

T A
Č R



Financováno
Evropskou unií
NextGenerationEU

Zpracování satelitních dat a tvorba analytických vrstev

Vstupní vrstvy pro analýzu zranitelnosti vůči klimatické změně



Univerzita Palackého
v Olomouci



Proč využívat data z družic?

Satelitní data umožňují sledovat krajinu systematicky, objektivně a v celostátním měřítku — bez nutnosti terénního průzkumu.

Celostátní pokrytí

Družice pokryjí celé území ČR — analýzy bez mezer a bez závislosti na terénu.

Pravidelná aktualizace

Data jsou snímána opakovaně — lze sledovat změny v čase a detekovat trendy.

Vysoké rozlišení

Prostorové rozlišení v jednotkách až desítkách metrů umožňuje analýzy na úrovni jednotlivých parcel.

Nákladová efektivita

Satelitní data Sentinel a Landsat jsou volně dostupná — bez licenčních poplatků.

Objektivita a opakovatelnost

Automatizované zpracování eliminuje subjektivní chyby terénního mapování.

Více témat z jednoho zdroje

Z jedné sady snímků lze odvodit vegetaci, teplotu povrchu, zástavbu i les.

Otevřená satelitní data využítá v projektu

Projekt staví výhradně na volně dostupných datech evropského programu Copernicus a americké agentury USGS.

Sentinel-2A/2B

Provozovatel ESA / Copernicus

Typ Multispektrální

Rozlišení 10–60 m

Revisit time ~2-3 dni (2 družice)

Použití v projektu NDVI, LAI, klasifikace lesů,
nepropustnost

Sentinel-1A/1B

Provozovatel ESA / Copernicus

Typ SAR (radarová data)

Rozlišení 10 m

Revisit time ~6 dní (2 družice)

Použití v projektu Výška lesního porostu

Landsat 8/9

Provozovatel NASA / USGS

Typ Multispektrální + termální

Rozlišení 30 m

Revisit time ~8 dní (2 družice)

Použití v projektu Land Surface Temperature
(LST)

Copernicus — služby a dostupné produkty

Program Copernicus poskytuje hotové analytické vrstvy zdarma. Většina vrstev projektu má svůj ekvivalent v CLMS — avšak s nižší aktuálností.

CLMS

Copernicus Land Monitoring Service

Relevantní vrstvy

Imperviousness, Tree Cover Density, Dominant Leaf Type, Forest Type, Riparian Zones, ...

Rozlišení

10–100 m

Aktuálnost

Typicky každé 3 roky (HRSL); některé roční vrstvy

Použití v projektu

Imperviousness 2018, Dominant Leaf Type 2023, Coring Land Cover (CLC) Backbone+ 2023

Hlavní omezení

Neaktuálnost (aktualizace < 1x/rok)

CAMS

Copernicus Atmosphere Monitoring Service

Relevantní data

Kvalita ovzduší, aerosoly, UV index, skleníkové plyny

Aktuálnost

Denní analýzy a prognózy

Rozlišení

~10–80 km (globální modely)

Použití v projektu

Nevyužito přímo v projektu; relevantní pro klimatická rizika

C3S

Copernicus Climate Change Service

Relevantní data

ERA5 reanalýzy, klimatické indikátory, teplotní anomálie

Aktuálnost

Měsíční aktualizace; ERA5 s ~5denním zpožděním

Rozlišení

~30 km (ERA5)

Použití v projektu

Nevyužito přímo; relevantní pro klimatické scénáře

Všechny služby Copernicus jsou volně dostupné bez registrace nebo licenčních poplatků.

Přehled připravených výstupů

NDVI

- Normalizovaný Diferenční Vegetační Index
- indikátor hustoty a vitality vegetace

LAI

- Index Listové Pokryvnosti
- indikátor pokryvnosti půdy, hustoty a potenciálu pre fotosyntézu

LST

- povrchová teplota
- připravené **2 indikátory**
 - Průměrná teplota povrchu ve vegetačním období
 - Teplota povrchu počas vln horka

Výška porostu

- výška korun stromů
- indikátor věkové struktury a patrovitosti porostu

Klasifikace lesů

- dominantní lesní typ
- listnaté / jehličnaté

Nepropustnost povrchu

- podíl nepropustných povrchů (zástavba, zpevněné plochy)
- indikátor míry urbanizace a schopnosti území zadržovat vodu

Všechny vrstvy pokrývají kompletně území České republiky (+1 km obalová zóna) · Aktuální období do roku 2024

NDVI — Normalized Difference Vegetation Index

Indikátor stavu a hustoty vegetačního pokryvu — rozlišuje zdravou, aktivní vegetaci od suché, řídké nebo chybějící.

Zdroj dat

Sentinel-2A/2B (L2A)

Období

1. 3. – 30. 11. 2024

Metodika

Vlastní výpočet: $(B08 - B04) / (B08 + B04)$

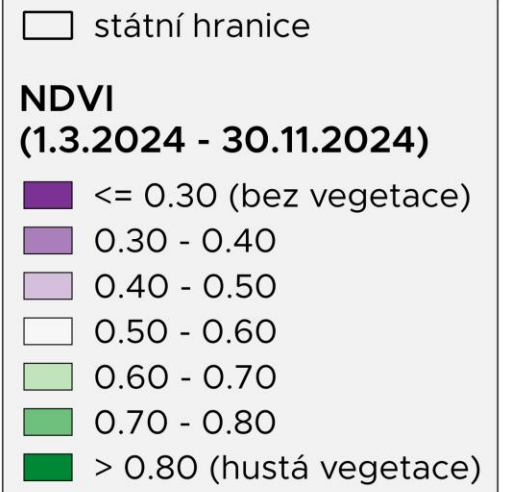
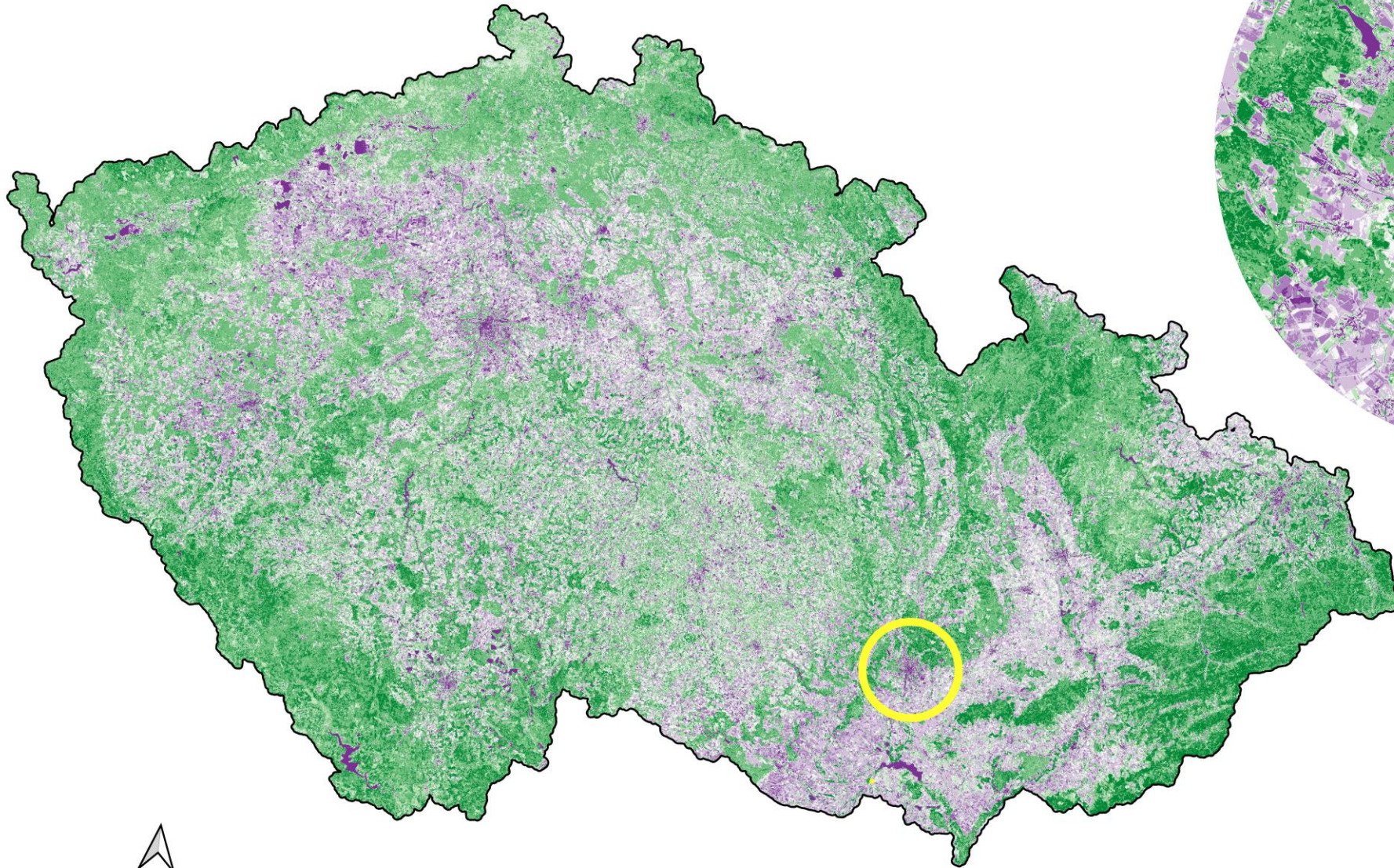
Výstup

Průměr bezoblačných pixelů za období

Rozlišení

10 m | EPSG:32633, EPSG:5514

PRŮMĚRNÝ VEGETAČNÍ INDEX NDVI V ČESKÉ REPUBLICICE V ROCE 2024



LAI — Leaf Area Index

Indikátor množství vegetace v prostoru nad plochou — vysoké hodnoty odpovídají hustému lesnímu porostu.

Zdroj dat

Sentinel-2A/2B (L2A)

Období

1. 3. – 30. 11. 2024

Metodika

Biofyzikální model ESA SNAP S2 Toolbox (Weiss et al., 2021)

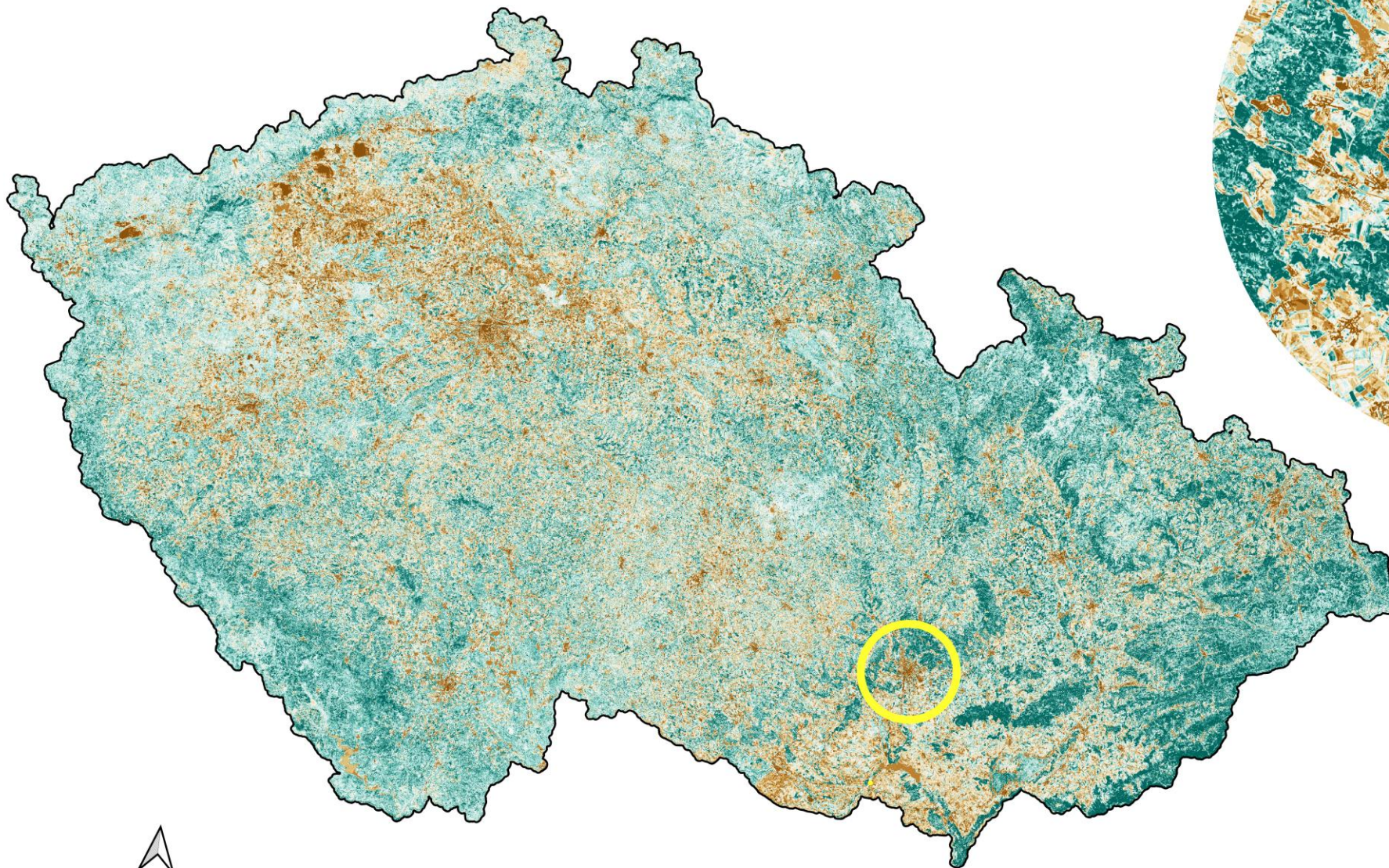
Výstup

Průměr bezoblačných pixelů za období

Rozlišení

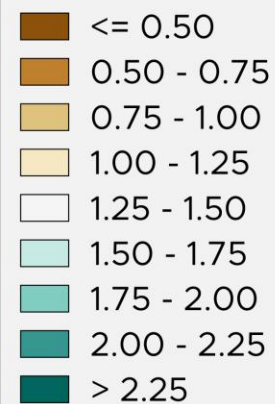
20 m | EPSG:32633, EPSG:5514

PRŮMĚRNÝ INDEX LISTOVÉ POKRYVNOSTI V ČESKÉ REPUBLICĚ V ROCE 2024



□ státní hranice

**Index listové pokrývnosti
(1.3.2024 - 30.11.2024)**



0 50 100 km

LST — Land Surface Temperature

Povrchová teplota jako indikátor tepelného stresu krajiny a tepelných ostrovů měst.

Zdroj dat

Landsat 8 + Landsat 9 (C02/T1_TOA + T1_L2)

Období

1. 5. – 30. 9. za roky 2020–2024

Metodika

Vlastní výpočet: RTE inverze z ST_TRAD (L2)
emisivita z NDVI | K1/K2 z L1 | Google Earth Engine

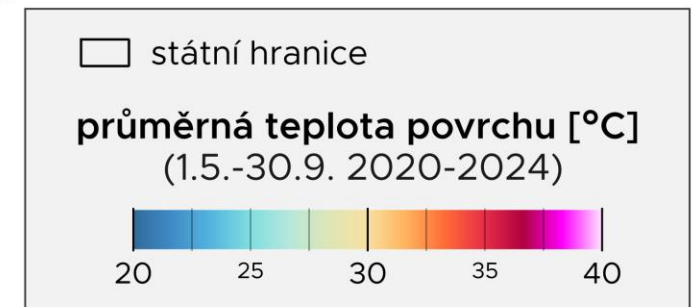
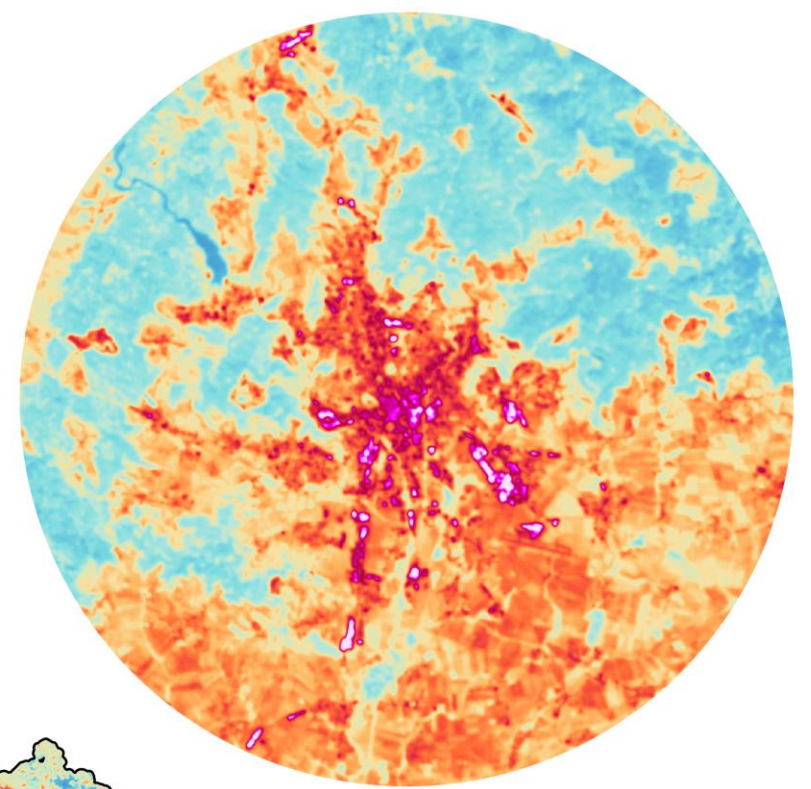
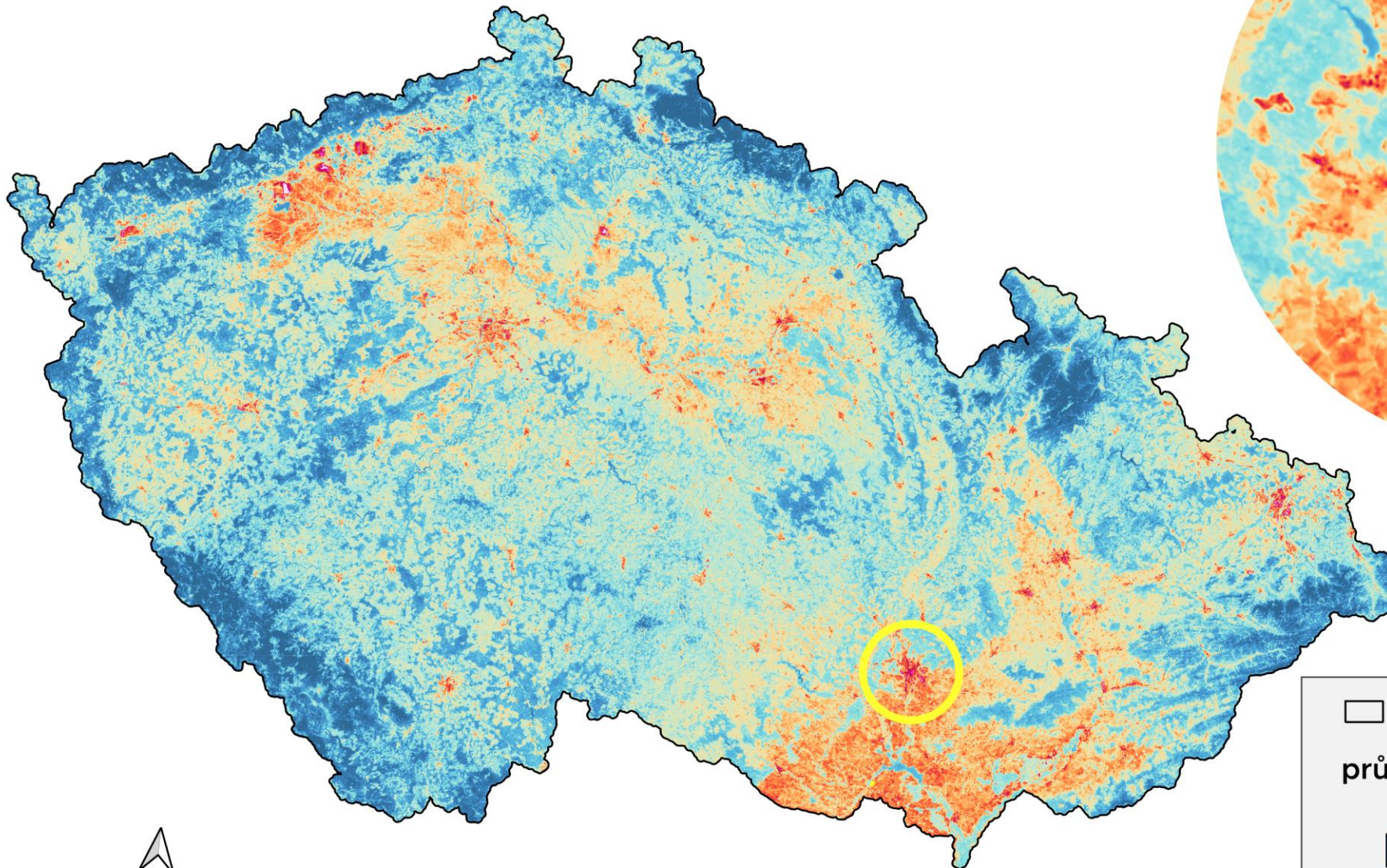
Výstup

1) Průměr · 2) 90. percentil

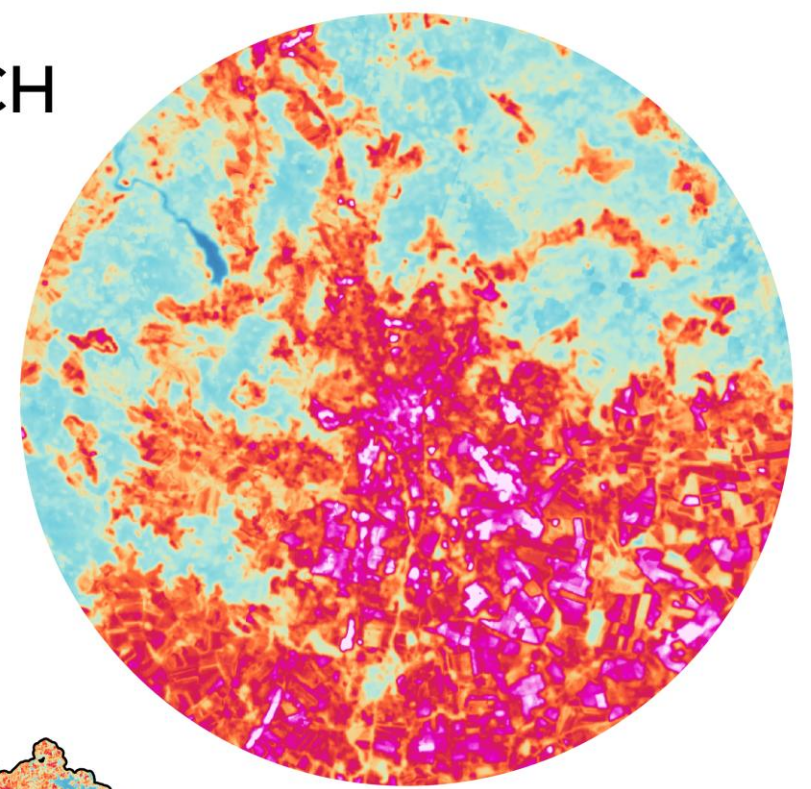
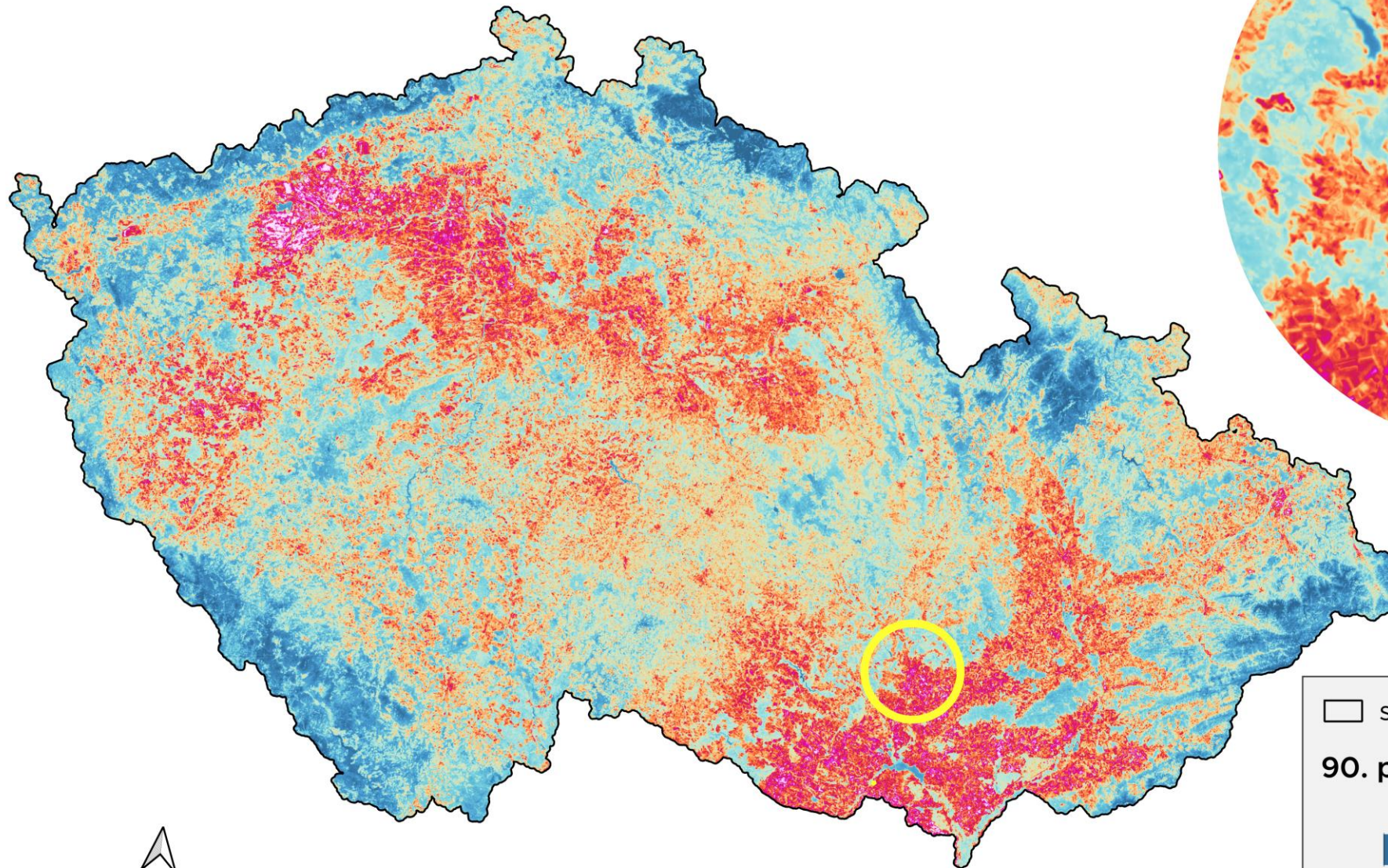
Rozlišení

30 m | EPSG:32633, EPSG:5514

PRŮMĚRNÁ TEPLOTA POVRCHU V ČESKÉ REPUBLICĚ V LETECH 2020-2024

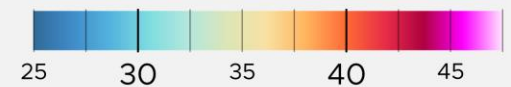


TEPLOTA POVRCHU V NEJTEPLEJŠÍCH DNECH V ČESKÉ REPUBLICICE V LETECH 2020-2024



□ státní hranice

90. percentil teploty povrchu [°C]
(1.5.-30.9.2020-2024)



Výška lesního porostu (Tree Canopy Height)

Výška korun stromů jako indikátor věkové struktury, patrovitosti a stavu lesního porostu.

Zdroj dat

Sentinel-1A/1B + Sentinel-2A/2B
CLCplus Backbone 2023, ZABAGED, OpenStreetMap

Období

2024

Metodika

Základ: Pauls et al. (2025), výšky 2019–2022

- extrapolace na 2024 modelováním růstu
- očištění o plochy vytažené 2022–2024 (CLCplus Backbone 2023 + NDVI 2024)

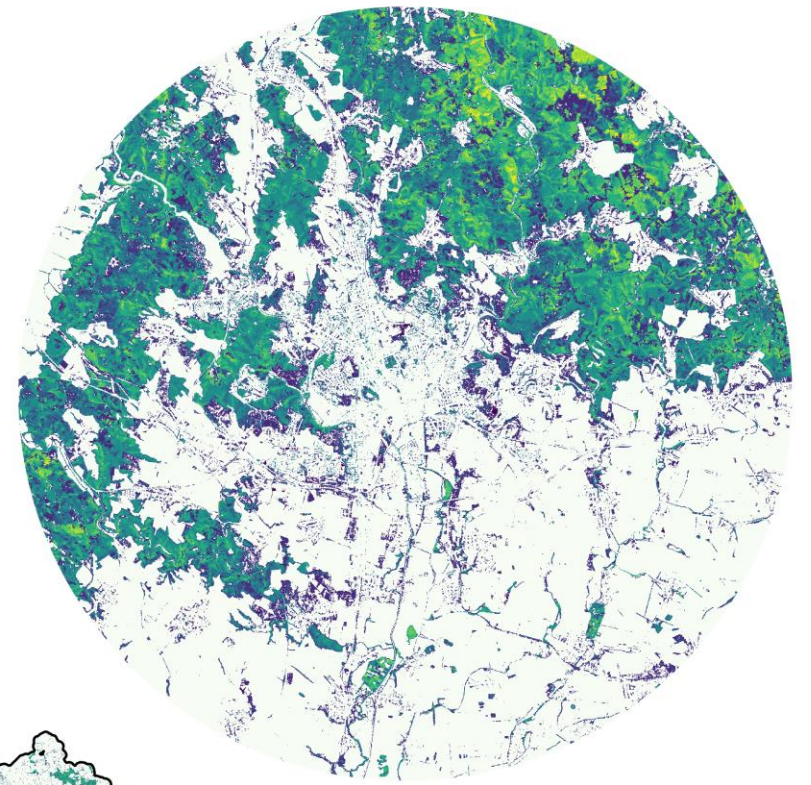
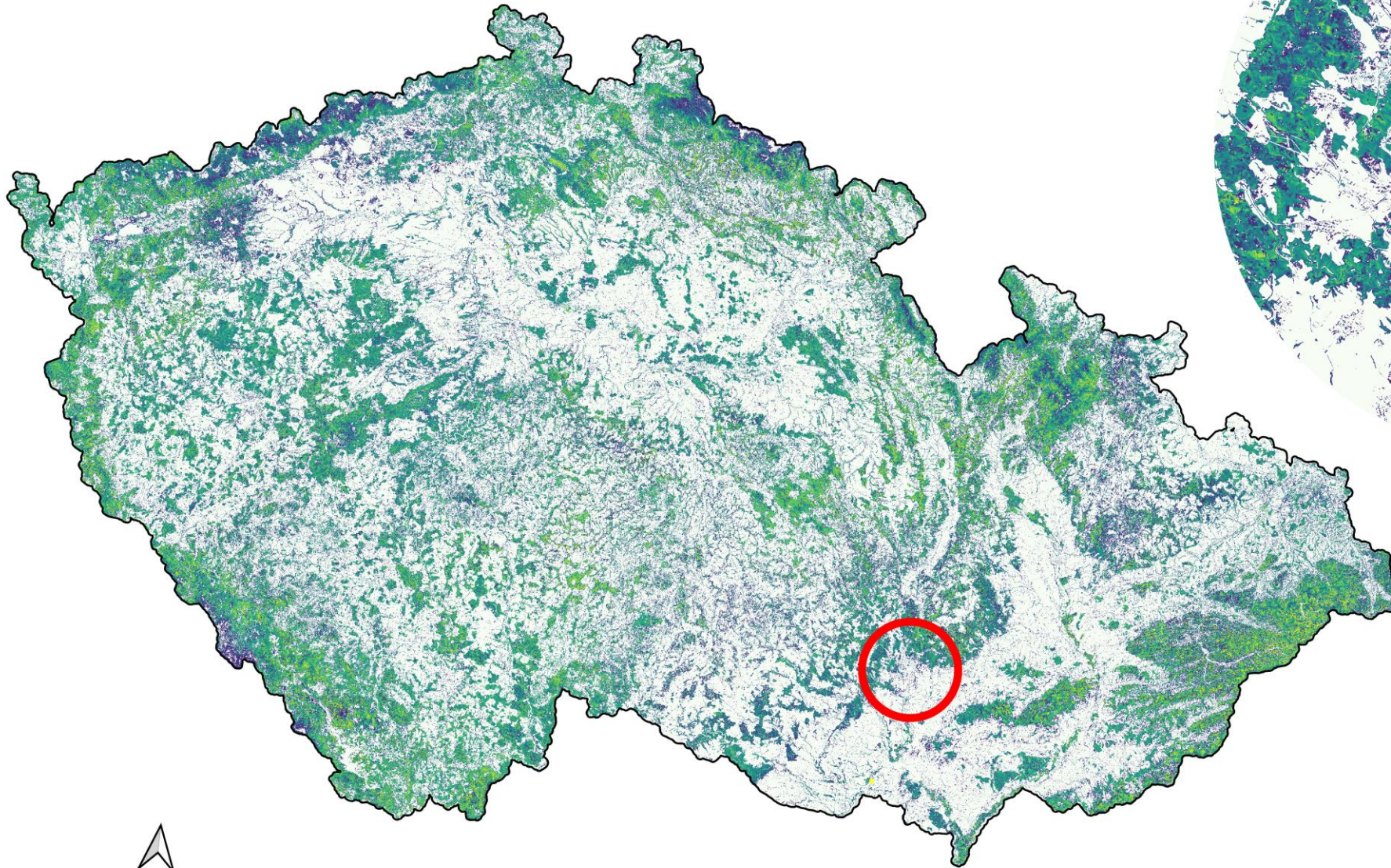
Výstup

Výška korun stromů v metrech

Rozlišení

10 m | EPSG:32633, EPSG:5514

VÝŠKA LESNÍCH POROSTŮ V ČESKÉ REPUBLICE V ROCE 2024



□ státní hranice

výška koruny [m]

□ 0

■ 0 - 5

■ 5 - 10

■ 10 - 15

■ 15 - 20

■ 20 - 25

■ 25 - 30

■ 30 - 35

■ 35 - 40

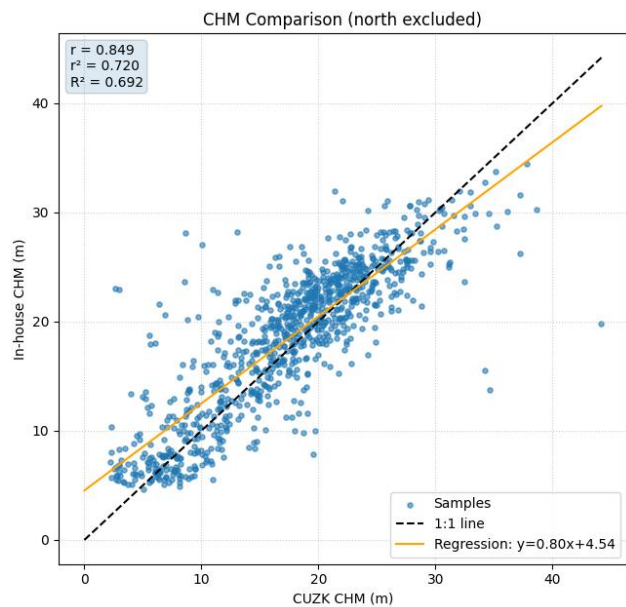
■ > 40

0 50 100 km

Výška lesního porostu - validace

Porovnání s LiDAR CHM — Kuřim (ČÚZK, n=994) a Křtiny (CzechGlobe, n=13 146) · 10 m

Kuřim ČÚZK LiDAR



n = 994

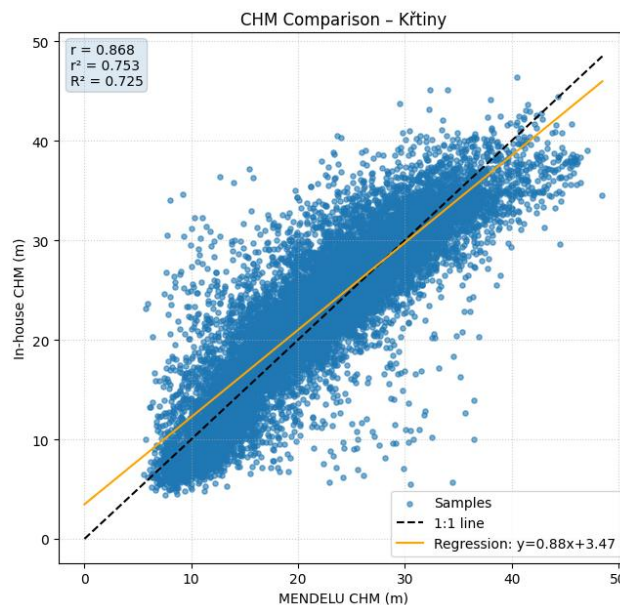
Bias +1,01 m

MAE 2,86 m

RMSE 3,98 m

r / R² 0,85 / 0,69

Křtiny CzechGlobe LiDAR



n = 13 146

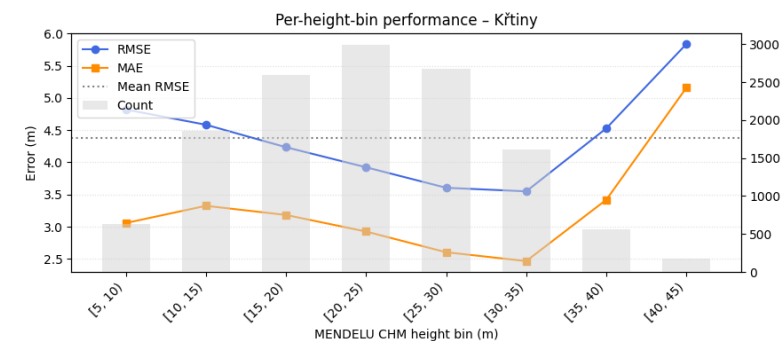
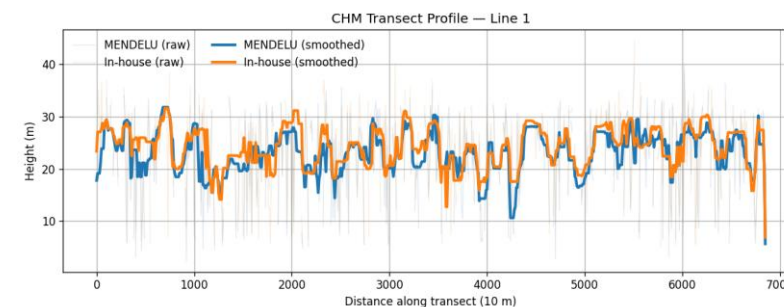
Bias +0,68 m

MAE 2,98 m

RMSE 4,10 m

r / R² 0,87 / 0,73

Křtiny — transekt & výšk. třídy



Klasifikace lesních porostů — Převládající typ

Druhové složení lesního porostu (jehličnatý / listnatý) jako vstup pro hodnocení odolnosti lesů.

Zdroj dat

CLMS — Dominant Leaf Type 2023
Výška korun stromů (produkt RegAdapt)

Období

2024

Metodika

Základ: CLMS Dominant Leaf Type 2023
• očištění o plochy vyřazené 2023–2024 (vrstva výšky porostu RegAdapt)

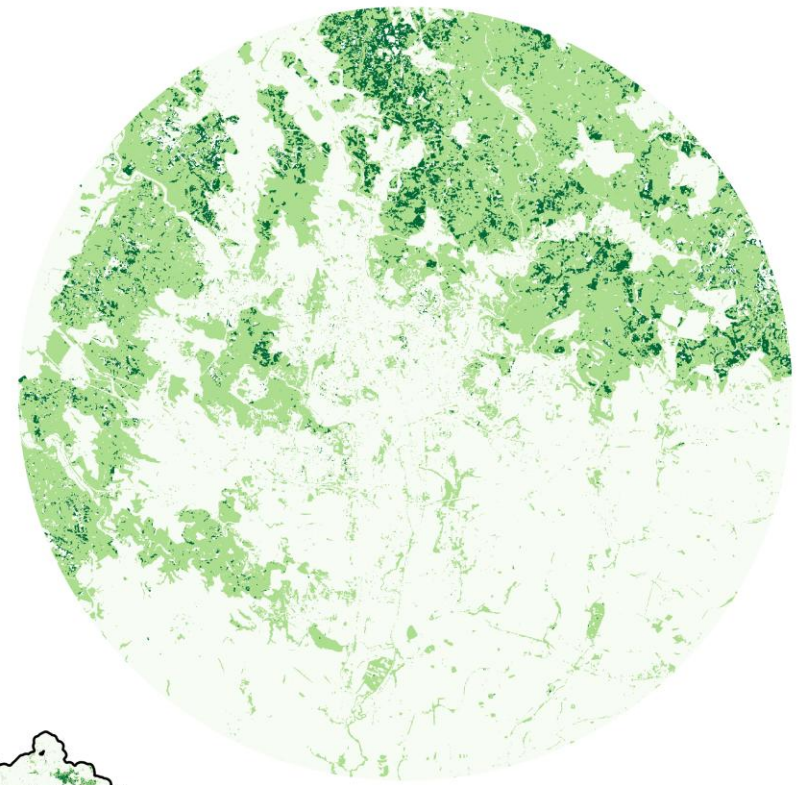
Výstup

0 = nezalesněno 1 = listnatý les 2 = jehličnatý les

Rozlišení

10 m | EPSG:32633, EPSG:5514

KLASIFIKACE LESNÍCH POROSTŮ V ČESKÉ REPUBLICE V ROCE 2024



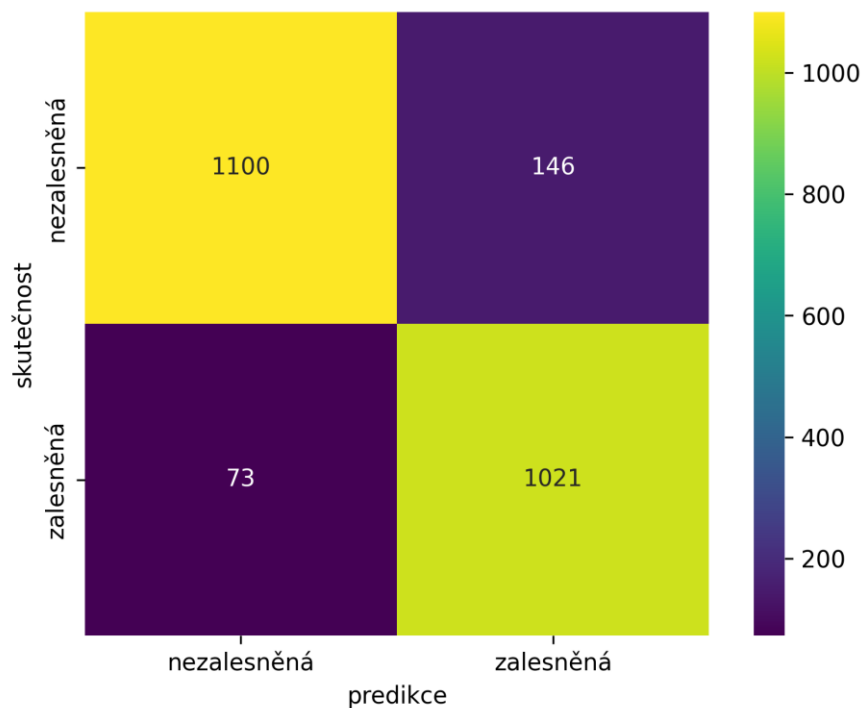
Klasifikace lesních porostů — validace

Zalesněná vs. nezalesněná oblast

$n = 2\,340$ bodů

Celková přesnost	90,6 %	Precision - zalesněná	0,87
Recall - zalesněná	0,93	F1 skóre	≈ 0,90 (obě třídy)

Matice záměn - nezalesněná vs. zalesněná oblast

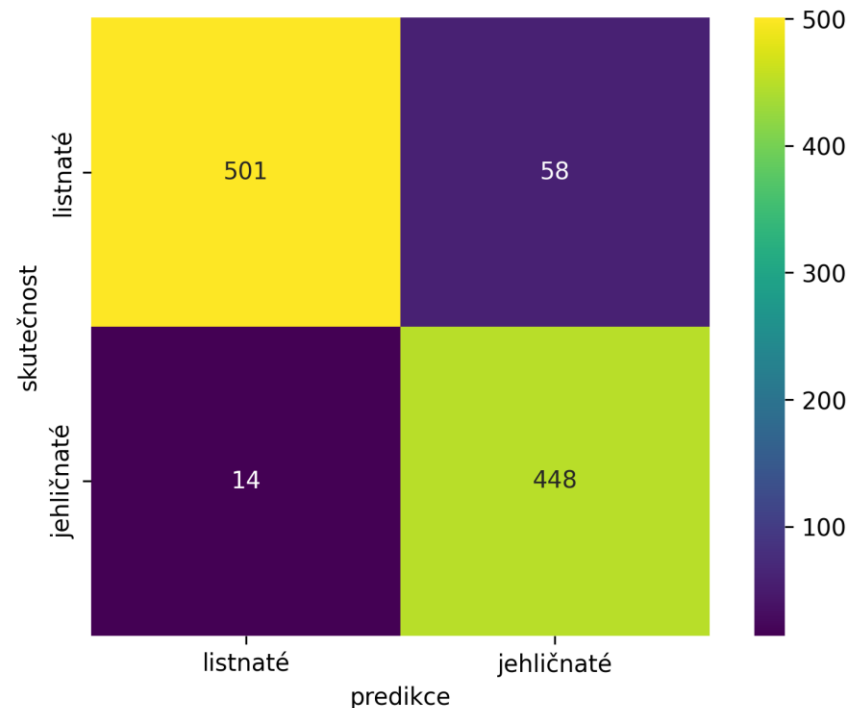


Listnaté vs. jehličnaté porosty

$n = 1\,021$ bodů

Celková přesnost	93,0 %	Precision - jehličnaté	0,89
Recall - jehličnaté	0,97	F1 skóre	≈ 0,93 (obě třídy)

Matice záměn - listnaté vs. jehličnaté stromy

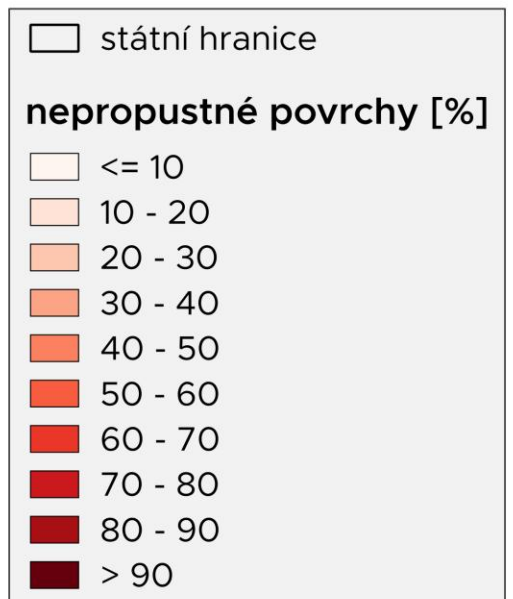
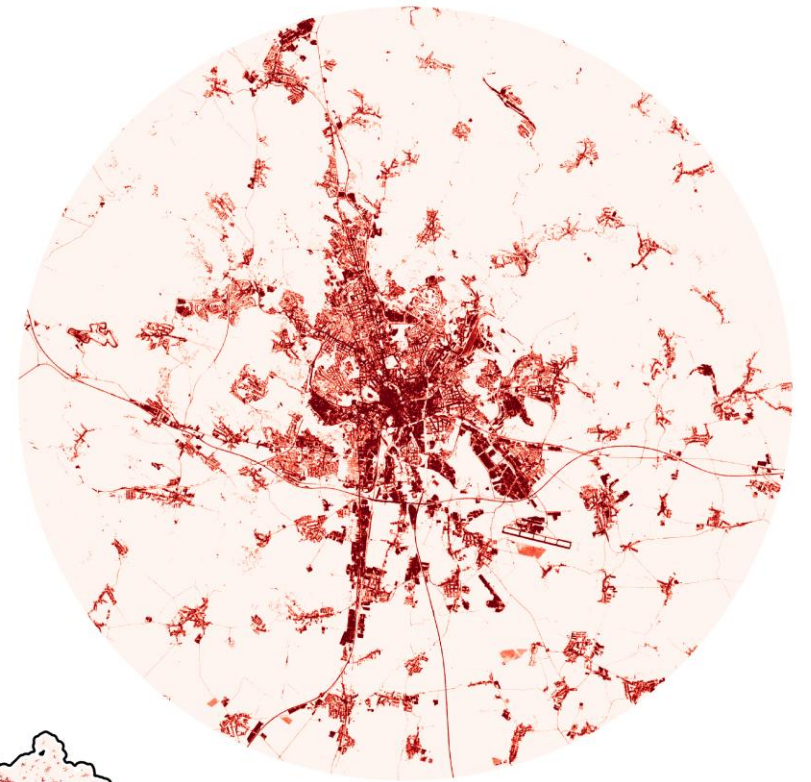
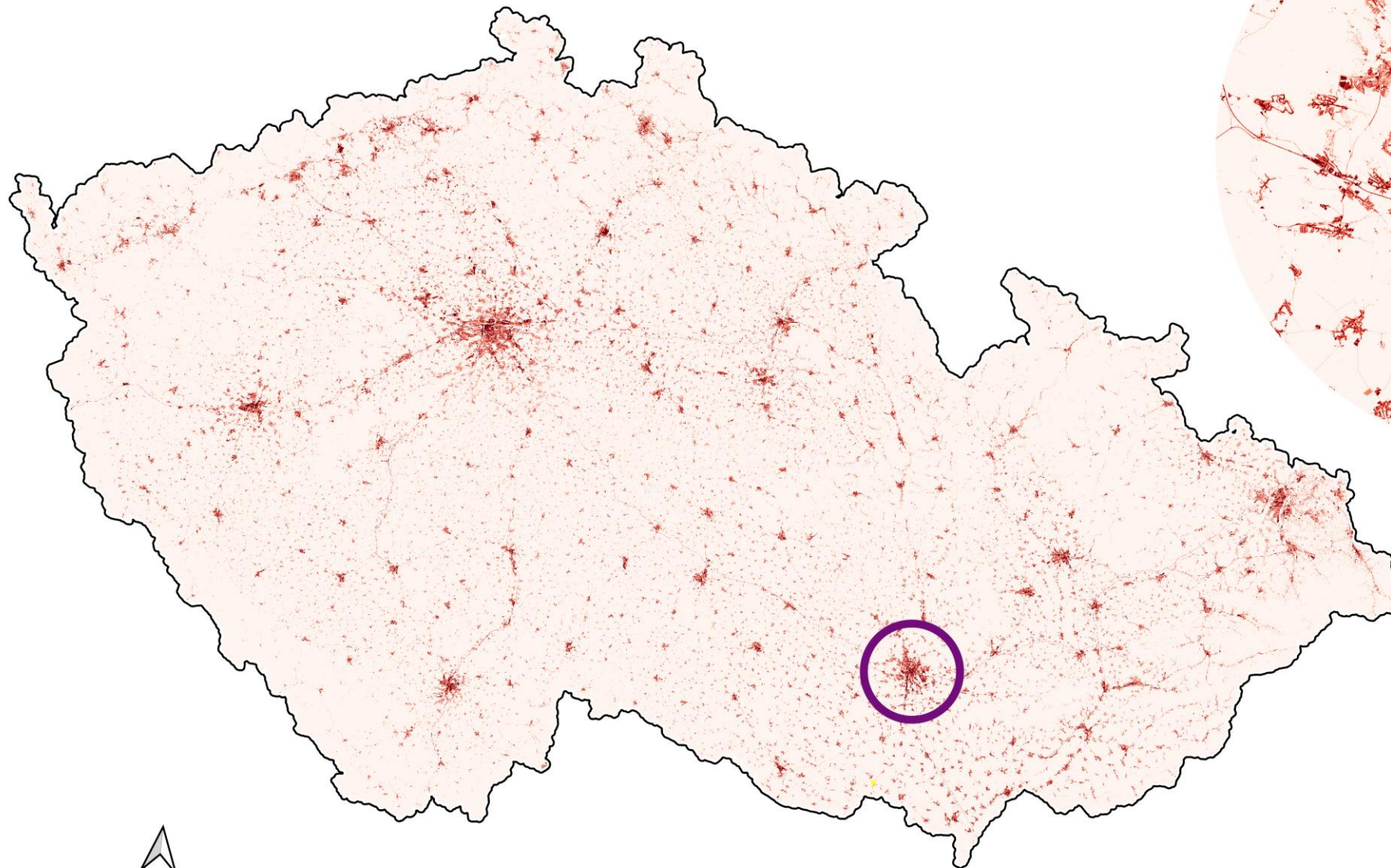


Nepropustnost povrchu

Podíl nepropustných povrchů (zástavba, zpevněné plochy) — indikátor míry urbanizace a schopnosti území zadržovat vodu.

Zdroj dat	Sentinel-2A/2B (L2A) ZABAGED, CLCplus Backbone+ 2023, OpenStreetMap, Microsoft GlobalML BuildingFootprints
Období	2024
Metodika	Random forest model <ul style="list-style-type: none">• Target: CLMS Imperviousness 2018• Vysvětlující proměnné: NDVI, TCT Brightness, TCT Greenness, TCT Wetness
Výstup	Spojité vrstvy (0–100 %) + klasifikace do 10 tříd po 10 %
Rozlišení	10 m EPSG:32633, EPSG:5514

MÍRA NEPROPUSTNOSTI POVRCHŮ V ČESKÉ REPUBLICĚ V ROCE 2024



Nepropustnost povrchu – validace

Validační design

Vzorkování

6300 bodů:

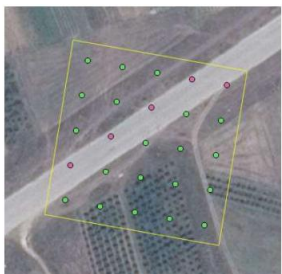
- 252 ploch (100×100 m)
 - 25 bodů/plocha (mřížka 5×5)

Stratifikace

- 14 krajů × 6 tříd × 3 plochy = 252 ploch
- třídy dle CLMS Imperviousness 2018

Anotace

ruční: 0 = propustný, 1 = nepropustný

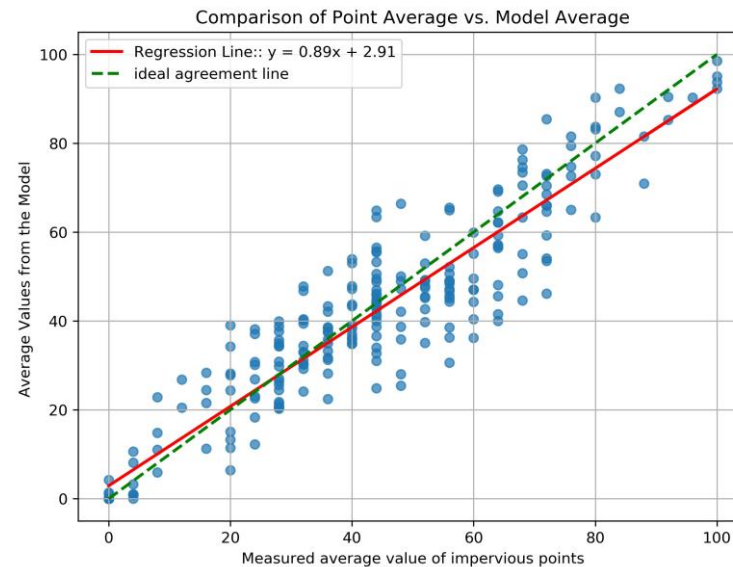


Spojité vrstva

R² 0,874

RMSE 8,98 %

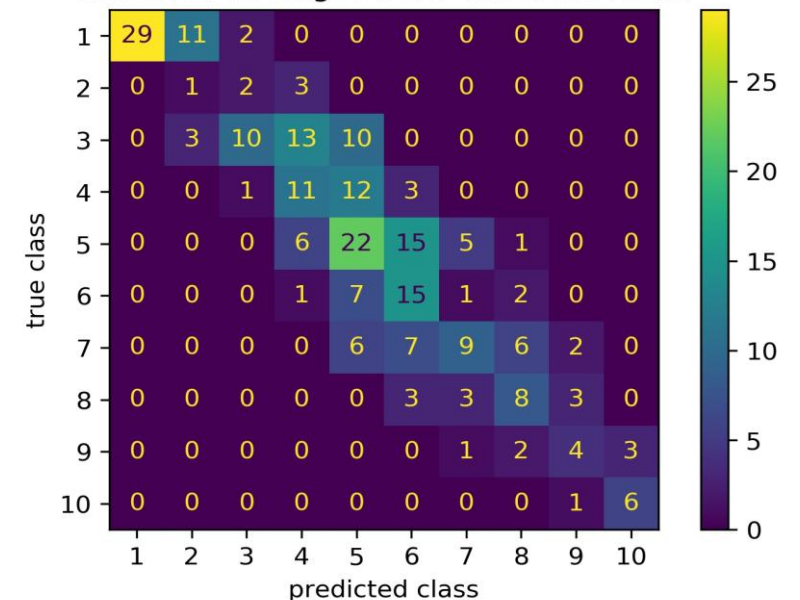
MAE 6,69 %



Klasifikovaná vrstva

- Nejlepší shoda v třídách 1 a 10
- Chyby převážně u sousedních tříd
- Celk. přesnost: ~50%

Classified averages from classified raster



T A
Č R



Financováno
Evropskou unií
NextGenerationEU

Připravili jsme 7 analytických vrstev pro celé území České republiky

- Aktuální data (2024) ze Sentinel-1/2 a Landsat 8/9
- Rozlišení 10/20 m (Sentinel) a 30 m (Landsat)
- Dodání ve dvou souřadnicových systémech (EPSG:32633 a EPSG:5514)
- Validace provedena pro 3 klíčové vrstvy



Univerzita Palackého
v Olomouci

