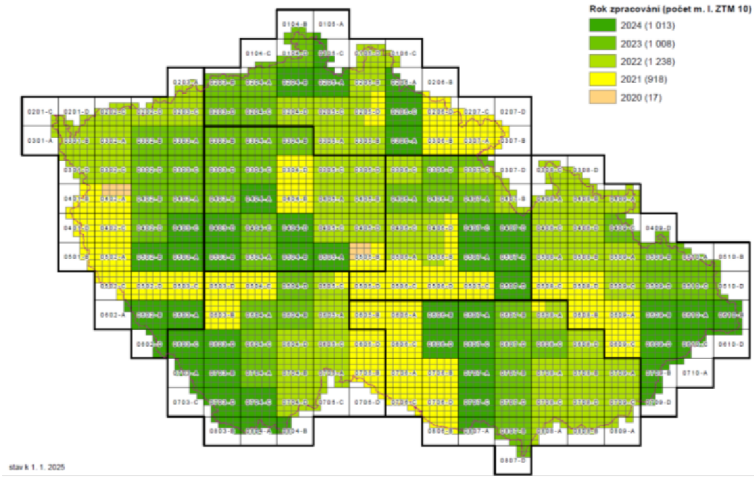
ZABAGED® využívá geodetický referenční systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) a výškový systém Baltský – po vyrovnání (Bpv) v souladu s nařízením vlády č. 430/2006 Sb., o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání (ZÚ, 2025b).

Aktualizace ZABAGED®

Aktualizace ZABAGED® je zajišťována dvěma základními způsoby:

Průběžný (periodický) způsob aktualizace spočívá v pravidelné celoplošné aktualizaci objektů na základě dat dálkového průzkumu Země, veřejně dostupných internetových zdrojů, šetření vybraných informací u místních orgánů veřejné správy a terénního šetření (ZÚ, 2025c). Dle vyhlášky č. 31/1995 Sb. má probíhat cyklus aktualizace celého území do 6 let. Rokem 2025 končí 6. cyklus plošné aktualizace. V současné době probíhá aktualizace ZABAGED® v celém území ČR ve 4letém intervalu (ZÚ, 2025e). Výdej dat ZABAGED® je pravidelně plánován k začátku čtvrtletí. Stav plošné aktualizace ZABAGED® ke konci roku 2024 je zobrazen na Obr. 1. Zakreslování, mazání a editace objektů ZABAGED® je prováděna v aplikačním programovém vybavení AVP ZABAGED® (Šíma, 2016). Podrobný

popis plošné aktualizace ZABAGED® je sepsán v interním dokumentu Pracovní postupy plošné aktualizace ZABAGED®, který je určen pro vedoucí oddělení, garanty objektů, kontrolory, topografy a operátory v Odboru ZABAGED (ZÚ, 2025a).



Obr. 1 Přehled stavu plošné aktualizace dle roku jejího zpracování ke konci roku 2024 (zdroj: ZÚ, 2025g)

Další metodou je **průběžný způsob aktualizace**, kdy jsou informace o změnách vybraných objektů získávány z externích databází primárních správců dat. Využívány jsou taktéž výstupy z informačních systémů veřejné správy. Seznam objektů ZABAGED®, které byly aktualizovány průběžnou aktualizací ZABAGED® v roce 2024, je uveden v dokumentu Stav průběžné aktualizace ZABAGED® (ZÚ, 2025k).

Automatická detekce změn pro aktualizaci map

Možnostem aktualizace ZABAGED® pomocí obrazových a LiDAR dat se věnovali především čeští autoři, kteří se zaměřili na detekci změn vybraných objektů této databáze. Zahraniční autoři pak pracovali na automatizované aktualizaci obdobných národních prostorových databází, čímž vzniká komplexní pohled na možnosti modernizace topografických dat jak v tuzemsku, tak v zahraničí.

V českém prostředí lze nalézt řadu prací zabývajících se využitím dat leteckého laserového skenování (LLS) a digitálního modelu terénu (DMT) pro aktualizaci jednotlivých vrstev ZABAGED®. Například Leimerová (2011) se ve své diplomové práci zaměřila na detekci kótovaných bodů, vrstevnic, vodních toků, cest a terénních hran pomocí DMT vytvořeného z dat LLS pro oblast NP České Švýcarsko. Hron (2019) se ve své disertační práci zabýval využitím leteckých dat pro aktualizaci budov v ZABAGED®. Navrhl metodu automatické rekonstrukce modelů střech na základě bitemporálních multispektrálních digitálních LMS, které využil ve formě ortofotosnímků a DMP z obrazové korelace. Porovnáním těchto dat identifikoval změny, přičemž spektrálním vyhodnocením vegetace a analýzou směru stínů eliminoval šum.

Na praktické aplikace zaměřená Závěrečná zpráva Zpřesnění komunikací, vodstva, bodů a čar terénní kostry s využitím dat LLS shrnuje stav před zahájením zpřesňování, použité podklady (DMR 5G), způsob zpracování a výsledky dosažené v letech 2012–2019 (ZÚ, 2020). S tím souvisí i technická zpráva Zhodnocení polohové přesnosti vybraných kategorií a typů objektů ZABAGED® (ZÚ, 2019), která prezentuje výsledky geodetického ověření přesnosti aktualizovaných dat.

Další čeští autoři se zaměřili na specifické vrstvy ZABAGED® nebo konkrétní typy změn. Dušánek (2008) se věnoval tvorbě DMR z LLS dat pro výškopisnou aktualizaci, Peterková

(2015) detekovala vodní toky a Kutišová (2019) pracovala s aktualizací silniční sítě. Kuchařová (2013) pak zkoumala klasifikaci silniční sítě kombinací LLS a optických dat. Specifické prostředí zkoumaly například Sedláčková (2010) v lesních porostech nebo Jebavá (2014) v agrární krajině Krkonoš. Změny v zastavěném území pak mapovala Vostracká (2008).

Vedle LLS dat byla pozornost věnována i jiným zdrojům. Horák (2023) využil obrazovou korelaci z leteckých měřických snímků k tvorbě digitálního modelu povrchu. Na efektivitu a automatizaci aktualizace se soustředila Kopalová (2007), která navrhla poloautomatickou metodu aktualizace topografických map s využitím LMS, čímž se zařadila mezi průkopníky časově úsporných metod zpracování dat.

Zahraniční výzkum se rovněž intenzivně věnuje automatické detekci budov a jejich změn. Matikainen a kol. (2010) prezentovali vysokou úspěšnost (96 %) při detekci budov větších než 60 m² z dat leteckého laserového skeneru a snímků. Awrangjeb (2015) navázal vývojem nástroje pro detekci a aktualizaci budov z mračna bodů LiDAR, přičemž významně snížil nutnou lidskou interakci. Malpica a kol. (2013) pak využili SVM klasifikátor pro extrakci budov ze satelitních a LiDAR dat.

Další metody detekce budov z LLS dat byly popsány již Swirskim a kol. (2004), kteří představili dva algoritmy – rychlý pro detekci bloků budov a přesnější pro rozlišení těsně sousedících objektů. Pro mapování vegetace pomocí LiDAR a CIR ortofota využili Hellesen a Matikainen (2013) klasifikátor CART. Objektově orientovanou klasifikaci z multispektrálního LLS v příměstských oblastech testovali Matikainen a kol. (2017) s celkovou přesností 96 %.

Zajímavý přístup představili Keinan a kol. (2016) při automatické aktualizaci Národní topografické databáze Izraele, který kombinoval vysoce detailní DMP, multispektrální klasifikaci a algoritmy pro hodnocení tvaru geografických objektů. Metodu založenou na radarových snímcích SAR a hlubokém učení aplikovali Li a kol. (2019) pomocí U-Net sítě na detekci městských budov. Data SAR pro detekci krajinných změn a aktualizaci map využil také Carbone a kol. (2016), kde byly uplatněny neuronové sítě a perceptrony v prostředí dat COSMO-SkyMed.

Vliv sezónních změn na přesnost klasifikace analyzovali Karila a kol. (2019), kteří dosáhli nejvyšší přesnosti při použití multispektrálních LLS dat z bezlistého období. K objektově orientované klasifikaci silnic využili klasifikátor Random Forest, přičemž dosáhli přesnosti přes 96 %, čímž potvrdili význam výběru optimálního období pro sběr dat.

3 METODY A POSTUP ZPRACOVÁNÍ

Tato kapitola seznamuje s použitými metodami, popisuje použitá data a programy, ve kterých bylo řešení zpracováno, a uvádí postup zpracování diplomové práce.

Použité metody

Při řešení cíle diplomové práce byly využity různé geoinformační metody pro detekci změn vybraných objektů ZABAGED®. Pro detekci změn vegetace byla použita řízená klasifikace multispektrálních rastrových dat, a to jak na úrovni jednotlivých pixelů (per-pixel klasifikace), tak segmentů (objektově orientovaná klasifikace). Pro analýzu změn stavebních objektů byly vytvořeny rozdílové digitální modely povrchu (DMP) na základě prvního návratu laserového paprsku z dat leteckého laserového skenování (LLS) vždy pro dvě po sobě jdoucích časových období. Paralelně byl generován aktuální DMR z posledního návratu, který sloužil ke zjištění geometrie jednočarých vodních toků. Z mračna bodů LLS klasifikovaného metodami hlubokého učení byly využity automatizovaně rozpoznané stavební objekty. Detekované změny nových nebo zaniklých objektů či jejich změn byly následně převedeny do vektorové podoby ve formě polygonů, aby mohly být snadno připojeny do APV ZABAGED®, ve kterém mohou být takto označená místa dále ověřena a v případě potřeby editována.

Použitá data

Pro práci byla využita multispektrální data a data LiDAR. Pro analýzu obrazových dat bylo vybráno Ortofoto ČR v přirozených barvách (RGB) a CIR ortofoto (včetně blízkého infračerveného pásma (NIR)), zpracované Národním lesnickým institutem (NLI) z dat ČÚZK, která pořizuje ZÚ při LMS. Tato ortofota byla spojena v rastrový kompozit obsahující modré, zelené a červené viditelné pásmo a blízké infračervené NIR pásmo. Dále byla zpracována data LLS ve formě klasifikovaného mračna bodů a vybrané objekty ZABAGED®, které byly podrobeny detekci změn. Jako pomocné vrstvy byly využity klady mapových listů SM 5, resp. ZTM 5. Licenční podmínky použitých dat jsou uvedeny v kapitole 4.

Použité programy

Ke zpracování dat byl využit zejména software ArcGIS Pro (verze 3.4.2) od společnosti Esri. Klíčové byly nástroje z toolboxů Image Analyst, Spatial Analyst a 3D Analyst, které sloužily k řízené klasifikaci, ke zpracování dat LLS a ke konečné detekci změn vybraných objektů ZABAGED®. V software ArcGIS Pro byla také provedena vizualizace výstupů. Studijní licence byla poskytnuta Katedrou geoinformatiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

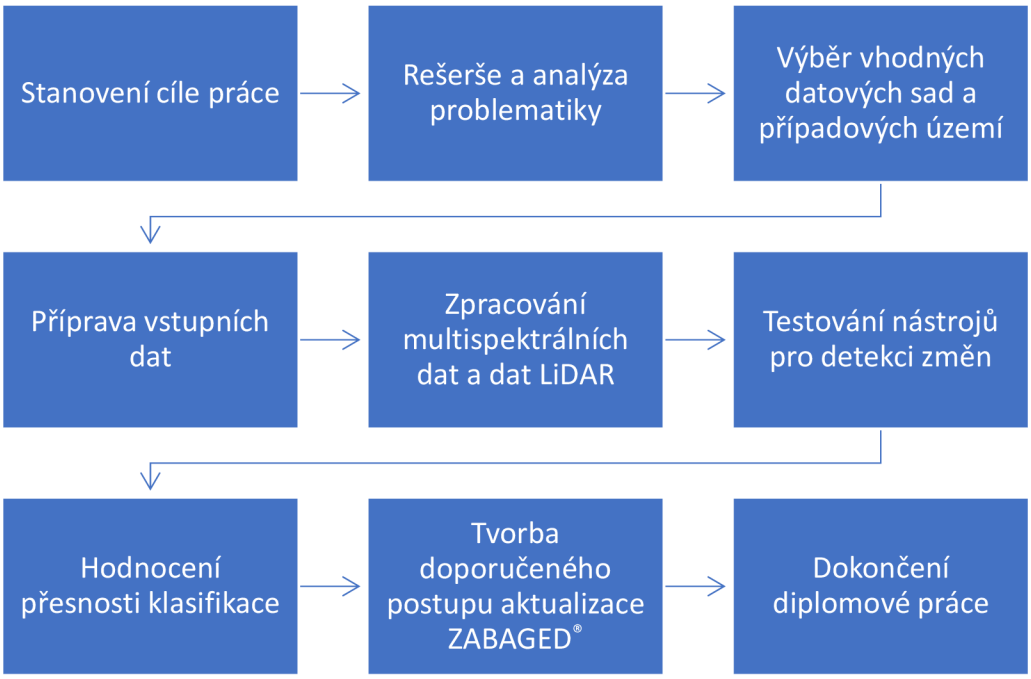
Pro přípravu práce s mračny bodů byl využit open-source software CloudCompare (verze 2.13.2), v němž probíhal ořez o odlehlé hodnoty (tzv. outliery), které byly součástí vstupních dat z důvodu chybného měření. Software je dostupný pod licencí GNU General Public Licence (CloudCompare, 2025).

Pro tvorbu tabulek, grafů a chybových matic byl využit Microsoft Excel ze sady Microsoft Office, dostupný prostřednictvím studijní licence Univerzity Palackého v Olomouci.

Postup zpracování

Zpracování diplomové práce probíhalo v několika krocích. Po vymezení cíle práce následovala rešerše literatury a výběr vhodných datových sad a studovaných území. Byla zpracována multispektrální data a data LiDAR a byly testovány různé nástroje pro detekci změn vybraných objektů ZABAGED®. Tyto nástroje byly ověřeny ve třech případových studiích (mapové listy JIHL84, KLAT35 a ZNOJ57 v kladu SM 5). Hodnocení přesnosti řízené klasifikace bylo provedeno na základě 12 000 náhodně vygenerovaných bodů, u nichž byla manuálně ověřena správnost klasifikace na podkladovém ortofotu. Z těchto dat byly sestaveny chybové matice a porovnána úspěšnost jednotlivých metod.

Na základě výsledků byl navržen doporučený postup pro detekci a aktualizaci vybraných objektů ZABAGED®, a to postup pro detekci nových a zbořených stavebních objektů, změn geometrie vodních toků a změn vegetačního pokryvu. Diplomová práce byla zakončena sepsáním textové části, grafickým zpracováním výstupů, tvorbou posteru a webové prezentace a následnou obhajobou. Postup zpracování diplomové práce je graficky znázorněn na Obr. 2.



Obr. 2 Vývojový diagram postupu zpracování diplomové práce

4 VÝBĚR VHODNÝCH DATOVÝCH SAD

Tato kapitola se zaměřuje na výběr a popis použitých datových sad. Pro zpracování diplomové práce byly využity Ortofoto ČR, CIR ortofoto, data LiDAR, vybrané objekty ZABAGED® a zemědělské kultury LPIS. V následujících podkapitolách jsou popsány vlastnosti těchto dat, jejich prostorové rozlišení a další specifikace. V závěru kapitoly je také popsán výběr vhodného území pro případové studie, který vychází z analýzy pořízení vstupních multispektrálních a dat LLS.

4.1 Ortofoto ČR

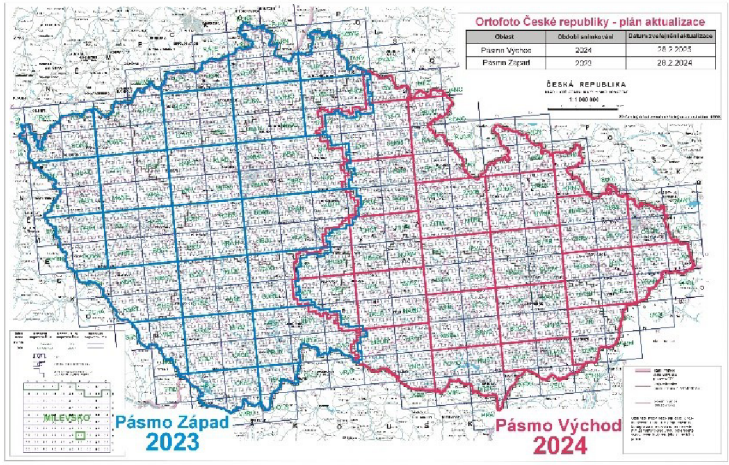
Ortofoto ČR bylo v diplomové práci využito pro vytvoření rastrového kompozitu modré, zelené a červené viditelné pásmo a blízké infračervené NIR pásmo. Konkrétně bylo použito modré viditelné pásmo. Tento kompozit byl využit při řízené klasifikaci, která byla použita pro detekci vegetace.

Ortofoto České republiky (Ortofoto ČR) představuje periodicky aktualizovanou sadu barevných ortofot, které zobrazují zemský povrch v rozměrech a kladu mapových listů Státní mapy 1 : 5 000 (SM 5), tj. v kladu (Základní topografické mapy 1 : 5 000 (ZTM 5). Jedná se o georeferencované ortofotografické zobrazení, které vzniká diferenciálním překreslením (ortogonalizací) leteckých měřických snímků. Při této transformaci jsou odstraněny posuny způsobené perspektivním zobrazením území s výškovou členitostí. Výsledné ortofoto je barevně vyrovnané a zdánlivě bezešvé, přičemž švy mezi jednotlivými snímky jsou vedeny po přirozených liniích, zpravidla mimo stavby a homogenní plochy (ZÚ, 2025h).

Letecké měřické snímky (LMS) zachycují území ČR. Snímky pořízené v letech 1936 až 2002 vznikly pod záštitou Ministerstva obrany ČR, resp. jeho předchůdců. Mezi lety 2003 a 2010 byly barevné LMS digitalizovány z analogových materiálů ve spolupráci mezi ČÚZK a Ministerstvem obrany. Od roku 2010 se již pořizují digitální barevné snímky, které kromě viditelného spektra obsahují i záznam v blízkém infračerveném (NIR) pásmu. V současné době se každoročně pořizují nové snímky zhruba pro polovinu rozlohy České republiky. Tyto snímky vznikají metodou centrální projekce, a proto se nejedná o ortofotosnímky. Nelze je tedy použít pro přesné určování prostorových vztahů mezi geografickými objekty (ZÚ, 2025f).

Od roku 2003 zajišťuje tvorbu Ortofota ČR Zeměměřický odbor Pardubice Zeměměřického úřadu ve spolupráci s Vojenským geografickým a hydrometeorologickým úřadem (VGHMÚř) na základě dohody Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK) a Ministerstva obrany (MO). Do projektu se zapojuje i Ministerstvo zemědělství (MZe).

V letech 2003 až 2011 bylo území ČR snímkováno analogově ve tříletém intervalu po poledníkových pásech zahrnujících přibližně třetinu území ČR s rozlišením 0,50 m. Snímky byly pořizovány na film a následně převáděny do digitální podoby. V roce 2009 bylo ve východním pásmu zvýšeno rozlišení na 0,25 m a od roku 2010 byla nasazena digitální technologie UltraCamX, čímž byla do roku 2011 pokryta celá ČR ortofotem s rozlišením 0,25 m. Od roku 2012 probíhá snímkování a aktualizace Ortofota ČR v dvouletém cyklu, kdy je každoročně pokryta přibližně polovina území ČR. Do roku 2019 bylo území ČR rozděleno na pásma „Západ“ a „Východ“, od roku 2020 je toto rozdělení upraveno dle hranic krajů tak, aby orgány veřejné správy měly vždy k dispozici aktuální ortofoto celého svého kraje. Na Obr. 3 je znázorněn plán aktualizace Ortofota ČR v letech 2023-2024.



Obr. 3 Plán aktualizace Ortofota ČR v letech 2023-2024 (zdroj: ZÚ, 2024d)

S vývojem technologií se postupně zlepšovalo prostorové rozlišení a polohová přesnost ortofot. V letech 2016–2020 bylo rozlišení zvýšeno na 0,20 m a od roku 2021 na 0,125 m. Od roku 2021 jsou používány moderní digitální měřické kamery Vexcel UltraCam Eagle MARK3 a Leica DMC III (ZÚ, VGHMÚř, 2025a).

Ortofoto ČR se distribuuje v rastrových grafických formátech JPEG2000 v barevné škále 8 bitů, doplněných o souřadnicové informace ve formě JGW souborů pro systém S-JTSK (ZÚ, 2025ch).

4.2 CIR ortofoto

CIR ortofoto ČR bylo společně s Ortofotem ČR v této práci využito pro vytvoření rastrového kompozitu pro detekci změn vegetace. Z CIR ortofota byla využita všechna pásma.

CIR ortofoto ČR je dostupné od roku 2010. Snímky z let 2010 až 2012 mají prostorové rozlišení 0,5 metru na pixel, v období 2013 až 2017 se zvýšila přesnost na 0,25 metru a od roku 2018 je velikost pixelu 0,2 metru. CIR ortofoto je vytvářeno z leteckých měřických snímků (LMS), přičemž spektrální pásma jsou upravena tak, že je červené pásmo nahrazeno blízkým infračerveným NIR pásmem, zelené pásmo červeným a modré zeleným. CIR ortofoto je vytvářeno pro Národní lesnický institut (NLI), který podle NLI (2025) navazuje na činnost bývalého Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem (ÚHÚL). CIR ortofoto je vytvářeno ze stejných LMS, ze kterých je vytvářeno Ortofoto ČR. CIR ortofoto nachází hlavní využití především při vyhodnocení stavu vegetace. Zdravá vegetace se na CIR ortofoto zobrazuje sytě červenou barvou (ZÚ, 2025i).

CIR ortofoto bylo pro potřeby této diplomové práce poskytnuto Zeměměřickým úřadem na základě Žádosti o souhlas s poskytnutím dat ke studijním účelům.

4.3 Data LiDAR

Data LiDAR byla využita pro detekci nových a zbořených stavebních objektů ZABAGED® a pro detekci geometrie os vodních toků ZABAGED®. Dostupnost dat LLS byla pro účely diplomové práce velmi limitující, neboť data pro poslední roky pokrývají malé území ČR a jen zřídka se překrývají v různých letech pořízení. Právě nejnovější a předposlední dostupná data pro stejné území byla hlavní podmínkou pro výběr území pro případové studie. Na některých mapových listech, které byly vybrány pro analýzu v této

diplomové práci, chybí malá část dat na okraji mapového listu. Tento nedostatek je pro výsledky práce zanedbatelný.

Letecké laserové skenování (LLS) bylo prováděno systémem LiteMapper 6800 s využitím leteckého laserového skeneru RIEGL LMS – Q680 a technologiemi pro autonomní určování polohy skeneru GPS (Global Positioning System) a IMU (Intertial Measurement Unit) jako podklad pro Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G) a Digitální model povrchu České republiky 1. generace (DMP 1G), které vznikly jako výsledek společného projektu Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK), Ministerstva obrany České republiky (MO) a Ministerstva zemědělství České republiky (MZe). Pro pořízení LLS se využíval speciálně upravený letoun typu L 410 FG patřící MO.

Samotné skenování probíhalo z průměrné výšky 1200 m nebo 1400 m nad střední rovinou terénu v jednotlivých blocích podle realizačního projektu a v závislosti na vzrůstu vegetace. Bloky, které měly podobnou výškovou členitost a nacházely se v obdobné nadmořské výšce, byly spojovány do bloků o délce maximálně 60 kilometrů a šířce přibližně 10 kilometrů. Skenování oblasti „Střed“ probíhalo v roce 2010. Oblast „Západ“ byla snímána v roce 2012 a skenování oblasti „Východ“ se uskutečnilo v roce 2013.

Při měření výšek byla u jednotlivých bodů také zaznamenána informace o charakteristice povrchu v době pořízení LLS. Úspěšnost automatizovaného postupu klasifikace výškových bodů byla v době bez rozvinuté vegetace 90 %. V pozdějších termínech LLS v období červen-září se uspěšnost automatického zatřídění dat pohybovala pouze mezi 30-40 %. Chybně zařazené body byly při vizuální kontrole dat opravovány v software DT Master od společnosti INPHO GmbH (ZÚ, VGHMÚř, 2016a, 2016b).

Data LiDAR byla pro potřeby této diplomové práce poskytnuta Zeměměřickým úřadem na základě Žádosti o souhlas s poskytnutím dat ke studijním účelům.

4.4 Vybrané objekty ZABAGED®

Objekty ZABAGED® byly pro analýzy provedené v diplomové práci vybrány s ohledem na skutečnost, jakým způsobem jsou v ZABAGED® aktualizovány. Výběr se zaměřil na objekty ZABAGED®, které jsou aktualizovány plošnou (periodickou) aktualizací ZABAGED®. K analýzám byly vybrány stavební objekty, vodní toky a vegetační pokryv, který není aktualizován průběžnou aktualizací ZABAGED®. Konkrétní vybrané objekty ZABAGED® jsou uvedeny v Tab. 1-3.

Data ZABAGED® byly staženy ke stavu ke dni 23. 12. 2024. Detekce změn objektů ZABAGED® se soustředí na aktualizaci současného stavu objektů ZABAGED®, a proto není potřeba analyzovat starší stav objektů ZABAGED®.

Pořadové číslo	Typ objektu	Kód typu objektu	Geometrické určení objektu
1.02	BUDOVA JEDNOTLIVÁ NEBO BLOK BUDOV	AL015, AL015P	obvodová linie nebo bod
1.09	KŮLNA, SKLENÍK, FÓLIOVNÍK, PŘÍSTŘEŠEK	AL019	obvodová linie
1.12	CHLADICÍ VĚŽ	AF030	obvodová linie
1.13	NADZEMNÍ ZÁSOBNÍ NÁDRŽ	AM070	obvodová linie
1.19	ROZVALINA, ZŘÍCENINA	AL200	obvodová linie
1.43	HRAD	AL375	obvodová linie
1.44	ZÁMEK	AL371	obvodová linie
1.45	VĚŽOVITÁ STAVBA	AL220	obvodová linie
1.46	TRIBUNA	AK110	obvodová linie
1.47	STAVEBNÍ OBJEKT ZAKRYTÝ	AL250	obvodová linie
1.48	POZEMNÍ NÁDRŽ	BH041	obvodová linie

Tab. 1 Vybrané stavební objekty ZABAGED® z kategorie Sídla, hospodářské a kulturní objekty.

Pořadové číslo	Typ objektu	Kód typu objektu	Geometrické určení objektu
4.02	VODNÍ TOK	BH140	linie – osa toku

Tab. 2 Vybraný objekt ZABAGED® z kategorie Vodstvo.

Pořadové číslo	Typ objektu	Kód typu objektu	Geometrické určení objektu
6.07	LESNÍ PŮDA SE STROMY	EC015 (NF106)	centroid plochy, (plocha)
6.08	LESNÍ PŮDA S KŘOVINATÝM POROSTEM	EB020 (NF107)	centroid plochy, (plocha)
6.09	LESNÍ PŮDA S KOSODŘEVINOU	EB021 (NF108)	centroid plochy, (plocha)
6.10	OKRASNÁ ZAHRADA, PARK	EA060 (NF109)	centroid plochy, (plocha)

Tab. 3 Vybrané objekty ZABAGED® z kategorie Vegetace a plochy.

Od 1. 7. 2023 jsou souborová data ZABAGED® poskytována ve vybraných formátech stahovacími službami ATOM bezplatně na základě licence Creative Commons BY 4.0, která umožňuje jejich volné použití při uvedení zdroje a roku vzniku. (ZÚ, 2024c).

4.5 Zemědělské kultury LPIS

Při analýzách detekce změn vegetace je používána datová sada zemědělských kultur LPIS pro vyřazení těchto ploch z výsledné vrstvy, protože zemědělské kultury LPIS slouží jako podklad pro průběžnou aktualizaci ZABAGED®. Data LPIS byla stažena ke stavu ke dni 31. 12. 2024.

Veřejný registr půdy LPIS je geografický informační systém primárně vytvořený pro evidenci využití zemědělské půdy. Hlavním účelem LPIS je vedení údajů v žádostech o dotace poskytovaných ve vazbě na zemědělskou půdu. Data LPIS jsou poskytována jako úřední dílo a jsou přístupná na základě zákona č. 252/1997 Sb., o zemědělství (MZe, 2025).

4.6 Výběr vhodného území

Výběr vhodného území pro případové studie byla stěžejní část diplomové práce. Nevhodně vybrané území by mohlo mít za následek chybnou interpretaci výsledků nebo přímo nemožnost testování detekce změn objektů se smysluplným výsledkem. Proto bylo této části věnováno velké množství času. Vybrané mapové listy musely mít vyhovující podmínky pro testování nalezených nástrojů automatické detekce změn objektů ZABAGED®. Mapové listy byly vybrány vybrány s ohledem na vegetační fáze, které se vyskytují při pořizování LMS. Například rostoucí a zralé obilí, neposekané louky nebo sklizené zemědělské pozemky. Studované oblasti také musely vykazovat velké změny a různé typy krajinného pokryvu, jako například městskou, zemědělskou, lesnatou krajinu.Nejvíce limitujícím faktorem byla dostupnost dvou verzí dat pořízených LLS. Aktualizace ZABAGED® v současné době probíhá ve 4letých intervalech, proto časový odstup pořízení dat by měl být podobný. LMS pro Ortofoto ČR a CIR ortofoto jsou dostupné ve dvouletých intervalech, proto se výběr území zaměřil na dostupnost dvou po sobě jdoucích LLS v území, které je v blízké době určeno k aktualizaci dle Plánu plošné (periodické) aktualizace ZABAGED®, který je zveřejněn na Geoportálu ČÚZK (ZÚ, 2025j).

Konkrétní výběr mapových listů je uveden v Tab. 4. Rozloha každého m. l. činí 5 000 000 m^2.

SM 5	pásmo	aktualizace ZABAGED	datum pořízení LMS	datum pořízení LLS
KLAT35	západ	23.11.2021	14.06.2021, 31.05.2023	28.03.2022, 19.02.2025
ZNOJ57	východ	28.05.2021	07.05.2020, 03.06.2022	09.04.2021, 17.10.2023
JIHL84	východ	26.07.2021	09.05.2020, 20.05.2022	16.03.2020, 02.03.2023

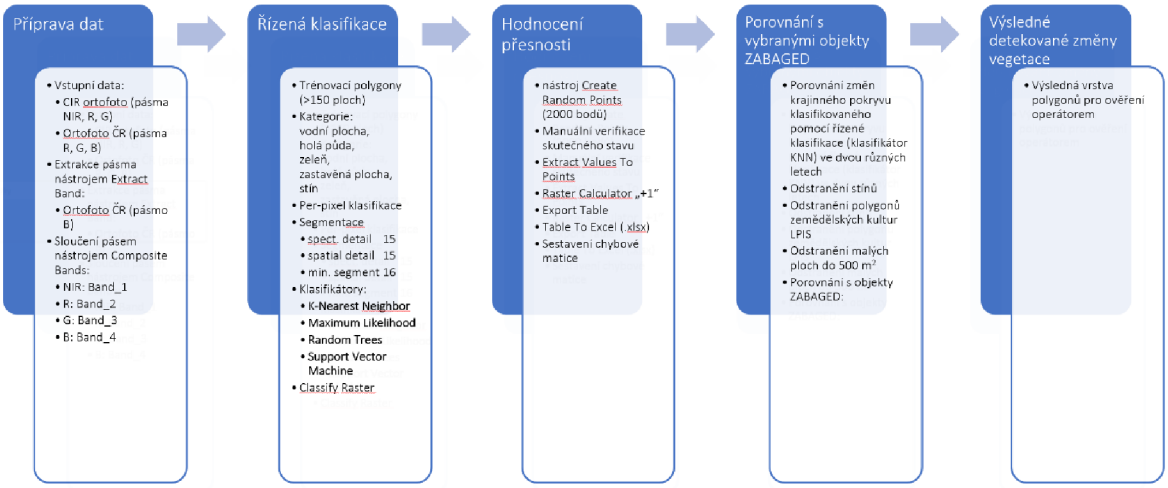
Tab. 4 Výběr m. l. pro případové studie.

5 DETEKCE ZMĚN OBJEKTŮ ZABAGED

Kapitola popisuje zpracování multispektrálních dat a dat LiDAR, postupy pro detekci změn objektů ZABAGED® a proces aktualizace ZABAGED® pomocí nalezených nástrojů detekce změn.

5.1 Zpracování multispektrálních dat

V následujících podkapitolách je popsán kompletní proces zpracování multispektrálních dat od přípravy vstupních dat, přes kompletní proces řízené klasifikace až po vyhodnocení přesnosti klasifikace. Zpracování dat proběhlo v software ArcGIS Pro. Schéma celého procesu je zobrazeno na Obr. 4.



Obr. 4 Postup zpracování multispektrálních dat.

5.1.1 Příprava vstupních dat

Nejdříve bylo nutné vytvořit rastrový kompozit, který by obsahoval 4 spektrální pásma. Sloučení blízkého infračerveného NIR pásma, červeného a zeleného viditelného pásma z CIR ortofota s modrým viditelným pásmem Ortofota ČR bylo realizováno pomocí nástroje *Composite Bands (Data Management)*, který umožňuje vytvoření jediné rastrové datové sady z více spektrálních pásem. Tento nástroj je vhodný zejména pro generování nových vícepásmových rastrových výstupů z jednopásmových či vícepásmových rastrových dat (ESRI, 2025b).

Výsledný kompozitní rastr byl uložen do souborové geodatabáze pod názvem ve formátu *XXXX00_RRRR_kompozit*, kde *XXXX00* představuje kód mapového listu podle nomenklatury kladu mapových listů Státní mapy 1 : 5 000 (SM 5) a *RRRR* značí rok pořízení multispektrálních leteckých měřických snímků (LMS), na jejichž základě byla ortofota vytvořena. Prostorové rozlišení kompozitní rastrové datové sady je 20 m. Použitý rovinný souřadnicový systém odpovídá Systému jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) a vertikální souřadnicový systém je definován jako Baltský po vyrovnání (Bpv).

5.1.2 Řízená klasifikace

Pro řízenou klasifikaci byly vybrány kategorie krajinného pokryvu: 1 – vodní plocha, 2 – holá půda, 3 – zeleň, 4 – zástavba a 5 – stín. Ve třech případových studiích byly testovány přístupy per-pixel klasifikace a objektově orientovaná klasifikace a byly aplikovány čtyři klasifikátory: K-Nearest Neighbors, Maximum Likelihood, Random Trees a Support Vector Machine.

Per-pixel klasifikace

Řízená klasifikace metodou per-pixel představuje přístup k obrazové klasifikaci, při němž je každý pixel analyzován a zařazen do příslušné třídy výhradně na základě svých spektrálních charakteristik bez zohlednění prostorových vztahů k okolním pixelům. Pro účely per-pixel klasifikace byl jako vstupní datová vrstva použit připravený čtyřpásmový rastrový dataset.

Objektově orientovaná klasifikace

Segmentace obrazových dat byla provedena pomocí nástroje *Segment Mean Shift (Image Analyst)*, který využívá metodu založenou na spektrální podobnosti mezi jednotlivými pásmy pro identifikaci homogenních oblastí. Tento algoritmus pracuje bez předem definovaného počtu segmentů a identifikuje přirozené shluky v datech na základě hustoty pixelů v kombinovaném spektrálně-prostorovém prostoru. Výstupem tohoto procesu je jednopásmová rastrová datová sada, v níž každý pixel nese identifikátor příslušného segmentu (ESRI, 2025c).

Pro účely této analýzy byly parametry segmentace nastaveny následovně: spektrální detail 15, prostorový detail 15, minimální velikost segmentu 16 pixelů. Tato konfigurace byla zvolena s cílem optimalizovat rovnováhu mezi zachycením spektrálních rozdílů v obraze a prostorovou generalizací výstupních segmentů.

Spektrální detail určuje citlivost algoritmu na rozdíly v hodnotách mezi jednotlivými pásmy – vyšší hodnota vede ke generování menších segmentů s vyšší vnitřní homogenitou, zatímco nižší hodnota produkuje větší a spektrálně variabilnější segmenty. Hodnota 15 byla zvolena jako kompromis mezi zachycením jemných spektrálních rozdílů v krajině a omezením nadměrné fragmentace segmentů.

Prostorový detail ovlivňuje, jak algoritmus zohledňuje prostorovou blízkost sousedních pixelů. Při hodnotě 15 je zachována rovnováha mezi prostorovou kontinuitou segmentů a zachycením drobných prostorových prvků v krajině (např. menších vodních ploch nebo stavebních objektů).

Minimální velikost segmentu byla nastavena na 16 pixelů za účelem potlačení šumu a eliminace nereprezentativních nebo izolovaných drobných segmentů, které by mohly negativně ovlivnit následnou klasifikaci.

Řízená klasifikace probíhala v následujících krocích:

Příprava vstupního rastru

Pro objektově orientovanou klasifikaci byl vytvořen segmentovaný rastrový dataset pomocí nástroje *Segment Mean Shift (Image Analyst)*. Tento segmentovaný rastr sloužil jako vstup pro klasifikaci na úrovni objektů (segmentů), zatímco původní čtyřpásmový kompozitní rastr byl použit pro per-pixel klasifikaci.

Definování trénovacích ploch

Pro každou případovou studii a analyzovaný rok byly definovány sady trénovacích ploch, které sloužily jako vstup pro řízenou klasifikaci obrazových dat. Výstupní vrstvy těchto trénovacích dat byly pojmenovány ve formátu *XXXX00_RRRR_trenovaci_polygony*, kde *XXXX00* označuje kód mapového listu dle nomenklatury SM 5 a *RRRR* představuje rok pořízení dat.

Trénovací plochy byly vytvořeny pro kategorie krajinného pokryvu: vodní plocha, holá půda, zeleň, zástavba a stín. Kategorie stín byla zahrnuta záměrně, neboť bez této pomocné kategorie docházelo při řízené klasifikaci k chybné identifikaci vodních ploch v oblastech zastíněných budovami nebo vegetací.

Pro každé území a každé analyzované období bylo v rámci případových studií vytvořeno minimálně 150 trénovacích ploch, zajišťujících reprezentativní pokrytí všech kategorií krajinného pokryvu. Celkem bylo definováno 975 trénovacích polygonů. Tyto trénovací polygony sloužily jako vstup pro trénování klasifikátorů.

Klasifikátory

Pro účely řízené klasifikace byly trénovány čtyři různé klasifikační algoritmy využívající připravená vstupní data ve formě čtyřpásmového rastrového datasetu, resp. segmentovaného rastru a sady trénovacích polygonů. Klasifikace byla prováděna jak na úrovni jednotlivých pixelů (per-pixel klasifikace), tak na úrovni segmentů (objektově orientovaná klasifikace). Každý klasifikátor byl aplikován samostatně na vstupní data příslušného mapového listu a časového období. Pro každý rok, mapový list a klasifikační přístup (per-pixel a objektově orientovaná klasifikace) byl vytvořen samostatný klasifikační model ve formátu .ecd (Esri Classifier Definition file). Celkem bylo vytvořeno 48 souborů .ecd.

Trénování různých klasifikátorů umožnilo srovnání výkonnosti jednotlivých algoritmů a výběr nejvhodnější metody pro danou případovou studii. Pro oba přístupy řízené klasifikace byly využity klasifikátory:

Klasifikátor K-Nearest Neighbors (KNN) – neparametrická klasifikační metoda strojového účení, která je založena na principu podobnosti mezi datovými body na základě většinového hlasování, kdy každý prvek (pixel nebo segment) je zařazen do kategorie podle toho, jakou kategorii má většina jeho K-nejbližších sousedů z trénovací množiny vzorků. Trénink byl realizován pomocí nástroje *Train K-Nearest Neighbor Classifier (Image Analyst)* (ESRI, 2025d).

Klasifikátor Maximum Likelihood (ML) – pravděpodobnostní klasifikátor, který předpokládá normální rozdělení hodnot tříd. Přiřazuje pixely ke třídě s nejvyšší vypočtenou maximální pravděpodobností výskytu daného vektoru pozorování. Trénování bylo provedeno pomocí nástroje *Train Maximum Likelihood Classifier (Image Analyst)* (ESRI, 2025e).

Klasifikátor Random Trees (RT) – klasifikátor pracující na bázi náhodně vytvořených rozhodovacích stromů, který využívá ansámblovou metodu pro zvýšení robustnosti a přesnosti klasifikace. Využit byl nástroj *Train Random Trees Classifier (Image Analyst)* (ESRI, 2025f).

Klasifikátor Support Vector Machine (SVM) – klasifikátor pracující na principu nalezení optimální rozhodovací hranice v multidimenzionálním prostoru spektrálních hodnot. Trénování proběhlo pomocí nástroje *Train Support Vector Machine Classifier (Image Analyst)* (ESRI, 2025g).

Provedení klasifikace

Samotná klasifikace byla realizována prostřednictvím nástroje *Classify Raster (Image Analyst)*. Vstupními parametry nástroje byly: vstupní rastrová vrstva (buď čtyřpásmový kompozitní rastr (pro per-pixel klasifikaci), nebo segmentovaný rastr (pro objektově orientovanou klasifikaci)) a trénovaný klasifikátor ve formátu .ecd.

Výstupem byl klasifikovaný rastrový dataset, v němž byly pixely nebo segmenty přiřazeny k jednotlivým třídám na základě spektrálních charakteristik a struktury trénovacích dat (ESRI, 2025h).

5.1.3 Hodnocení přesnosti klasifikace

Pro ověření kvality výsledků řízené klasifikace byla provedena manuální verifikace pomocí náhodných kontrolních bodů. Náhodné kontrolní body byly generovány pomocí nástroje *Create Random Points* (Data Management). Pro každý studovaný mapový list a ročník pořízení dat bylo vytvořeno 2 000 validačních bodů. Celkově bylo vyhodnoceno 12 000 validačních bodů. Každému bodu byla na základě vizuální interpretace podkladového ortofota manuálně přiřazena odpovídající kategorie krajinného pokryvu.

Následně byly pomocí nástroje *Extract Multi Values to Points (Spatial Analyst)* extrahovány hodnoty z výsledných klasifikovaných rastrových dat do validačních bodů. Při této operaci došlo k technickému nesouladu, kdy atribut *Value* klasifikovaných rastrů obsahoval hodnoty posunuté o jednu nižší než odpovídající atribut *Classvalue*, jenž reprezentoval skutečné číslo kategorie. Tento nesoulad byl řešen korekcí extrahovaných hodnot pomocí nástroje *Raster Calculator (Spatial Analyst)*, kde byla ke každé extrahované hodnotě přičtena konstanta +1.

Výsledná tabulka s extrahovanými a referenčními hodnotami byla následně exportována do formátu .xlsx pomocí nástrojů *Export Table (Conversion)* a *Table to Excel (Conversion)*.

Na základě přiřazení těchto bodů ke skutečným kategoriím a výsledkům klasifikace byly v prostředí Microsoft Excel vytvořeny chybové matice pomocí kontingenčních tabulek. Z nich byly vypočteny standardní metriky pro hodnocení klasifikace: uživatelská přesnost, zpracovatelská přesnost a celková přesnost.

Uživatelská přesnost (anglicky User's Accuracy) – vyjadřuje, s jakou pravděpodobností daná kategorie v klasifikovaném obrazu skutečně odpovídá realitě. Počítá se jako podíl správně klasifikovaných dobů ku počtu bodů, které do této kategorie byly zařazeny (Lillesand a kol., 2015).

$$Uživatelská\ přesnost = \frac{počet\ správně\ klasifikovaných\ bodů\ pro\ danou\ kategorii}{celkový\ počet\ validačních\ bodů, které\ byly\ zařazeny\ do\ dané\ kategorie} \quad (1)$$

Zpracovatelská přesnost (anglicky Producer's Accuracy) – vyjadřuje, jak dobře byla daná kategorie v obraze rozpoznána algoritmem vzhledem ke skutečnému výskytu. Počítá se jako poměr mezi správně klasifikovanými body a body použitými pro testování dané kategorie (Lillesand a kol., 2015).

$$Zpracovatelská\ přesnost = \frac{počet\ správně\ klasifikovaných\ bodů\ pro\ danou\ kategorii}{celkový\ počet\ validačních\ bodů\ dané\ kategorie} \quad (2)$$

Celková přesnost (anglicky Overall Accuracy) – vyjadřuje přesnost celé klasifikace. Vypočítává se jako podíl správně klasifikovaných bodů ku celkovému počtu validačních bodů (Lillesand a kol., 2015).

$$Celková\ přesnost = \frac{počet\ správně\ klasifikovaných\ bodů}{celkový\ počet\ validačních\ bodů} \quad (3)$$

Tato metodika umožnila objektivní porovnání výkonnosti jednotlivých klasifikátorů a přístupů (per-pixel, objektově orientovaná klasifikace) napříč vybranými mapovými listy a časovými řezy, kdy byla data pořízena.

Kappa koeficient byl další ukazatel přesnosti, který byl pro hodnocení přesnosti klasifikace použit. Kappa koeficient porovnává přesnosti klasifikace s přesností dosaženou náhodným zařazením bodů do jednotlivých kategorií. Koefiient může nabývat hodnot v rozmezí nula až jedna, přičemž vyšší hodnoty znamenají lepší výsledek. Hodnota jedna tedy znamená, že by klasifikace neobsahovala žádnou chybu, která by vznikla při čistě náhodném přiřazování bodů do jednotlivých kategorií (Dobrovolný, 1998).

$$\kappa = \frac{N\sum x_{ii} - \sum x_{i+}x_{+i}}{N^2 - \sum x_{i+}x_{+i}} \quad (4)$$

5.2 Zpracování dat LiDAR

Tato kapitola se zabývá metodikou zpracování dat získaných technologií LiDAR. Z mračna bodů pořízeného leteckým laserovým skenováním byly vytvořeny digitální modely povrchu (DMP), které byly následně použity k detekci výškových změn u vybraných objektů ZABAGED®. Postup zpracování je podrobně popsán v jednotlivých podkapitolách, které zahrnují specifikaci vstupních dat, jejich přípravu, tvorbu DMP, výpočet rozdílového DMP, vymezení zájmového území, odstranění šumu a převod dat do vektorového formátu. Výsledkem je polygonová vrstva výškových změn, která byla využita k prostorové analýze a detekci změn vybraných objektů ve vymezeném území.

5.2.1 Vstupní data

Vstupními daty byly soubory ve formátu LAS představující mračna bodů získaná leteckým laserovým skenováním (LiDAR). Tyto prostorově georeferencované soubory obsahují kromě polohových souřadnic také údaje o nadmořské výšce jednotlivých bodů.

Tato data byla získána ze dvou různých snímkovacích termínů – z posledního a předposledního LLS daného území. Zvolením těchto dvou navazujících datových sad bylo možné vytvořit rozdílový DMP, který zachycuje skutečné výškové změny v daném časovém intervalu.

5.2.2 Příprava dat

Před vlastní analýzou bylo nezbytné provést předzpracování dat. V software CloudCompare byla nástrojem *Segment* data očištěna odstraněním bodů nacházejících se mimo reálný rozsah měřených hodnot prostřednictvím manuálního ořezání. Tímto krokem byla eliminována chybná měření, což přispělo ke zvýšení kvality dat a minimalizovalo riziko vzniku nepřesných výsledků.

5.2.3 Vytvoření DMP a DMR

Tvorba DMP a DMR z vyčištěných dat proběhla v geografickém informačním systému ArcGIS Pro především pomocí geoprocesingových toolboxů 3D Analyst, Image Analyst a Spatial Analyst.

Pomocí nástroje *Create LAS Dataset (Data Management)* byl vytvořen LAS dataset, který umožňuje správu a vizualizaci mračna bodů (ESRI, 2025i). Nástrojem *LAS to Multipoint (3D Analyst)* byly body z LAS datasetu převedeny do formátu multipoint feature class. Tento formát je vhodný pro následnou interpolaci. Vzhledem k průměrné hustotě mračna bodů přibližně 3,79 bodů/m² byl nastaven maximální průměrný rozestup bodů na 0,5 m. Tím bylo zajištěno, že interpolace proběhne s dostatečnou přesností, aniž by došlo k nežádoucímu vyhlazení nebo ztrátě podrobností. Pro účely tvorby DMP pro detekci nových a zbořených stavebních objektů ZABAGED® byly použity pouze body odpovídající prvnímu návratu laserového paprsku, tzv. first return, který je běžně používán při tvorbě DMP. Pro detekci geometrie os vodních toků ZABAGED® byl vytvořen DMR z posledního návratu laserového paprsku, tzv. last return.

Interpolace výškových hodnot byla provedena nástrojem *IDW (Spatial Analyst)* s velikostí výstupního pixelu 1 m. Tato metoda pracuje na principu vážené inverzní vzdálenosti, kde vliv jednotlivých bodů klesá s jejich vzdáleností od interpolovaného místa (ESRI, 2025j). Pro interpolaci byly použity následující parametry: mocnina 2, typ sousedství proměnný počet sousedních bodů, počet bodů 12. Výsledkem této operace byly rastrové výstupy DMP a DMR.

5.2.4 Výpočet rozdílového DMP

Pomocí nástroje *Minus (Spatial Analyst)* byl vytvořen rozdílový DMP odečtením DMP ze staršího snímkovacího období (např. 2021) od DMP z novějších dat (např. 2023), čímž byly zachyceny změny výšky terénu mezi těmito lety. V získaném rastru je zvětšení výšky povrchu (kladná změna výšky) znázorněno bíle. Černě naopak snížení oproti původnímu stavu povrchu (záporná změna výšky).

Tento rastrový model znázorňuje výškové rozdíly mezi oběma obdobími a představuje klíčový podklad pro detekci nových a zbořených stavebních objektů ZABAGED®, neboť z něj lze přesně identifikovat oblasti s nárůstem výšky nad určitou prahovou hodnotu. Výška změny byla zvolena > 2 m pro nové stavební objekty, a < -2 m pro zbořené stavební objekty. Tato vertikální změna byla zvolena kvůli předpokladu, že výška stavebního objektu by měla být alespoň 2 m, aby do stavebního objektu mohla vstoupit osoba.

5.2.5 Vymezení zpracovávaného území

Pro definici rozsahu zájmového území byl použit nástroj *Minimum Bounding Geometry (Data Management)*, který vytvořil konvexní obal (tzv. convex hull) kolem všech vstupních bodů. Výsledný polygon sloužil jako ořezová maska pro následné ořezání pomocí nástroje *Clip (Analysis)*. Tento krok zajistil, že následná interpolace byla provedena pouze v oblasti s existujícími daty, neboť studovaná území byla v některých případových studiích menší o malé části chybějících dat LiDAR. Zájmová území s chybějícími daty byla i přes tuto skutečnost vybrána proto, že ideálních území SM 5 po sobě jdoucích LLS je velmi málo. Více o tomto problému pojednává kapitola 4.6.

5.2.6 Odstranění šumu

Rozdílový rastr DMP byl před dalším zpracováním převeden na celočíselný formát nástrojem *Int (Spatial Analyst)*, aby bylo možné aplikovat nástroj *Boundary Clean (Spatial Analyst)*, který slouží k odstranění šumu a vyhlazení hranic v rastru. V procesu vyhlazování byly zóny sousedních buněk seřazeny sestupně (Descending) podle velikosti. Tato možnost umožňuje rozšířit zóny s většími celkovými plochami tak, aby byl snížen výskyt buněk z menších zón (ESRI, 2025k).

5.2.7 Konverze do vektorového formátu

Následně byl vzniklý rozdílový rastr DMP převeden na vektorový formát pomocí nástroje *Raster To Polygon (Conversion)*, neboť vektorový podklad může být připojen do APV ZABAGED®, ve kterém může proběhnout ověření označených změn a následná manuální editace stavebních objektů ZABAGED® při plošné (periodické) aktualizaci ZABAGED®.

5.3 Postupy pro detekci změn objektů ZABAGED®

V této diplomové práci byly analyzovány možnosti detekce nových a zbořených stavebních objektů ZABAGED®. Dále byla testována geometrie os vodních toků ZABAGED® a přírůstek nebo úbytek plošných objektů ZABAGED®, které představují vegetaci. Tato kapitola popisuje jednotlivé postupy výše uvedených detekovaných objektů ZABAGED®.

5.3.1 Detekce nových stavebních objektů

V této části práce je popsán postup, který byl použit k identifikaci nově vzniklých stavebních objektů ZABAGED® v území na základě porovnání výškových změn v DMP, které bylo generováno z dat LLS ze dvou po sobě jdoucích časových období. Tento proces byl realizován prostřednictvím softwarových nástrojů ArcGIS Pro.

Z polygonového výstupu rozdílového DMP z prvního odrazu, jehož tvorba byla popsána v kapitole 5.2, byly vybrány nástrojem *Select By Atributes* pouze ty plochy, které vykazovaly nárůst výšky větší než +2 m, což odpovídá očekávané minimální výšce stavebního objektu, neboť se předpokládá, že stavební objekt by měl převyšovat výšku lidské postavy. Tímto filtrováním byly také odstraněny běžné změny vegetace, pohyb osobních dopravních prostředků, nepřesnost měření a podobně.

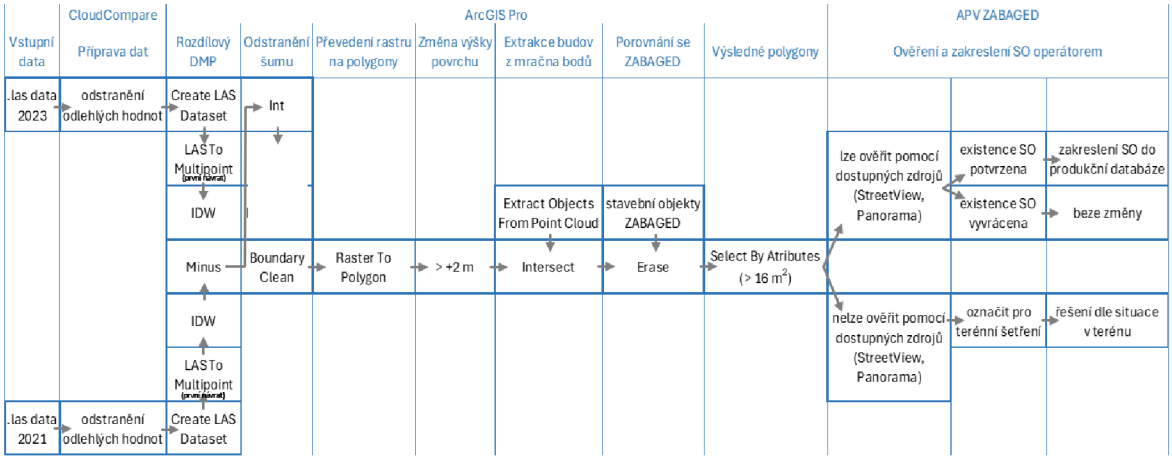
Pro ověření, že se skutečně jedná o stavební objekty, byla z klasifikovaného mračna bodů z nejnovějšího termínu LLS extrahována kategorie „budovy“ (třída 6) pomocí nástroje *Extract Objects From Point Cloud (3D Analyst)*. Tímto byl vliv změn výšky vegetace v drtivé většině odstraněn.

Následně byly obě vrstvy – změny výšky a klasifikované budovy – protnuty nástrojem *Intersect (Analysis)*, čímž vznikla výstupní vrstva, která reprezentuje nové stavební objekty vzniklé mezi dvěma snímkovacími termíny.

Nově detekované objekty byly porovnány se stávajícími budovami zakreslenými v ZABAGED®, a to s 1metrovou obalovou zónou vytvořenou nástrojem *Buffer (Analysis)*. Pomocí nástroje *Erase (Analysis)* byly existující objekty odstraněny. Výstup byl zjednodušen pomocí nástroje *Dissolve (Data Management)* (s nastavením na nevytváření vícenásobných objektů), což umožnilo sloučit sousední prvky do jednoho celku. Nakonec byly pomocí nástroje *Select By Atributes* ponechány pouze polygony s plochou větší než 16 m², což odpovídá minimálnímu rozměru stavebního objektu ZABAGED®, jestliže není neevidovanán v ISKN.

Tímto postupem bylo možné na základě výškových změn, klasifikace výškových bodů a porovnání s existujícími stavebními objekty ZABAGED® efektivně detekovat nové stavební objekty, které vznikly mezi dvěma snímkovacími termíny. Výsledky této analýzy lze využít při plošné (periodické) aktualizaci ZABAGED®.

Postup ověření a zakreslení stavebního objektu v ZABAGED® operátorem je uvedeno v kapitole 5.4. Celý postup detekce nových stavebních objektů je uveden na Obr. 5.



Obr. 5 Postup detekce nových stavebních objektů ZABAGED®

5.3.2 Detekce zbořených stavebních objektů

Tato část práce popisuje metodický postup použitý pro detekci zbořených stavebních objektů ZABAGED® na základě porovnání výškových změn získaných z LLS ze dvou po sobě jdoucích časových období. Analýza byla provedena v prostředí ArcGIS Pro s využitím nástrojů pro zpracování DMP.

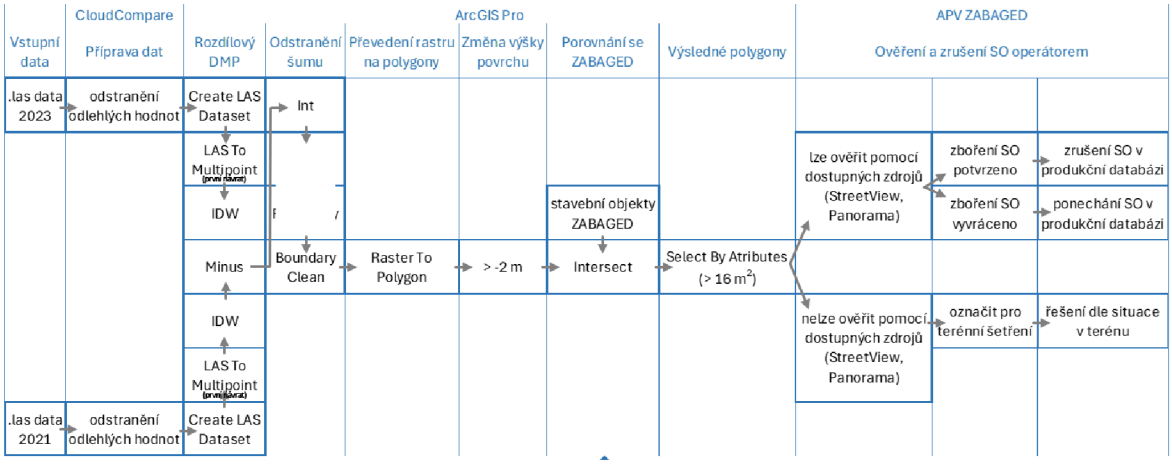
Použitý postup vychází z obdobné metodiky jako detekce nově vzniklých stavebních objektů ZABAGED®, avšak s klíčovou odlišností v definici výškové změny a bez podpory klasifikovaných výškových bodů.

Pro detekci zbořených objektů byly identifikovány oblasti vykazující negativní výškovou změnu větší než 2 m (tj. změna výšky < −2 m) v polygonovém výstupu rozdílového DMP z prvního odrazu, jehož tvorba byla popsána v kapitole 5.2. Zároveň byla z analýzy vyloučena kategorie „budovy“ (třída 6) z klasifikovaného mračna bodů, neboť se proces detekce zbořených stavebních objektů zaměřuje pouze na zbořené stavební objekty, které již byly zakresleny v ZABAGED®. Identifikace zbořených stavebních objektů, které nebyly zakresleny v ZABAGED®, není pro aktualizaci ZABAGED® relevantní.

Na základě prostorového překryvu takto identifikovaných výškových poklesů s existujícími stavebními objekty ZABAGED® bylo možné efektivně detekovat stavební objekty, které mezi dvěma skenovacími termíny zanikly.

Výsledky této analýzy představují významný podklad pro plošnou (periodickou) aktualizaci ZABAGED®, zejména v oblastech s dynamickým vývojem zástavby v území tenkterý rok nezpracovávaném plánovanou plošnou (periodickou) aktualizací ZABAGED®.

Postup ověření a případného zrušení stavebního objektu operátorem v ZABAGED® je popsán v kapitole 5.4. Schéma celého procesu je znázorněno na Obr. 6.



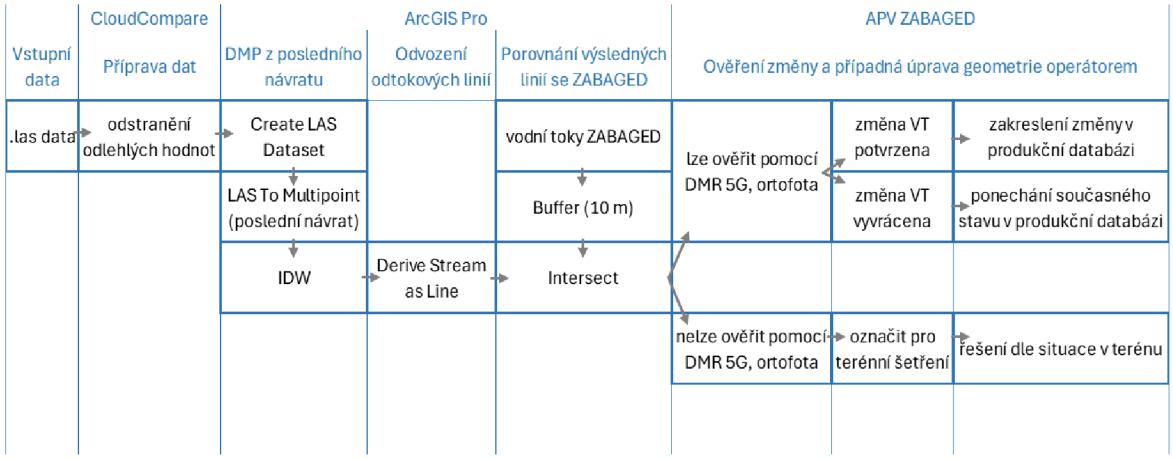
Obr. 6 Postup detekce zbořených stavebních objektů ZABAGED®

5.3.3 Detekce geometrie linií vodních toků

Pro detekci geometrie os jednočarých vodních toků ZABAGED® byl vytvořen DMR z posledního odrazu, jehož tvorba je popsána v kapitole 5.2.3. Odvození odtokových linií bylo provedeno nástrojem *Derive Stream As Line (Spatial Analyst)*, který analyzuje sousedící pixely vstupního DMR a generuje kontinuální linie odtoku (ESRI, 2025l). Takto získané odtokové linie byly porovnány s vodními toky ZABAGED® nástroji *Buffer (Analysis)* s nastavením obalové zóny na 10 m a *Clip (Analysis)*. Odtokové linie s odchylkou do 1 m od vodního toku není potřeba ověřovat, protože dle ZÚ (2024a) je polohová přesnost povrchových vodních toků 1,0 m.

Výsledky této analýzy mohou představovat podpůrný podklad pro plošnou (periodickou) aktualizaci ZABAGED®, zejména v zalesněných oblastech.

Postup ověření a případné editace osy vodního toku operátorem v ZABAGED® je popsán v kapitole 5.4. Schéma celého procesu je znázorněno na Obr. 7.



Obr. 7 Postup detekce geometrie os vodních toků ZABAGED®

5.3.4 Detekce změny vegetace

Detekce změny vegetace je založena na řízené klasifikaci multispektrálních dat, jejichž zpracování bylo popsáno v kapitole 5.1. Řízená klasifikace byla spuštěna pro každé studované území, ročník pořízení ortofota a použitý klasifikátor. Pro každou případovou studii tak bylo vytvořeno 8 rastrových výstupů. Celkově byl tedy proces řízené klasifikace spuštěn 24krát. Následovalo hodnocení přesnosti klasifikace, díky kterému bylo možné

vybrat nejlepší metodu klasifikace, která byla následně použita pro detekci změn objektů ZABAGED® představující vegetaci.

K exportu kategorie zeleň z klasifikovaných rastrů vybraným klasifikátorem byl použit nástroj *Extract by Attributes (Spatial Analyst)*. Tímto nástrojem byl vytvořen binární rastrový soubor, kde hodnota atributu Classvalue 3 značí výskyt kategorie zeleň. Ostatní pixely rastru byly označeny jako NoData. Tato operace byla spuštěna vždy pro 2 ročníky pořízení ortofota. Nástrojem *Reclassify (Spatial Analyst)* byla hodnota 2 atributu Value změněna na 1 a NoData na hodnotu 0.

Dále byl nástrojem *Minus (Spatial Analyst)* vytvořen rozdílový rastr odečtením rastru s kategorií zeleň ze staršího snímkovacího období (např. 2021) od rastru zeleně z novějších dat (např. 2023). Tím byl získán rastr s hodnotami 1, 0 a -1, kde hodnota 1 představovala přírůstek zeleně, 0 žádnou změnu a -1 úbytek zeleně mezi těmito lety.

Rozdílový rastr byl nástrojem *Raster To Polygon (Conversion)* převeden na polygony (s nastavením nezjednodušovat polygony), čímž byla umožněna jednodušší komparace s vektorovými datovými sadami LPIS a ZABAGED®. Ve vzniklé polygonové vrstvě byly všechny hodnoty 0 (beze změny) smazány. Potom byly zbývající polygony s hodnotami 1 a -1 oříznuty o plochy LPIS nástrojem Erase (Analysis), neboť plošné objekty ZABAGED® zemědělské půdy jsou aktualizovány při průběžné aktualizaci ZABAGED® na základě podkladu zemědělských kultur LPIS. Nakonec došlo funkcí *Select By Atributes* k vybrání a následnému smazání polygonů menších než 500 m², protože dle ZÚ (2024b) jsou obsahem ZABAGED® objekty se zemědělskou půdou, které mají plochu větší než 500 m².

Výsledky této analýzy mohou představovat podklad pro plošnou (periodickou) aktualizaci ZABAGED®. Postup ověření a případné editace vegetace operátorem v ZABAGED® je popsán v kapitole 5.4.

5.4 Postup aktualizace ZABAGED® pomocí nástrojů detekce změn

Zákresy nových objektů či změna geometrie jako i mazání stávajících plošných objektů ZABAGED® jsou prováděny pouze manuálně pracovníky a pracovnicemi Odboru ZABAGED®. Automaticky detekované změny získané z výškové analýzy LiDAR dat nebo řízené klasifikace mohou sloužit jako podklad především pro plošnou (periodickou) aktualizaci ZABAGED®, nikoli jako finální rozhodovací nástroj.

Ověření jednotlivých případů, jejich vyhodnocení a samotný zákres změn do produkční databáze je v kompetenci příslušných topografů, topografek a operátorek a operátorů v souladu s interním dokumentem Upřesnění objektů ZABAGED®. Vždy je důležité hodnotit, zda je daný objekt obsahem ZABAGED® (ZÚ, 2025b). Po provedení zákresu následuje kontrola správnosti provedených změn objektů ZABAGED®, kterou zajišťují kontroloři, kontrolorky nebo vedoucí pracovníci oddělení v Odboru ZABAGED dle interních pracovních postupů pro plošnou (periodickou) aktualizaci ZABAGED® (ZÚ, 2025a). Všechny změny mohou být prováděny manuálně nástroji APV ZABAGED®, jejichž funkcionalita je popsána v interní uživatelské dokumentaci (ASSECO, 2021).

V případech, kdy změnu nelze jednoznačně ověřit pomocí dálkových nebo dalších dostupných zdrojů, jako jsou ortofoto, Street View, DMR 5G, veřejné seznamy a registry (KN, RÚIAN) či další online zdroje (např. mapové a stavební portály obcí), označí operátor daný případ k ověření v terénu. Terénní šetření je následně provedeno dle interních pracovních postupů Odboru ZABAGED a zjištěné změny jsou na základě tohoto šetření zakresleny do produkční databáze v prostředí APV ZABAGED®.

6 PŘÍPADOVÁ STUDIE 1: JIHL84

První případová studie se věnuje detekci změn vybraných objektů ZABAGED® na území m. l. JIHL84 v kladu SM 5. Území se nachází v západní části Jihlavy, krajského města Kraje Vysočina. Poslední plošná (periodická) aktualizace ZABAGED® proběhla na tomto m. l. 26. 7. 2021. V této kapitole jsou popsána použitá data, zpracování multispektrálních dat a dat LiDAR a výsledky detekovaných změn objektů ZABAGED®.

6.1 Použitá data

Analyzované Ortofoto ČR a CIR ortofoto na území m. l. JIHL84 bylo vytvořeno na základě LMS, které bylo pořízeno ve dnech 20. 5. 2022 a 9. 5. 2020, tedy s odstupem 2 let, resp. 11 dnů. V roce 2022 byla vegetace více vyrostlá oproti datu snímkování v roce 2020, avšak rozdíl není tak markantní. Ukázky ortofot jsou na Obr. 9-12. Podrobnosti k použitým spektrálním pásmům jsou uvedeny v Tab. 5-8.

Obr. 9 CIR ortofoto, m. l. JIHL84, LMS ze dne 20. 5. 2022

Rastrová datová sada	WRTI24.2022.JIHL84.jp2				
Pásmo	Název pásma	Minimum	Maximum	Průměr	Směrodatná odchylka
NIR	Band_1	15	255	130,537856975960	35,880215548470
R	Band_2	14	255	105,740011591980	47,934199714020
G	Band_3	25	255	112,163298975970	41,677136110391

Tab. 5 Podrobnosti k použitým pásmům CIR ortofota, m. l. JIHL84, pořízení LMS 2022

Obr. 10 Ortofoto ČR, m. l. JIHL84, 20. 5. 2022

Rastrová datová sada	WRTO24.2022.JIHL84.jp2				
Pásmo	Název pásma	Minimum	Maximum	Průměr	Směrodatná odchylka
B	Band_3	14	255	101,647960768780	43,996397499851

Tab. 6 Podrobnosti k použitému pásmu Ortofota ČR, m. l. JIHL84, 20. 5. 2022

Obr. 11 CIR ortofoto, m. l. JIHL84, 9. 5. 2020

Rastrová datová sada	WRTI24.2020.JIHL84.jp2				
Pásmo	**Název pásma**	**Minimum**	**Maximum**	**Průměr**	**Směrodatná odchylka**
NIR	Band_1	5	255	113,113655728020	30,243625183972
R	Band_2	28	255	107,430909864010	39,495863067117
G	Band_3	38	255	115,416203503950	34,031737242111

Tab. 7 Podrobnosti k použitým pásmům CIR ortofota, m. l. JIHL84, pořízení LMS 2022

Obr. 12 Ortofoto ČR, m. l. JIHL84, 9. 5. 2020

Rastrová datová sada	WRTO24.2020.JIHL84.jp2				
Pásmo	**Název pásma**	**Minimum**	**Maximum**	**Průměr**	**Směrodatná odchylka**
B	Band_3	43	255	118,277306719990	35,200193422642

Tab. 8 Podrobnosti k použitému pásmu Ortofota ČR, m. l. JIHL84, 9. 5. 2020

LLS proběhlo v území m. l. JIHL84 ve dnech 2. 3. 2023 a 16. 3. 2020, tj. s odstupem 3 let, resp. 14 dnů. Na Obr. 13-18 jsou zobrazena složená mračna bodů.

Seznam souborů ve formátu .laz uvedený níže uvádí data LiDAR z roku 2023:

CPC.SJTSKBPV.20230302_100110.JIHL84.laz

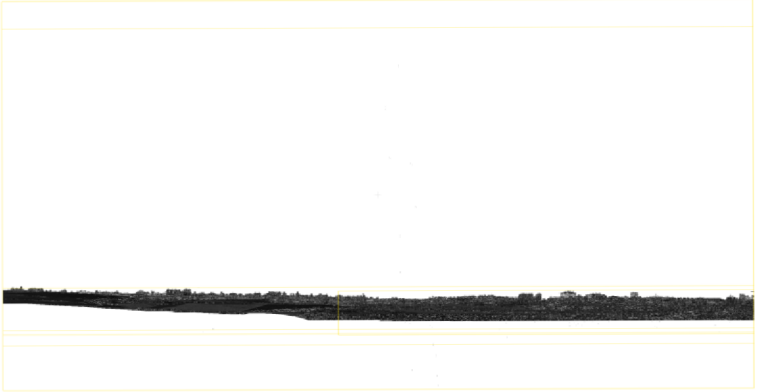
CPC.SJTSKBPV.20230302_100613.JIHL84.laz

CPC.SJTSKBPV.20230302_101116.JIHL84.laz

CPC.SJTSKBPV.20230302_101611.JIHL84.laz

CPC.SJTSKBPV.20230302_102118.JIHL84.laz

Obr. 13 Složená mračna bodů, JIHL84, 2. 3. 2023, půdorys



Obr. 14 Složená mračna bodů, JIHL84, 2. 3. 2023, nárys

Obr. 15 Složená mračna bodů, JIHL84, 2. 3. 2023, nárys bez outlierů

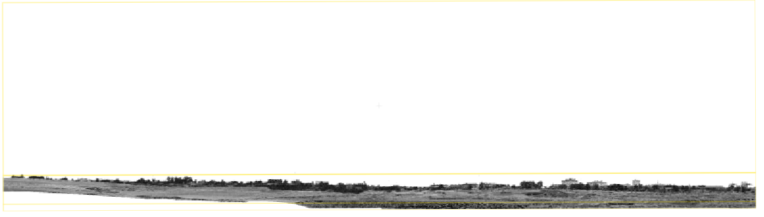
Seznam souborů ve formátu .laz uvedený níže uvádí data LiDAR z roku 2020:

CPC.SJTSKBPV.20200316_094810.JIHL84.las

CPC.SJTSKBPV.20200316_095852.JIHL84.las

CPC.SJTSKBPV.20200316_101029.JIHL84.las

Obr. 16 Složená mračna bodů, JIHL84, 16. 3. 2020, půdorys



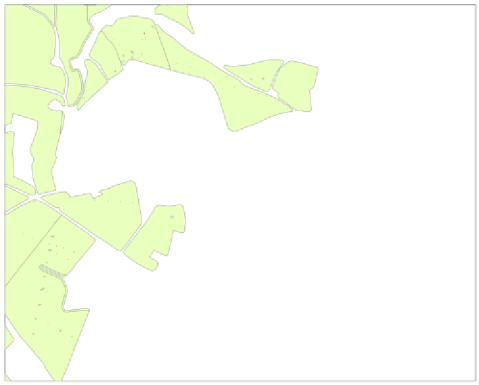
Obr. 17 Složená mračna bodů, JIHL84, 16. 3. 2020, nárys

Obr. 18 Složená mračna bodů, JIHL84, 16. 3. 2020, nárys bez outlierů

Stavební objekty ZABAGED® jsou zobrazeny na Obr. 19.

Obr. 19 Stavební objekty ZABAGED®, JIHL84, stav ke dni 23. 12. 2024

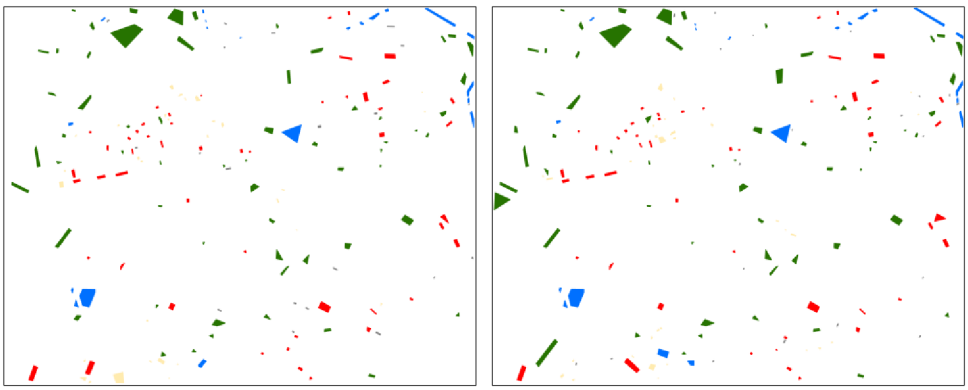
Zemědělské kultury LPIS jsou zobrazeny na Obr. 20.



Obr. 20 Zemědělské kultury LPIS, JIHL84, stav ke dni 31. 12. 2024

6.2 Zpracování multispektrálních dat

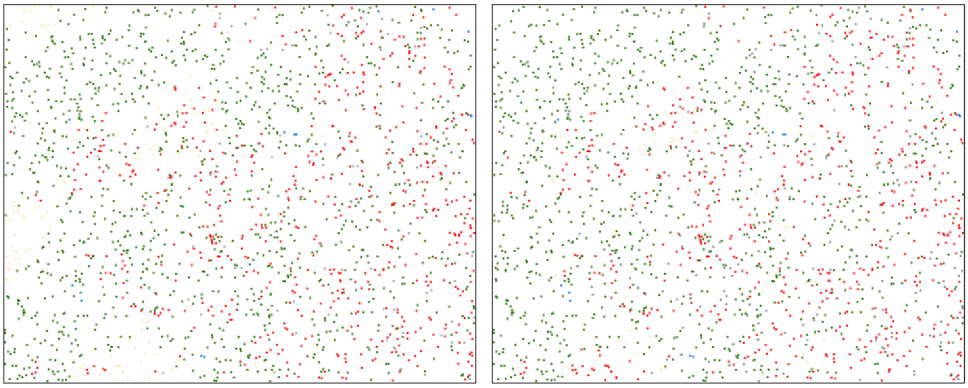
Zpracování multispektrálních dat proběhlo dle postupu, který je uveden v kapitole 5.1. Trénovacích ploch pro řízenou klasifikaci bylo na m. l. JIHL84 definováno 360. Trénovací plochy jsou zobrazeny na Obr. 21. Jejich počet v jednotlivých kategoriích uvádí Tab. 9. 2000 kontrolních bodů pro hodnocení přesnosti, které byly pro každý rok snímkování manuálně vyhodnoceny, jsou zobrazeny na Obr. 22.



Obr. 21 Trénovací polygony, m. l. JIHL84, vlevo pro rok 2020, vpravo pro rok 2022

JIHL84		Počet trénovacích ploch	
Číslo kategorie	Kategorie	2020	2022
1	vodní plocha	20	20
2	holá půda	30	30
3	zeleň	60	60
4	zastavěná plocha	50	50
5	stín	20	20
Celkem		180	180

Tab. 9 Počet trénovacích ploch, m. l. JIHL84



Obr. 22 Náhodné body pro hodnocení přesnosti m. l. JIHL84, vlevo pro rok 2020, vpravo pro rok 2022

6.2.1 Per-pixel klasifikace

Na Obr. 23-26 jsou znázorněny rastrové výstupy, které byly zpracovány řízenou per-pixel klasifikací pomocí klasifikátorů K-Nearest Neighbor, Maximum Likelihood, Random Trees a Support Vector Machine. Tab. 10-17 představují chybové matice s uvedeným Kappa koeficientem. Lepších výsledků dosahovala řízená klasifikace založená na metodě per-pixel.

Klasifikátor K-Nearest Neighbor

Obr. 23 Per-pixel klasifikace, klasifikátor KNN, m. l. JIHL84, vlevo pro rok 2020, vpravo pro rok 2022

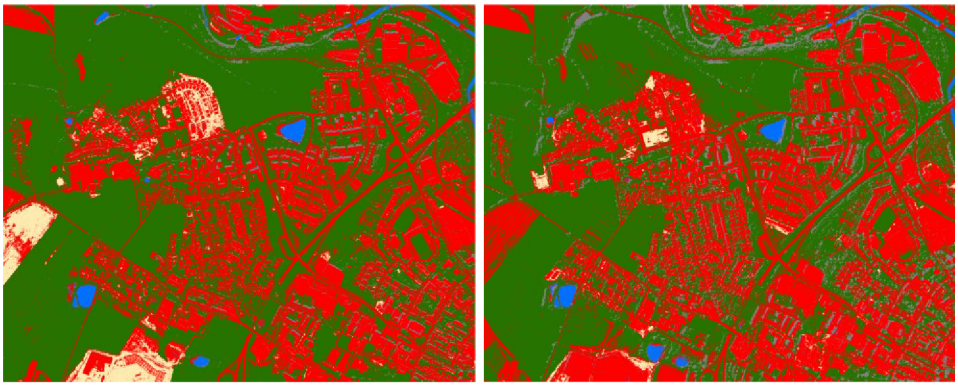
JIHL84 2020		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor K-Nearest Neighbor	vodní plocha	**12**	0	0	3	2	17	**0,71**
	holá půda	0	**109**	20	77	4	210	**0,52**
	zeleň	0	4	**1097**	14	11	1126	**0,97**
	zastavěná plocha	1	11	61	**490**	23	586	**0,84**
	stín	1	0	9	16	**35**	61	**0,57**
	Celkem	14	124	1187	600	75	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,86**	**0,88**	**0,92**	**0,82**	**0,47**		Celková přesnost 0,87

Tab. 10 Chybová matice, per-pixel klasifikace, klasifikátor KNN, m. l. JIHL84, rok 2020, Kappa koeficient 0,77

JIHL84 2022		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor K-Nearest Neighbor	vodní plocha	**11**	0	0	6	1	18	**0,61**
	holá půda	0	**48**	30	66	0	144	**0,33**
	zeleň	0	2	**1066**	9	32	1109	**0,96**
	zastavěná plocha	0	11	54	**530**	25	620	**0,85**
	stín	3	0	4	8	**94**	109	**0,86**
	Celkem	14	61	1154	619	152	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,79**	**0,79**	**0,92**	**0,86**	**0,62**		Celková přesnost 0,87

Tab. 11 Chybová matice, per-pixel klasifikace, klasifikátor KNN, m. l. JIHL84, rok 2022, Kappa koeficient 0,78

Klasifikátor Maximum Likelihood



Obr. 24 Per-pixel klasifikace, klasifikátor ML, m. l. JIHL84, vlevo pro rok 2020, vpravo pro rok 2022

JIHL84 2020		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor Maximum Likelihood	vodní plocha	**11**	0	0	0	4	15	**0,73**
	holá půda	0	**62**	0	10	0	72	**0,86**
	zeleň	0	4	**1110**	18	10	1142	**0,97**
	zastavěná plocha	3	58	64	**560**	31	716	**0,78**
	stín	0	0	13	12	**30**	55	**0,55**
	Celkem	14	124	1187	600	75	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,79**	**0,50**	**0,94**	**0,93**	**0,40**		Celková přesnost 0,89

Tab. 12 Chybová matice, per-pixel klasifikace, klasifikátor ML, m. l. JIHL84, rok 2020, Kappa koeficient 0,79

JIHL84 2022		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor Maximum Likelihood	vodní plocha	**11**	0	0	1	0	12	**0,92**
	holá půda	0	**19**	0	6	0	25	**0,76**
	zeleň	0	1	**1026**	7	12	1046	**0,98**
	zastavěná plocha	1	41	104	**602**	24	772	**0,78**
	stín	2	0	24	3	**116**	145	**0,80**
	Celkem	14	61	1154	619	152	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,79**	**0,31**	**0,89**	**0,97**	**0,76**		Celková přesnost 0,89

Tab. 13 Chybová matice, per-pixel klasifikace, klasifikátor ML, m. l. JIHL84, rok 2022, Kappa koeficient 0,78

Klasifikátor Random Trees

Obr. 25 Per-pixel klasifikace, klasifikátor RT, m. l. JIHL84, vlevo pro rok 2020, vpravo pro rok 2022

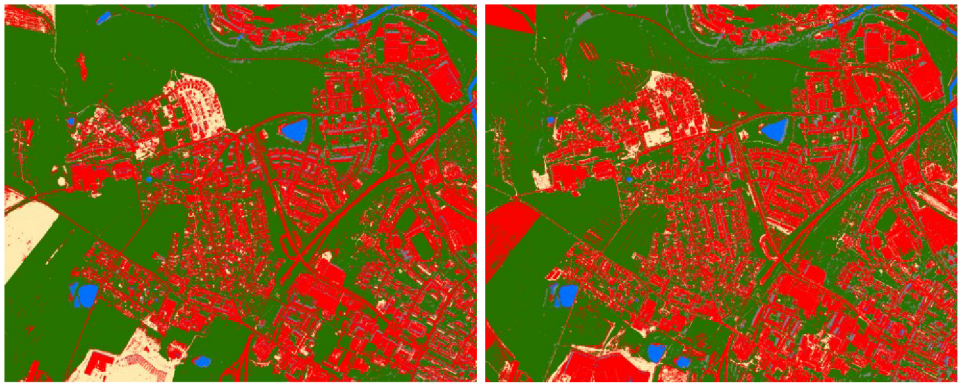
JIHL84 2020		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor Random Trees	vodní plocha	**11**	0	5	11	10	37	**0,30**
	holá půda	0	**107**	28	84	5	224	**0,48**
	zeleň	0	5	**1096**	23	11	1135	**0,97**
	zastavěná plocha	0	12	40	**463**	12	527	**0,88**
	stín	3	0	18	19	**37**	77	**0,48**
	Celkem	14	124	1187	600	75	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,79**	**0,86**	**0,92**	**0,77**	**0,49**		Celková přesnost 0,86

Tab. 14 Chybová matice, per-pixel klasifikace, klasifikátor RT, m. l. JIHL84, rok 2020, Kappa koeficient 0,75

JIHL84 2022		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor Random Trees	vodní plocha	**14**	0	0	5	5	24	**0,58**
	holá půda	0	**41**	38	69	0	148	**0,28**
	zeleň	0	9	**1038**	54	31	1132	**0,92**
	zastavěná plocha	0	11	59	**477**	10	557	**0,86**
	stín	0	0	19	14	**106**	139	**0,76**
	Celkem	14	61	1154	619	152	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**1,00**	**0,67**	**0,90**	**0,77**	**0,70**		Celková přesnost 0,84

Tab. 15 Chybová matice, per-pixel klasifikace, klasifikátor RT, m. l. JIHL84, rok 2022, Kappa koeficient 0,72

Klasifikátor Support Vector Machine



Obr. 26 Per-pixel klasifikace, klasifikátor SVM, m. l. JIHL84, vlevo pro rok 2020, vpravo pro rok 2022

JIHL84 2020		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor Support Vector Machine	vodní plocha	**12**	0	0	1	4	17	**0,71**
	holá půda	0	**99**	9	42	3	153	**0,65**
	zeleň	0	3	**1094**	15	10	1122	**0,98**
	zastavěná plocha	0	22	67	**520**	20	629	**0,83**
	stín	2	0	17	22	**38**	79	**0,48**
	Celkem	14	124	1187	600	75	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,86**	**0,80**	**0,92**	**0,87**	**0,51**		Celková přesnost 0,88

Tab. 16 Chybová matice, per-pixel klasifikace, klasifikátor SVM, m. l. JIHL84, rok 2020, Kappa koeficient 0,79

JIHL84 2022		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor Support Vector Machine	vodní plocha	**12**	0	0	4	2	18	**0,67**
	holá půda	0	**48**	11	62	0	121	**0,40**
	zeleň	0	0	**1022**	5	44	1071	**0,95**
	zastavěná plocha	0	13	116	**540**	20	689	**0,78**
	stín	2	0	5	8	**86**	101	**0,85**
	Celkem	14	61	1154	619	152	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,86**	**0,79**	**0,89**	**0,87**	**0,57**		Celková přesnost 0,85

Tab. 17 Chybová matice, per-pixel klasifikace, klasifikátor SVM, m. l. JIHL84, rok 2022, Kappa koeficient 0,75

6.2.2 Objektově orientovaná klasifikace

Na Obr. 28-31 jsou znázorněny rastrové výstupy, které byly zpracovány řízenou per-pixel klasifikací pomocí klasifikátorů K-Nearest Neighbor, Maximum Likelihood, Random Trees a Support Vector Machine. Tab. 18-25 představují chybové matice s uvedeným Kappa koeficientem. Výsledky objektově orientované klasifikace nejsou ucházející pro další analýzy. Výsledek segmentace je zobrazen na Obr. 27.

Obr. 27 Segmentace, m. l. JIHL84, vlevo 2020, vpravo 2022

Klasifikátor K-Nearest Neighbor

Obr. 28 Objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor KNN, m. l. JIHL84, vlevo pro rok 2020, vpravo pro rok 2022

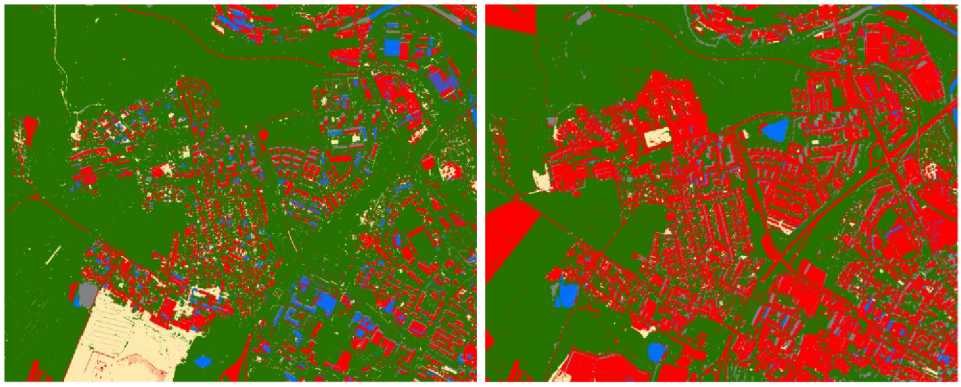
JIHL84 2020		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor K-Nearest Neighbor	vodní plocha	**7**	0	3	20	12	42	**0,17**
	holá půda	0	**43**	57	49	4	153	**0,28**
	zeleň	1	79	**1089**	284	26	1479	**0,74**
	zastavěná plocha	6	2	29	**240**	16	293	**0,82**
	stín	0	0	9	7	**17**	33	**0,52**
	Celkem	14	124	1187	600	75	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,50**	**0,35**	**0,92**	**0,40**	**0,23**		Celková přesnost 0,70

Tab. 18 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor KNN, m. l. JIHL84, rok 2020, Kappa koeficient 0,41

JIHL84 2022		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor K-Nearest Neighbor	vodní plocha	**12**	0	3	35	12	62	**0,19**
	holá půda	0	**41**	126	78	0	245	**0,17**
	zeleň	0	6	**1009**	16	82	1113	**0,91**
	zastavěná plocha	0	14	14	**475**	6	509	**0,93**
	stín	2	0	2	15	**52**	71	**0,73**
	Celkem	14	61	1154	619	152	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,86**	**0,67**	**0,87**	**0,77**	**0,34**		Celková přesnost 0,79

Tab. 19 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor KNN, m. l. JIHL84, rok 2022, Kappa koeficient 0,65

Klasifikátor Maximum Likelihood



Obr. 29 Objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor ML, m. l. JIHL84, vlevo pro rok 2020, vpravo pro rok 2022

JIHL84 2020		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor Maximum Likelihood	vodní plocha	**6**	0	0	40	8	54	**0,11**
	holá půda	0	**44**	59	30	4	137	**0,32**
	zeleň	4	78	**1103**	283	31	1499	**0,74**
	zastavěná plocha	1	2	17	**235**	14	269	**0,87**
	stín	3	0	8	12	**18**	41	**0,44**
	Celkem	14	124	1187	600	75	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,43**	**0,35**	**0,93**	**0,39**	**0,24**		Celková přesnost 0,70

Tab. 20 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor ML, m. l. JIHL84, rok 2020, Kappa koeficient 0,42

JIHL84 2022		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor Maximum Likelihood	vodní plocha	**9**	0	2	11	6	28	**0,32**
	holá půda	0	**19**	0	10	0	29	**0,66**
	zeleň	0	8	**1058**	18	50	1134	**0,93**
	zastavěná plocha	2	34	86	**557**	7	686	**0,81**
	stín	3	0	8	23	**89**	123	**0,72**
	Celkem	14	61	1154	619	152	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,64**	**0,31**	**0,92**	**0,90**	**0,59**		Celková přesnost 0,87

Tab. 21 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor ML, m. l. JIHL84, rok 2022, Kappa koeficient 0,76

Klasifikátor Random Trees

Obr. 30 Objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor RT, m. l. JIHL84, vlevo pro rok 2020, vpravo pro rok 2022

JIHL84 2020		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor Random Trees	vodní plocha	**6**	0	5	14	18	43	**0,14**
	holá půda	0	**37**	79	26	2	144	**0,26**
	zeleň	4	79	**1067**	282	26	1458	**0,73**
	zastavěná plocha	1	8	22	**271**	15	317	**0,85**
	stín	3	0	14	7	**14**	38	**0,37**
	Celkem	14	124	1187	600	75	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,43**	**0,30**	**0,90**	**0,45**	**0,19**		Celková přesnost 0,70

Tab. 22 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor RT, m. l. JIHL84, rok 2020, Kappa koeficient 0,41

JIHL84 2022		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor Random Trees	vodní plocha	**10**	0	0	3	4	17	**0,59**
	holá půda	0	**36**	96	34	0	166	**0,22**
	zeleň	0	0	**984**	15	46	1045	**0,94**
	zastavěná plocha	2	25	62	**532**	5	626	**0,85**
	stín	2	0	12	35	**97**	146	**0,66**
	Celkem	14	61	1154	619	152	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,71**	**0,59**	**0,85**	**0,86**	**0,64**		Celková přesnost 0,83

Tab. 23 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor RT, m. l. JIHL84, rok 2022, Kappa koeficient 0,71

Klasifikátor Support Vector Machine

Obr. 31 Objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor SVM, m. l. JIHL84, vlevo pro rok 2020, vpravo pro rok 2022

JIHL84 2020		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor Support Vector Machine	vodní plocha	**6**	0	2	6	13	27	**0,22**
	holá půda	0	**43**	58	66	4	171	**0,25**
	zeleň	4	79	**1096**	275	25	1479	**0,74**
	zastavěná plocha	4	2	17	**243**	17	283	**0,86**
	stín	0	0	14	10	**16**	40	**0,40**
	Celkem	14	124	1187	600	75	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,43**	**0,35**	**0,92**	**0,41**	**0,21**		Celková přesnost 0,70

Tab. 24 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor SVM, m. l. JIHL84, rok 2020, Kappa koeficient 0,42

JIHL84 2022		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor Support Vector Machine	vodní plocha	**12**	0	1	10	7	30	**0,40**
	holá půda	0	**45**	29	85	0	159	**0,28**
	zeleň	0	10	**1076**	22	64	1172	**0,92**
	zastavěná plocha	0	6	44	**472**	7	529	**0,89**
	stín	2	0	4	30	**74**	110	**0,67**
	Celkem	14	61	1154	619	152	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,86**	**0,74**	**0,93**	**0,76**	**0,49**		Celková přesnost 0,84

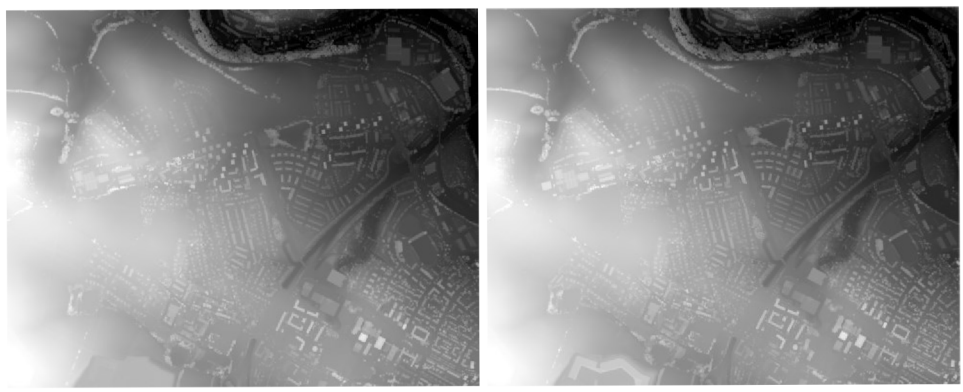
Tab. 25 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor SVM, m. l. JIHL84, rok 2022, Kappa koeficient 0,72

6.3 Zpracování dat LiDAR

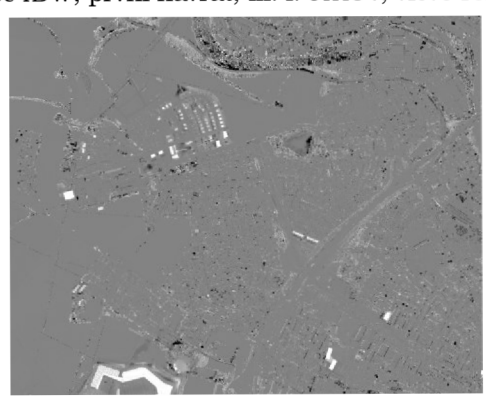
Laserová mračna bodů byla zpracována dle postupů uvedených v kapitole 5.2.

6.3.1 Rozdílový DMP

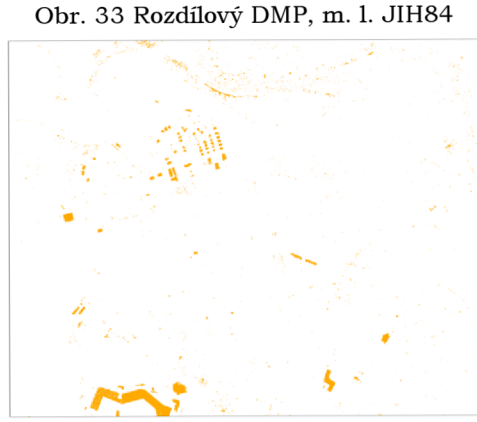
Na Obr. 32-35 jsou zobrazeny rastrové výstupy, které sloužily jako mezivýsledky.



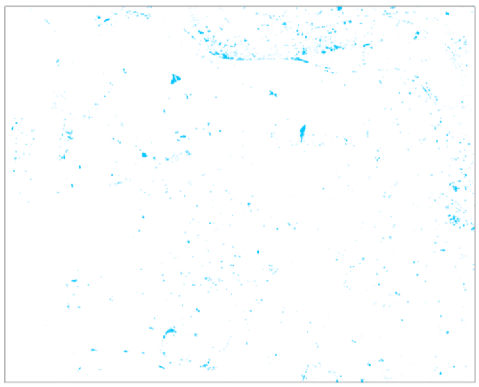
Obr. 32 DMP, interpolace IDW, první návrat, m. l. JIH84, vlevo rok 2020, vpravo rok 2023



Obr. 33 Rozdílový DMP, m. l. JIH84



Obr. 34 Zvýšení terénu o 2 a více metrů, m. l. JIH84



Obr. 35 Snížení terénu o 2 a více metrů, m. l. JIH84

6.3.2 LAS klasifikace

Extrahované budovy z klasifikovaného mračna bodů jsou zobrazeny na Obr. 36.

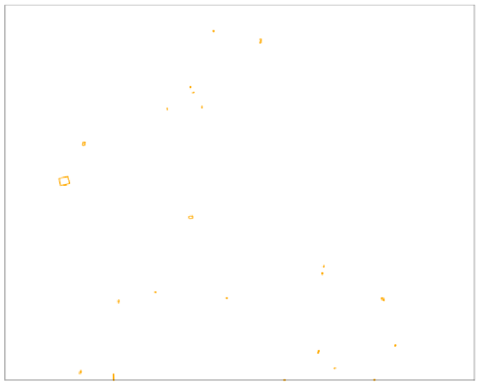
Obr. 36 Extrahované budovy z klasifikovaného mračna bodů, m. l. JIH84

6.4 Detekované změny objektů ZABAGED®

Detekce změn objektů ZABAGED® na m. l. JIHL84 byla provedena podle postupů uvedených v kapitole 5.3.

6.4.1 Detekce nových stavebních objektů

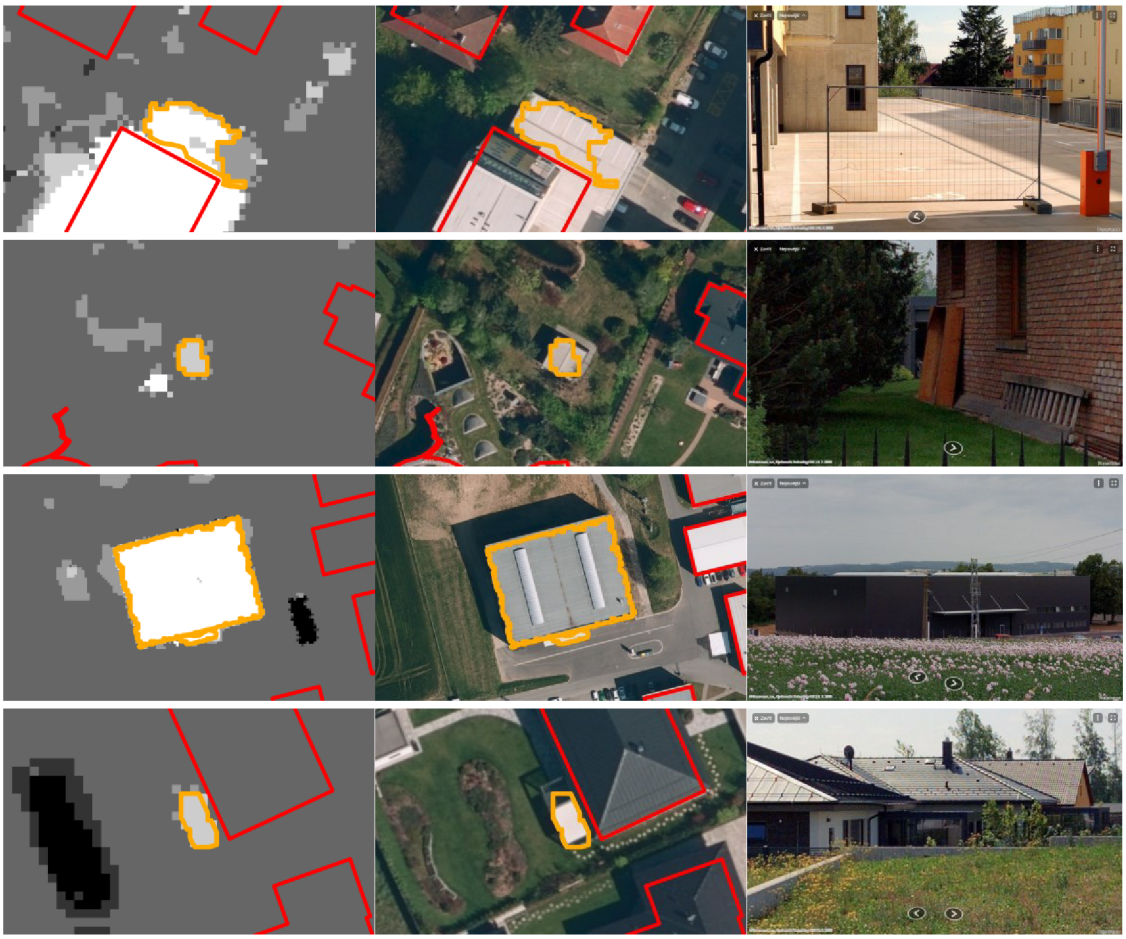
Na mapovém listě JIHL84 bylo identifikováno 23 polygonů, kde by se mohly nacházet nové stavební objekty (Obr. 37-46). Seznam těchto objektů je uveden v Tab. 26. Bylo ověřeno, že v 17 případech se jedná o změnu, která by měla být při plošné aktualizaci ZABAGED® zakreslena. Ve 4 případech bylo ověřeno, že se nejedná o objekt ZABAGED®, nicméně odrazivost povrchu odpovídá střeše stavebního objektu. 2 případy nejdou ověřit pomocí dálkových metod, ani z veřejných registrů, a je tedy vhodné provést při plošné aktualizaci ZABAGED® terénní topografické šetření. Konkrétně bylo detekováno 7 nových budov, 7 nových přístřešků, 2 výstavby budov (v jednom případě je hotové 1. n. p., v druhém případě je hotové 2. n. p., Obě budovy by proto měly být dle ZÚ (2025b) obsahem ZABAGED®), 2 stany, které nejsou obsahem ZABAGED®, na 1 místě dočasné stavební buňky, které nejsou obsahem ZABAGED®, 1 srovnaný povrch, 1 střecha, která je patrná na ortofotu 2022, avšak na Ortofotu ČR z roku 2024 již viditelná není. V 1 případě není na ortofotu viditelná změna. Toto místo lze navrhnout pro šetření v terénu. Výsledná úspěšnost detekce změn u nových stavebních objektů se blíží 74 %, což je velmi slibný výsledek. Pro terénní šetření bylo navrženo 9 % případů.



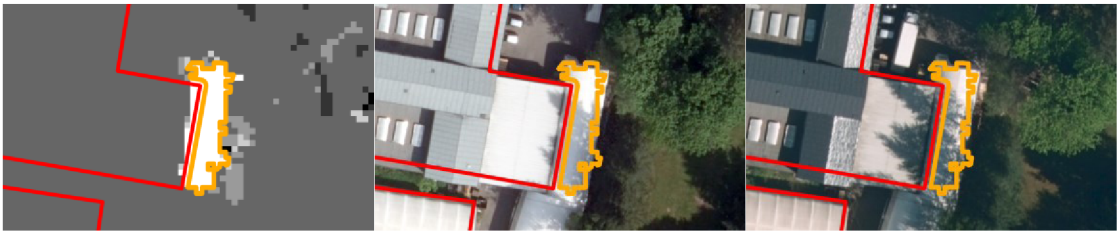
Obr. 37 Detekované nové stavební objekty, m. l. JIHL84

ID	Rozloha [m²]	Lze ověřit	Návrh na terénní šetření	Zakreslit změnu	Poznámka	Zdroj
1	23,15	ano	ne	ano	nová budova	Mapy.cz Panorama
2	23,97	ne	ano	-	na Ortofotu ČR, rok 2024, znatelné srovnání povrchu	Ortofoto ČR, rok 2024
3	90,23	ano	ne	ano	nový přístřešek	Google Maps StreetView
4	95,41	ano	ne	ne	dočasné stavební buňky, objekt není obsahem ZABAGED	Mapy.cz Panorama
5	23,75	ano	ne	ano	nová budova	Mapy.cz Panorama
6	71,87	ano	ne	ano	nový přístřešek	Mapy.cz Panorama
7	36,38	ano	ne	ne	na Ortofotu ČR, v roce 2022 viditelná střecha, v roce 2024 již střecha není	Ortofoto ČR, rok 2024
8	52,07	ano	ne	ano	nová budova	Mapy.cz Panorama
9	118,78	ano	ne	ano	nová budova, nadzemní podlaží garáží	Mapy.cz Panorama
10	17,42	ano	ne	ano	nový přístřešek	Mapy.cz Panorama
11	24,88	ano	ne	ano	nová budova	Mapy.cz Panorama
12	43,65	ano	ne	ne	stan, objekt není obsahem ZABAGED	Mapy.cz Panorama
13	28,72	ano	ne	ne	stan, objekt není obsahem ZABAGED	Mapy.cz Panorama
14	239,92	ano	ne	ano	výstavba budovy, hotové 1. n. p.	Mapy.cz Panorama
15	39,16	ano	ne	ano	nový přístřešek	Mapy.cz Panorama
16	1934,52	ano	ne	ano	nová budova	Mapy.cz Panorama
17	192,62	ano	ne	ano	výstavba budovy, hotové 2. n. p.	Mapy.cz Panorama
18	16,70	ano	ne	ano	nová budova	Mapy.cz Panorama
19	20,60	ano	ne	ano	nový přístřešek	Mapy.cz Panorama
20	18,68	ano	ne	ano	nový přístřešek	Mapy.cz Panorama
21	27,47	ano	ne	ano	nový přístřešek	Mapy.cz Panorama
22	92,01	ano	ne	ano	na Ortofotu ČR, rok 2024, viditelná budova	Ortofoto ČR, rok 2024
23	38,67	ne	ano	-	na ortofotu není viditelná změna	Ortofoto ČR, rok 2024

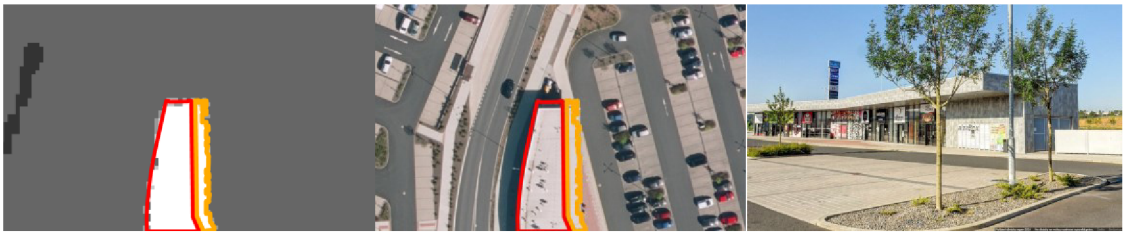
Tab. 26 Detekované nové stavební objekty, m. l. JIHL84



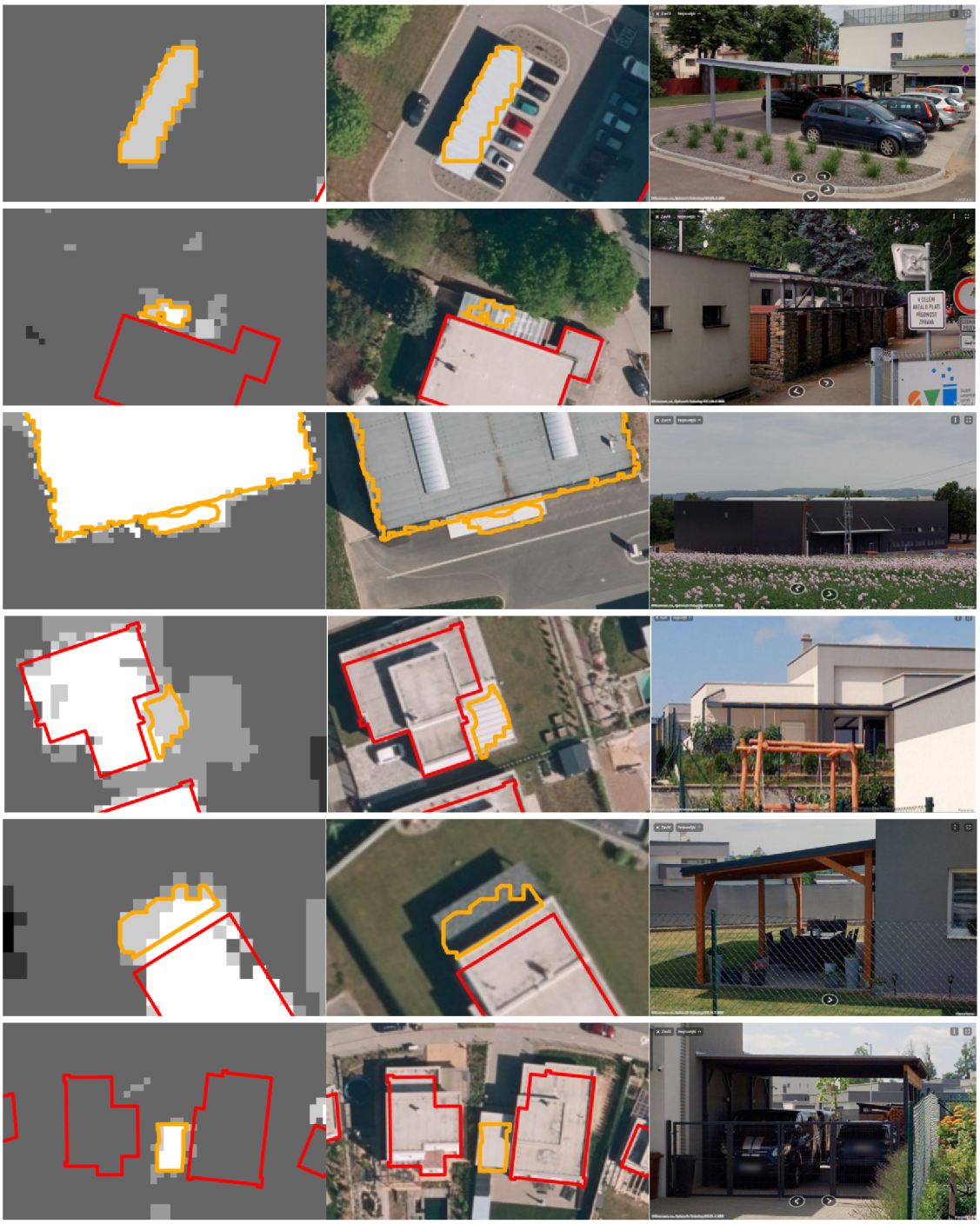
Obr. 38 Nové budovy detekované na JIHL84 – shora polygony č. 1, 5, 8, 9, 11, 16, 18 (zdroj: LLS 2020-2023, Ortofoto ČR 2024, Mapy.com Panorama 2023)



Obr. 39 Nová budova detekovaná na JIHL84 – polygon č. 22 (zdroj: LLS 2020-2023, Ortofoto ČR 2022, 2024)

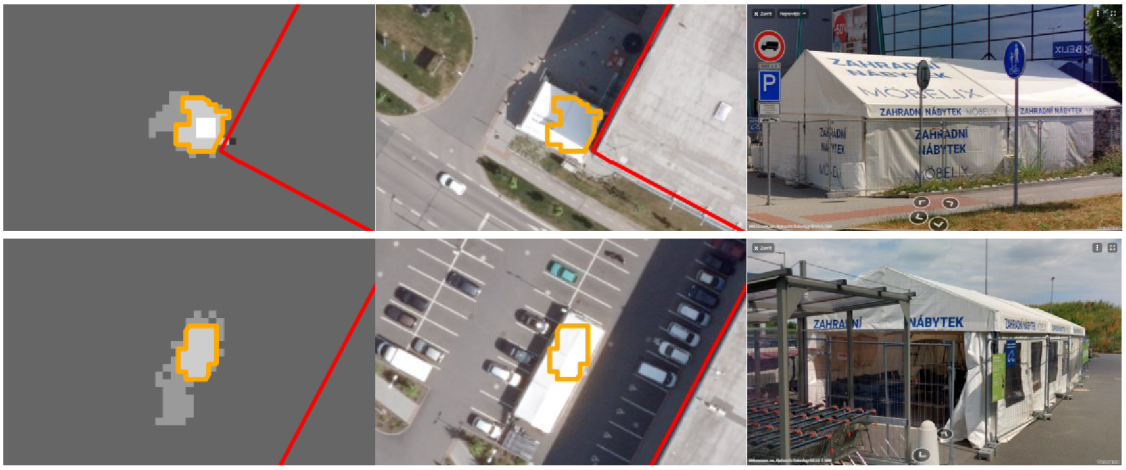


Obr. 40 Nový přístřešek detekovaný na JIHL84 – polygon č. 3 (zdroj: LLS 2020-2023, Ortofoto ČR 2024, Google Maps StreetView 2024)



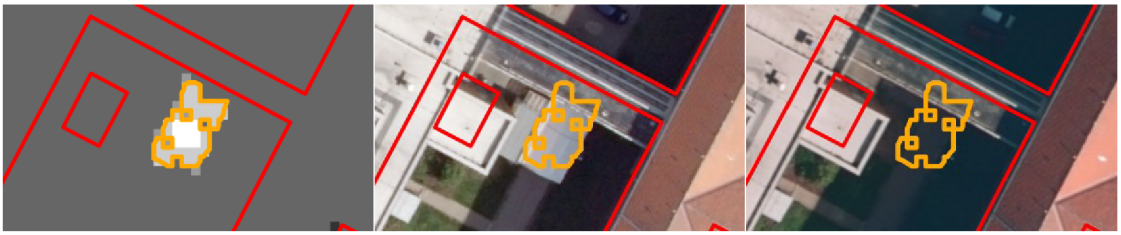
Obr. 41 Nové přístřešky detekované na JIHL84 – shora polygony č. 6, 10, 15, 19, 20, 21 (zdroj: LLS 2020-2023, Ortofoto ČR 2024, Mapy.com Panorama 2023)

Obr. 42 Výstavby budov detekované na JIHL84 – shora polygony č. 14, 17 (zdroj: LLS 2020-2023, Ortofoto ČR 2024, Mapy.com Panorama 2023)

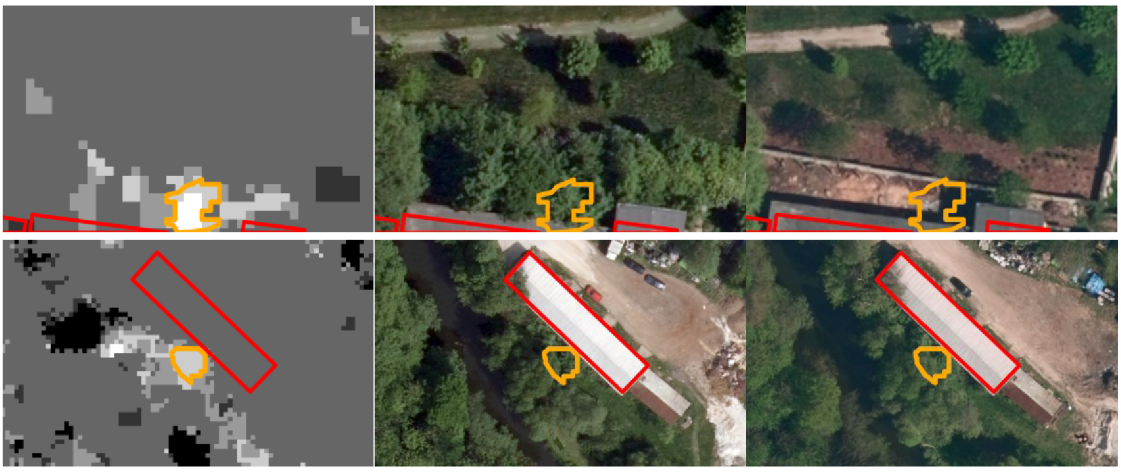


Obr. 43 Stany detekované na JIHL84 – shora polygony č. 12, 13 (zdroj: LLS 2020-2023, Ortofoto ČR 2022, Mapy.com Panorama 2023)

Obr. 44 Dočasné stavební buňky detekované na JIHL84 – polygon č. 4 (zdroj: LLS 2020-2023, Ortofoto ČR 2024, Mapy.com Panorama 2023)



Obr. 45 Střecha detekovaná na JIHL84 – polygon č. 7 (zdroj: LLS 2020-2023, Ortofoto ČR 2022, 2024)



Obr. 46 Nepotvrzené změny detekované na JIHL84 – polygony č. 2, 23 (zdroj: LLS 2020-2023, Ortofoto ČR 2022, 2024)

6.4.2 Detekce zbořených stavebních objektů

Bylo detekováno 5 polygonů, které označují stavebních objekty, které by mohly být zbořené (Obr. 47-50). Seznam těchto objektů je uveden v Tab. 27. V 1 případě jde o budovu, u které bylo ověřeno, že byla zbořena. 2 budovy byly přestavěny a bude tedy vhodné revidovat jejich obvodovou geometrii. Poslední 2 detekované případy představovaly odstraněné dočasné konstrukce na střeše budovy a nejde tedy o změnu v ZABAGED®.

Detekci zbořených budov můžeme považovat za úspěšnou, neboť detekované změny byly změnami, pouze byly v některých případech nahrazeny novými budovami.

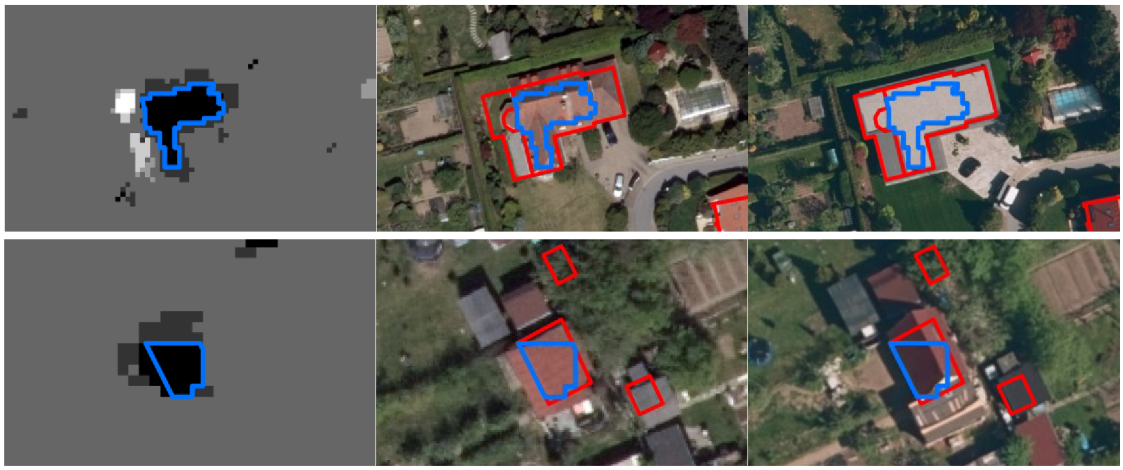
Obr. 47 Detekované zbořené stavební objekty, m. l. JIHL84

ID	Rozloha [m^2]	Lze ověřit	Návrh na terénní šetření	Zakreslit změnu	Poznámka	Zdroj
1	51,00	ano	ne	ne	dočasná konstrukce na střeše budovy byla odstraněna	Ortofoto ČR, rok 2024
2	35,00	ano	ne	ne	dočasná konstrukce na střeše budovy byla odstraněna	Ortofoto ČR, rok 2024
3	24,17	ano	ne	ano	budova zbořena	Ortofoto ČR, rok 2024
4	133,67	ano	ne	ne	budova byla přestavěna	Ortofoto ČR, rok 2020 a Mapy.cz Panorama
5	19,41	ano	ne	ne	budova byla přestavěna	Ortofoto ČR, rok 2024

Tab. 27 Detekované zbořené stavební objekty, m. l. JIHL84

Obr. 48 Zbořená budova detekovaná na JIHL84 – polygon č. 3 (zdroj: LLS 2020-2023, Ortofoto ČR 2022, 2024)

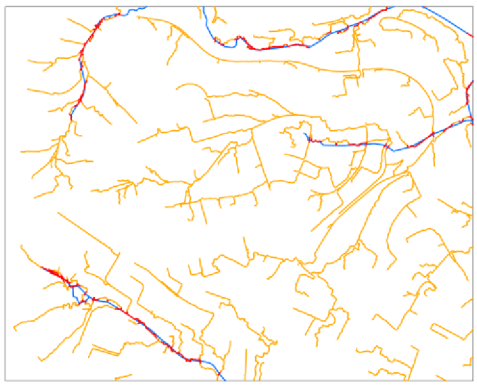
Obr. 49 Odstraněné dočasné konstrukce na střeše budovy – polygony č. 1, 2 (zdroj: LLS 2020-2023, Ortofoto ČR 2022, 2024)



Obr. 50 Přestavěné budovy (zleva polygony č. 4, 5) (zdroj: LLS 2022-2023, Ortofoto ČR 2020, 2024)

6.4.3 Detekce geometrie linií vodních toků

Na mapovém listě JIHL84 byly identifikovány linie vodních toků. Na Obr. 51 jsou zobrazeny osy vodních toků ZABAGED® modře. Oranžově a červeně jsou zobrazeny odtokové linie, přičemž červené linie jsou ve vzdálenosti do 10 m od vodního toku ZABAGED®. Na Obr. 52 je vlevo případ, kdy se detekovaná linie vodního toku shoduje s vodním tokem ZABAGED®, zatímco vpravo je případ linie vodního toku, která neodpovídá reálnému průběhu vodního toku, což je způsobeno příliš malým sklonem břehů ve studovaném území.

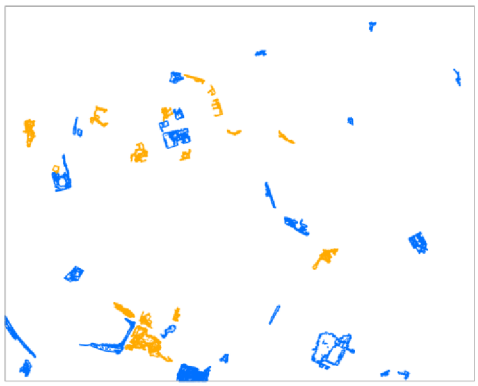


Obr. 51 Detekované odtokové linie, m. l. JIHL84

Obr. 52 Detaily detekovaných odtokových linií, m. l. JIHL84

6.4.4 Detekce změny vegetace

Na m. l. JIHL84 byly identifikovány přírůstky a úbytky vegetace, které jsou zobrazeny na Obr. 97. Oranžově jsou znázorněny přírůstky, modře úbytky. Pro účely detekce změny vegetace na m. l. byla vybrána per-pixel klasifikace, klasifikátor K-Nearest Neighbor.



Obr. 53 Detekované změny vegetace, m. l. JIHL84

7 PŘÍPADOVÁ STUDIE 2: KLAT35

Druhá případová studie se věnuje detekci změn vybraných objektů ZABAGED® na území m. l. KLAT35 v kladu SM 5. Poslední plošná (periodická) aktualizace ZABAGED® proběhla na tomto m. l. 23. 11. 2021. V této kapitole jsou popsána použitá data, zpracování multispektrálních dat a dat LiDAR a výsledky detekovaných změn objektů ZABAGED®.

7.1 Použitá data

Analyzované Ortofoto ČR a CIR ortofoto na území m. l. KLAT35 bylo vytvořeno na základě LMS, které bylo pořízeno ve dnech 31. 5. 2023 a 14. 6. 2021, tedy s odstupem 2 let, resp. 14 dnů. V roce 2021 byla vegetace více vyrostlá oproti datu snímkování v roce 2023, kromě několika bloků orné půdy, které byly osety v roce 2021 později. Ukázky ortofot jsou na Obr. 55-58. Podrobnosti k použitým spektrálním pásmům jsou uvedeny v Tab. 28-31.

Obr. 55 CIR ortofoto, m. l. KLAT35, LMS ze dne 31. 5. 2023

Rastrová datová sada	WRTI24.2023.KLAT35.jp2				
Pásmo	**Název pásma**	**Minimum**	**Maximum**	**Průměr**	**Směrodatná odchylka**
NIR	Band_1	0	255	115,680965479980	51,624554365365
R	Band_2	0	255	81,021850392015	54,492678361368
G	Band_3	8	255	99,476696384022	41,781232971889

Tab. 28 Podrobnosti k použitým pásmům CIR ortofota, m. l. KLAT35, pořízení LMS 31. 5. 2023

Obr. 56 Ortofoto ČR, m. l. KLAT35, 31. 5. 2023

Rastrová datová sada	WRTO24.2023.KLAT35.jp2				
Pásmo	**Název pásma**	**Minimum**	**Maximum**	**Průměr**	**Směrodatná odchylka**
B	Band_3	7	255	93,48386676871	35,989886189075

Tab. 29 Podrobnosti k použitému pásmu Ortofota ČR, m. l. KLAT35, 31. 5. 2023

Obr. 57 CIR ortofoto, m. l. KLAT35, 14. 6. 2021

Rastrová datová sada	WRTI24.2021.KLAT35.jp2				
Pásmo	**Název pásma**	**Minimum**	**Maximum**	**Průměr**	**Směrodatná odchylka**
NIR	Band_1	15	255	151,096170311960	40,085519848913
R	Band_2	9	255	98,469163528014	45,836034258121
G	Band_3	16	255	108,161208168000	38,875570373080

Tab. 30 Podrobnosti k použitým pásmům CIR ortofota, m. l. KLAT35, pořízení LMS 14. 6. 2021

Obr. 58 Ortofoto ČR, m. l. KLAT35, 14. 6. 2021

Rastrová datová sada	WRTO24.2021.KLAT35.jp2				
Pásmo	**Název pásma**	**Minimum**	**Maximum**	**Průměr**	**Směrodatná odchylka**
B	Band_3	23	253	88,931335749988	34,559110202605

Tab. 31 Podrobnosti k použitému pásmu Ortofota ČR, m. l. KLAT35, 14. 6. 2021

LLS proběhlo v území m. l. KLAT35 ve dnech 19. 2. 2025 a 28. 3. 2022, tj. s odstupem 3 let, resp. 37 dnů. Na Obr. 59-64 jsou zobrazena složená mračna bodů.

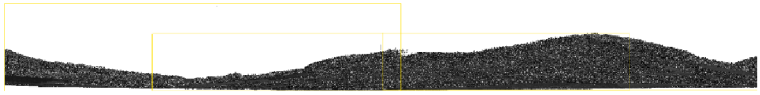
Seznam souborů ve formátu .laz uvedený níže uvádí data LiDAR z roku 2025:

CPC.SJTSKBPV.20250219_103515.KLAT35.laz

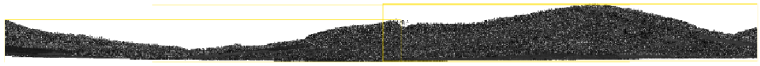
CPC.SJTSKBPV.20250219_103952.KLAT35.laz

CPC.SJTSKBPV.20250219_104446.KLAT35.laz

Obr. 59 Složená mračna bodů, KLAT35, 19. 2. 2025, půdorys

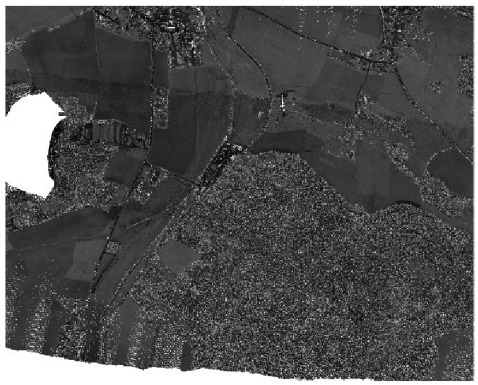


Obr. 60 Složená mračna bodů, KLAT35, 19. 2. 2025, nárys

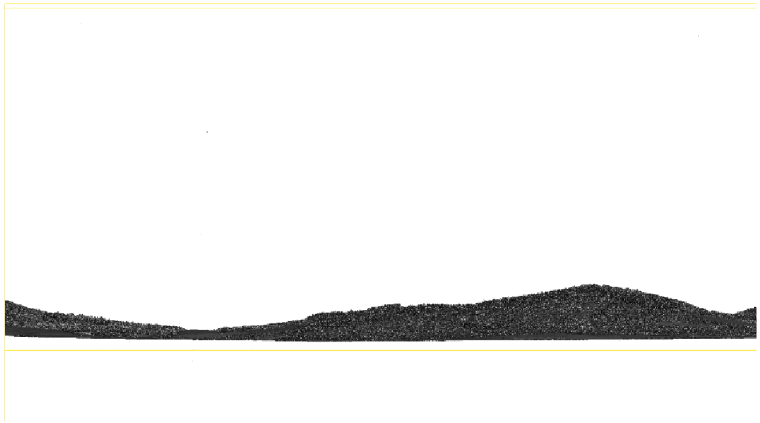


Obr. 61 Složená mračna bodů, KLAT35, 19. 2. 2025, nárys bez outlierů

Seznam souborů ve formátu .laz uvedený níže uvádí data LiDAR z roku 2022:
CPC.SJTSKBPV.20220328_115135.KLAT35.laz
CPC.SJTSKBPV.20220328_120543.KLAT35.laz



Obr. 62 Složená mračna bodů, KLAT35, 28. 3. 2022, půdorys



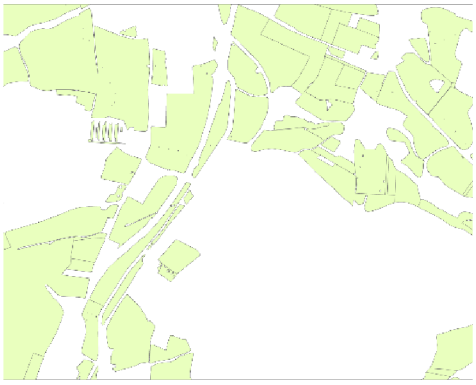
Obr. 63 Složená mračna bodů, KLAT35, 28. 3. 2022, nárys

Obr. 64 Složená mračna bodů, KLAT35, 28. 3. 2022, nárys bez outlierů

Stavební objekty ZABAGED® jsou zobrazeny na Obr 65.

Obr. 65 Stavební objekty ZABAGED®, KLAT35, stav ke dni 23. 12. 2024

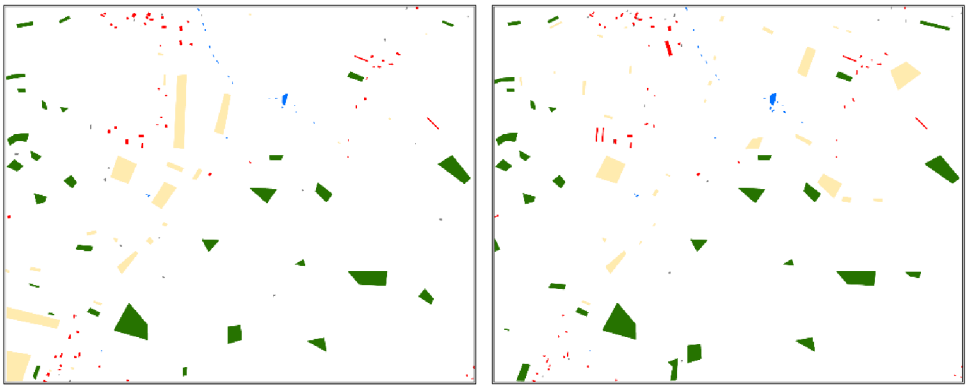
Zemědělské kultury LPIS jsou zobrazeny na Obr. 66.



Obr. 66 Zemědělské kultury LPIS, KLAT35, stav ke dni 31. 12. 2024

7.2 Zpracování multispektrálních dat

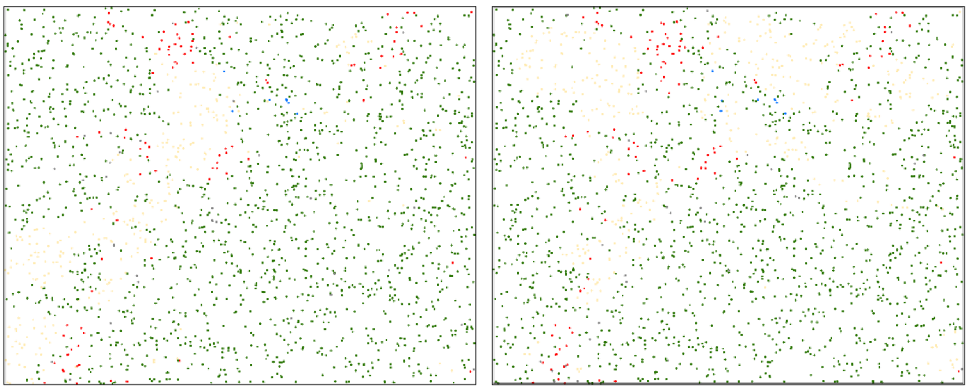
Zpracování multispektrálních dat proběhlo dle postupu, který je uveden v kapitole 5.1. Trénovacích ploch pro řízenou klasifikaci bylo na m. l. JIHL84 definováno 315. Trénovací plochy jsou zobrazeny na Obr. 67. Jejich počet v jednotlivých kategoriích uvádít Tab. 32. 2000 kontrolních bodů pro hodnocení přesnosti, které byly pro každý rok snímkování manuálně vyhodnoceny, jsou zobrazeny na Obr. 68.



Obr. 67 Trénovací polygony, m. l. KLAT35, vlevo pro rok 2021, vpravo pro rok 2023

KLAT35		Počet trénovacích ploch	
Číslo kategorie	Kategorie	2021	2023
1	vodní plocha	20	20
2	holá půda	25	30
3	zeleň	30	30
4	zastavěná plocha	60	60
5	stín	20	20
Celkem		155	160

Tab. 32 Počet trénovacích ploch, m. l. KLAT35

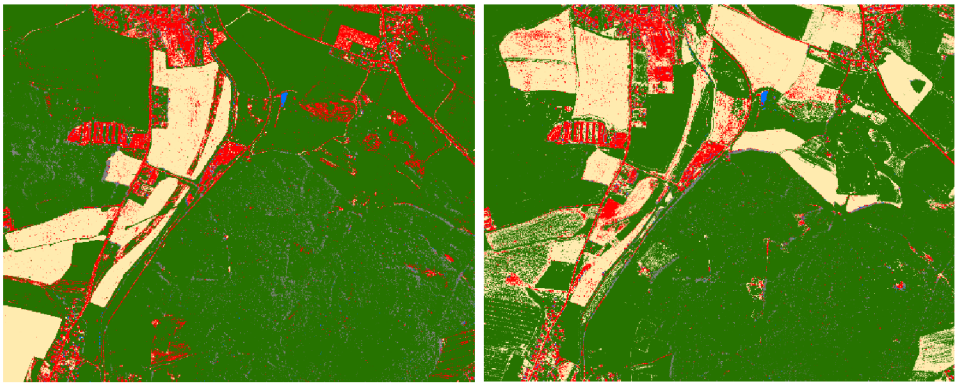


Obr. 68 Náhodné body pro hodnocení přesnosti, m. l. KLAT35, vlevo pro rok 2021, vpravo pro rok 2023

7.2.1 Per-pixel klasifikace

Na Obr. 69-72 jsou znázorněny rastrové výstupy, které byly zpracovány řízenou per-pixel klasifikací pomocí klasifikátorů K-Nearest Neighbor, Maximum Likelihood, Random Trees a Support Vector Machine. Tab. 33-40. představují chybové matice s uvedeným Kappa koeficientem.

Klasifikátor K-Nearest Neighbor



Obr. 69 Per-pixel klasifikace, klasifikátor KNN, m. l. KLAT35, vlevo pro rok 2021, vpravo pro rok 2023

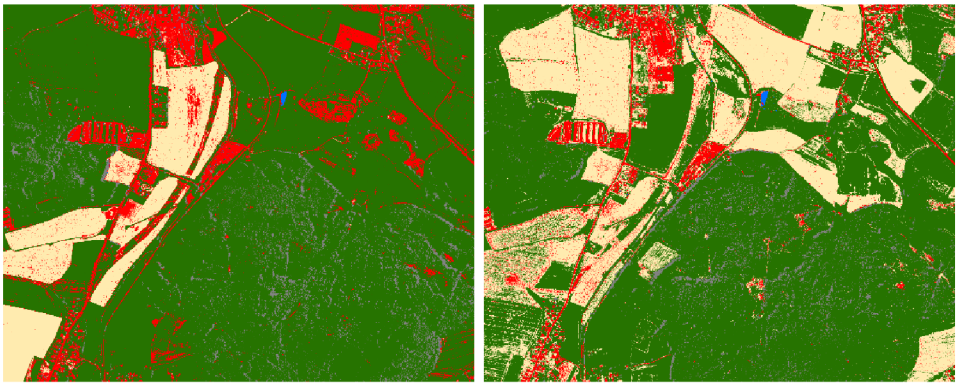
KLAT35 2021		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor K-Nearest Neighbor	vodní plocha	**2**	0	0	2	1	5	**0,40**
	holá půda	1	**215**	8	10	1	235	**0,91**
	zeleň	0	10	**1490**	2	7	1509	**0,99**
	zastavěná plocha	3	42	53	**75**	6	179	**0,42**
	stín	1	1	50	3	**17**	72	**0,24**
	Celkem	7	268	1601	92	32	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,29**	**0,80**	**0,93**	**0,82**	**0,53**		Celková přesnost 0,90

Tab. 33 Chybová matice, per-pixel klasifikace, klasifikátor KNN, m. l. KLAT35, rok 2021, Kappa koeficient 0,73

KLAT35 2023		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor K-Nearest Neighbor	vodní plocha	**7**	0	1	2	1	11	**0,64**
	holá půda	0	**334**	77	25	0	436	**0,77**
	zeleň	0	10	**1384**	2	9	1405	**0,99**
	zastavěná plocha	1	24	15	**73**	1	114	**0,64**
	stín	0	0	16	0	**18**	34	**0,53**
	Celkem	8	368	1493	102	29	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,88**	**0,91**	**0,93**	**0,72**	**0,62**		Celková přesnost 0,91

Tab. 34 Chybová matice, per-pixel klasifikace, klasifikátor KNN, m. l. KLAT35, rok 2023, Kappa koeficient 0,79

Klasifikátor Maximum Likelihood



Obr. 70 Per-pixel klasifikace, klasifikátor ML, m. l. KLAT35, vlevo pro rok 2021, vpravo pro rok 2023

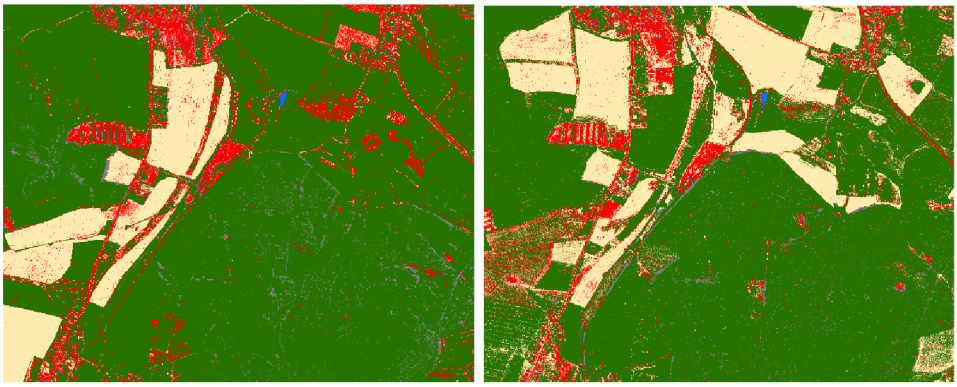
KLAT35 2021		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor Maximum Likelihood	vodní plocha	**2**	0	1	1	0	4	**0,50**
	holá půda	0	**203**	2	3	0	208	**0,98**
	zeleň	2	11	**1464**	7	7	1491	**0,98**
	zastavěná plocha	2	53	65	**80**	8	208	**0,38**
	stín	1	1	69	1	**17**	89	**0,19**
	Celkem	7	268	1601	92	32	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,29**	**0,76**	**0,91**	**0,87**	**0,53**		Celková přesnost 0,88

Tab. 35 Chybová matice, per-pixel klasifikace, klasifikátor ML, m. l. KLAT35, rok 2021, Kappa koeficient 0,70

KLAT35 2023		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor Maximum Likelihood	vodní plocha	**4**	0	0	0	0	4	**1,00**
	holá půda	0	**352**	145	13	0	510	**0,69**
	zeleň	4	3	**1267**	6	8	1288	**0,98**
	zastavěná plocha	0	13	22	**83**	1	119	**0,70**
	stín	0	0	59	0	**20**	79	**0,25**
	Celkem	8	368	1493	102	29	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,50**	**0,96**	**0,85**	**0,81**	**0,69**		Celková přesnost 0,86

Tab. 36 Chybová matice, per-pixel klasifikace, klasifikátor ML, m. l. KLAT35, rok 2023, Kappa koeficient 0,71

Klasifikátor Random Trees



Obr. 71 Per-pixel klasifikace, klasifikátor RT, m. l. KLAT35, vlevo pro rok 2021, vpravo pro rok 2023

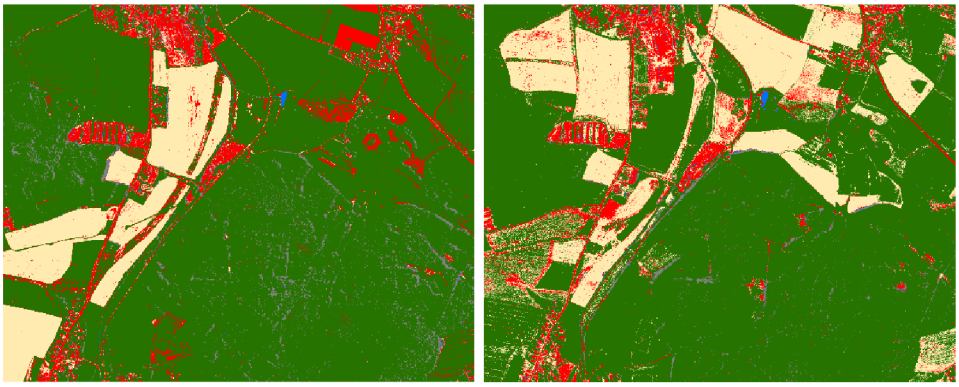
KLAT35 2021		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor Random Trees	vodní plocha	**3**	0	0	3	0	6	**0,50**
	holá půda	2	**216**	10	9	1	238	**0,91**
	zeleň	1	11	**1488**	2	8	1510	**0,99**
	zastavěná plocha	1	39	62	**74**	6	182	**0,41**
	stín	0	2	41	4	**17**	64	**0,27**
	Celkem	7	268	1601	92	32	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,43**	**0,81**	**0,93**	**0,80**	**0,53**		Celková přesnost 0,90

Tab. 37 Chybová matice, per-pixel klasifikace, klasifikátor RT, m. l. KLAT35, rok 2021, Kappa koeficient 0,73

KLAT35 2023		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor Random Trees	vodní plocha	**4**	0	0	0	0	4	**1,00**
	holá půda	0	**333**	60	19	0	412	**0,81**
	zeleň	0	11	**1347**	6	11	1375	**0,98**
	zastavěná plocha	4	24	60	**76**	2	166	**0,46**
	stín	0	0	26	1	**16**	43	**0,37**
	Celkem	8	368	1493	102	29	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,50**	**0,90**	**0,90**	**0,75**	**0,55**		Celková přesnost 0,89

Tab. 38 Chybová matice, per-pixel klasifikace, klasifikátor RT, m. l. KLAT35, rok 2023, Kappa koeficient 0,75

Klasifikátor Support Vector Machine



Obr. 72 Per-pixel klasifikace, klasifikátor SVM, m. l. KLAT35, vlevo pro rok 2021, vpravo pro rok 2023

KLAT35 2021		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor Support Vector Machine	vodní plocha	**3**	0	2	1	1	7	**0,43**
	holá půda	0	**210**	4	11	1	226	**0,93**
	zeleň	0	12	**1478**	3	6	1499	**0,99**
	zastavěná plocha	3	45	59	**75**	6	188	**0,40**
	stín	1	1	58	2	**18**	80	**0,23**
	Celkem	7	268	1601	92	32	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,43**	**0,78**	**0,92**	**0,82**	**0,56**		Celková přesnost 0,89

Tab. 39 Chybová matice, per-pixel klasifikace, klasifikátor SVM, m. l. KLAT35, rok 2021, Kappa koeficient 0,72

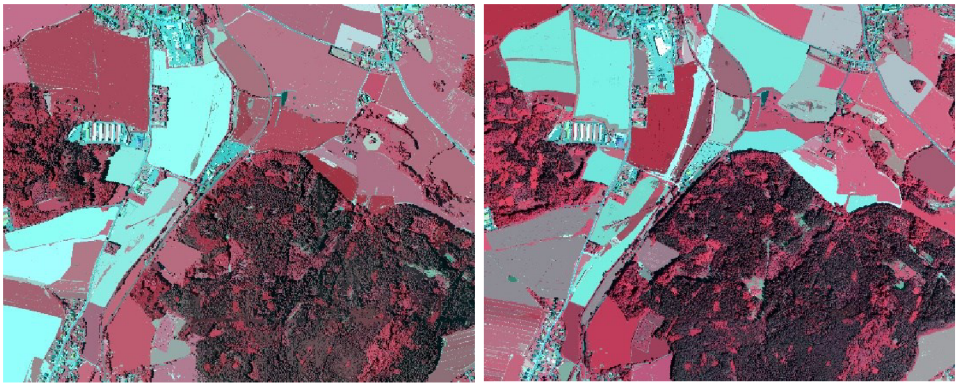
KLAT35 2023		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor Support Vector Machine	vodní plocha	**6**	0	0	2	0	8	**0,75**
	holá půda	0	**327**	60	17	0	404	**0,81**
	zeleň	2	10	**1396**	3	8	1419	**0,98**
	zastavěná plocha	0	31	26	**80**	2	139	**0,58**
	stín	0	0	11	0	**19**	30	**0,63**
	Celkem	8	368	1493	102	29	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,75**	**0,89**	**0,94**	**0,78**	**0,66**		Celková přesnost 0,91

Tab. 40 Chybová matice, per-pixel klasifikace, klasifikátor SVM, m. l. KLAT35, rok 2023, Kappa koeficient 0,80

7.2.2 Objektově orientovaná klasifikace

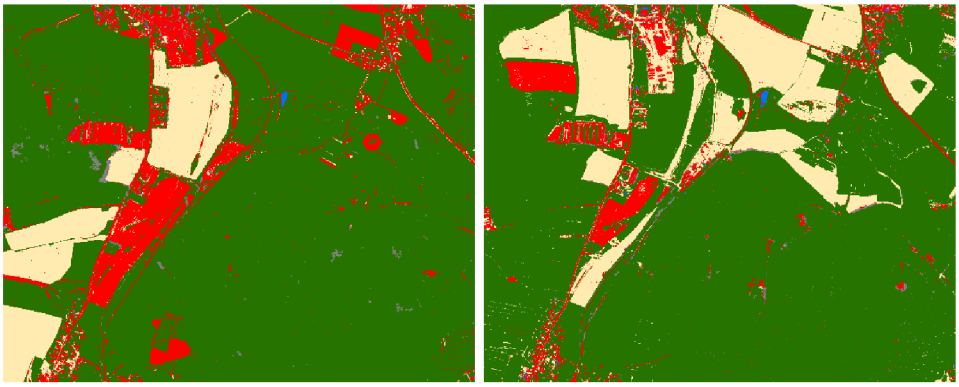
Na Obr. 74-77 jsou znázorněny rastrové výstupy, které byly zpracovány řízenou per-pixel klasifikací pomocí klasifikátorů K-Nearest Neighbor, Maximum Likelihood, Random Trees a Support Vector Machine. Tab. 41-48 představují chybové matice s uvedeným Kappa koeficientem. Výsledky objektově orientované klasifikace nejsou ucházející pro další analýzy.

Výsledek segmentace je zobrazen na Obr. 73.



Obr. 73 Segmentace, m. l. KLAT35, vlevo 2021, vpravo 2023

Klasifikátor K-Nearest Neighbor



Obr. 74 Objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor KNN, m. l. KLAT35, vlevo pro rok 2021, vpravo pro rok 2023

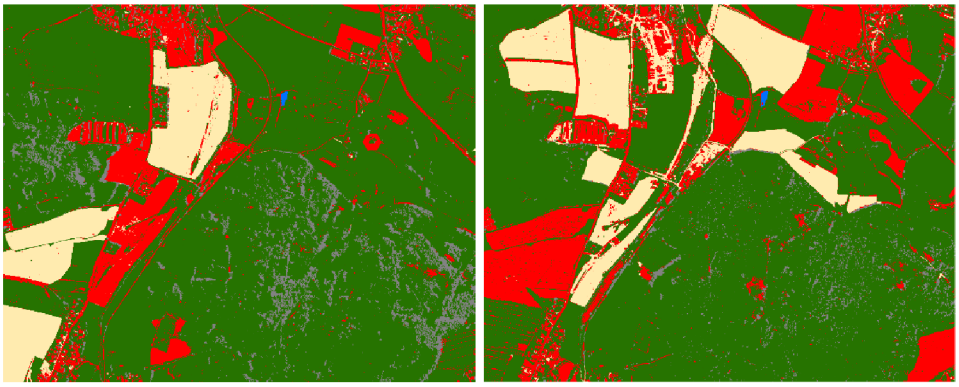
KLAT35 2021		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor K-Nearest Neighbor	vodní plocha	**2**	0	0	1	0	3	**0,67**
	holá půda	0	**176**	7	7	0	190	**0,93**
	zeleň	1	14	**1513**	6	18	1552	**0,97**
	zastavěná plocha	4	78	75	**74**	8	239	**0,31**
	stín	0	0	6	4	**6**	16	**0,38**
	Celkem	7	268	1601	92	32	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,29**	**0,66**	**0,95**	**0,80**	**0,19**		Celková přesnost 0,89

Tab. 41 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor KNN, m. l. KLAT35, rok 2021, Kappa koeficient 0,68

KLAT35 2023		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor K-Nearest Neighbor	vodní plocha	**2**	0	0	1	0	3	**0,67**
	holá půda	0	**267**	20	32	0	319	**0,84**
	zeleň	2	50	**1463**	9	14	1538	**0,95**
	zastavěná plocha	4	51	6	**60**	1	122	**0,49**
	stín	0	0	4	0	**14**	18	**0,78**
	Celkem	8	368	1493	102	29	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,25**	**0,73**	**0,98**	**0,59**	**0,48**		Celková přesnost 0,90

Tab. 42 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor KNN, m. l. KLAT35, rok 2023, Kappa koeficient 0,75

Klasifikátor Maximum Likelihood



Obr. 75 Objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor ML, m. l. KLAT35, vlevo pro rok 2021, vpravo pro rok 2023

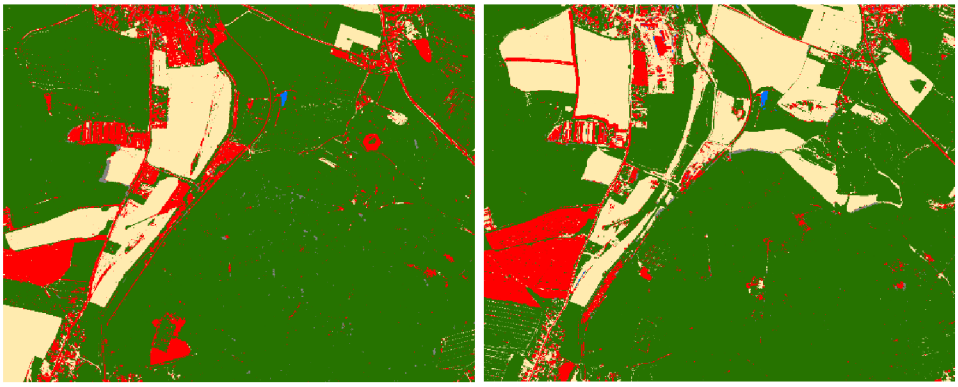
KLAT35 2021		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor Maximum Likelihood	vodní plocha	**2**	0	0	0	0	2	**1,00**
	holá půda	0	**164**	1	1	0	166	**0,99**
	zeleň	0	12	**1430**	5	5	1452	**0,98**
	zastavěná plocha	4	90	66	**83**	7	250	**0,33**
	stín	1	2	104	3	**20**	130	**0,15**
	Celkem	7	268	1601	92	32	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,29**	**0,61**	**0,89**	**0,90**	**0,63**		Celková přesnost 0,85

Tab. 43 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor ML, m. l. KLAT35, rok 2021, Kappa koeficient 0,62

KLAT35 2023		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor Maximum Likelihood	vodní plocha	**2**	0	0	0	0	2	**1,00**
	holá půda	0	**229**	1	26	0	256	**0,89**
	zeleň	3	5	**1291**	4	15	1318	**0,98**
	zastavěná plocha	3	134	157	**72**	1	367	**0,20**
	stín	0	0	44	0	**13**	57	**0,23**
	Celkem	8	368	1493	102	29	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,25**	**0,62**	**0,86**	**0,71**	**0,45**		Celková přesnost 0,80

Tab. 44 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor ML, m. l. KLAT35, rok 2023, Kappa koeficient 0,59

Klasifikátor Random Trees



Obr. 76 Objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor RT, m. l. KLAT35, vlevo pro rok 2021, vpravo pro rok 2023

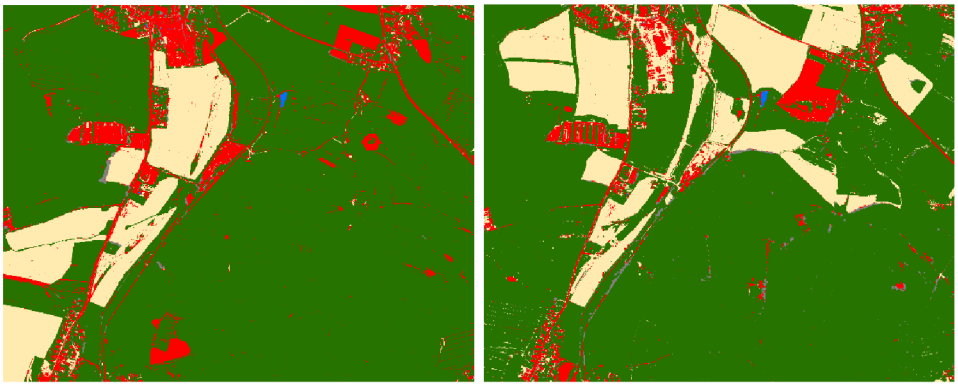
KLAT35 2021		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor Random Trees	vodní plocha	**2**	0	0	0	0	2	**1,00**
	holá půda	1	**207**	24	9	1	242	**0,86**
	zeleň	1	10	**1496**	9	20	1536	**0,97**
	zastavěná plocha	3	51	73	**74**	8	209	**0,35**
	stín	0	0	8	0	**3**	11	**0,27**
	Celkem	7	268	1601	92	32	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,29**	**0,77**	**0,93**	**0,80**	**0,09**		Celková přesnost 0,89

Tab. 45 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor RT, m. l. KLAT35, rok 2021, Kappa koeficient 0,70

KLAT35 2023		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor Random Trees	vodní plocha	**3**	0	0	1	0	4	**0,75**
	holá půda	0	**328**	28	42	0	398	**0,82**
	zeleň	5	16	**1350**	10	21	1402	**0,96**
	zastavěná plocha	0	24	114	**49**	1	188	**0,26**
	stín	0	0	1	0	**7**	8	**0,88**
	Celkem	8	368	1493	102	29	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,38**	**0,89**	**0,90**	**0,48**	**0,24**		Celková přesnost 0,87

Tab. 46 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor RT, m. l. KLAT35, rok 2023, Kappa koeficient 0,70

Klasifikátor Support Vector Machine



Obr. 77 Objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor SVM, m. l. KLAT35, vlevo pro rok 2021, vpravo pro rok 2023

KLAT35 2021		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor Support Vector Machine	vodní plocha	**2**	0	0	1	0	3	**0,67**
	holá půda	0	**221**	11	6	0	238	**0,93**
	zeleň	1	14	**1524**	4	17	1560	**0,98**
	zastavěná plocha	4	32	62	**79**	10	187	**0,42**
	stín	0	1	4	2	**5**	12	**0,42**
	Celkem	7	268	1601	92	32	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,29**	**0,82**	**0,95**	**0,86**	**0,16**		Celková přesnost 0,92

Tab. 47 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor SVM, m. l. KLAT35, rok 2021, Kappa koeficient 0,76

KLAT35 2023		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor Support Vector Machine	vodní plocha	**2**	0	0	0	0	2	**1,00**
	holá půda	0	**299**	8	32	0	339	**0,88**
	zeleň	1	43	**1471**	7	11	1533	**0,96**
	zastavěná plocha	5	26	12	**62**	1	106	**0,58**
	stín	0	0	2	1	**17**	20	**0,85**
	Celkem	8	368	1493	102	29	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,25**	**0,81**	**0,99**	**0,61**	**0,59**		Celková přesnost 0,93

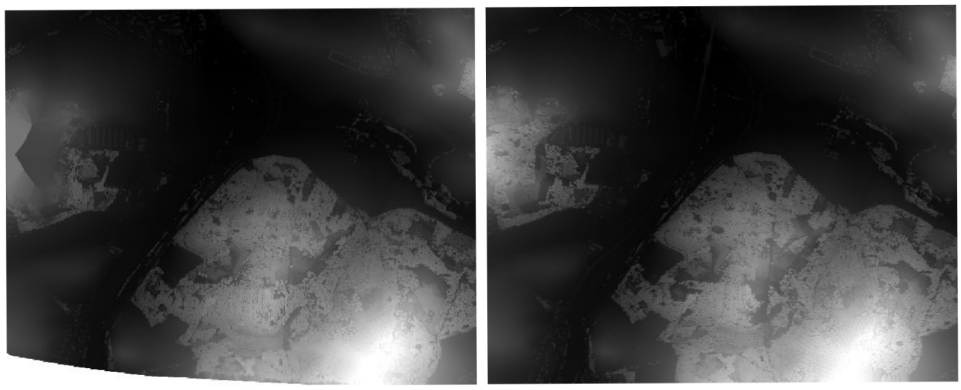
Tab. 48 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor SVM, m. l. KLAT35, rok 2023, Kappa koeficient 0,81

7.3 Zpracování dat LiDAR

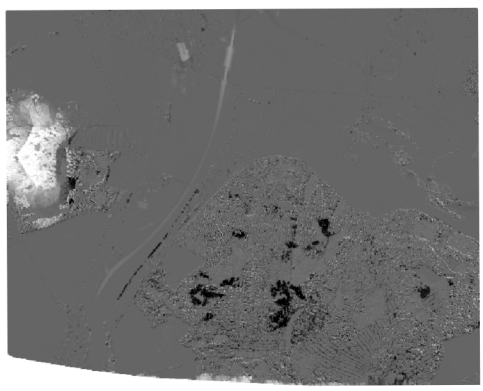
Laserová mračna bodů byla zpracována dle postupů uvedených v kapitole 5.2.

7.3.1 Rozdílový DMP

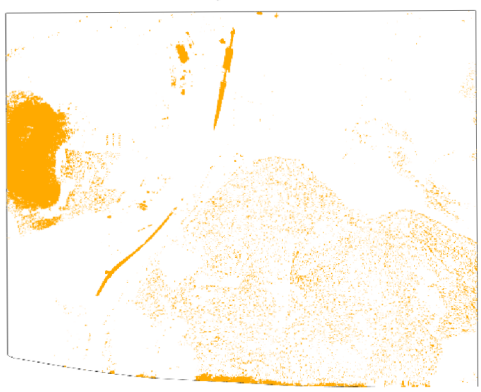
Na Obr. 78-81 jsou zobrazeny rastrové výstupy, které sloužily jako mezivýsledky.



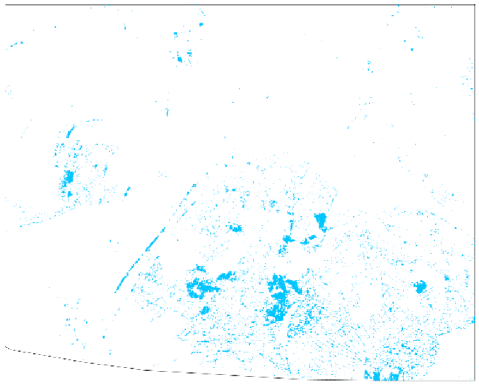
Obr. 78 DMP, interpolace IDW, první návrat, m. l. KLAT35, vlevo rok 2022, vpravo rok 2025



Obr. 79 Rozdílový DMP, m. l. KLAT35



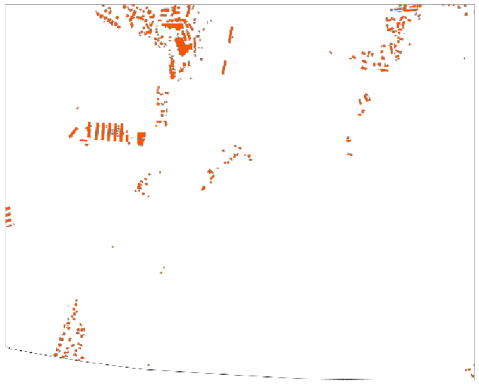
Obr. 80 Zvýšení terénu o 2 a více metrů, m. l. KLAT35



Obr. 81 Snížení terénu o 2 a více metrů, m. l. KLAT35

7.3.2 LAS klasifikace

Extrahované budovy z klasifikovaného mračna bodů jsou zobrazeny na Obr. 82.



Obr. 82 Extrahované budovy z klasifikovaného mračna bodů, m. l. KLAT35

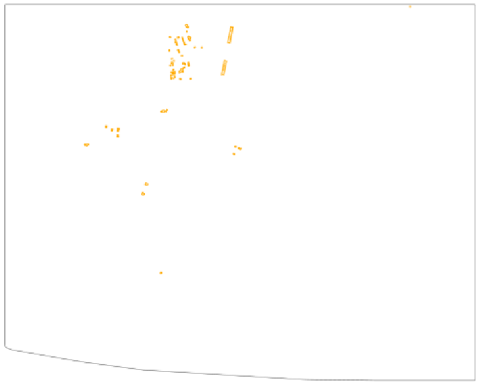
7.4 Detekované změny objektů ZABAGED®

Detekce změn objektů ZABAGED® na m. l. KLAT35 byla provedena podle postupů uvedených v kapitole 5.3.

7.4.1 Detekce nových stavebních objektů

Na m. l. KLAT35 bylo identifikováno 47 polygnů, kde by se mohly nacházet nové stavební objekty (Obr. 83-94). Seznam objektů je uveden v Tab. 49. Ve 3 případech bylo ověřeno, že se jedná o nové budovy. Dále byl detekován 1 přístřešek, 3 nové střechy, které je možné navrhnout pro terénní šetření, 3 nové základy stavby, 2 nové mosty, 1 pergola s plachtou, která není obsahem ZABAGED®. Dále byly detekovány objekt, které nejsou obsahem ZABAGED®, a to 4 výsypky stavebního materiálu, 5 polygonů označujících volně ložený materiál k průmyslové činnosti, 7 polygonů v prostoru areálu průmyslové zástavby a 8 hrání kulatiny. Existence dřevozpracujícího závodu ve studovaném m. l. značně ovlivnila výsledky detekce nových stavebních objektů. Vizuální kontrolou bylo ověřeno, že byly detekovány všechny nové stavební objekty. Objekty, které mají podobné vlastnosti, jako stavební objekty, ale nejsou obsahem ZABAGED®, lze z většiny ověřit dálkovými metodami.

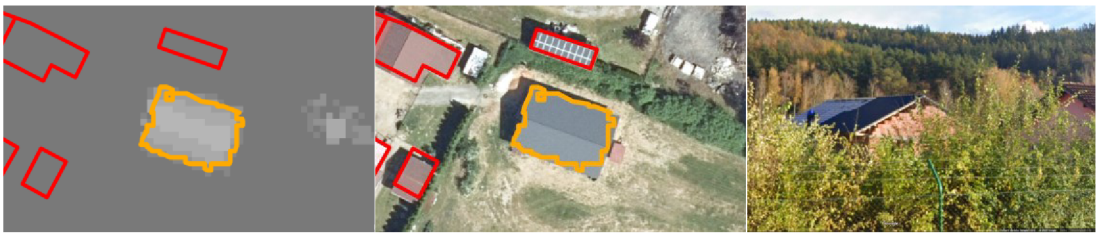
Výsledná úspěšnost detekce změn u nových stavebních objektů se blíží pouze 9 %, avšak téměř 47 % případů je navrženo pro terénní šetření, protože ověření nebylo možné pomocí ortofota, StreetView nebo Panoramy. V tomto m. l. se jedná se o oblast s výskytem areálu účelové zástavby – dřevozpracující průmysl, čímž dochází k častému pohybu dřevařských surovin a stavebních materiálů.



Obr. 83 Detekované nové stavební objekty, m. l. JIHL84

ID	Rozloha [m²]	Lze ověřit	Návrh na terénní šetření	Zakreslit změnu	Poznámka	Zdroj
1	44,42	ne	ano	-	na Ortofotu ČR, rok 2021 a 2023, viditelná nová střecha	Ortofoto ČR, rok 2021 a 2023
2	130,29	ne	ano	-	na Ortofotu ČR, rok 2021 a 2023, viditelné nové základy stavby	Ortofoto ČR, rok 2021 a 2023
3	129,29	ano	ne	ano	nová budova	Google Maps StreetView
4	43,66	ano	ne	ne	výsypka stavebního materiálu	Mapy.cz Panorama
5	87,86	ano	ne	ne	výsypka stavebního materiálu	Mapy.cz Panorama
6	35,02	ano	ne	ne	výsypka stavebního materiálu	Mapy.cz Panorama
7	162,05	ne	ano	-	na Ortofotu ČR, rok 2023, není vidět změna	Ortofoto ČR, rok 2023
8	19,14	ne	ano	-	na Ortofotu ČR, rok 2023, není vidět změna	Ortofoto ČR, rok 2023
9	17,85	ne	ano	-	na Ortofotu ČR, rok 2023, není vidět změna	Ortofoto ČR, rok 2023
10	20,37	ne	ano	-	na Ortofotu ČR, rok 2023, není vidět změna	Ortofoto ČR, rok 2023
11	17,20	ne	ano	-	na Ortofotu ČR, rok 2023, není vidět změna	Ortofoto ČR, rok 2023
12	20,83	ne	ano	-	na Ortofotu ČR, rok 2023, není vidět změna	Ortofoto ČR, rok 2023
13	21,52	ne	ano	-	na Ortofotu ČR, rok 2023, není vidět změna	Ortofoto ČR, rok 2023
14	27,45	ne	ano	-	na Ortofotu ČR, rok 2023, není vidět změna	Ortofoto ČR, rok 2023
15	21,42	ne	ano	-	na Ortofotu ČR, rok 2023, není vidět změna	Ortofoto ČR, rok 2023
16	18,32	ne	ano	-	na Ortofotu ČR, rok 2023, není vidět změna	Ortofoto ČR, rok 2023
17	163,98	ano	ne	ano	nová budova dokončena 10.12.2024	RÚIAN
18	36,12	ano	ne	ano	nová budova dokončena 10.12.2024	RÚIAN
19	38,76	ano	ne	ne	skladování materiálu k průmyslové činnosti	Mapy.cz Panorama
20	29,80	ano	ne	ne	výsypka stavebního materiálu	Mapy.cz Panorama
21	579,81	ano	ne	ne	hráně kulatiny	Mapy.cz Panorama
22	23,00	ano	ne	ne	hráně kulatiny	Mapy.cz Panorama
23	283,20	ano	ne	ne	skladování materiálu k průmyslové činnosti	Ortofoto ČR, rok 2023
24	35,46	ne	ano	-	prostor v areálu průmyslové zástavby	Ortofoto ČR, rok 2023
25	18,00	ano	ne	ne	hráně kulatiny	Ortofoto ČR, rok 2023
26	18,00	ano	ne	ne	hráně kulatiny	Ortofoto ČR, rok 2023
27	110,66	ne	ano	-	prostor v areálu průmyslové zástavby	Ortofoto ČR, rok 2023
28	114,45	ne	ano	-	prostor v areálu průmyslové zástavby	Ortofoto ČR, rok 2023
29	48,99	ano	ne	ne	hráně kulatiny	Ortofoto ČR, rok 2023
30	19,86	ano	ne	ne	hráně kulatiny	Ortofoto ČR, rok 2023
31	825,01	ano	ne	ne	nový most	Ortofoto ČR, rok 2023
32	21,32	ano	ne	ne	hráně kulatiny	Ortofoto ČR, rok 2023
33	16,35	ne	ano	-	na Ortofotu ČR, rok 2023, viditelné nové základy stavby	Ortofoto ČR, rok 2023
34	33,88	ano	ne	ne	hráně kulatiny	Ortofoto ČR, rok 2023
35	83,82	ne	ano	-	na Ortofotu ČR, rok 2023, částečně viditelné nové základy stavby	Ortofoto ČR, rok 2023
36	19,56	ano	ne	ne	pergola s plachtou	Mapy.cz Panorama
37	23,81	ne	ano	-	prostor v areálu průmyslové zástavby	Ortofoto ČR, rok 2023
38	38,62	ne	ano	-	prostor v areálu průmyslové zástavby	Ortofoto ČR, rok 2023
39	56,09	ne	ano	-	prostor v areálu průmyslové zástavby	Ortofoto ČR, rok 2023
40	114,57	ano	ne	ano	nový přístřešek	Ortofoto ČR, rok 2023
41	53,23	ne	ano	-	na Ortofotu ČR, rok 2023, viditelná nová střecha	Ortofoto ČR, rok 2023
42	32,50	ne	ano	-	prostor v areálu průmyslové zástavby	Ortofoto ČR, rok 2023
43	200,69	ano	ne	ne	skladování materiálu k průmyslové činnosti	Ortofoto ČR, rok 2023
44	17,88	ano	ne	ne	skladování materiálu k průmyslové činnosti	Ortofoto ČR, rok 2023
45	1003,90	ano	ne	ne	nový most	Ortofoto ČR, rok 2023
46	167,30	ano	ne	ne	skladování materiálu k průmyslové činnosti	Ortofoto ČR, rok 2023
47	17,59	ne	ano	-	na Ortofotu ČR, rok 2023, viditelná nová střecha	Ortofoto ČR, rok 2023

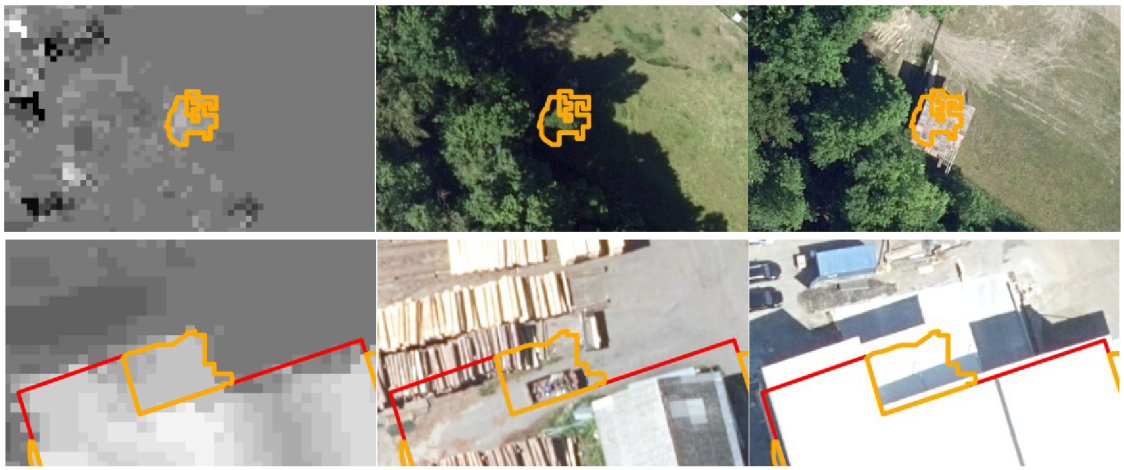
Tab. 49 Detekované nové stavební objekty, m. l. JIHL84



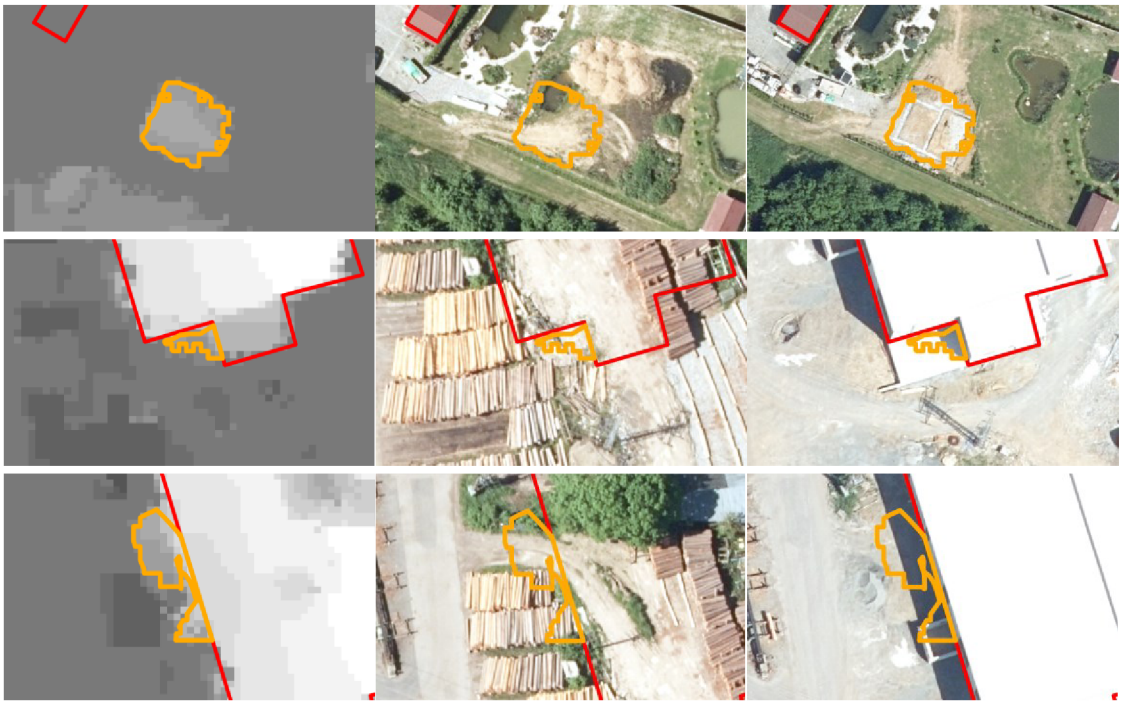
Obr. 84 Nová budova – polygon č. 3 (zdroj: LLS 2022-2025, Ortofoto ČR 2023, Google Maps StreetView 2022)

Obr. 85 Nové budovy – shora polygony č. 17, 18 (zdroj: LLS 2022-2025, Ortofoto ČR 2023, ISKN, RÚIAN)

Obr. 86 Nový přístřešek – polygon č. 40 (zdroj: LLS 2022-2025, Ortofoto ČR 2021, 2023)



Obr. 87 Nová střecha – polygon č. 1, 41, 47 (zdroj: LLS 2022-2025, Ortofoto ČR 2021, 2023)

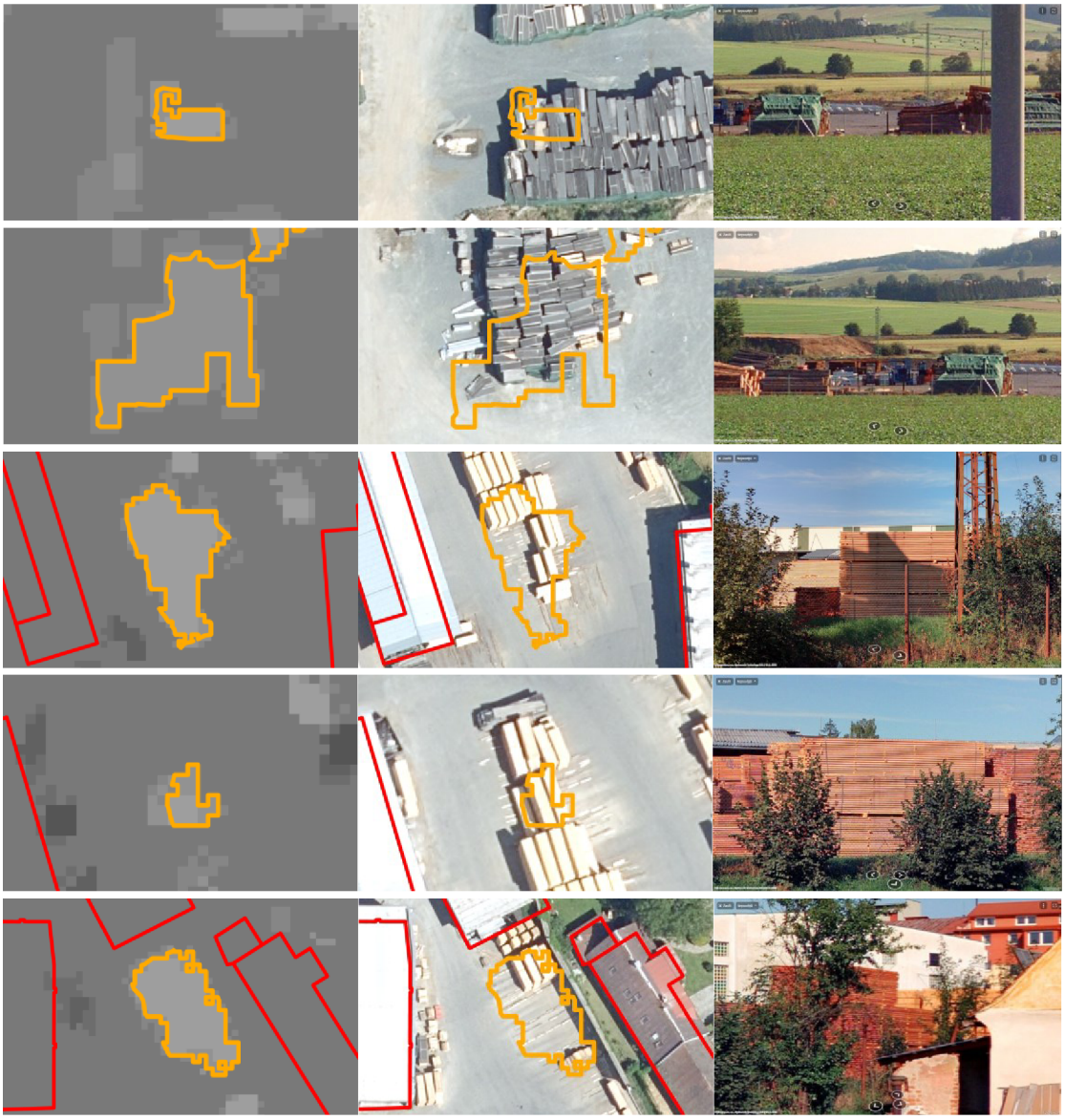


Obr. 88 Nové základy stavby – shora polygony č. 2, 33, 35 (zdroj: LLS 2022-2025, Ortofoto ČR 2021, 2023)

Obr. 89 Nový most – shora polygony č. 31, 45 (zdroj: LLS 2022-2025, Ortofoto ČR 2021, 2023)

Obr. 90 Pergola s plachtou – polygon č. 36 (zdroj: LLS 2022-2025, Ortofoto ČR 2023, Mapy.com Panorama 2023)

Obr. 91 Výsypky stavebního materiálu – nahoře polygony č. 4, 5, 6, dole polygon č. 20 (zdroj: LLS 2022-2025, Ortofoto ČR 2023, Mapy.com Panorama 2022)



Obr. 92 Volně ložený materiál k průmyslové činnosti – shora polygony č. 19, 23, 43, 44, 46 (zdroj: LLS 2022-2025, Ortofoto ČR 2023, Mapy.com Panorama 2022)

Obr. 93 Prostory v areálu průmyslové zástavby – nahoře polygony č. 24, 27, 28, uprostřed polygon č. 37, dole polygony č. 38, 39, 42 (zdroj: LLS 2022-2025, Ortofoto ČR 2021, 2023, Google Maps StreetView 2022, Mapy.com Panorama 2022)

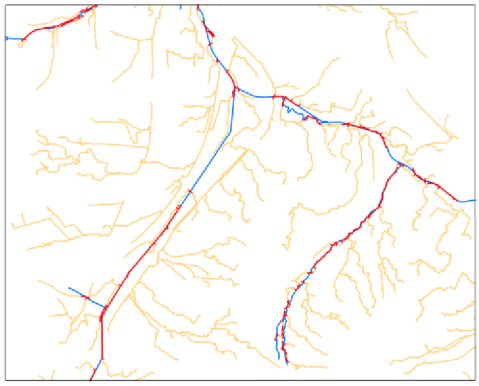
Obr. 94 Hráně kulatiny – nahoře polygony č. 21, 22, uprostřed polygony č. 25, 26, 29, 30, 32, dole polygon č. 34 (zdroj: LLS 2022-2025, Ortofoto ČR 2023, Mapy.com Panorama 2022)

7.4.2 Detekce zbořených stavebních objektů

Na m. l. KLAT35 nebyly ve studovaném období detekovány žádné zbořené stavební objekty. Pohledovou kontrolou bylo ověřeno, že nedošlo k žádnému odstranění budovy.

7.4.3 Detekce geometrie linií vodních toků

Na m. l. KLAT35 byly identifikovány linie vodních toků. Na Obr. 95 jsou zobrazeny osy vodních toků ZABAGED® modře. Oranžově a červeně jsou zobrazeny odtokové linie, přičemž červené linie jsou ve vzdálenosti do 10 m od vodního toku ZABAGED®. Na Obr. 96 je vlevo případ, kdy se detekovaná linie vodního toku shoduje s vodním tokem ZABAGED®, zatímco vpravo je případ linie vodního toku, která neodpovídá reálnému průběhu vodního toku, což je nejspíš způsobeno blízkostí úvozu cesty.

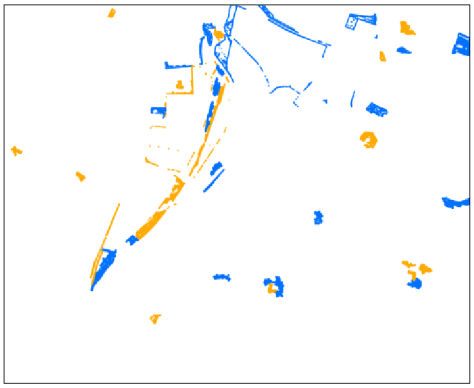


Obr. 95 Detekované odtokové linie, m. l. KLAT35

Obr. 96 Detekované odtokové linie, m. l. KLAT35

7.4.4 Detekce změny vegetace

Na m. l. KLAT35 byly identifikovány přírůstky a úbytky vegetace, které jsou zobrazeny na Obr. 97. Oranžově jsou znázorněny přírůstky, modře úbytky.



Obr. 97 Detekované změny vegetace, m. l. KLAT35

8 PŘÍPADOVÁ STUDIE 3: ZNOJ57

Třetí případová studie se věnuje detekci změn vybraných objektů ZABAGED na území m. l. ZNOJ57 v kladu SM 5. Území se nachází v zemdělské krajině východně od Znojma. Poslední plošná (periodická) aktualizace ZABAGED® proběhla na tomto m. l. 28. 5. 2021. V této kapitole jsou popsána použitá data, zpracování multispektrálních dat a dat LiDAR a výsledky detekovaných změn objektů ZABAGED®.

8.1 Použitá data

Analyzované Ortofoto ČR a CIR ortofoto na území m. l. ZNOJ57 bylo vytvořeno na základě LMS, které bylo pořízeno ve dnech 3. 6. 2022 a 7. 5. 2020, tedy s odstupem 2 let, resp. 27 dní. V roce 2022 byla vegetace více vyrostlá oproti datu snímkování v roce 2020. Ukázky ortofot jsou na Obr. 99-102. Podrobnosti k použitým spektrálním pásmům jsou uvedeny v Tab. 50-53.

Obr. 99 CIR ortofoto, m. l. ZNOJ57, LMS ze dne 3. 6. 2022

Rastrová datová sada	WRTI24.2022.ZNOJ57.jp2				
Pásmo	Název pásma	Minimum	Maximum	Průměr	Směrodatná odchylka
NIR	Band_1	8	255	132,056268335960	30,045774411076
R	Band_2	12	255	97,670042360017	37,410629144884
G	Band_3	25	255	106,884408343990	31,103585238171

Tab. 50 Podrobnosti k použitým pásmům CIR ortofota, m. l. ZNOJ57, pořízení LMS 3. 6. 2022

Obr. 100 Ortofoto ČR, m. l. ZNOJ57, 3. 6. 2022

Rastrová datová sada	WRTO24.2022.ZNOJ57.jp2				
Pásmo	Název pásma	Minimum	Maximum	Průměr	Směrodatná odchylka
B	Band_3	15	255	94,353161809317	30,951775230613

Tab. 51 Podrobnosti k použitému pásmu Ortofota ČR, m. l. ZNOJ57, 3. 6. 2022

Obr. 101 CIR ortofoto, m. l. ZNOJ57, 7. 5. 2020

Rastrová datová sada	WRTI24.2020.ZNOJ57.jp2				
Pásmo	**Název pásma**	**Minimum**	**Maximum**	**Průměr**	**Směrodatná odchylka**
NIR	Band_1	26	255	127,35498321605	21,350576607559
R	Band_2	29	255	108,56775167998	39,032176704779
G	Band_3	37	255	112,00416328801	31,807077024600

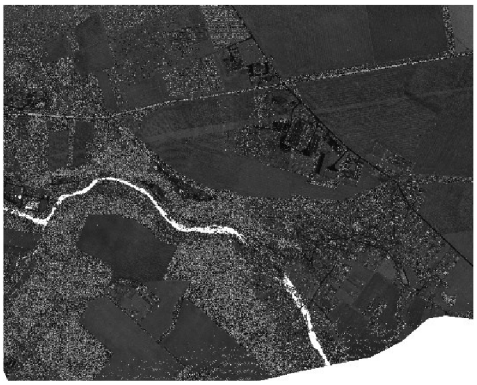
Tab. 52 Podrobnosti k použitým pásmům CIR ortofota, m. l. ZNOJ57, pořízení LMS 7. 5. 2020

Obr. 102 Ortofoto ČR, m. l. ZNOJ57, 7. 5. 2020

Rastrová datová sada	WRTO24.2020.ZNOJ57.jp2				
Pásmo	**Název pásma**	**Minimum**	**Maximum**	**Průměr**	**Směrodatná odchylka**
B	Band_3	41	255	120,28114400802	32,604659005716

Tab. 53 Podrobnosti k použitému pásmu Ortofota ČR, m. l. ZNOJ57, 7. 5. 2020

LLS proběhlo v území m. l. KLAT35 ve dnech 17. 10. 2023 a 6., 9. a 21. 4. 2021, tedy v jiných obdobích roku. Na Obr. 103-108 jsou zobrazena složená mračna bodů.

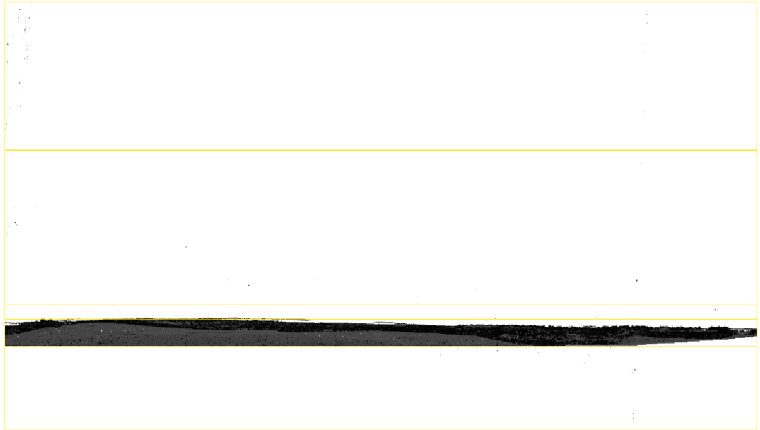


Obr. 103 Složená mračna bodů, ZNOJ57, 17. 10. 2023, půdorys

Obr. 104 Složená mračna bodů, ZNOJ57, 17. 10. 2023, nárys

Obr. 105 Složená mračna bodů, ZNOJ57, 17. 10. 2023, nárys bez outlierů

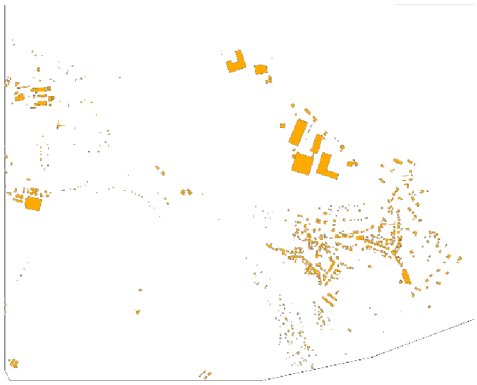
Obr. 106 Složená mračna bodů, ZNOJ57, 6., 9. a 21. 4. 2021, půdorys



Obr. 107 Složená mračna bodů, ZNOJ57, 6., 9. a 21. 4. 2021, nárys

Obr. 108 Složená mračna bodů, ZNOJ57, 6., 9. a 21. 4. 2021, nárys bez outlierů

Stavební objekty ZABAGED® jsou zobrazeny na Obr. 109.



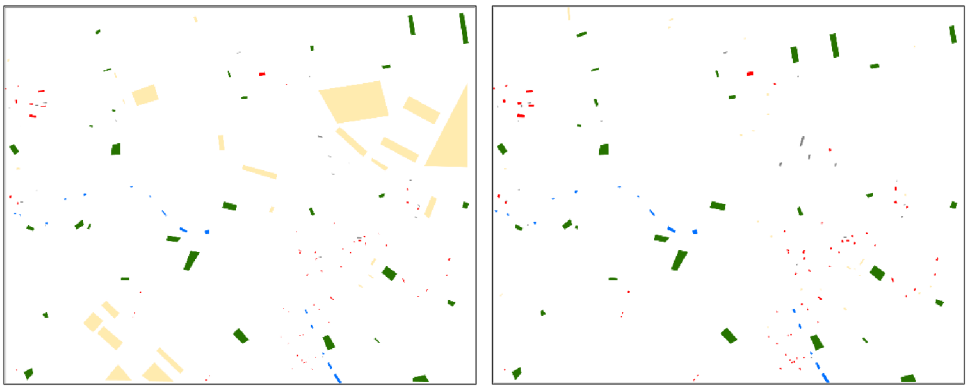
Obr. 109 Stavební objekty ZABAGED®, ZNOJ57, stav ke dni 23. 12. 2024

Zemědělské kultury LPIS jsou zobrazeny na Obr. 110.

Obr. 110 Zemědělské kultury LPIS, ZNOJ57, stav ke dni 31. 12. 2024

8.2 Zpracování multispektrálních dat

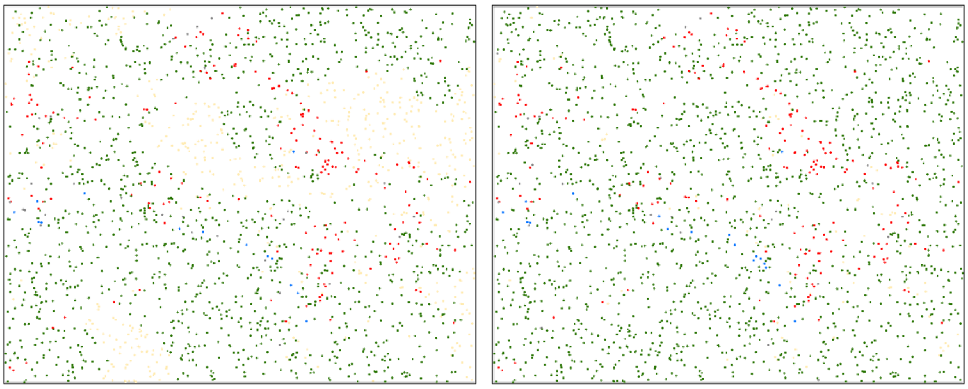
Zpracování multispektrálních dat proběhlo dle postupu, který je uveden v kapitole 5.1. Trénovacích ploch pro řízenou klasifikaci bylo na m. l. ZNOJ57 definováno 300. Trénovací plochy jsou zobrazeny na Obr. 111. Jejich počet v jednotlivých kategoriích uvádít Tab. 54. 2000 kontrolních bodů pro hodnocení přesnosti, které byly pro každý rok snímkování manuálně vyhodnoceny, jsou zobrazeny na Obr. 112.



Obr. 111 Trénovací polygony, m. l. ZNOJ57, vlevo pro rok 2020, vpravo pro rok 2022

ZNOJ84		Počet trénovacích ploch	
Číslo kategorie	Kategorie	2020	2022
1	vodní plocha	15	15
2	holá půda	25	25
3	zeleň	30	30
4	zastavěná plocha	60	60
5	stín	20	20
Celkem		150	150

Tab. 54 Počet trénovacích ploch, m. l. ZNOJ84

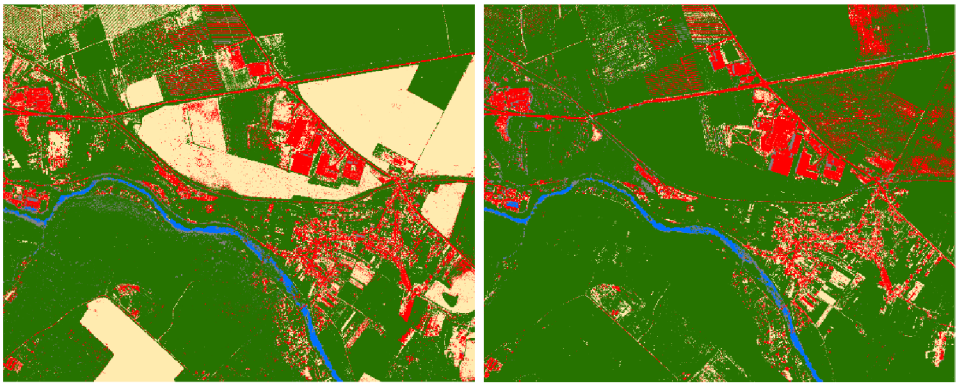


Obr. 112 Náhodné body pro hodnocení přesnosti m. l. ZNOJ57, vlevo pro rok 2020, vpravo pro rok 2022

8.2.1 Per-pixel klasifikace

Na Obr. 113-116 jsou znázorněny rastrové výstupy, které byly zpracovány řízenou per-pixel klasifikací pomocí klasifikátorů K-Nearest Neighbor, Maximum Likelihood, Random Trees a Support Vector Machine. Tab. 55-62 představují chybové matice s uvedeným Kappa koeficientem.

Klasifikátor K-Nearest Neighbor



Obr. 113 Per-pixel klasifikace, klasifikátor KNN, m. l. ZNOJ57, vlevo pro rok 2020, vpravo pro rok 2022

ZNOJ57 2020		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor K-Nearest Neighbor	vodní plocha	**9**	0	0	0	0	9	**1,00**
	holá půda	0	**442**	37	21	0	500	**0,88**
	zeleň	2	5	**1219**	3	1	1230	**0,99**
	zastavěná plocha	1	45	24	**151**	0	221	**0,68**
	stín	2	0	10	0	**28**	40	**0,70**
	Celkem	14	492	1290	175	29	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,64**	**0,90**	**0,94**	**0,86**	**0,97**		Celková přesnost 0,92

Tab. 55 Chybová matice per-pixel klasifikace, klasifikátor KNN, m. l. ZNOJ57, rok 2020, Kappa koeficient 0,86

ZNOJ57 2022		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor K-Nearest Neighbor	vodní plocha	**10**					10	**1,00**
	holá půda	1	**30**	38	24	2	95	**0,32**
	zeleň	2	22	**1560**	14	9	1607	**0,97**
	zastavěná plocha		21	84	**136**	4	245	**0,56**
	stín	5	1	23	5	**9**	43	**0,21**
	Celkem	18	74	1705	179	24	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,56**	**0,41**	**0,91**	**0,76**	**0,38**		Celková přesnost 0,87

Tab. 56 Chybová matice per-pixel klasifikace, klasifikátor KNN, m. l. ZNOJ57, rok 2022, Kappa koeficient 0,58

Klasifikátor Maximum Likelihood

Obr. 114 Per-pixel klasifikace, klasifikátor ML, m. l. ZNOJ57, vlevo pro rok 2020, vpravo pro rok 2022

ZNOJ57 2020		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor Maximum Likelihood	vodní plocha	**6**	0	0	0	1	7	**0,86**
	holá půda	0	**324**	0	0	0	324	**1,00**
	zeleň	4	23	**1274**	20	15	1336	**0,95**
	zastavěná plocha	1	145	16	**151**	3	316	**0,48**
	stín	3	0	0	4	**10**	17	**0,59**
	Celkem	14	492	1290	175	29	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,43**	**0,66**	**0,99**	**0,86**	**0,34**		Celková přesnost 0,88

Tab. 57 Chybová matice per-pixel klasifikace, klasifikátor ML, m. l. ZNOJ57, rok 2020, Kappa koeficient 0,77

ZNOJ57 2022		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor Maximum Likelihood	vodní plocha	**8**					8	**1,00**
	holá půda		**18**	6	5		29	**0,62**
	zeleň	2	13	**1489**	13	9	1526	**0,98**
	zastavěná plocha	3	43	191	**156**	9	402	**0,39**
	stín	5		19	5	**6**	35	**0,17**
	Celkem	18	74	1705	179	24	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,44**	**0,24**	**0,87**	**0,87**	**0,25**		Celková přesnost 0,84

Tab. 58 Chybová matice per-pixel klasifikace, klasifikátor ML, m. l. ZNOJ57, rok 2022, Kappa koeficient 0,51

Klasifikátor Random Trees

Obr. 115 Per-pixel klasifikace, klasifikátor RT, m. l. ZNOJ57, vlevo pro rok 2020, vpravo pro rok 2022

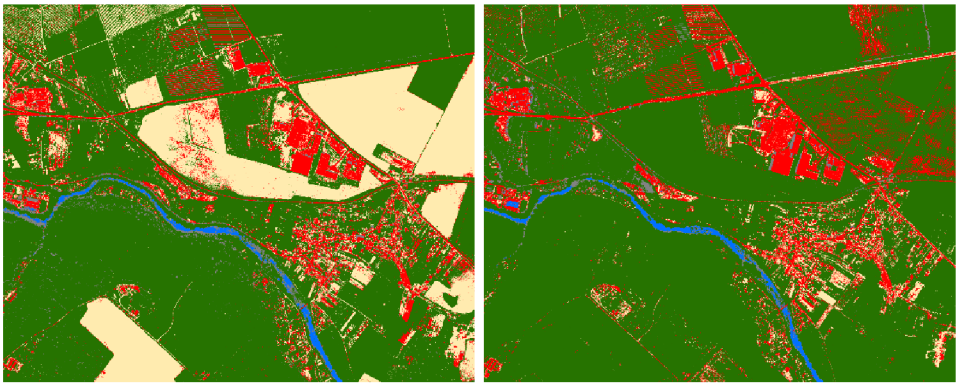
ZNOJ57 2020		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor Random Trees	vodní plocha	**12**	0	9	0	5	26	**0,46**
	holá půda	0	**377**	4	20	0	401	**0,94**
	zeleň	0	13	**1108**	7	0	1128	**0,98**
	zastavěná plocha	1	102	158	**143**	1	405	**0,35**
	stín	1	0	11	5	**23**	40	**0,58**
	Celkem	14	492	1290	175	29	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,86**	**0,77**	**0,86**	**0,82**	**0,79**		Celková přesnost 0,83

Tab. 59 Chybová matice per-pixel klasifikace, klasifikátor RT, m. l. ZNOJ57, rok 2020, Kappa koeficient 0,70

ZNOJ57 2022		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor Random Trees	vodní plocha	**11**		2		3	16	**0,69**
	holá půda	1	**21**	17	17	1	57	**0,37**
	zeleň	1	15	**1472**	13	7	1508	**0,98**
	zastavěná plocha		37	195	**144**	8	384	**0,38**
	stín	5	1	19	5	**5**	35	**0,14**
	Celkem	18	74	1705	179	24	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,61**	**0,28**	**0,86**	**0,80**	**0,21**		Celková přesnost 0,83

Tab. 60 Chybová matice per-pixel klasifikace, klasifikátor RT, m. l. ZNOJ57, rok 2022, Kappa koeficient 0,49

Klasifikátor Support Vector Machine



Obr. 116 Per-pixel klasifikace, klasifikátor SVM, m. l. ZNOJ57, vlevo pro rok 2020, vpravo pro rok 2022

ZNOJ57 2020		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor Support Vector Machine	vodní plocha	**8**	0	0	0	0	8	**1,00**
	holá půda	0	**429**	7	24	0	460	**0,93**
	zeleň	1	27	**1255**	10	2	1295	**0,97**
	zastavěná plocha	1	36	15	**141**	0	193	**0,73**
	stín	4	0	13	0	**27**	44	**0,61**
	Celkem	14	492	1290	175	29	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,57**	**0,87**	**0,97**	**0,81**	**0,93**		Celková přesnost 0,93

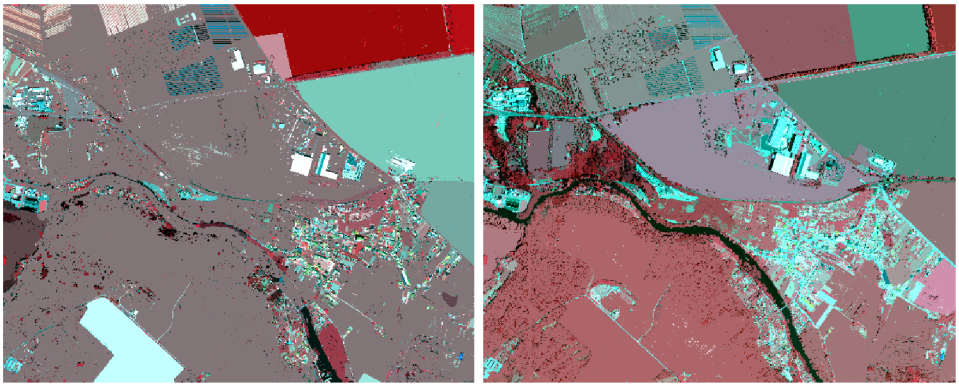
Tab. 61 Chybová matice per-pixel klasifikace, klasifikátor SVM, m. l. ZNOJ57, rok 2020, Kappa koeficient 0,86

ZNOJ57 2022		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Per-pixel klasifikace klasifikátor Support Vector Machine	vodní plocha	**10**				1	11	**0,91**
	holá půda	1	**30**	31	18	1	81	**0,37**
	zeleň	3	22	**1592**	17	11	1645	**0,97**
	zastavěná plocha		21	66	**141**	5	233	**0,61**
	stín	4	1	16	3	**6**	30	**0,20**
	Celkem	18	74	1705	179	24	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,56**	**0,41**	**0,93**	**0,79**	**0,25**		Celková přesnost 0,89

Tab. 62 Chybová matice per-pixel klasifikace, klasifikátor SVM, m. l. ZNOJ57, rok 2022, Kappa koeficient 0,61

8.2.2 Objektově orientovaná klasifikace

Na Obr. 118-121 jsou znázorněny rastrové výstupy, které byly zpracovány řízenou per-pixel klasifikací pomocí klasifikátorů K-Nearest Neighbor, Maximum Likelihood, Random Trees a Support Vector Machine. Tab. 63-70 představují chybové matice s uvedeným Kappa koeficientem. Výsledky objektově orientované klasifikace nejsou ucházející pro další analýzy. Segmentace je zobrazena na Obr. 117.



Obr. 117 Segmentace, m. l. ZNOJ57, vlevo 2020, vpravo 2022

Klasifikátor K-Nearest Neighbor

Obr. 118 Objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor KNN, m. l. ZNOJ57, vlevo pro rok 2020, vpravo pro rok 2022

ZNOJ57 2020		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor K-Nearest Neighbor	vodní plocha	**1**	0	1	0	6	8	**0,13**
	holá půda	0	**262**	66	42	0	370	**0,71**
	zeleň	11	214	**1212**	65	16	1518	**0,80**
	zastavěná plocha	0	16	4	**64**	0	84	**0,76**
	stín	2	0	7	4	**7**	20	**0,35**
	Celkem	14	492	1290	175	29	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,07**	**0,53**	**0,94**	**0,37**	**0,24**		Celková přesnost 0,77

Tab. 63 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor KNN, m. l. ZNOJ57, rok 2020, Kappa koeficient 0,51

ZNOJ57 2022		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor K-Nearest Neighbor	vodní plocha	**11**	2	3	5	2	23	**0,48**
	holá půda		**21**	22	23	2	68	**0,31**
	zeleň	2	32	**1647**	45	12	1738	**0,95**
	zastavěná plocha	1	19	26	**103**	4	153	**0,67**
	stín	4		7	3	**4**	18	**0,22**
	Celkem	18	74	1705	179	24	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,61**	**0,28**	**0,97**	**0,58**	**0,17**		Celková přesnost 0,89

Tab. 64 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor KNN, m. l. ZNOJ57, rok 2022, Kappa koeficient 0,57

Klasifikátor Maximum Likelihood

Obr. 119 Objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor ML, m. l. ZNOJ57, vlevo pro rok 2020, vpravo pro rok 2022

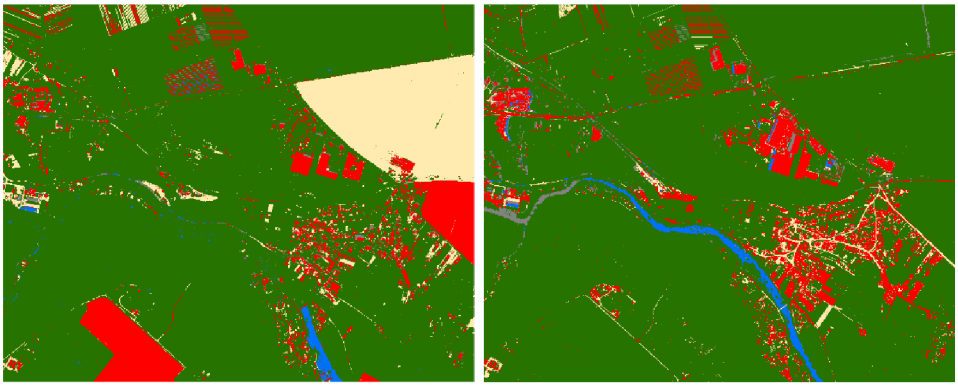
ZNOJ57 2020		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor Maximum Likelihood	vodní plocha	**1**	0	3	0	4	8	**0,13**
	holá půda	0	**258**	54	9	0	321	**0,80**
	zeleň	11	190	**1202**	71	16	1490	**0,81**
	zastavěná plocha	1	44	29	**94**	6	174	**0,54**
	stín	1	0	2	1	**3**	7	**0,43**
	Celkem	14	492	1290	175	29	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,07**	**0,52**	**0,93**	**0,54**	**0,10**		Celková přesnost 0,78

Tab. 65 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor ML, m. l. ZNOJ57, rok 2020, Kappa koeficient 0,53

ZNOJ57 2022		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor Maximum Likelihood	vodní plocha	**0**					0	–
	holá půda		**46**	131	15	1	193	**0,24**
	zeleň	2	19	**1531**	33	10	1595	**0,96**
	zastavěná plocha	1	9	21	**128**	5	164	**0,78**
	stín	15		22	3	**8**	48	**0,17**
	Celkem	18	74	1705	179	24	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,00**	**0,62**	**0,90**	**0,72**	**0,33**		Celková přesnost 0,86

Tab. 66 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor ML, m. l. ZNOJ57, rok 2022, Kappa koeficient 0,54

Klasifikátor Random Trees



Obr. 120 Objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor RT, m. l. ZNOJ57, vlevo pro rok 2020, vpravo pro rok 2022

ZNOJ57 2020		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor Random Trees	vodní plocha	**1**	0	1	0	2	4	**0,25**
	holá půda	0	**171**	38	18	0	227	**0,75**
	zeleň	11	211	**1233**	83	18	1556	**0,79**
	zastavěná plocha	1	110	17	**71**	0	199	**0,36**
	stín	1	0	1	3	**9**	14	**0,64**
	Celkem	14	492	1290	175	29	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,07**	**0,35**	**0,96**	**0,41**	**0,31**		Celková přesnost 0,74

Tab. 67 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor RT, m. l. ZNOJ57, rok 2020, Kappa koeficient 0,44

ZNOJ57 2022		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor Random Trees	vodní plocha	**11**		2	1	2	16	**0,69**
	holá půda	1	**21**	13	24	1	60	**0,35**
	zeleň	2	24	**1643**	43	13	1725	**0,95**
	zastavěná plocha		27	42	**104**	4	177	**0,59**
	stín	4	2	5	7	**4**	22	**0,18**
	Celkem	18	74	1705	179	24	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,61**	**0,28**	**0,96**	**0,58**	**0,17**		Celková přesnost 0,89

Tab. 68 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor RT, m. l. ZNOJ57, rok 2022, Kappa koeficient 0,58

Klasifikátor Support Vector Machine

Obr. 121 Objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor SVM, m. l. ZNOJ57, vlevo pro rok 2020, vpravo pro rok 2022

ZNOJ57 2020		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor Support Vector Machine	vodní plocha	**0**	0	1	0	2	3	**0,00**
	holá půda	0	**253**	38	33	0	324	**0,78**
	zeleň	11	234	**1245**	78	17	1585	**0,79**
	zastavěná plocha	1	5	2	**61**	1	70	**0,87**
	stín	2	0	4	3	**9**	18	**0,50**
	Celkem	14	492	1290	175	29	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,00**	**0,51**	**0,97**	**0,35**	**0,31**		Celková přesnost 0,78

Tab. 69 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor SVM, m. l. ZNOJ57, rok 2020, Kappa koeficient 0,51

ZNOJ57 2022		Skutečnost						
	Kategorie	vodní plocha	holá půda	zeleň	zastavěná plocha	stín	Celkem	Uživatelská přesnost
Objektově orientovaná klasifikace klasifikátor Support Vector Machine	vodní plocha	**11**		2	1	2	16	**0,69**
	holá půda		**0**				0	**–**
	zeleň	2	35	**1662**	39	14	1752	**0,95**
	zastavěná plocha	1	38	31	**131**	4	205	**0,64**
	stín	4	1	10	8	**4**	27	**0,15**
	Celkem	18	74	1705	179	24	**2000**	
	Zpracovatelská přesnost	**0,61**	**0,00**	**0,97**	**0,73**	**0,17**		Celková přesnost 0,90

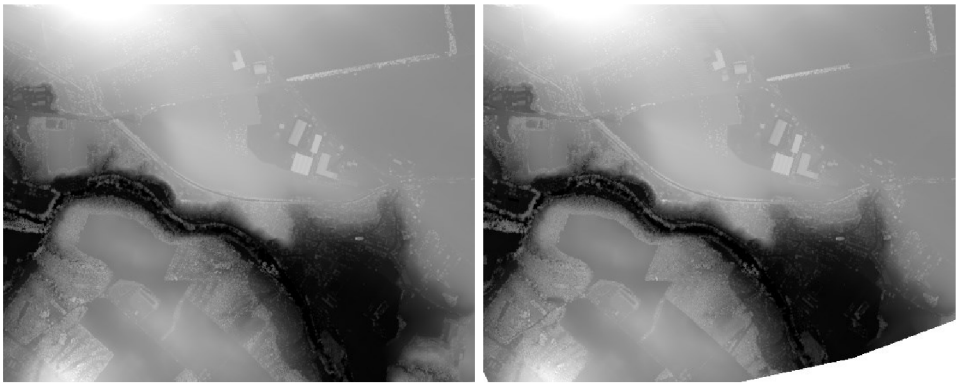
Tab. 70 Chybová matice, objektově orientovaná klasifikace, klasifikátor SVM, m. l. ZNOJ57, rok 2022, Kappa koeficient 0,61

8.3 Zpracování dat LiDAR

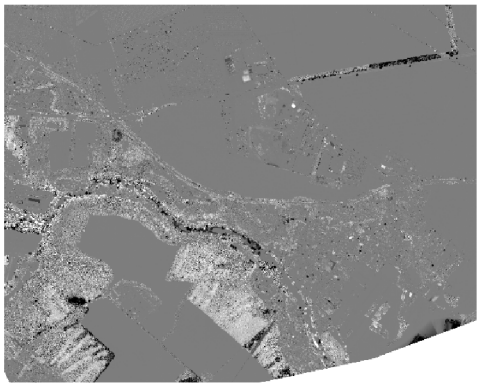
Laserová mračna bodů byla zpracována dle postupů uvedených v kapitole 5.2.

8.3.1 Rozdílový DMP

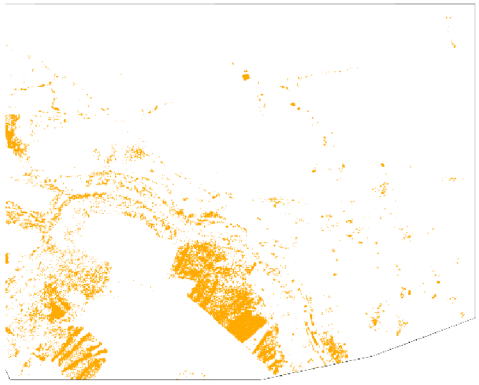
Na Obr. 122-125 jsou zobrazeny rastrové výstupy, které sloužily jako mezivýsledky.



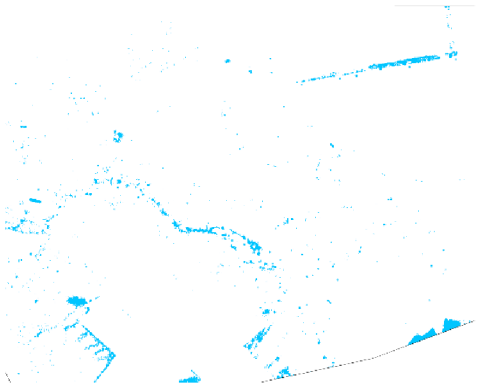
Obr. 122 DMP, interpolace IDW, první návrat, m. l. ZNOJ57, vlevo rok 2021, vpravo rok 2023



Obr. 123 Rozdílový DMP, m. l. ZNOJ57



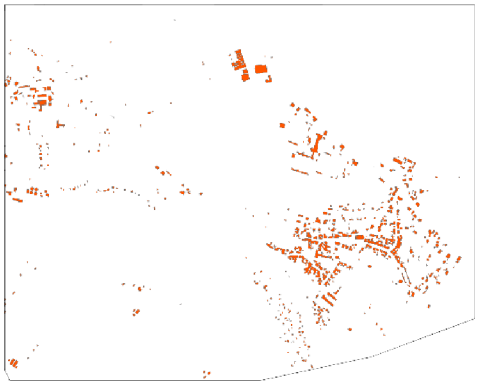
Obr. 124 Zvýšení terénu o 2 a více metrů, m. l. ZNOJ57



Obr. 125 Snížení terénu o 2 a více metrů, m. l. ZNOJ57

8.3.2 LAS klasifikace

Extrahované budovy z klasifikovaného mračna bodů jsou zobrazeny na Obr. 126.



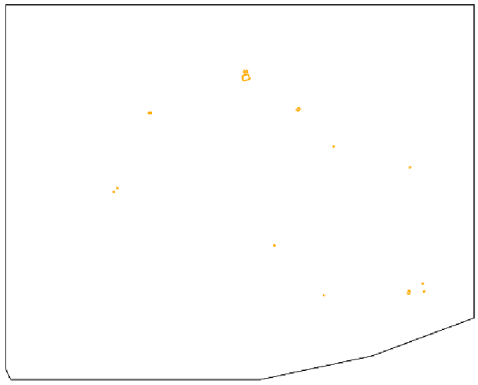
Obr. 126 Extrahované budovy z klasifikovaného mračna bodů, m. l. ZNOJ57

8.4 Detekované změny objektů ZABAGED®

Detekce změn objektů ZABAGED® na m. l. JIHL84 byla provedena podle postupů uvedených v kapitole 5.3.

8.4.1 Detekce nových stavebních objektů

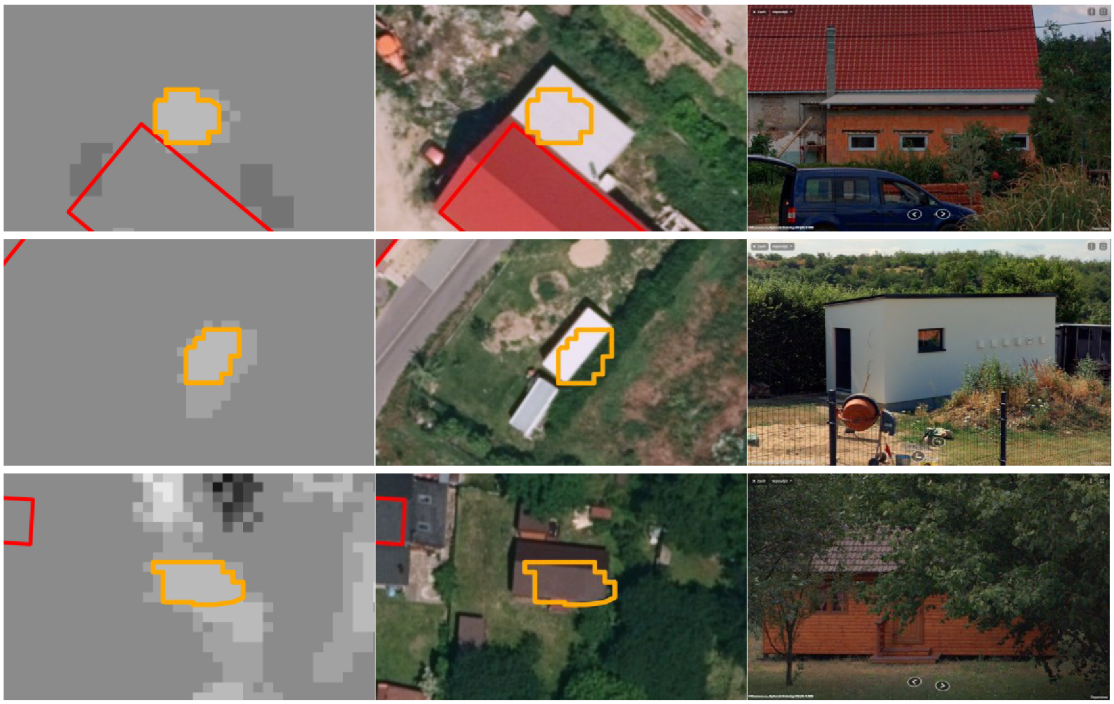
Na m. l. ZNOJ57 bylo detekováno 13 polygonů, kde by se mohly nacházet nové stavební objekty (Obr. 127-135). Seznam těchto objektů je uveden v Tab 71. Bylo ověřeno, že ve 4 případech jde o nové budovy a ve 2 případech o nové přístřešky. Dále byl detekován objekty, které nejsou obsahem ZABAGED®, a to 1 polygon stavebních buňek, 1 návěs kamionu, 1 polygon označující materiál k průmyslové činnosti, 2 výsypky stavební suti. Pro terénní šetření byly navrženy 2 polygony, které nelze ověřit z dostupných zdrojů. Výsledná úspěšnost detekce změn u nových stavebních objektů se blíží 62 %. V tomto m. l., stejně jako v m. l. KLAT35, se vyskytuje průmyslový areál, kde dochází k přesunům stavebních hmot.



Obr. 127 Detekované nové stavební objekty, m. l. ZNOJ57

ID	Rozloha [m²]	Lze ověřit	Návrh na terénní šetření	Zakreslit změnu	Poznámka	Zdroj
1	24,72	ano	ne	ano	nová budova	Mapy.cz Panorama
2	28,92	ano	ne	ano	nová budova	Mapy.cz Panorama
3	222,03	ano	ne	ano	nová budova	Google StreetView
4	24,00	ano	ne	ano	nový přístřešek	Mapy.cz Panorama
5	37,97	ano	ne	ne	na Ortofotu ČR, rok 2024, není vidět změna	Ortofoto ČR, rok 2024
6	31,64	ano	ne	ano	nový přístřešek	Mapy.cz Panorama
7	30,52	ano	ne	ano	nová budova	Mapy.cz Panorama
8	39,00	ano	ne	ne	skladování materiálu k průmyslové činnosti	Mapy.cz Panorama
9	31,86	ano	ne	ne	návěs kamionu	Mapy.cz Panorama
10	104,92	ano	ne	ne	na Ortofotu ČR, rok 2024, není vidět změna	Ortofoto ČR, rok 2024
11	195,09	ano	ne	ne	stavební buňky	Mapy.cz Panorama
12	951,03	ano	ne	ano	ostatní dále nespecifikovaná plocha (výsypka stavební suti)	Google StreetView
13	219,00	ano	ne	ano	výsypka stavební suti, ostatní dále nespecifikovaná plocha	Google StreetView

Tab. 71 Detekované nové stavební objekty, m. l. ZNOJ57



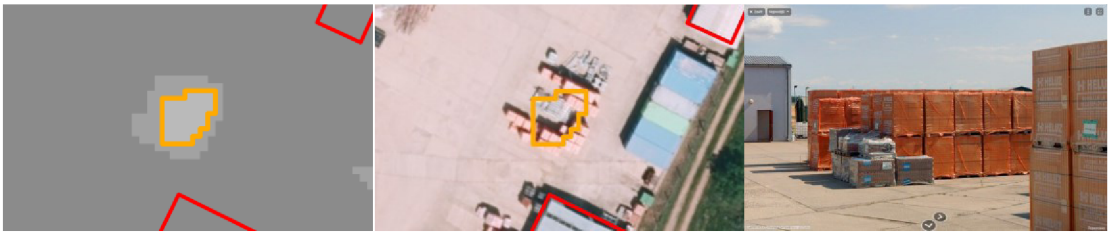
Obr. 128 Nové budovy – shora polygony č. 1, 2, 7 (zdroj: LLS 2021-2023, Ortofoto ČR 2024, Mapy.com Panorama 2023)

Obr. 129 Nová budova – polygon č. 3 (zdroj: LLS 2021-2023, Ortofoto ČR 2024, Google Maps StreetView 2024)

Obr. 130 Nové přístřešky – shora polygony č. 4, 6 (zdroj: LLS 2021-2023, Ortofoto ČR 2024, Mapy.com Panorama 2023)

Obr. 131 Stavební buňky – polygon č. 11 (zdroj: LLS 2021-2023, Ortofoto ČR 2024, Mapy.com Panorama 2023)

Obr. 132 Návěs kamionu – polygon č. 9 (zdroj: LLS 2021-2023, Ortofoto ČR 2024, Mapy.com Panorama 2023)



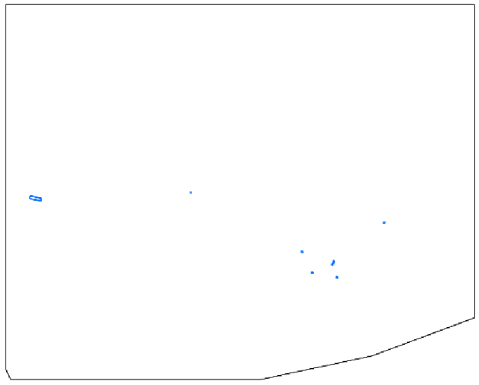
Obr. 133 Skladování materiálu k průmyslové činnosti – polygon č. 8 (zdroj: LLS 2021-2023, Ortofoto ČR 2024, Mapy.com Panorama 2023)

Obr. 134 Výsypky stavební suti – polygony č. 12, 13 (zdroj: LLS 2021-2023, Ortofoto ČR 2024, Google Maps StreetView 2024)

Obr. 135 Návrh pro terénní topografické šetření – shora polygony č. 5, 10 (zdroj: LLS 2021-2023, Ortofoto ČR 2022, 2024)

8.4.2 Detekce zbořených stavebních objektů

Bylo detekováno 8 polygonů, které označují stavební objekty, které by mohly být zbořené (Obr. 136-142). Seznam těchto objektů je uveden v Tab. 72. Ve 3 případech jde o zbořené budovy, v 1 případě o zbořený přístřešek a v 1 případě o zbořenou nadzemní zásobní nádrž. Dále byly detekovány 2 propadlé střecha rozvaliny, která nadále zůstává v ZABAGED® rozvalinou, a 1 změna hladiny pozemní nádrže, což nejsou změny stavebního objektu ZABAGED®. Pro detekci zbořených budov toto není neúspěch, neboť dokazuje že detekce je přesnější, než jak jsou definovány stavební objekty ZABAGED®. Pouze u případu změny hladiny pozemní nádrže je zřejmé, že měl být vyjmut z analýzy zbořených budov objekt 1.48 Pozemní nádrž.



Obr. 136 Detekované zbořené stavební objekty, m. l. ZNOJ57

ID	Rozloha [m²]	Lze ověřit	Návrh na terénní šetření	Zakreslit změnu	Poznámka	Zdroj
1	54,93	ano	ne	ano	zbořený přístřešek	Mapy.cz Panorama
2	41,92	ano	ne	ano	zbořená budova	Ortofoto ČR, rok 2024
3	62,00	ano	ne	ne	propadlá střecha rozvaliny	Ortofoto ČR, rok 2024
4	47,00	ano	ne	ne	propadlá střecha rozvaliny	Ortofoto ČR, rok 2024
5	63,59	ano	ne	ano	zbořená budova	Ortofoto ČR, rok 2024
6	29,97	ano	ne	ano	zbořená budova	Mapy.cz Panorama
7	899,00	ano	ne	ne	změna hladiny pozemní nádrže	Ortofoto ČR, rok 2024
8	18,00	ne	ano	-	zbořená nadzemní zásobní nádrž	Ortofoto ČR, rok 2024

Tab. 72 Detekované zbořené stavební objekty, m. l. ZNOJ57

Obr. 137 Zbořené budovy – shora polygony č. 2, 5 (zdroj: LLS 2021-2023, Ortofoto ČR 2020, 2024)

Obr. 138 Zbořená budova – polygony č. 6 (zdroj: LLS 2021-2023, Ortofoto ČR 2024, Mapy.com Panorama 2023)

Obr. 139 Zbořený přístřešek – polygon č. 1 (zdroj: LLS 2021-2023, Ortofoto ČR 2024, Mapy.com Panorama 2023)

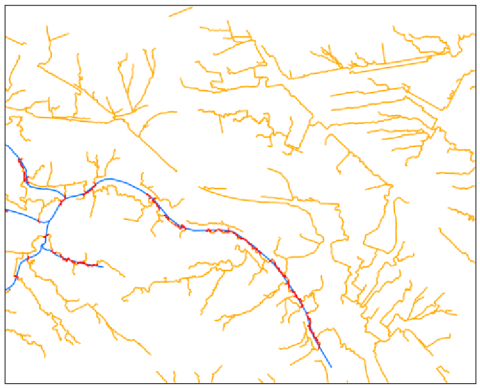
Obr. 140 Zbořená nadzemní zásobní nádrž – polygon č. 8 (zdroj: LLS 2021-2023, Ortofoto ČR 2022, 2024, Mapy.com Panorama 2023)

Obr. 141 Propadlá střecha rozvaliny – polygony č. 3, 4 (zdroj: LLS 2021-2023, Ortofoto ČR 2022, 2024)

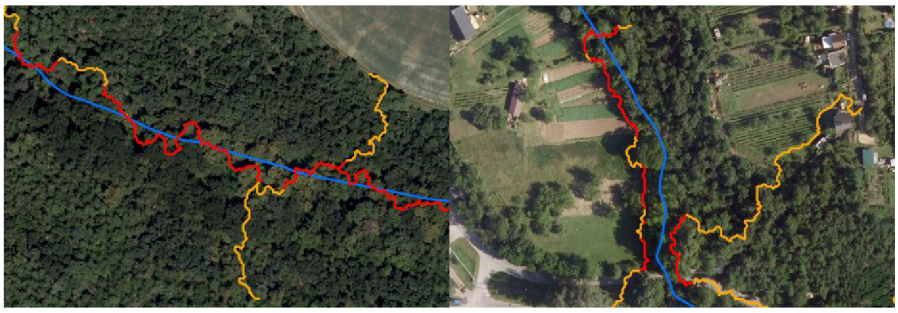
Obr. 142 Změna hladiny pozemní nádrže – polygon č. 7 (zdroj: LLS 2021-2023, Ortofoto ČR 2022, 2024)

8.4.3 Detekce geometrie linií vodních toků

Na m. l. ZNOJ57 byly identifikovány linie vodních toků. Na Obr. 143 jsou zobrazeny osy vodních toků ZABAGED® modře. Oranžově a červeně jsou zobrazeny odtokové linie, přičemž červené linie jsou ve vzdálenosti do 10 m od vodního toku ZABAGED®. Na Obr. 144 je vlevo případ, kdy se detekovaná linie vodního toku neshoduje s vodním tokem ZABAGED®. Vpravo je případ linie vodního toku, která neodpovídá reálnému průběhu vodního toku, což je nejspíš způsobeno blízkostí hranice lesa.



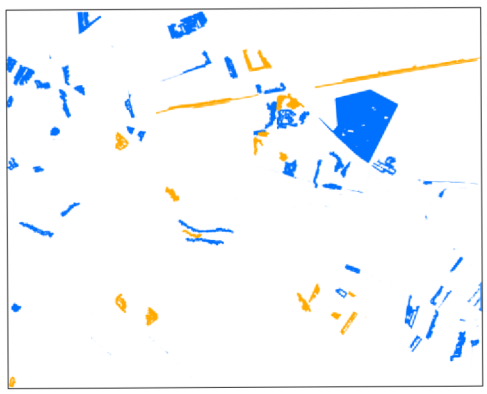
Obr. 143 Detekované odtokové linie, m. l. ZNOJ57



Obr. 144 Detekované odtokové linie, m. l. ZNOJ57

8.4.4 Detekce změny vegetace

Na m. l. ZNOJ57 byly identifikovány přírůstky a úbytky vegetace, které jsou zobrazeny na Obr. 97. Oranžově jsou znázorněny přírůstky, modře úbytky.



Obr. 145 Detekované změny vegetace, m. l. ZNOJ57

9 VÝSLEDKY

Tato kapitola shrnuje všechny výsledky, kterých bylo dosaženo při řešení práce.

Prvním dílčím úkolem byl výběr vhodných datových sad, který je popsán v kapitole 4. Pro zpracování multispektrálních dat byly vybrány Ortofoto ČR a CIR ortofoto. Pro zpracování dat LiDAR byly vybrány data LLS ve formě mračna bodů klasifikovaných dle povrchu, na který dopadly laserové paprsky. Hlavní částí výběru vhodných datových sad byl výběr objektů ZABAGED®, pro které byly detekovány změny pro aktualizaci ZABAGED®. Vybrány byly stavební objekty, linie vodních toků a objekty z kategorie vegetace. Jako další zdroj byly vybrány zemědělské kultury LPIS.

Dalším úkolem bylo nalézt nebo vytvořit nástroje pro automatickou nebo poloautomatickou detekci změn. Byly nalezeny nástroje pro detekci změn vybraných objektů ZABAGED®. Popis zpracování multispektrálních dat je uveden v kapitole 5.1. Použitou metodou byla řízená klasifikace. V následující kapitole 5.2 je popsán postup pro zpracování dat LiDAR. K tomu byly využity metody pro tvorbu DMR, rozdílového DMP a bylo využito klasifikované mračno bodů.

Na základě nalezených nástrojů byly vytvořeny postupy pro plošnou (periodickou) aktualizaci ZABAGED®. Byly vytvořeny postupy pro detekci nových stavebních objektů, detekci zbořených stavebních objektů, detekci geometrie linií vodních toků a detekci změny vegetace.

Tyto postupy, které jsou uvedené v kapitole 5.3, byly v souladu s cílem práce testovány ve 3 případových studiích na m. l. rozložených po celé ČR. Případové studie JIHL84, KLAT35 a ZNOJ57 jsou uvedeny v kapitolách 6, 7 a 8. Pomocí 12 000 bodů, které byly manuálně verifikovány, bylo provedeno hodpocení přesnosti klasifikace pomocí klasických ukazatelů v DPZ sestavením chybových matic a výpočtu Kappa koeficientu. Ověření detekovaných změn objektů probíhalo pomocí různých dostupných zdrojů. Základem bylo ortofoto, Google StreetView a Mapy.com Panorama.

Pohledovou kontrolou území bylo ověřeno, že detekce nových stavebních objektů a detekce zbořených stavebních objektů nepominuly žádné nové nebo zbořené stavební objekty, což ukazuje m. l. JIHL84 s obytnou zástavbou, jehož úspěšnost detekce změn u nových stavebních objektů se blíží 74 % a úspěšnost detekce zbořených stavebních objektů je 100 %. V tomto mapovém listu bylo navrženo pro terénní šetření pouze 9 % případů. Tyto postupy mají však úskalí v nadbytečné detekci objektů, které mají stejné vlastnosti jako stavební objekty, ale nejsou obsahem ZABAGED® (např. stavební buňky, hráně kulatiny, volně ložený stavební materiál, jejich přesuny apod.), nebo se nejedná o zbořené budovy, pouze o přestavěné stavby, což je způsobeno dostupností podkladů pro ověřování, které jsou novější než data použitá pro analýzu. V území s průmyslovými areály se z důvodu výše popsané nadbytečné detekce stavebních objektů pohybuje úspěšnost m. l. ZNOJ57 kolem 62 %, přičemž při detekci zbořených stavebních objektů byly zjištěny změny u rozvaliny a pozemní nádrže. Zatímco rozvalina zůstala v ZABAGED zachována, neboť šlo pouze o propad střechy, tak u případu zrušení pozemní nádrže se jednalo pouze o změnu výšky hladiny. Na m. l. KLAT35 se vyskytoval velký areál účelové zástavby dřevozpracujícího průmyslu, díky kterému se u tohoto listu úspěšnost detekce nových stavebních objektů pohybovala pouze okolo 9 %, neboť docházelo k častému pohybu dřevařských surovin a stavebních materiálů, které byly vyhodnoceny vzhledem ke svému charakteru a velikosti jako stavební objekty; na tomto mapovém listu se nevyskytovaly žádné zbořené budovy, což potvrdila i detekce s žádnými záznamy.

Detekci nových i zbořených budov můžeme považovat za úspěšnou, neboť detekované polygony byly ve většině případů skutečnými změnami, pouze detekované změny měli větší

citlivost na kvalitativní vlastnosti stavebních objektů oproti definici objektů ZABAGED®. Nutnost nadále ověřovat výsledky detekce nových a zbořených stavebních objektů není na škodu, protože editace plošných objektů ZABAGED®, které nejsou evidovány v ISKN, může probíhat pouze po ověření operátorem a to vždy manuálně v souladu s interními postupy pro plošnou (periodickou) aktualizaci ZABAGED® (ZÚ, 2025a).

Detekce geometrie linií vodních toků nebyla přínosná, neboť linie jednočarých vodních toků na studovaných mapových listech jdou zakresleny v ZABAGED® geometricky přesně, tj. s menší chybou, než je polohová přesnost povrchových vodních toků, která činí 1 m. Pro tuto detekci by bylo potřeba zvolit území s větší výškovou členitostí, nejlépe horní toky. Takové území však není k dispozici, jak je uvedeno v kapitole 4.6.

Detekce změn vegetace

Závěrem byl vytvořen ucelený postup pro detekci změn, který je určený k plošné (periodické) aktualizaci ZABAGED®. Ucelený popis postupu je uveden v kapitole 5.4. Každý případ je individuálně ověřen a posouzen topografy a operátory podle interních metodik, přičemž se hodnotí, zda objekt patří do obsahu ZABAGED®. Po zakreslení změn následuje kontrola správnosti a případné nejasnosti jsou ověřovány terénním šetřením. Veškeré změny se provádějí nástroji APV ZABAGED® dle interní dokumentace.

10 DISKUZE

V průběhu zpracování této práce se objevila řada problémů, které bylo nutné řešit, případně při nich přehodnotit původní postupy. Zásadním omezením se ukázal být časový nesoulad mezi pořízením dat z LMS a LLS. Nebylo možné nalézt území, pro které by byla obě tato datová sady (multispektrální a laserová) pořízena ve stejném termínu. Mezi jednotlivými snímkováními vždy uplynul delší časový úsek, často zasahující do odlišných fenologických fází vegetace, což zásadně ovlivnilo možnost objektivního porovnání. Jelikož LMS a LLS nejsou pořizovány při jednom náletu, nebylo možné provést přímé porovnání detekce změn mezi těmito metodami. Od tohoto záměru bylo proto upuštěno.

Teoreticky by bylo možné tento problém řešit synchronním pořízením obou typů dat, což by umožnilo provést mezi nimi srovnání. V dostupných datech však k takové časové shodě nedocházelo. Tento aspekt představuje významné omezení pro celou práci.

Dalším z hlavních omezení byla přítomnost nově vysázené nebo rychle rostoucí vegetace, která není zachycena v databázi ZABAGED®. Ta způsobovala nepřesnosti při porovnávání s reálným stavem území. Dalším častým problémem byl souběh hranic užívání půdy s jinými liniovými prvky – například s komunikacemi nebo vodními toky – což komplikovalo jednoznačné určení kategorií krajinného pokryvu.

Během práce byly rovněž porovnávány kompozity CIR ortofota a Ortofoto ČR, u kterých byly zaznamenány určité odlišnosti. Zvažováno bylo také použití multispektrálních snímků Sentinel-2 v rámci programu Copernicus, nicméně tento zdroj nebyl pro danou diplomovou práci relevantní.

Pro účely řízené klasifikace byly zvoleny čtyři hlavní kategorie: vodní plocha, holá půda, zeleň a zástavba, a jedna pomocná – stín. Největší obtíže se vyskytly při klasifikaci tříd holá půda a zeleň v červnovém ortofotu. Zde pravděpodobně došlo k ovlivnění výsledků vlivem rašící vegetace, která se vyskytovala i v trénovacích polygonech označených jako holá půda, čímž docházelo k nežádoucímu překryvu spektrálních charakteristik.

Pomocná kategorie stín sloužila k odstranění falešných detekcí, zejména v místech, kde stíny budov mohly být nesprávně interpretovány jako vodní plochy. I přesto se ale nepodařilo všechny tyto chyby eliminovat. Teoreticky by bylo možné tuto kategorii dále členit dle typu stínu, například stín nad vegetací, stín nad vodní plochou apod., což by mohlo vést ke zpřesnění výsledků. Z důvodu složitosti zpracování a vyšší náročnosti přípravy trénovacích polygonů však byla nakonec použita zevšeobecněná kategorie stín.

Při hodnocení přesnosti klasifikace byly využity náhodně generované validační body, které byly porovnány s ortofotem. V některých případech bylo obtížné určit, do které kategorie daný bod spadá – zejména pokud ležel na rozhraní dvou tříd. Problémové byly například body ležící na okraji polí v různých vývojových fázích (rašící obilniny, posečený travní porost), nebo oblasti s vysokým obsahem kameniva, kde může spektrální odrazivost připomínat zastavěnou plochu. Také vegetace ve vodě, mělké vodní plochy nebo suspenze představovaly místa, kde mohlo docházet k chybnému zařazení.

Počet validačních bodů v jednotlivých kategoriích odpovídal jejich reálnému výskytu ve sledovaném území. Nejmenší zastoupení měla logicky kategorie vodní plocha. Uvažováno bylo i o alternativním přístupu – rovnoměrném rozdělení počtu bodů mezi všechny třídy – ten by však mohl být ovlivněn výsledky konkrétní klasifikace, a tedy i výběrem jednoho specifického klasifikátoru. Otázkou by pak zůstalo, který klasifikátor zvolit jako referenční. Z těchto důvodů bylo upřednostněno zachování poměru dle reálné situace v území.

Při extrakci hodnot z klasifikovaných rastrových dat pomocí nástroje Extract Multi Values to Points došlo k technickému nesouladu – atribut Value měl hodnoty o jedna nižší

než atribut Classvalue, který reprezentoval číselné označení kategorie. Tento rozdíl byl odstraněn pomocí nástroje Raster Calculator, kde byla k hodnotám přičtena konstanta +1. Možné alternativní řešení, tedy přečíslování kategorií v samotném rastru, bylo zavrženo z důvodu zachování kompatibility s již vytvořenými výstupy.

Ve srovnání s řízenou klasifikací se zpracování dat z LiDAR ukázalo být časově výrazně méně náročné. Při odstraňování šumu se neosvědčil nízkofrekvenční filtr, a rovněž nástroj SOR filter nepřinesl uspokojivé výsledky. Ačkoli parametry filtru byly nastaveny s cílem maximálně eliminovat odlehlé hodnoty a zároveň zachovat platné body, ve výsledku bylo efektivnější provést ruční ořez chybných vstupních dat.

Pro tvorbu DMP mohly být použity body z posledního odrazu, což by umožnilo lépe eliminovat vliv vegetace. Podle studie Matikainen a kol. (2009) může použití posledního pulzu zvýšit přesnost až o 8 % ve srovnání s prvním odrazem. Tento poznatek by bylo vhodné dále ověřit, neboť by mohl přispět ke snížení množství falešně detekovaných stavebních objektů.

Další výzkum v oblasti detekce změn objektů je velmi žádoucí. Pokračování této práce by se mohlo zaměřit na rozšíření metodiky o detekci dalších typů objektů nebo na využití dalších metod, které nebyly v této práci použity. Významný potenciál se nabízí zejména v oblasti strojového učení, které může přinést nové přístupy k automatizaci detekce změn a zefektivnění aktualizace databáze ZABAGED®.

11 ZÁVĚR

Diplomová práce na téma *Využití multispektrálních snímků a dat LiDAR pro aktualizaci ZABAGED* se zabývá nalezením automatických nebo poloautomatických postupů pro detekci změn pro aktualizaci ZABAGED®. Cílem práce byl výběr vhodných datových sad, nalezení nebo vytvoření nástrojů pro automatickou nebo poloautomatickou detekci změn, testování nástrojů včetně vyhodnocení a vytvoření postupu pro detekci změn aktualizace ZABAGED®.

Práce seznamuje se současným stavem řešené problematiky v českém i zahraničním prostředí. Jako vstupní data pro řešení práce byly vybrány Ortofoto ČR, CIR ortofoto, data LLS, zemědělské kultury LPIS a vybrané objekty ZABAGED®. Pro detekci změn byly z objektů ZABAGED® zvoleny stavební objekty, osy jednočarých vodních toků a objekty z kategorie vegetace.

Během řešení práce byly aplikovány různé geoinformační metody. Byla využita řízená klasifikace 4pásmového ortofota, rozdílový DMP z mračna bodů LLS z prvního návratu, aktuální DMR z mračna bodů LLS z posledního návratu a bylo využito hlubokým učením klasifikované mračno bodů LLS.

Výsledkem práce jsou postupy pro detekci změn vybraných objektů ZABAGED® pro plošnou (periodickou) aktualizaci ZABAGED®. Jedná se o postupy detekce nových stavebních objektů, detekce zbořených stavebních objektů a detekce změny vegetace.

Nástroje pro detekci změn byly testovány ve třech případových studiích na mapových listech JIHL84, KLAT35 a ZNOJ57 v kladu SM 5. Pro řízenou klasifikaci bylo vytvořeno 48 kategoriálních rastrů, pro jejichž tvorbu bylo definováno 975 trénovacích polygonů. Hodnocení přesnosti bylo verifikováno pomocí 12 000 manuálně ověřených náhodných bodů. Byly vygenerovány 3 DMR pro detekci geometrie os jednočarých vodních toků. Dále bylo vytvořeno 6 DMP pro 3 rozdílové DMP, které byly použity pro detekci nových a zbořených stavebních objektů. Vyhodnocení správnosti detekovaných změn vybraných objektů ZABAGED® bylo provedeno pomocí dostupných zdrojů (ortofoto, StreetView, Panorama). Detekce nových a zaniklých stavebních objektů dosáhla vysoké úspěšnosti, zejména v oblastech s obytnou zástavbou. Výrazně nižší úspěšnost byla zaznamenána v průmyslových oblastech, kde docházelo k chybnému zařazení atypických objektů. Pokus o detekci geometrie jednočarých vodních toků pomocí výškové analýzy však nepřinesl použitelné výsledky, což je přisuzováno nízké morfologické členitosti daného území.

Výsledky práce představují konkrétní přínos v rozvoji metod pro plošnou (periodickou) aktualizaci ZABAGED®. Navržené postupy mohou sloužit jako základ pro budoucí integraci aktualizačních procesů do ZABAGED® a mohou být dále rozvíjeny v rámci navazujícího výzkumu. Zároveň byly vytvořeny metodické základy pro rozšíření detekce změn na další typy objektů ZABAGED® a větší územní rozsahy.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

ASSECO, 2021. Uživatelská dokumentace Informačního systému ZABAGED®. Verze 7.7.4. Kontroloval: Ing. Tomáš Stolička. Schválil: Ing. Pavel Šidlichovský. Interní dokument. Č. j. ZÚ-06248/2020-13100. Praha: Asseco Central Europe.

AWRANGJEB, M., 2015. Effective Generation and Update of a Building Map Database Through Automatic Building Change Detection from LiDAR Point Cloud Data. REMOTE SENSING. 7 (10), s. 14119-14150. DOI 10.3390/rs71014119.

CARBONE, F., COLETTA, A., DE LUCA, G. F., DEL FRANTE, F., FASANO, L., SCHIAVON, G., 2016. AUTOMATIC GENERATION OF FREQUENTLY UPDATED LAND COVER PRODUCTS AT NATIONAL LEVEL USING COSMO-SKYMED SAR IMAGERY. 2016 IEEE INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM (IGARSS). S. 3406-3409. DOI 10.1109/IGARSS.2016.7729880.

CENIA, 2025. INSPIRE | CENIA [online]. Praha: Česká informační agentura životního prostředí. [cit. 2025-05-05] Dostupné z: https://cenia.gov.cz/mezinarodni-spoluprace/inspire/.

CloudCompare, 2025. CloudCompareWiki [online]. [cit. 2024-07-24]. Dostupné z: https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/.

DOBROVOLNÝ, P., 1998. Dálkový průzkum Země, Digitální zpracování obrazu. Brno: Masarykova univerzita. ISBN: 80-210-1812-7.

DUŠÁNEK, P., 2008. Tvorba digitálních modelů terénu z dat leteckého laserového skenování a jeho využití pro aktualizaci výškopisu ZABAGED. Diplomová práce, vedoucí Potůčková, M. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie.

ESRI, 2025a. Segment Mean Shift (Image Analyst) [online]. United States of America: Environmental Systems Research Institute. [cit. 2025-03-22] Dostupné z: https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/image-analyst/segment-mean-shift.htm.

ESRI, 2025b. Composite Bands (Data Management) [online]. United States of America: Environmental Systems Research Institute. [cit. 2025-03-22] Dostupné z: https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/data-management/composite-bands.htm.

ESRI, 2025c. Segment Mean Shift (Image Analyst) [online]. United States of America: Environmental Systems Research Institute. [cit. 2025-03-22] Dostupné z: https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/image-analyst/segment-mean-shift.htm.

ESRI, 2025d. Train K-Nearest Neighbor Classifier (Image Analyst) [online]. United States of America: Environmental Systems Research Institute. [cit. 2025-03-23] Dostupné z: https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/image-analyst/train-k-nearest-neighbor-classifier.htm.

ESRI, 2025e. Train Maximum Likelihood Classifier (Image Analyst) [online]. United States of America: Environmental Systems Research Institute. [cit. 2025-03-23] Dostupné z: https://pro.arcgis.com/en/pro-app/3.4/tool-reference/image-analyst/train-maximum-likelihood-classifier.htm.

ESRI, 2025f. Train Random Trees Classifier (Image Analyst) [online]. United States of America: Environmental Systems Research Institute. [cit. 2025-03-23] Dostupné z: https://pro.arcgis.com/en/pro-app/3.4/tool-reference/image-analyst/train-random-trees-classifier.htm.

ESRI, 2025g. Train Support Vector Machine Classifier (Image Analyst) [online]. United States of America: Environmental Systems Research Institute. [cit. 2025-03-23] Dostupné z: https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/image-analyst/train-support-vector-machine-classifier.htm.

ESRI, 2025h. Classify Raster (Image Analyst) [online]. United States of America: Environmental Systems Research Institute. [cit. 2025-02-16] Dostupné z: https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/image-analyst/classify-raster.htm.

ESRI, 2025i. Create LAS Dataset (Data Management) [online]. United States of America: Environmental Systems Research Institute. [cit. 2025-02-16] Dostupné z: https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/data-management/create-las-dataset.htm.

ESRI, 2025j. IDW (Spatial Analyst) [online]. United States of America: Environmental Systems Research Institute. [cit. 2025-02-16] Dostupné z: https://pro.arcgis.com/en/pro-app/3.4/tool-reference/spatial-analyst/idw.htm.

ESRI, 2025k. Boundary Clean (Spatial Analyst) [online]. United States of America: Environmental Systems Research Institute. [cit. 2025-02-16] Dostupné z: https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/boundary-clean.htm.

ESRI, 2025l. Derive Stream As Line (Spatial Analyst) [online]. United States of America: Environmental Systems Research Institute. [cit. 2025-07-08] Dostupné z: https://pro.arcgis.com/en/pro-app/3.4/tool-reference/spatial-analyst/derive-stream-as-line.htm.

HELLESEN, Thomas, MATIKAINEN, Leena, 2013. An Object-Based Approach for Mapping Shrub and Tree Cover on Grassland Habitats by Use of LiDAR and CIR Orthoimages. REMOTE SENSING. 5 (2), s. 558-583. DOI 10.3390/rs5020558.

HORÁK, J., 2023. Tvorba digitálního modelu povrchu z bodových mračen vytvořených obrazovou korelací leteckých snímků. Diplomová práce, vedoucí Miřijovský, J. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geoinformatiky.

HRON, Vojtěch, 2019. Využití leteckých dat pro aktualizaci budov v ZABAGED®. Disertační práce. Praha: ČVUT. [cit. 2024-01-10] Dostupné z: https://theses.cz/id/mgnco9/.

JEBAVÁ, L., 2014. Využití dat leteckého laserového skenování k detekci agrárních forem reliéfu v Krkonoších. Bakalářská práce, vedoucí Kupková, L. Praha: Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie.

KARILA, Kirsi, MATIKAINEN, Leena, LITKEY, Paula, HYYPAÄ, Juha, PUTTONEN, Eetu, 2019. The effect of seasonal variation on automated land cover mapping from multispectral airborne laser scanning data. INTERNATIONAL JOURNAL OF REMOTE SENSING. 40 (9), s. 3289-3307. DOI 10.1080/01431161.2018.1528023.

KEINAN, E., FELUS, Y. A., TAL, Y., ZILBERSTIEN, O., ELIHAI, Y., 2016. UPDATING NATIONAL TOPOGRAPHIC DATA BASE USING CHANGE DETECTION METHODS. XXIII ISPRS CONGRESS, COMMISSION VII. 41 (B7), s. 529-536. DOI 10.5194/isprsarchives-XLI-B7-529-2016.

KOPALOVÁ, I., 2007 Semiautomatická aktualizace digitálních topografických map s využitím snímků vysokého rozlišení. Diplomová práce, vedoucí Potůčková, M. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie.

KUCHAŘOVÁ, J., 2013. Klasifikace silniční sítě z dat leteckého laserového skenování a optických dat DPZ vysokého rozlišení. Diplomová práce, vedoucí Potůčková, M. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie.

KUTIŠOVÁ, T., 2019. Využití dat LLS pro aktualizaci silniční sítě. Diplomová práce, vedoucí Lysák, J. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie.

LEIMEROVÁ, Kristýna, 2011. Detekce vybraných tříd prvků ZABAGED z DMR leteckého laserového skenování. Diplomová práce. Olomouc: Katedra geoinformatiky, UPOL.

LI, Lu, WANG, Chao, ZHANG, Hong, ZHANG, Bo, WU, Fan, 2019. Urban Building Change Detection in SAR Images Using Combined Differential Image and Residual U-Net Network. REMOTE SENSING. 11 (9). DOI 10.3390/rs11091091.

LILLESAND, T., KIEFER, R. W., CHIPMAN, J., 2015. Remote Sensing and Image Interpretation. 7th edition. United States of America: Wiley. ISBN: 978-1-118-34328-9.

MALPICA, Jose A., ALONSO, Maria C., PAPÍ, Francisco, AROZARENA, Antonio, DE AGIRRE, Alex, 2013. Change detection of buildings from satellite imagery and lidar data. INTERNATIONAL JOURNAL OF REMOTE SENSING. 34 (5), s. 1652-1675. DOI 10.1080/01431161.2012.725483.

MATIKAINEN, Leena, HYYPPÄ, Juha, AHOKAS, Eero, MARKELIN, Lauri, KAARTINEN, Harri, 2010. Automatic Detection of Buildings and Changes in Buildings for Updating of Maps. REMOTE SENSING. 2 (5), s. 1217-1248. DOI 10.3390/rs2051217.

MATIKAINEN, Leena, HYYPPÄ, Juha, KAARTINEN, Harri, 2009. Comparison Between First Pulse and Last Pulse Laser Scanner Data in the Automatic Detection of Buildings. PHOTOGRAMMETRIC ENGINEERING AND REMOTE SENSING. 75 (2), s. 133-146. DOI 10.14358/PERS.75.2.133.

MATIKAINEN, Leena, KARILA, Kirsi, HYYPPÄ, Juha, LITKEY, Paula, PUTTONEN, Eetu, AHOKAS, Eero, 2017. Object-based analysis of multispectral airborne laser scanner data for land cover classification and map updating. ISPRS JOURNAL OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING. 128, S. 293-313. DOI 10.1016/j.isprsjprs.2017.04.005.

MZe, 2025. Redistr půdy LPIS | MZe [online]. [cit. 2025-07-16] Dostupné z: https://mze.gov.cz/public/portal/mze/farmar/LPIS

Nařízení vlády č. 430/2006 Sb., o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání

NLI, 2025. Od ledna měníme název na Národní lesnický institut [online]. Brandýs nad Labem: Národní lesnický institut. [cit. 2025-06-01] Dostupné z: https://nli.gov.cz/od-ledna-menime-nazev-na-narodni-lesnicky-institut/.

PETERKOVÁ, T., 2015 Zpřesnění průběhu vodních toků z dat leteckého laserového skenování. Diplomová práce, vedoucí Brůha, L. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie.

SEDLÁČKOVÁ, O., 2010. Využití dat leteckého laserového skenování v lesních porostech. Bakalářská práce, vedoucí Potůčková, M. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie.

SWIRSKI, Y., WOLOWELSKY, K., ADAR, R., FIGOV, Z., 2004. Detection and delineation of buildings from airborne LADAR measurements. APPLICATIONS OF DIGITAL IMAGE PROCESSING XXVII, PTS 1AND 2. 5558, s. 149-156. DOI 10.1117/12.557642.

ŠÍMA, Jan, 2016. Základní báze geografických dat (ZABAGED®) – dílo jedné generace českých zeměměřičů. Geodetický a kartografický obzor (GaKO), roč. 62, č. 4, s. 73–84.

VOSTRACKÁ, B., 2008. Mapování změn zástavby s využitím dat DPZ. Diplomová práce, vedoucí Potůčková, M. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie.

Vyhláška č. 156/2023 Sb., kterou se mění vyhláška Českého úřadu zeměměřického a katastrálního č. 31/1995 Sb., kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 31/1995 Sb. Českého úřadu zeměměřického a katastrálního, kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením.

Vyhláška č. 383/2015 Sb., kterou se mění vyhláška Českého úřadu zeměměřického a katastrálního č. 31/1995 Sb., kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 92/2005 Sb., kterou se mění vyhláška Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního č. 31/1995 Sb., kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a

o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením.

Zákon č. 252/1997 Sb., o zemědělství.

ZÚ, 2019. Zhodnocení polohové přesnosti vybraných kategorií a typů objektů ZABAGED® [online]. Technická zpráva. Č. j. ZÚ-02128/2020-13600. Autor technické zprávy: doc. Ing. Jiří Šíma, CSc. Praha: Zeměměřický úřad. [cit. 2025-04-27] Dostupné z: https://geoportal.cuzk.gov.cz/Dokumenty/Technicka_zprava_Zhodnoceni_polohove_presnosti_ZABAGED_2019.pdf.

ZÚ, 2020. Zpřesnění komunikací, vodstva, bodů a čar terénní kostry s využitím dat LLS [online]. Závěrečná zpráva. Č. j. ZÚ-01844/2020-13600. Zpracoval: Mgr. Petr Neckář. Praha: Zeměměřický úřad. [cit. 2025-04-27] Dostupné z: https://geoportal.cuzk.gov.cz/Dokumenty/ZAVERECNA_ZPRAVA_Zpresneni_ZABAGED_s_vyuzitim_LLS.pdf.

ZÚ, 2024a. Katalog objektů ZABAGED® [online]. Verze 4.4. Č.j. ZÚ-04972//2024-13600. Aktualizace: RNDr. Jana Pressová. Praha: Zeměměřický úřad. [cit. 2025-05-05] Dostupné z: https://geoportal.cuzk.gov.cz/Dokumenty/KATALOG_OBJEKTU_ZABAGED_2025.pdf.

ZÚ, 2024b. Katalog objektů ZABAGED® [webová verze]. Verze 4.4. Praha: Zeměměřický úřad. [cit. 2025-05-05] Dostupné z: https://geoportal.cuzk.gov.cz/Dokumenty/ZABAGED_katalog/CS/.

ZÚ, 2024c. Katalog produkce Zeměměřického úřadu 2024/2025. Praha: Zeměměřický úřad.

ZÚ, 2024d. Ortofoto ČR. Plán aktualizace v letech 2023-2024. Praha: Zeměměřický úřad. [cit. 2024-01-29] Dostupné z: https://geoportal.cuzk.gov.cz/(S(iphlphx0gtqxhw3irm5uzwqe))/Dokumenty/planORTO.jpg.

ZÚ, 2025a. Pracovní postupy plošné aktualizace ZABAGED®. Verze 5.0. Aktualizace: Bc. Marek Popp. Interní dokument. Praha: Zeměměřický úřad.

ZÚ, 2025b. Upřesnění objektů ZABAGED®. Verze 11.00. Aktualizace: Bc. Marek Popp. Interní dokument. Praha: Zeměměřický úřad.

ZÚ, 2025c. ZABAGED® - polohopis - úvod [online]. Praha: Zeměměřický úřad. [cit. 2025-05-05] Dostupné z: https://geoportal.cuzk.gov.cz/(S(mvn0v2xbuqhzbx4qg3022gvc))/Default.aspx?mode=TextMeta&text=dSady_zabaged&side=zabaged&menu=24.

ZÚ, 2025d. ZABAGED® - výškopis - úvod [online]. Praha: Zeměměřický úřad. [cit. 2025-05-05] Dostupné z: https://geoportal.cuzk.gov.cz/(S(mvn0v2xbuqhzbx4qg3022gvc))/Default.aspx?mode=TextMeta&text=vyskopisZBG&side=vyskopis&head_tab=sekce-02-gp&menu=30.

ZÚ, 2025e. ZABAGED® - polohopis [online]. Praha: Zeměměřický úřad. [cit. 2025-05-05] Dostupné z: https://geoportal.cuzk.gov.cz/(S(npsrdfm15jjrw2amulyhqmfc))/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=zabaged&metadataID=CZ-CUZK-ZABAGED-VP&mapid=8&menu=241.

ZÚ, 2025f. Letecký měřický snímek [online]. Praha: Zeměměřický úřad. [cit. 2025-05-25] Dostupné z: https://geoportal.cuzk.gov.cz/(S(iphlphx0gtqxhw3irm5uzwqe))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=lms&metadataID=CZ-CUZK-LMS&productid=67130&menu=401.

ZÚ, 2025g. Výroční zpráva 2024 [online]. Praha: Zeměměřický úřad, 1/2025. [cit. 2025-05-27] Dostupné z: https://cuzk.gov.cz/getattachment/b9721f03-6ca2-4964-9bcb-f9b8ba937675/Vyrocni-zprava-dle-zakona-c-106-1999-Sb.za-rok-2024.aspx.

ZÚ, 2025h. Ortofoto České republiky - úvod [online]. Praha: Zeměměřický úřad. [cit. 2025-05-25] Dostupné z: https://geoportal.cuzk.gov.cz/(S(iphlphx0gtqxhw3irm5uzwqe))/Default.aspx?mode=TextMeta&text=ortofoto_info&side=ortofoto&menu=23.

ZÚ, 2025i. CIR ortofoto. [online]. Praha: Zeměměřický úřad. [cit. 2025-06-01] Dostupné z: https://geoportal.cuzk.gov.cz/(S(vmchopqa5nmxeagfycvnwimf))/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=ortofoto&metadataID=CZ-CUZK-ORTOCIR-R&mapid=83&menu=235.

ZÚ, 2025j. Plán aktualizace ZABAGED® pro rok 2025. [online]. Praha: Zeměměřický úřad. [cit. 2025-07-16] Dostupné z: https://geoportal.cuzk.gov.cz/Dokumenty/Plan_aktualizaceZABAGED_2025.pdf.

ZÚ, 2025k. Průběžná aktualizace vybraných objektů ZABAGED® [online]. Poslední úprava: 30. 6. 2025. Praha: Zeměměřický úřad. [cit. 2025-07-16] Dostupné z: https://geoportal.cuzk.gov.cz/Dokumenty/Stav_aktualizace.pdf

ZÚ, VGHMÚř, 2016a. Technická zpráva k Digitálnímu modelu reliéfu 5. generace. DMR 5G. Pardubice: Zeměměřický úřad, Dobruška: Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad. [cit. 2025-05-26] Dostupné z: https://geoportal.cuzk.gov.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMR_5G.pdf.

ZÚ, VGHMÚř, 2016b. Technická zpráva k Digitálnímu modelu povrchu 1. generace. DMP 1G. Pardubice: Zeměměřický úřad, Dobruška: Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad. [cit. 2025-05-26] Dostupné z: https://geoportal.cuzk.gov.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMP_1G.pdf.

ZÚ, VGHMÚř, 2025a. Technická zpráva k ortofotografickému zobrazení území ČR. Ortofoto České republiky. Pardubice: Zeměměřický úřad, Dobruška: Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad. [cit. 2025-05-26] Dostupné z: https://geoportal.cuzk.gov.cz/Dokumenty/TZ_Ortofoto_CR.pdf.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Volné přílohy

Příloha 1 Poster

Popis struktury odevzdávaných digitálních dat na datové úložiště katedry

Text_Prace
Vstupni_Data
Vystupni_Data_Mezivysledky
Vystupni_Data_Vysledky
WEB
Poster

Ortofoto ČR a objekty ZABAGED® byly poskytnuty s licencí Creative Commons BY 4.0.

CIR ortofoto a data LLS byly pro potřeby diplomové práce poskytnuty Zeměměřickým úřadem na základě Žádosti o souhlas s poskytnutím dat ke studijním účelům.

Data LPIS jsou poskytována jako úřední dílo a jsou přístupná na základě zákona č. 252/1997 Sb., o zemědělství.