



Komplexní studie modro- zelené infrastruktury na území MSK

Metodika mapování MZI

Zadavatel:
Moravskoslezské Investice a Development, a. s.

Verze 3.0
říjen 2022

ZPRACOVATEL

PlanTerra – Institut krajinných
adaptací s.r.o.
Kounicova 2929/5
Moravská Ostrava
702 00



PlanTerra

IČ: 097 45 696
DIČ: není plátce

michal.kesner@integracons.com
+420 737 821 328

Zpracovali:

Michal Kešner, Miroslav Lupač, Luís Monteiro, Michael Hošek

ZADAVATEL

Moravskoslezské Investice a
Development, a. s.
Na Jízdárně 1245/7
Moravská Ostrava,
702 00

IČ: 476 73 168
DIČ: CZ476 73 168

vizina@msid.cz

MSiD



INTEGRA
group

PlanTerra – Institut krajinných adaptací s.r.o. je členem konsorcia INTEGRA Group, v rámci kterého se soustředí především na hodnocení a plánování využívání krajiny a jejích částí.

Obsah

Abstract	
1 Úvod	1
2 LIFE IP for Coal Mining Landscape Adaptation neboli LIFE COALA	3
3 Současné přístupy	5
3.1 Inspirační prameny	5
3.2 Východiska metodiky	10
4 Definice zelené infrastruktury	18
5 Typologie krajinného pokryvu a ZI	20
6 Datové zdroje	23
7 Metodika.....	25
7.1 Příprava a zpracování dat.....	27
7.1.1 Družicové snímky	27
7.1.2 Vektorová data.....	30
7.2 Výstupy odvozené ze satelitních snímků	31
7.2.1 Barevné kompozity	31
7.2.2 Indexy	31
7.3 Vymezení a kategorizace krajinného pokryvu	37
7.4 Ověření přesnosti kategorizace krajinného pokryvu.....	40
7.5 Síťová analýza.....	41
7.6 Analýza vlastností ZI – Klasifikace	42
7.6.1 Hustota a kvalita vegetace.....	42
7.6.2 Riziko sucha.....	42
7.6.3 Přehřívání povrchu	43
7.6.4 Ohrožení erozí	44
7.6.5 Nestabilizované údolnice	46
7.6.6 Velikost půdních bloků orné půdy.....	47
7.6.7 Nepropustnost povrchu.....	47
7.6.8 Zastavěná a nezastavěná území.....	47

7.6.9	Pohyb veřejnosti (citlivé skupiny obyvatel)	48
7.6.10	Dostupnost ZI	48
7.6.11	Funkční využití území	50
7.6.12	Překryv ZI s ÚSES a ochrana prvků ZI v ÚPD	50
7.6.13	Překryv ZI s územími ochrany přírody	51
7.6.14	Majetkoprávní vztahy	51
7.7	Limity metodiky	52
7.7.1	Měřítko a prostorové rozlišení mapových výstupů	52
8	Závěr	54
9	Literatura	55

Seznam zkratek

A – Ampér, jednotka elektrického proudu
AOPK ČR – Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky
AS MSK – Adaptační strategie Moravskoslezského kraje
ASTER – Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
AV ČR – Akademie věd České republiky
BAF – Biotope Area Factor
BGI – blue-green infrastructure
BH – hromadné bydlení
CMS – Crop Moisture Stress index
CORINE – Coordination of Information on the Environment
ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav
ČSÚ – Český statistický úřad
DIBAVOD – Digitální báze vodohospodářských dat
DPB – díly půdních bloků
DPZ – dálkový průzkum Země
DSO – dráhy soustředěného odtoku
EECONET – European Ecological Network
EHP – Evropský hospodářský prostor
EK – Evropská komise
EUNIS – European Nature Information System
G – zelené záření (green)
IČ – identifikačního čísla ekonomického subjektu
KVES – Konsolidovaná vrstva ekosystémů
LIFE – nástroj pro financování životního prostředí (L'Instrument Financier pour l'Environnement)
LPIS – veřejný registr půdy (Land-parcel identification systém)
LST – Land Surface Temperature
MSK – Moravskoslezský kraj
MZI – modrozelená infrastruktura
NASA – Národní úřad pro letectví a vesmír
NDBI – Normalized Difference Built-up Index
NDMI – Normalized Difference Moisture Index
NDVI – Normalized Difference Vegetation Index
NDWI – Normalized Difference Water Index
NIR – blízké infračervené záření (near infrared)
OLI – Operational Land Imager
R – červené záření (red)

ReSAO – Regionální strategie adaptačních opatření

SCP – Semi-Automatic Classification Plugin

SWIR – infračervené záření krátkých vlnových délek

TAČR – Technologická agentura České republiky

TIRS – Thermal Infrared Sensor

ÚAP – územně analytické podklady

ÚPD – územně plánovací dokumentace

ÚSES – Územní systém ekologické stability

USDA – U.S. Department of Agriculture

USLE – Universal Soil Loss Equation

VKP – významný krajinný prvek

VÚT Brno – Vysoké učení technické v Brně

VÚV T.G.M., v.v.i. – Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce

ZABAGED – Základní báze geografických dat

ZI – zelená infrastruktura

ZÚR – zásady územního rozvoje

Seznam tabulek a obrázků

Tabulka č. 1. Typologie krajinného pokryvu a ZI

Tabulka č. 2. Pásma Sentinel-2 a jejich hlavní charakteristiky

Tabulka č. 3. Snímky Sentinel-2 a jejich hlavní charakteristiky

Tabulka č. 4. Pásma Landsat-8 a jejich hlavní charakteristiky

Tabulka č. 5. Snímky Landsat-8 a jejich hlavní charakteristiky

Tabulka č. 6. Indexy krajinného pokryvu, jejich zaměření a výpočetní vzorec

Tabulka č. 7. Kategorizace krajinného pokryvu na základě hodnot indexu NDVI

Tabulka č. 8. Kategorizace krajinného pokryvu na základě hodnot indexu NDMI

Tabulka č. 9. Kategorizace krajinného pokryvu na základě hodnot indexu NDWI

Tabulka č. 10. Kategorie krajinného pokryvu pro řízenou klasifikaci

Tabulka č. 11. Výsledky řízené kategorizace

Tabulka č. 12. Stratifikace a určení počtu bodů ve vzorku

Tabulka č. 13. CMS – kategorie indexu NDMI

Tabulka č. 14. Vymezení tříd erozního smyvu na základě přípustné průměrné roční ztrátě půdy

Tabulka č. 15. Kategorie stupňů erozního ohrožení

Tabulka č. 16. Popis kódu celkové ohroženosti zemědělských půd větrnou erozí

Tabulka č. 17. Kategorizace funkčního využití území

Obrázek č. 1. Pracovní schéma metodiky

Abstract

The aim of the methodology is to prepare a proposal for the procedures and analyzes that will lead to the delineation of blue-green infrastructure (BGI) elements and the entire land cover in the Moravian-Silesian Region, including the classification of these areas based on their properties. This methodology was developed within the LIFE IP project for Coal Mining Landscape Adaptation or LIFE COALA, which is an integrated, primarily regional project based on the Adaptation Strategy of the Moravian-Silesian Region.

Blue-green infrastructure is a commonly used term for a set of natural elements in the open landscape and built-up area, especially greenery and water bodies or streams, which together create the potential for ecological stability, restoration and resilience of the landscape

The work contained in the comprehensive study attempts to identify areas and elements of key importance for this broadly based natural potential of the region, describe in particular its quantitative and partly qualitative state and carefully examine the degree and intensity of interconnection. The authors propose their own experimental methodology combining mainly data from remote sensing and calculations of vegetation indices with other geographical data and thematic layers of spatial data describing various landscape features, and with network analysis outputs. However, the methodology also includes theoretical reasoning on the BGI and the very definition of this term for the needs of this methodology and subsequent steps.

This methodology will be followed by the processing and analysis of data, preparation of outputs and, last but not least, evaluation of observed phenomena and preparation of recommendations for support and expansion of the BGI.

1 Úvod

Modrozelená infrastruktura je všeobecně užívaný termín pro soubor přírodě blízkých prvků ve volné krajině i zastavěném území, zejména zeleně a vodních ploch či toků, které společně vytvářejí potenciál pro ekologickou stabilitu, obnovu a resilienci krajiny a sídel. Správnější je nazývat tento soubor „zelenou infrastrukturou“, která v sobě zahrnuje onen "modrý" prvek vodních ploch, toků a vůbec přítomnosti vody v krajině jako podmínky pro život a růst veškeré krajinné bioty. Pojem „zelená infrastruktura“ také konvenuje příslušnému sdělení EK (viz podrobněji v kapitole 3), které již v roce 2013 přineslo nový koncept rozšiřující dichotomické chápání ochrany krajiny ve smyslu ochrany obecné a zvláštní. Zelená infrastruktura zahrnuje přírodu zvláště chráněnou (např. v soustavě NATURA 2000), přírodu, jež je součástí specifických systémů ekologické stability (ÚSES, VKP), ale také funkční a zdravé části krajiny a sídel s dostatečně životaschopnou vegetací a fungujícím hydrologickým a hydrobiologickým režimem, které zvláštní ochranu nemají, a přesto je možné na nich stavět budoucí odolnost a perspektivu zdravé krajiny i v době změny klimatu.

Práce obsažená v komplexní studii se pokouší identifikovat oblasti a prvky s klíčovým významem pro tento široce založený přírodní potenciál regionu, popsat zejména jeho kvantitativní a částečně i kvalitativní stav a pečlivě zkoumat míru a intenzitu vzájemného propojení jednotlivých částí. Autoři vycházejí z vlastní experimentální metodiky kombinující zejména data z dálkového průzkumu země a výpočty vegetačních indexů s dalšími geografickými daty a tematickými vrstvami prostorových dat popisujících různorodé vlastnosti krajiny, resp. území a s výstupy síťového modelování. Přitom není kladen zásadní důraz na stávající stav plnění funkcí, resp. poskytování tzv. "ekosystémových služeb", ale spíše na to, jaké základní parametry životaschopnosti a vzájemné interakce prvky zelené infrastruktury v regionu vykazují.

Zelená infrastruktura je svébytný koncept krajiny. Je to ztělesnění komplexního víceúčelového systému, který se rozprostírá nad více obory (krajinné plánování, územní plánování, ochrana přírody), spojuje více kontextů (urbánní, suburbánní, venkovský) a skládá se z více měřítek (region, město, čtvrť, místo). Proto nehledáme v krajině jen izolované prvky s největším přírodním potenciálem, které bychom pak spojovali pomocí tenkých linií. Hledáme potenciál pro robustní strukturu opěrného systému přírodě blízkých částí krajiny, které neslouží jen pro udržení biodiverzity, ale je silným základem adaptace krajiny na změnu klimatu a rehabilitace jejího stavu narušeného desetiletími nevhodných zásahů.

Zelená infrastruktura musí být:

1. Víceúčelová
2. Propojená
3. Obyvatelná
4. Odolná (přesněji resilientní)
5. Spojená s identitou
6. Ekonomicky přínosná

Hledáme systém, který přináší efekt překrývajících se funkcí: vodohospodářských, zemědělských a lesnických, ekologických, ekonomických, souvisejících s mobilitou, kulturních a sociálních.

V tomto systému pak hledáme vazby, bariéry, vodivost či odpor přírodních, přírodě blízkých i arteficiálních struktur v krajině, které mají vliv na propojení jednotlivých klíčových oblastí do celku. Spojením je posilován potenciál jednotlivých částí, ale efekt spojení je násobný, roste nelineárně. V oblasti diverzity umožňuje propojení komunikaci, migraci druhů, nárůst počtu jedinců a tím adaptivní kapacitu ekosystémů. V oblasti vodohospodářství je propojení klíčové z hlediska vlivu přírodě blízkých oblastí v horních částech povodí na stav vod v jejich dolní části (zajištění průtoků, a naopak povodňová ochrana), atd.

Celá soustava, síť či soubor přírodě blízkých zdravých částí krajiny musí být dobře obyvatelná pro člověka a druhy zvířat i rostlin, zastavěné městské území musí být propojeno s venkovskými částmi, zelená infrastruktura musí přirozeně přecházet do zastavěného území.

Takový systém nejen zvyšuje adaptivní kapacitu člověka, sídel a ekosystémů, ale zvyšuje také jejich odolnost proti povodním, podporuje ochlazování částí krajiny postižených dopadem efektu tepelných ostrovů, lépe zadržuje dešťovou vodu a udržuje potřebný hydrologický režim.

Zelená infrastruktura vytváří atraktivní místa pro život, pobyt a slouží jako prostor pro vytváření vztahu člověka ke krajině. V neposlední řadě přináší zelená infrastruktura snižování nákladů na energii, „šedou“ technickou infrastrukturu a podporuje ekonomický rozvoj regionu.

2 LIFE IP for Coal Mining Landscape Adaptation neboli LIFE COALA

Tato metodika byla vypracována v rámci projektu LIFE IP for Coal Mining Landscape Adaptation neboli LIFE COALA, který je integrovaným, primárně regionálním projektem, opírajícím se o Adaptační strategii Moravskoslezského kraje (AS MSK). Projekt aktivně reaguje na dopady změn klimatu a iniciuje kroky potřebné pro intenzivnější realizaci vhodných opatření na území kraje. Hlavním cílem je zintenzivnit proces adaptace a mitigace a současně také odstraňovat překážky, které brání zvýšení klimatické odolnosti Moravskoslezského kraje.

LIFE COALA se zaměřuje na hledání nových inovativních postupů pro správu sídel i krajiny, podporu klimaticky odpovědných investic a vytvoření souboru příkladů dobré praxe, které budou sloužit jako inspirace pro budoucí rozvoj.

V rámci desetiletého běhu mohou samosprávy měst a obcí, ale i další subjekty získat odbornou podporu v otázkách klimaticky zodpovědných přístupů ve správě svých území, optimálního řešení veřejných prostranství, efektivního využívání srážkové vody, energetických úspor na budovách či možnostech financování konkrétních opatření.

AS MSK míří na snižování efektu tepelného ostrova měst, podporu ekosystémových služeb pomocí přírodě blízkých řešení, na udržitelné nakládání s vodou na soukromém i veřejném majetku a také k tomu, aby se adaptační opatření stala přirozenou součástí územního plánování. Pro vlastní realizaci je však potřeba stanovit pravidla a zásady, aby byla v souladu s potřebami v území a realizovaná opatření přinášela očekávaný efekt.

K tomuto záměru přispěje i Komplexní studie modro-zelené infrastruktury na území MSK, která bude využita dál jako zdroj informací a doporučení pro další rozvoj MZI v území. Doporučení jsou strukturována dle nástrojů, které jsou pro implementaci MZI v území zásadní jako územní plánování, strategické plánování a investiční proces. Doporučení jsou zaměřena rovněž na významné stakeholdery, zejména vlastníky půdy a hospodařící subjekty a budou také podkladem pro činnost poradenských center.

Pro implementaci AS MSK a zvýšení odolnosti kraje vůči změnám klimatu je nezbytné zvýšit úroveň odborných podkladů, a zároveň ověřovat realizovatelnost navržených kroků se subjekty, které zodpovídají za realizaci.

3 Současné přístupy

3.1 Inspirační prameny

Metodika čerpá z několika vybraných zásadních pramenů vztahujících se k adaptaci krajiny a sídel na změnu klimatu prostřednictvím jejího celostního chápání s různými dílčími důrazy (biodiverzita, voda atd.). Níže zmíněné koncepty ilustrují současné legislativní a strategické prostředí v této oblasti a nepřímo rámuje pojem zelené infrastruktury. Klíčová sdělení jsou v bodové podobě na závěr každé mikrořešerše.

Regulation of The European Parliament and of The Council on nature restoration

Návrh zákonného ukotvení cílů v oblasti obnovy degradovaných ekosystémů předkládá EK (dále „Návrh“) na základě Strategie biodiverzity do roku 2030 jako součást Evropské zelené dohody. Návrh předpokládá obnovu nejméně 30 % území EU, a to v rámci chráněných území i mimo ně, na základě ekosystémových potřeb, potřeb obnovy biodiverzity, mitigace změny klimatu a adaptace na ní. Poté, co dojde k obnově ekosystémů, nesmí dojít k jejich opakovanému poškození.

Návrh počítá s významnými společenskými přínosy, zahrnujícími mitigaci a adaptaci na změnu klimatu, lepší řízení a zvládání rizik, přínos pro pracovní trh, pozitivní dopady na lidské zdraví a zvýšenou kvalitu potravin a vody. Předpokládá se pozitivní ekonomický dopad, zejména v sektorech vyžadujících zdroje a služby spojené s přírodním prostředím.

V článku 3 Návrhu jsou uvedeny definice klíčových pojmů. Vlastní obnova je definována jako proces aktivní i pasivní podpory v dosahování dobrého stavu ekosystému, vyjádřeného jeho fyzikálním, chemickým, kompozičním, strukturálním a funkčním stavem a jeho krajinnými charakteristikami odrážejícími vysokou úroveň ekologické integrity, stability a resilience k zajištění dlouhodobé udržitelnosti.

Proces obnovy je spojen s dosažením dobrého stavu přirozeného prostředí (habitat) a v něm se vyskytujících druhů v dostatečné kvalitě a kvantitě. Toto přirozené prostředí musí být v celém území rozsáhlé natolik, aby zajistilo tento dobrý stav a přirozenou ekologickou variabilitu. Pokud území není dostatečně velké, je třeba zajistit jeho rozšíření pro dosažení stabilního stavu habitatu.

Klíčová sdělení a souvislosti:

- Jedná se o zásadní legislativní úpravu v oblasti obnovy a ochrany přírody, krajiny, ekosystémů a habitatů, která je součástí Evropské zelené dohody.
- Stav ekosystémů a biodiverzita úzce souvisí s adaptací a resiliencí (člověka, krajiny, ekosystému) vůči změně klimatu.
- Obnova a udržení kvality ekosystémů a habitatů se musí týkat zvláště chráněných částí přírody a krajiny, ale také částí přírody a krajiny bez zvláštní ochrany.
- Tato obnova je spojena s vytvořením dostatečného propojení jednotlivých dobře fungujících částí a rozšíření území potřebného pro dosažení dobrého stavu, je-li to zapotřebí.

Regionální strategie adaptačních opatření

Regionální strategie adaptačních opatření (ReSAO) byla zpracována jako pilotní ověření nového metodického postupu při plánování adaptace regionů v Pardubickém kraji společností Envicons. Tento přístup vychází z podrobné analýzy hydrologických povodí IV. řádu, která jsou stanovena jako základní strukturální jednotka pro adaptaci regionu na změnu klimatu. Přístup ReSAO přikládá zásadní význam hydrologickému režimu krajiny a stavu vod. Autoři popisují ReSAO jako koncept založený především na hledání proveditelných opatření v krajině. V jeho rámci jsou propojeny principy kulturní krajiny založené na uspokojování potřeb společnosti se zachováním kulturního dědictví a zachováním, případně zlepšením vodního režimu krajiny a stavu vod¹.

Metoda vychází z předpokladu, že změna klimatu dopadá na krajinu především prostřednictvím změn vodního režimu, který ovlivňuje množství a kvalitu vod, jež jsou zásadními faktory nutnými pro poskytování ekosystémových služeb člověku. Volba podkladových dat odpovídá tomuto východisku. Metoda kombinuje využití datasetů z tabelárních dat, rastrová prostorová data a vektorová prostorová data.

Celkově lze vstupní data charakterizovat těmito skupinami:

- Demografické charakteristiky

¹ Krejčí, L. et al., 2019. Regionální strategie adaptačních opatření pro Pardubický kraj: Předkládací zpráva, Institut environmentálních výzkumů a aplikací.

- Vývoj využití území
- Zranitelné oblasti, stavy vodních útvarů, vodní nádrže a povodí
- Údaje o hladinách podzemních vod
- Evidence odběrů podzemních a povrchových vod
- Vlhkost půdy, indexy sucha, vláhová bilance
- Dlouhodobé průměrné a kulminační průtoky v tocích
- Kritické body a napnuté bilanční profily vodních toků a hydrogeologických rajonů
- Srážkové úhrny
- Erozní ohrožení
- Záplavová území
- Chráněné oblasti přirozené akumulace podzemních vod, ochranná pásma VZ
- Charakteristiky vsaku do půdy, potenciální retence, retenční kapacita
- Zdravotní stav lesa a další ukazatele v lesním hospodářství
- Charakteristika půdních bloků, bonitované půdně-ekologické jednotky
- Typy půd, zranitelnost půdy utužením

V rámci základní geografické jednotky, kterou je povodí IV. řádu, je vyhodnoceno několik desítek ukazatelů sestavených z výše uvedených dat a sdružených do úrovně témat: problému, potenciálu a potřeby. Identifikace problému, potřeby a potenciálu jednotlivých základních jednotek regionu je provedeno prostřednictvím multikriteriální analýzy souboru dat. Výsledkem této analýzy je prioritizace území pro hledání řešení, tedy aplikace konkrétních opatření. Z pohledu tradičního posuzování klimatické resilience odpovídá posouzení problému hodnocení zranitelnosti daného území. Posouzení potenciálu pak odpovídá hodnocení adaptivní kapacity.

Pro účely analýzy jsou jednotlivé ukazatele obodovány a rozčleněny do standardních nebo statisticky rozdělených (rovnoměrných, logických) kategorií (obvykle 4). Případně je použito dichotomického principu (0/1, resp. ANO/NE). Ve všech třech případech jsou výsledky bodovány. Toto obodování je provedeno pro všechna témata, body mají stejnou váhu. Pro jednotlivé oblasti (povodí) jsou body sečteny a následně jsou oblasti seřazeny vždy podle jednotlivých témat: problém, potenciál, potřeba. Klasifikací výstupních dat lze provést zobrazení oblastí např. v kartogramech a podrobně interpretovat výsledky za celý region.

Klíčová sdělení a souvislosti:

- Voda je klíčovým prvkem pro adaptaci na změnu klimatu, resilienci a ekologickou stabilitu regionu
- Spolu se základními faktory (dostupnost, jakost, množství) vod působí řada faktorů doprovodných, zejména stav zemědělské a lesní půdy, lesů, míra ohrožení erozí a suchem.
- Každé jednotlivé území je charakterizováno mírou problémů, obsaženým potenciálem a potřebou, nárokem, který je na ně kladen.
- Tyto vlastnosti lze vyjádřit prostřednictvím ukazatelů na bodových škálách a zhodnotit prostřednictvím multikriteriální analýzy, která vypovídá o postavení příslušného území na žebříčku priorit.
- Pro hodnocení příslušného ukazatele lze zvolit hodnocení na škále nebo také dichotomický (binární) princip.

A typology of urban green spaces, eco-system services provisioning services and demands²

Zpráva o dílčích výsledcích projektu GREEN SURGE (2013–2017)³ přináší návrh typologie urbánní zelené infrastruktury. Projekt byl realizován 23 partnery v 11 zemích Evropy v rámci Sedmého rámcového programu Evropské komise (FP7). Klíčové funkce zelené infrastruktury měst jsou shrnuty ve 4 oblastech:

1. Poskytování zdrojů
 - Suroviny
 - Voda
 - Potraviny
 - Zdroje pro lékařství (rostliny)
2. Regulační služby
 - Udržování mikroklimatu a kvality ovzduší

² Braquinho, C., Cvejić, R., Eler, K., Gonzales, P., Haase, D., Hansen, R., Kabisch, N., Rall Lorange, E., Niemela, J., Pauleit, S., Pintar, M., Laforteza, R., Santos, A., Strobach, M., Vierikko, K., Železnikar, Š., 2017. A typology of urban green spaces, ECO- 7, 61.

³ <https://ign.ku.dk/english/green-surge/>

- Sekvestrace a ukládání uhlíku
- Tlumení extrémních jevů
- Role v nakládání s odpadními vodami

3. Kulturní služby

- Rekreace, udržování fyzického a duševního zdraví
- Turistika
- Estetické působení a inspirace pro kulturu a umění
- Spirituální prostředí

4. Udržování habitatu a podpůrné služby

- Přirozené prostředí pro druhy
- Udržování (genetické) diverzity

V rámci projektu byla vytvořena metodika pro mapování městských zelených oblastí a tvorby jejich databáze. Základní jednotkou je prvek městské zelené oblasti, která dohromady tvoří zelenou infrastrukturu. Prvky jsou seskupovány do širších kategorií založených zejména na měřítku, umístění a funkci. U každého prvku byla hodnocena jeho vazba na odpovídající typy pokryvu (CORINE), typy využití území (Urban Atlas) a typu habitatu (EUNIS). Pro každý prvek jsou také stanoveny odpovídající ekosystémové služby.

Výsledkem empirického zkoumání prvků ZI je typologie sestávající se 44 prvků / typů. Projekt je orientován na urbánní krajinu, avšak výsledná typologie zahrnuje i prvky volné krajiny vyskytující se za hranicemi zastavěného území. Některé z prvků nejsou pro naše vnitrozemské podmínky využitelné (delty řek, pobřeží). Typologii dle tohoto pramene využívá tato metodika jako jeden ze základů nomenklatury, vymezení území a typů zelené infrastruktury (viz následující části metodiky).

Klíčová sdělení a souvislosti:

- Typologie je založena na empirickém studiu urbánního prostředí.
- Zelenou infrastrukturu tvoří jednotlivé prvky, které lze zařadit do 44 typů zahrnujících i volnou krajinu.
- Jednotlivé prvky mají logickou vazbu na pokryv území, typ využití území a typ habitatu a vyznačují se specifickými funkcemi či ekosystémovými službami.

3.2 Východiska metodiky

Modrozelená či zelená infrastruktura? (Přístupy – Pohledy – Definice)

Pojem „Modrozelená infrastruktura“ se začal ve veřejném prostoru v České republice objevovat ve větší míře přibližně po roce 2010. Tento pojem byl zejména součástí diskursu v oboru adaptace na změnu klimatu, resp. urbanismu, a typicky také nápadně rychle se rozvíjejícím oboru nakládání se srážkovými vodami.

Významný vliv na rozšíření termínu do obecného povědomí měly i aktivity nestátních neziskových organizací, odborných společností, obcí, měst a regionů v oblasti adaptace na změnu klimatu po roce 2015. Tehdy byly realizovány poměrně rozsáhlé projekty adaptace měst na změnu klimatu z prostředků Finančního mechanismu EHP a Norska, na které navázaly projekty z tzv. „Osloské výzvy“ po roce 2020. V neposlední řadě se pojem MZI šíří v oboru architektury a urbanismu jako důležitý koncept přírodě bližších urbánních struktur a zvýšení resilience a kvality života zejména ve velkých sídlech.

V roce 2013 bylo vydáno Sdělení Komise Evropskému parlamentu, Radě, Evropskému sociálnímu výboru a Výboru regionů „Zelená infrastruktura – zlepšování přírodního kapitálu Evropy (dále Sdělení EK). Následně se rozšířila diskuse o zelené infrastruktuře v krajinném plánování a ochraně přírody a krajiny jako o (staro)novém konceptu posílení ekologické stability a udržení ekosystémových služeb.

Evropská komise definuje zelenou infrastrukturu takto:

(Zelená infrastruktura:) Strategicky plánovaná síť přírodních a polopřírodních oblastí s rozdílnými environmentálními rysy, jež byla navržena a je řízena s cílem poskytovat širokou škálu ekosystémových služeb. Zahrnuje zelené plochy (nebo modré plochy, jde-li o vodní ekosystémy) a jiné fyzické prvky v pevninských (včetně pobřežních) a mořských oblastech. Na pevnině se zelená infrastruktura může nacházet ve venkovských oblastech i v městském prostředí.

V této definici se zdůrazňuje důležitý aspekt strategického plánování, přírodní a přírodě blízký charakter a princip ekosystémových služeb. Vysvětluje se zde, že síť zahrnuje také veškeré vodní útvary jako prostředí akvatických ekosystémů (modrý prvek).

Koncept (M)ZI vycházející z této definice je dobrovolným nástrojem bez právního zakotvení, který má přinést nový pohled na udržení ekologické stability území. Oproti zažitým principům sítí přírodě blízkých a cenných území (biocenter) spojených navzájem biokoridory v územním systému ekologické stability, má (M)ZI chápat celou přírodu a krajinu jako přirozenou síť prvků, z nichž některé (ale ne všechny) mohou být zvláště chráněné nebo specificky „nomenklaturně“ ukotvené. Celá, nejen chráněná příroda, ale i volná krajina a městské prostředí má potenciál pro posilování ekologické stability udržování přírodě blízkého stavu. A tento potenciál se opírá o „zelenou“ krajinu a „modrou“ vodu, dva atributy přírodě blízkého stavu navíc navzájem úzce propojené.

Jakkoliv je koncept (M)ZI logický a snaží se rehabilitovat problematické výsledky již existujících soustav a sítí založených na specifické ochraně, jeho rozkročenost mezi obory a přístupy a celostní pohled svádí k mnoha zkreslujícím interpretacím. To typicky vede k vnímání (M)ZI coby technického konstruktu, jakési skládačky technických či technicistních komponent, které lze vyprojektovat, poskládat a nacenit. Toto zkreslení lze vnímat jako první zásadní problém konceptu (M)ZI.

Druhý problém je „výkonová“ složka (M)ZI, tedy vtělený princip ekosystémových služeb, které má (M)ZI poskytovat. Bezesporu je nutné přiřknout takovému konceptu funkce, které opodstatňují jeho rozvoj a účel, problém je ovšem jejich měřitelnost a hodnocení.

Je zřejmé, že se ve zmíněném období posledních cca 15 let vyvíjejí souběžně dva pojmy, pod kterými je chápáno přibližně totéž, ale jednotlivé oborové diskursy tyto pojmy zasazují do vlastního kontextu a pozměňují jejich původní význam. Rozšíření pojmu ze zelené na modrozelenou infrastrukturu má pravděpodobně „na svědomí“ spojení s urbánním prostředím, kde urbanisté prostřednictvím přírodě blízkých řešení (resp. kombinací přírodě blízkých a technických řešení) usilují o udržení vody v kombinaci se zelení jako podmínky pro adaptaci na změnu klimatu. Podstata této dichotomie může být samozřejmě zcela jiná a nepostihnutelná. Pro účely naší metodiky je však nutné pochopit tento výchozí stav, aby mohla být obhájena metoda popsaná v dalších kapitolách. Proto ještě využijeme příkladů několika definic umožňujících pochopit současný stav.

Pojem modrozelená infrastruktura (tedy spojení obou klíčových vlastností v jednu) souvisí především se zastavěným územím. Jedna z definic, reprezentující tento přístup, pochází z dílny odborné skupiny projektantů a architektů zaměřených na hospodaření s dešťovou vodou (HDV)⁴:

Modrozelená infrastruktura je soubor přírodě blízkých a technických opatření, která propojují srážkový odtok s vegetačními a vodními prvky v sídlech za účelem podpory přirozeného lokálního koloběhu vody, zvýšení ochrany jakosti vod, zlepšení mikroklimatické funkce zeleně a dalších ekosystémových služeb.

Tato definice tedy poukazuje na kombinaci přírodě blízkých a technických prvků v prostředí sídel.

Ať už je důvod vzniku pojmu modrozelená infrastruktura jakýkoliv, lze vypožorovat, že v žádném z kontextů nedochází k striktní diferenciaci tohoto pojmu od „mateřské“ zelené infrastruktury. Modrá složka je vnímána jako nezbytná podmínka pro existenci zelené infrastruktury. Přitom je zásadní její kvalita, kvantita a míra provázanosti vody, vegetace, povrchů, pokryvu a dalších prvků navzájem. Samotná přítomnost vodních útvarů není až tak důležitá, jako dobrý vodní režim (srážky, půdní vláhá, malý vodní cyklus). Proto prostá přítomnost vodních ploch a toků v krajině znamená pouze potenciál pro ekologickou stabilitu a biodiverzitu, stejně jako pouhá přítomnost vegetačního pokryvu. Klíč k funkční zelené infrastruktuře je v propojení obou složek.

Americká společnost krajinných architektů pracuje s obecnou definicí⁵:

Sít' vzájemně propojených zelených oblastí, které chrání hodnoty přírodních ekosystémů a funkcí a poskytuje přidružené výhody člověku.

Zde se v kostce setkáváme s obdobnou definicí, jakou používá Evropská komise.

Případně lze ještě poukázat na odbornou zprávu vydanou v roce 2013 American Planning Association⁶, která charakterizuje zelenou infrastrukturu 6 klíčovými vlastnostmi: (1) *Víceúčelovost*,

⁴Vítek, J., Hora, D., Vacková, M., 2021. Modrozelená infrastruktura v českém stavebnictví, příspěvek na mezinárodní konferenci Počítáme s vodou, Praha.

⁵ Benedict, M. & McMahon, E. & Fund, The & Bergen, L., 2006. Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities. Bibliovault OAI Repository, the University of Chicago Press.

⁶ Rouse David, C., Bunster-Ossa Ignacio, F., 2013. Green Infrastructure: A Landscape Approach, American Planning Association, Report Number 571, Chicago.

(2) *Propojenost*, (3) *Obyvatelnost (pro člověka i druhy)*, (4) *Odolnost*, (5) *Identita (výlučnost a atraktivita)* a (6) *Ekonomická prospěšnost*.

Takto lze tedy definovat (M)ZI prostřednictvím výlučných vlastností, jejichž hodnocení je ovšem stejně náročné, jako hodnocení ekosystémových služeb.

Pro dokreslení celkového účelu a smyslu zelené infrastruktury je třeba zmínit část 2.4. Přírodní kapitál ve Sdělení EK k ZI (viz výše): Podle něj může „zelená infrastruktura sehrát významnou úlohu při ochraně, zachování a zlepšení stavu přírodního kapitálu v EU“. To se týká zejména tří oblastí:

1. Půda, kde ZI přináší zlepšení stavu oblastí vysoké přírodní hodnoty ve venkovských oblastech, a naopak zemědělské plochy využívané v ekologickém zájmu posilují ZI. To platí také pro lesní půdu, kde principy ZI posílí obnovu rozmanitých lesních porostů, které naopak mají zásadní význam pro biodiverzitu.
2. Voda, kde principy ZI zvyšují jakost vody a zmírňuje dopady záplav a sucha
3. Ochrana přírody, kde ZI přispívá ke snížení fragmentace ekosystémů a má zásadní význam pro biodiverzitu. Pro tuto část přírodního kapitálu je již vytvořen základ („páteř“) ZI v podobě soustavy NATURA 2000.

V tomto okamžiku můžeme z uvedených stručných východisek ve smyslu zadání, které tato metodika řeší, odvodit několik **zásadních výchozích bodů** pro další postup:

1. Zelená/modrozelená infrastruktura jsou pro náš účel obsahově totožné pojmy.
2. Zelené/modrozelené infrastruktury jsou přisuzovány obdobné vlastnosti s různou mírou jejich technického či technicistního chápání.
3. Zelená/modrozelená infrastruktura se opírá a přírodní a přírodě blízké (polopřírodní) části krajiny.
4. Zelená/modrozelená infrastruktura se neomezuje na zvláště chráněné či jinak nomenklaturně specifikované části přírody.
5. Zelená/modrozelená infrastruktura se vztahuje stejnou měrou k volné krajině i k zastavěnému území, resp. nečiní mezi těmito částmi krajiny žádný rozdíl.
6. Zelená/modrozelená infrastruktura je charakterizována funkcemi (poskytování ES služeb) či vlastnostmi, které popisují její kvalitu, ale je obtížné je měřit.

Výše uvedené přístupy jsou koherentní, ovšem v zásadě všechny považují za samozřejmé, že funkce infrastruktury je zajištěna nejen funkcností (ekosystémovými službami) jednotlivých prvků, ale také jejich propojeností. A z toho důvodu vazbu mezi kvalitou funkcí a územní propojeností soustavy nijak nevysvětlují. Považují tuto vazbu za inherentní. Územní spojitost však v případě modro / zelené infrastruktury tak samozřejmá není. Zatímco některé již existující koncepty jsou na územní propojenosti založené (EECONET na úrovni Evropy, ÚSES v ČR), modrozelená infrastruktura v tomto směru striktní definici nemá. Přesto je třeba uvažovat tak, že infrastruktura, pokud má plnit své funkce dostatečně, má být přiměřeně spojitá. I když se vazba mezi kvalitou a objemem funkcí versus spojitostí měří velmi obtížně, je pozitivní vliv spojitosti z hlediska ekologického prokázáný. O to více to platí v případě této infrastruktury, která je vymezována v územích s převážně sníženou ekologickou kvalitou, kde člověkem ovlivněné plochy převažují a budou převažovat. Spojitost má tedy zajistit i to, že namísto funkční ZI nevznikne nefungující nespojitá soustava ekologicky kvalitnějších ostrovů, která není v měřítku krajinných celků schopna plnit svou úlohu.

Zelená infrastruktura a územní rozvoj

Pro účely vymezení pojmu, obsahu, definice, typologie a dalších nezbytných opor zpracování díla dle této metodiky jsme vycházeli z návrhu certifikované metodiky „Metodika vymezování zelené infrastruktury v územně plánovací dokumentaci, zejména v územním plánu“⁷

Metodika navrhuje zpřesnění definice dle Sdělení EK (viz 2.1) takto:

ZELENÁ INFRASTRUKTURA (ZI) je sítí ploch a jiných prvků přírodního a polopřírodního charakteru, které svým cílovým stavem umožňují plnění široké škály ekosystémových služeb. Síť je tvořena prvky vegetačními, vodními a pro hospodaření s vodou, které se dle významu dělí na nosné a podpůrné. Síť je součástí urbanizovaného i neurbanizovaného území a je převážně spojitá.

⁷ Kučera, P. et al, 2022. Metodika vymezování zelené infrastruktury v územně plánovací dokumentaci, zejména v územním plánu: Zpracováno v rámci projektu TAČR Vymezování zelené infrastruktury v územně plánovací dokumentaci, zejména v územním plánu, jako nástroj posilování ekosystémových služeb v území, Mendelova univerzita V Brně.

Tato definice vnáší prvek územního plánování v podobě nosných a podpůrných prvků, potvrzuje, že síť není limitována způsobem využití území (urbanizované i neurbanizované) a zdůrazňuje spojitost.

Metodika se zabývá souborem ekosystémových funkcí zelené infrastruktury, a to (1) souborem mikroklimatických a hygienických ekosystémových služeb, (2) komplexem vodohospodářských služeb a funkcí, (3) souborem ekosystémových služeb s kulturními benefity, (4) službami poskytujícími ochranu půdy před degradací a (5) souborem služeb pro zachování a zvyšování druhové rozmanitosti a ekologické stability.

V oblasti mikroklimatických služeb (1) metodika využívá model Biotope Area Factor⁸ (BAF – podíl mezi ekologicky účinnými plochami a plochou celkovou) a také s koeficientem zastavěnosti a koeficientem zeleně. Ačkoliv se nesnažíme v primární analýze zelené infrastruktury o hodnocení kvality jejích prvků a částí, využíváme koncept BAF pro tvorbu typologie ZI (viz dále), kdy „ekologickou účinnost“ plochy používáme jako kritérium pro její zařazení do primárního výběru ploch ZI. Dlužno dodat, že od modelu BAF se odvozují různé další koeficienty hodnotící kvalitu území hlavně z hlediska schopnosti zadržovat dešťovou vodu. V ČR je to např. „Index modrozelené infrastruktury“⁹.

V oblasti vodohospodářských služeb (2) metodika zdůrazňuje nutnost dodržení ekologických podmínek, které zajišťují fungování vodních toků a vodních ploch v rámci zelené infrastruktury. Jedná se hlavně o zajištění hydromorfologických charakteristik prostřednictvím samotných vodních ploch a prostřednictvím ploch souvisejících. Tyto podmínky má zajistit právě územní plánování. Hlavními vodohospodářskými funkcemi zelené infrastruktury jsou: (1) Infiltrace v ploše, (2) Rozlivy a infiltrace vod v nivách, (3) Retenční funkce v nádržích a (4) Retenční funkce v zastavěných územích. Pro plnění vodohospodářských funkcí jsou pak z hlediska využití území klíčové plochy

- vodní a vodohospodářské
- zeleně
- lesní

⁸<https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/berlin-biotope-area-factor-2013-implementation-of-guidelines-helping-to-control-temperature-and-runoff>

⁹ Vítek, J., Hora, D., Vacková, M., 2021. Modrozelená infrastruktura v českém stavebnictví, příspěvek na mezinárodní konferenci Počítáme s vodou, Praha.

- přírodní
- smíšené nezastavěného území
- zemědělské

Z hlediska kvalitativních nároků na ZI pak metodika zvláště řeší:

- plochy s deficitem dobrého stavu vodních útvarů
- plochy s mimořádnými předpoklady pro infiltraci vody
- území s deficitem prostoru pro rozlivy a infiltraci vody v nivách
- území s deficitem retenční a zásobní funkce v plochách stojatých vod
- území s deficitem retenční/zásobní funkce v zastavěných územích,

což jsou plochy, jejichž stav významně ovlivňuje vodohospodářské služby poskytované ZI dle popisu výše.

V oblasti souboru ekosystémových služeb s kulturními benefity (3) zdůrazňuje metodika požadavek na pestrou a polyfunkční mozaiku ploch, přístupnost, souvztažnost s krajinným rázem a zahrnutí přírodních, historických, architektonických, uměleckých nebo poznávacích hodnot. Jedná se o „horizontální“ vazby a mezi-tematické přesahy.

Pokud jde o služby poskytující ochranu půdy před degradací (4) věnuje metodika pozornost plochám se zvýšenými přirozenými předpoklady pro degradaci půdy. V praxi se jedná o

- půdy ohrožené vodní erozí
- půdy ohrožené větrnou erozí.

Pro služby zachování a zvyšování druhové rozmanitosti a ekologické stability (5) definuje metodika jako klíčové prvky plochy přírodní a plochy zeleně přírodního charakteru. *„Cílem zelené infrastruktury není doplňovat soustavu zvláště chráněných území, ani nahrazovat skladebné prvky územního systému ekologické stability krajiny. Specifické podmínky pro poskytování ekosystémových služeb pro zachování a zvyšování druhové rozmanitosti a ekologické stability mají méně specifický cíl – zprostředkovat pozitivní působení segmentů ekologicky stabilních do ploch s nízkou ekologickou hodnotou.“* Toto působení má probíhat prostřednictvím lesů ve všech kategoriích (zvláště pak lesů ochranných a lesů zvláštního určení), některých zemědělských ploch, zejména luk a pastvin nebo mozaiky s rozmanitým zemědělským využitím.

Metodika dále stanovuje zásady pro kategorizaci a grafické vyjádření Zelené infrastruktury v územním plánu. Kategorizace je založena na principu nosných, podpůrných a doplňkových ploch a stanovení minimálních koeficientů zastoupení zeleně nebo vody v zastavěném území. Za doplňkové plochy jsou považovány plochy menší než 2 000 m² nebo prvky, které není možné nebo účelné vyjadřovat samostatnou plochou v územním plánu.

Metodika nahlízející na zelenou infrastrukturu optikou územního rozvoje doplnila naše **zásadní výchozí body** v tomto smyslu (navazuje na výčet viz výše):

7. Zelená infrastruktura plní ekosystémové služby a funkce, které lze kromě kvalitativního hodnocení vyjádřit i mírou zastoupení a vzájemného propojení specifických druhů ploch.
8. Zelená infrastruktura plní mikroklimatické funkce prostřednictvím propustných ploch a ploch pokrytých vegetací.
9. Zelená infrastruktura plní vodohospodářské funkce prostřednictvím ploch pro infiltraci, rozliv a retenci (ve volné krajině i zastavěném území).
10. Zelená infrastruktura chrání půdu před degradací prostřednictvím ochrany před větrnou a vodní erozí.
11. Zelená infrastruktura přenáší pozitivní působení ekologicky stabilních ploch do ploch s nízkou hodnotou také prostřednictvím lesů a některých zemědělských ploch.

Na základě stručné a věcné analýzy a zejména 11 výše zmíněných výchozích bodů jsme pro účely této metodiky zavedli jednotný pojem „zelená infrastruktura“ a opatřili jej definicí uvedenou v následující kapitole č. 4.

4 Definice zelené infrastruktury

V souladu s hodnocením východisek pro tuto metodiku (část 3.2) je pro vlastní definici používán jednotný a „nadřazený“ termín zelená infrastruktura. Tento pojem je v souladu s odborným diskursem i strategickým a koncepčním rámcem EU. „Modrá“ složka zelené infrastruktury je její nezastupitelnou součástí. Přítomnost modré složky v podobě vody ve všech podobách je předpokladem pro zařazení jakéhokoliv prvku či oblasti do zelené infrastruktury a její nepřítomnost, nedostatek či nedostatečná kvalita vylučuje či striktně omezuje možnost přiřadit území k zelené infrastruktuře.

Vlastní definice je s přihlédnutím ke všem východiskům uvedeným odvozena z *Metodiky vymezení zelené infrastruktury v územně plánovací dokumentaci, zejména v územním plánu, která navrhuje zpřesnění původní definice Zelené infrastruktury dle Sdělení EK* (vše viz část 2.1).

Definice zelené infrastruktury pro Komplexní studii modro-zelené infrastruktury na území MSK:

Zelená infrastruktura je strategicky plánovaná převážně spojitá síť přírodních a přírodě blízkých prvků. Zelená infrastruktura se může nacházet ve volné krajině, venkovských oblastech i v městském prostředí. Tato infrastruktura zahrnuje spojitou páteřní síť, ale také odloučené prvky (ostrovy), které mohou plnit funkce tzv. nášlapných kamenů (stepping stones).

Zásadní vlastností ploch zelené infrastruktury je propustný povrch krytý po většinu roku vegetací v dobrém stavu nebo se jedná o plochu s vodní hladinou.

Vegetační pokryv omezuje ohrožení erozí, umožňuje evapotranspiraci a poskytuje potravu a úkryt dalším organismům.

V definici **nejsou** tematizovány ekosystémové služby a **není zohledněna hierarchie prvků** (prvky nosné, podpůrné a doplňkové). Důvodem je snaha udržet přehledné měřítko hodnocení ZI v regionu, zdůraznit potenciál ZI, nikoliv současnou kvalitu, a vyhnout se spornému třídění do dalších kategorií. V rámci zadání by takové třídění odvádělo pozornost od hlavního úkolu: Popisu a návržení konzistentní, souvislé a sourodé ekologicky stabilní soustavy přírodních a přírodě-bližších prvků.

Definice zmiňuje **převážnou spojitost** zelené infrastruktury. Je zřejmé, že není ani realizovatelné, ani obhajitelné, trvat na úplné spojitosti všech prvků infrastruktury. Spojitost je vždy nutné měřit ve vztahu ke konkrétním funkcím příslušných prvků. Metodicky však spojitost považujeme za velmi důležitý aspekt, který se v metodice snažíme zohlednit. Jinými slovy je spojitost další (územní či geografickou) kvalitou. Ta nejen že může násobit kvalitu funkcí prvků, ale v převážně ekologicky nefunkční krajině lépe vyrovnává poměry složek krajiny, a tvoří potenciál k rozvoji infrastruktury do budoucna. A ten se v našich podmínkách odehrává především formou územního plánování.

5 Typologie krajinného pokryvu a ZI

Typologie použitá pro metodiku mapování ZI v rámci Komplexní studie modrozelené infrastruktury na území MSK vychází v souladu se zadáním z typologie urbánních zelených oblastí (Braquinho et al. 2017) a je doplněna srovnáním s typologií Biotope area factor (BAF). BAF či obdobný model vyjadřující ekologickou účinnost plochy bude používán v územním plánování jako jeden z parametrů schopnosti – zejména městského území – zadržovat vodu a poskytovat mikroklimatické funkce.

Při tvorbě typologie je uplatňován:

1) Redukcionistický princip

To znamená, že za potenciální součást zelené infrastruktury regionu je považována každá plocha splňující výchozí předpoklady z hlediska pokryvu a využití území a v prvním kroku není důležité, v jakém rozsahu prvek poskytuje ekosystémové služby.

2) Princip pozitivní diskriminace

To znamená, že pokud u některého typu plochy významně záleží na momentálním stavu konkrétní lokality, který není ověřitelný jinak než terénním šetřením, pak je tato plocha zahrnuta do potenciální soustavy zelené infrastruktury.

V následující tabulce č. 1 jsou uvedeny hlavní typy ZI a podrobné kategorie vždy ve srovnání s dvěma klíčovými výchozími typologiemi. V případě, že je to účelné, je doplněna hlavní funkce příslušné kategorie v soustavě ZI a případně doplněna i poznámka zpravidla vysvětlující sporné či limitující okolnosti.

Podrobné kategorie splňující definici ZI a výše zmíněné principy jsou označeny hvězdičkou.

Tabulka č. 1. Typologie krajinného pokryvu a ZI

Hlavní kategorie	Podrobná kategorie	BAF (koeficient BAF)	Braquinho et al. (2017)	Poznámka
<u>Vegetace</u>				
	Orná půda	Pole (0,5)	(26) Arable land	Zařazení orné půdy do ZI závisí na dalších parametrech a způsobu hospodaření na půdě. V základní typologii není orná půda jako celek zařazena do ZI.
	*Trvalé travní porosty, louky	Trávníky (0,5), Trvalé travní porosty (0,5)	(27) Grassland, (28) Tree meadow / meadow	
	*Lesy, křoviny	Lesy (1,0), Plochy stromů (1,0), Plochy keřů (0,7)	(31) Forest, (32) Shrubland	Primární typologie nerozlišuje lesy dle funkce (hospodářské, ochranné, zvláštního určení) ani skladby dřevin.
	*Ruderální plochy	Neupravené a nezastavěné plochy (0,3)	(33) Abandoned, ruderal and derelict area	Přínos těchto ploch pro ekologickou stabilitu závisí na konkrétním místě a stavu.
<u>Vodní toky</u>				
	*Řeky a potoky	Vodní plochy tekoucí i stojaté (1,0)	(39) River, stream	
	*Údolní nivy	N/A	N/A	
	*Mokřady	N/A	(37) Wetland, bog, fen, marsh	
<u>Vodní nádrže</u>				
	*Velké (> 100 ha)	Vodní plochy tekoucí i stojaté (1,0)	(38) Lake, pond	Rozlišení vodních ploch podle velikosti může mít význam pro další podrobnější stanovení funkcí.
	*Střední (1–10 ha)	Vodní plochy tekoucí i stojaté (1,0)	(38) Lake, pond	Rozlišení vodních ploch podle velikosti může mít význam pro další podrobnější stanovení funkcí.

Tabulka č. 1. Typologie krajinného pokryvu a ZI

Hlavní kategorie	Podrobná kategorie	BAF (koeficient BAF)	Braquinho et al. (2017)	Poznámka
	*Malé (< 1 ha)	Vodní plochy tekoucí i stojaté (1,0)	(38) Lake, pond	Rozlišení vodních ploch podle velikosti může mít význam pro další podrobnější stanovení funkcí.
<u>Zastavěná území</u>				
	Nepropustné plochy, budovy, silnice	Asfaltové, betonové plochy, dlažba se záhlvkou spáry (0,0)	N/A	V typologii Braquinho et al. (2017) jsou zahrnuty jen „zelené prvky“ (Urban green spaces).
	*Stromy, trávníky, parky, zahrady, ostatní zelené plochy	Trávníky (0,5), Plochy keřů (0,7), Plochy stromů (1,0), Plochy záhonů (0,5)	(1) - (24) all types of specific green spaces, (25) Community garden, (27) Grassland, (28) Tree meadow / meadow (30), Horticulture, (31) Forest, (32) Shrubland	Pod body 1 – 24 zahrnuje typologie „Braquinho“ detailně strukturované dílčí prvky a plochy (střešní zahrady, městské parky, aleje, hřbitovy, liniové pobřežní parky, atd.) Jedná se prakticky o městskou zeleň, která je do metodiky zahrnována, pokud je rozloha souvislé oblasti pokryté vegetací větší než 5000 m ² .
	*Vodní plochy	Vodní plochy tekoucí i stojaté (1,0)	(38) Lake, pond	
	*Opuštěné, ruderalní a zanedbané plochy	Neupravené a nezastavěné plochy (0,3)	(33) Abandoned, ruderal and derelict area	Přínos těchto ploch pro ZI významně závisí na stavu konkrétní lokality.
<u>Ostatní</u>				
	Skály, písky	N/A	(34) Rocks, (35) Sand dunes	
	Lomy, povrchové doly	N/A	(36) Sand pit, quarry, open cast	

6 Datové zdroje

Podkladová data byla čerpána z mnoha zdrojů. Důraz byl kladen na důvěryhodnost datového zdroje a dostupnost dat pro účely projektu. Zdrojem dat jsou tak především veřejné instituce. Přehled dat, jejich zdrojů a vlastností je uveden v tabulce, která je přílohou č. 1 tohoto dokumentu.

Rastrové družicové snímky byly získány z programu Evropské komise Copernicus, konkrétně služby Copernicus Land Monitoring Service. Tato data jsou získávána pomocí dvojice družic Sentinel-2, které pořizují snímky ve 13 optických pásmech v rozsahu 442–2 202 nm, od viditelného záření až po infračervené záření krátkých vlnových délek (SWIR). Snímky mají prostorové rozlišení až 10 m. Snímky družic Sentinel-2 byly využity pro výpočet vegetačních indexů, které zvýrazňují prvky zelené infrastruktury a jejich kvalitu.

Dalším zdrojem družicových dat je projekt spolupráce NASA a americké geologické služby (United States Geological Survey) s názvem Landsat program a družicí Landsat 8. Družice poskytuje snímky z 11 optických pásem v rozsahu 435–2 294 nm ze senzoru Operational Land Imager (OLI) a 10 600–12 510 nm ze senzoru Thermal Infrared Sensor (TIRS). Data ze senzoru OLI byla využita především pro identifikaci otevřené vodní hladiny a urbánního prostředí, zatímco data z TIRS byla využita především k výpočtu teploty povrchu a identifikaci tepelných ostrovů. Data ze senzoru OLI mají rozlišení až 15 m a ze senzoru TIRS pořizují snímky v rozlišení 100 m, které jsou posléze převzorkovány na rozlišení 30 m.

Vektorová data byla využita jak pro vymezení prvků ZI, tedy pro získání jejich obrysů (geometrie), tak pro určení kvality prvků ZI, jejich výjimečnosti například z hlediska legislativní ochrany, ale také identifikaci rizik a ohrožení krajinného pokryvu mimo vymezené prvky ZI.

Data pro vymezení modré infrastruktury, tedy vodní toků, vodních nádrží, mokřadů a údolních niv byla získávána především z projektu Digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD) spravovaného a vyvíjeného na Oddělení geografických informačních systémů a kartografie VÚV T.G.M., v.v.i. Data lze považovat za velmi přesná a jsou poskytována v měřítku 1:10 000. Pro vymezení údolních niv jsou k dispozici data z projektu TAČR Praktické nástroje pro plánování a ochranu VKP údolní niva z programu Prostředí pro život, který je v současné době realizovaný. Jedním z publikovaných výstupů projektu je i Rámcové vymezení niv na významných vodních tocích v ČR, které poskytuje obrysy (geometrie) VKP údolní niva na vodních tocích vyjmenovaných vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 470/2001 Sb. v rozlišení 1:25 000.

Prvky zelené infrastruktury byly vymezovány mimo jiné pomocí vektorových dat. Mezi zdroje těchto dat patřil veřejný registr půd (LPIS) spravovaný Ministerstvem zemědělství, Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED®) spravovaný Zeměměřickým úřadem, nebo Konsolidovaná vrstva ekosystémů (KVES) vytvořená v rámci projektu TAČR ve spolupráci AOPK ČR a CzechGlobe, Centra výzkumu globální změny AV ČR v roce 2013.

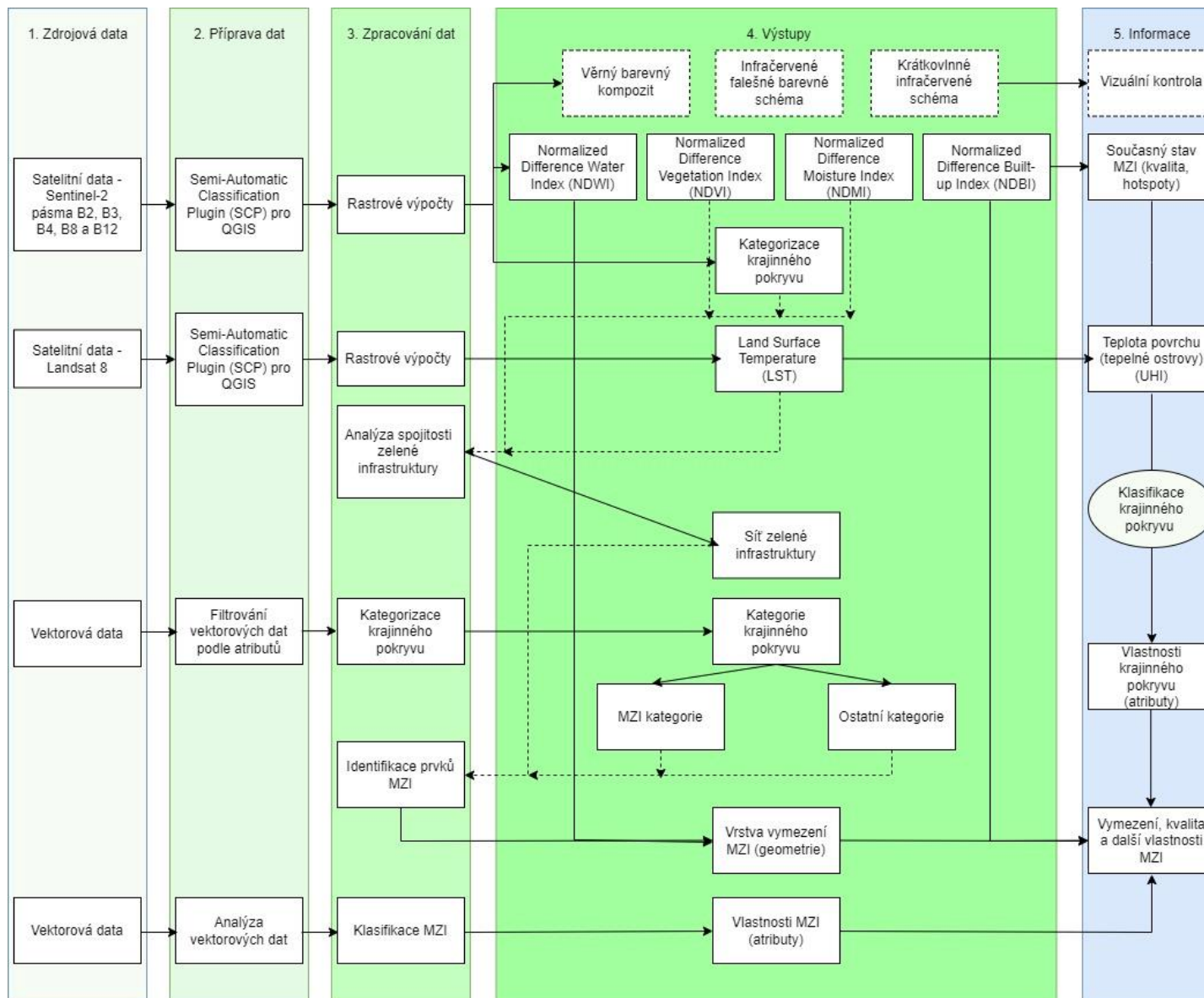
Pro klasifikaci neboli kvalitativní hodnocení krajinného pokryvu byla dále využita vektorová data o ochraně přírody a krajiny (zdroj AOPK ČR), ÚSES (zdroj Moravskoslezský kraj), erozním ohrožení (zdroj VÚV T.G.M., v.v.i.) a další.

Poslední sadou využitých dat byla data využitá pro technickou klasifikaci dat. Jedná se tedy o rozdělení území kraje na území zastavěná a území mimo ně, území rozdělená podle funkčního využití, majetkoprávní vztahy atp.

7 Metodika

Metodika mapování zelené infrastruktury je založena na definici ZI a typologii krajinného pokryvu, tak jak jsou popsány v předchozích kapitolách. Pro práci s geografickými daty je důležité především to, že ZI považujeme za převážně spojitou síť, a že se jedná o plochy propustného povrchu krytého po většinu roku vegetací nebo se jedná o plochy s vodní hladinou. Metodika se však nezabývá jen vymezením a kvalitativním zhodnocením prvků ZI. V rámci analýz byla zpracována data pro území celého kraje, na základě typologie byla kategorizována (vymezení) data celého krajinného pokryvu a tato byla také klasifikována (kvalitativní hodnocení) i mimo vymezené prvky ZI. Cílem metodiky je totiž kromě identifikace kvalitních a cenných území MSK i identifikace rizik a území, která vyžadují zvýšenou pozornost.

Pro přehlednost jsou dílčí kroky metodiky znázorněny na obrázku č. 1 v diagramu pracovního postupu níže. Detaily jednotlivých kroků jsou pak popsány v textech následujících kapitol.



Obrázek č. 1. Diagram pracovního postupu

7.1 Příprava a zpracování dat

7.1.1 Družicové snímky

Získání dat

Rastrová družicová data Sentinel-2 a Landsat 8 byla získána prostřednictvím zásuvného modulu Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) v prostředí programu QGIS. Jedná se o open-source projekt, který umožňuje stahování Sentinel-2, Landsat a ASTER snímků, ale také umožňuje data připravit pro další úkony a přímo je klasifikovat. Další možností je družicové snímky stahovat přímo u odpovědných organizací a jejich nástrojů (např. Copernicus Open Access Hub a USGS Earth Explorer) nebo ze stránek třetích stran, ale plugin SCP tento úkol usnadňuje. Důležitou výhodou tohoto přístupu, který je v souladu s cíli studie, je skutečnost, že umožňuje jeho replikaci velmi jednoduchým způsobem.

Družice Sentinel-2 poskytuje snímky ve 13 spektrálních pásmech s rozlišením 10 m, 20 m a 60 m v závislosti na konkrétním pásmu (ESA, 2015). Pro tuto studii byly použity satelitní snímky složené z pásem popsanych v tabulce 2 níže.

Tabulka č. 2. Pásma Sentinel-2 a jejich hlavní charakteristiky

Sentinel-2 pásma	Vlnová délka (μm)	Rozlišení (m)
Band 1 - Coastal aerosol	0.443	60
Band 2 – Blue	0.490	10
Band 3 – Green	0.560	10
Band 4 – Red	0.665	10
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705	20
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740	20
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783	20
Band 8 – NIR	0.842	10
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865	20
Band 9 - Water vapor	0.945	60
Band 10 - SWIR – Cirrus	1.375	60
Band 11 – SWIR	1.610	20
Band 12 – SWIR	2.190	20

Cílem analýz satelitních snímků bylo postihnout variability vegetace během vegetační sezóny. Pro tyto analýzy byly uvažovány tři roky 2016, 2018, 2021 a 3 období v rámci těchto let, začátek, střed a konec vegetační sezóny. Rok 2021 byl považován za poslední rok s kompletními daty za celou vegetační sezónu, rok 2018 byl vybrán, protože je považován za teplotně nadprůměrný s menším úhrnem srážek, a rok 2016 zahrnuje první dostupná data z družice Sentinel-2.

Pro analýzy byly tedy vyhledávány snímky pro tato období: od 01-04-2016/2018/2021 do 31-05-2016/2018/2021, od 01-06-2016/2018/2021 do 31-07-2016/2018/2021, od 01-09-2016/2018/2021 do 31-10-2016/2018/2021. Dalším pravidlem bylo vybírat snímky s co možná nejmenším pokryvem oblačnosti, ideálně do 5 %. Jednalo se vždy o jeden set snímků pro každé období. Pro pokrytí Moravskoslezského kraje jsou nutné 3 snímky družice Sentinel-2. Snahou bylo zajistit tyto tři snímky vždy ze stejného dne pořízení, jelikož snímky z různých dnů dávají odlišné hodnoty. Charakteristiky získaných snímků jsou uvedeny v tabulce 3 níže.

Tabulka č. 3. Snímky Sentinel-2 a jejich hlavní charakteristiky

Rok	Datum	Typ snímku	Kód	Pokrytí oblačností (%)
2016	2016-05-23	Sentinel 2 L1C	L1C_T33UYQ_A004795_20160523T095404	3.8705
2016	2016-05-23	Sentinel 2 L1C	L1C_T33UYR_A004795_20160523T095404	0.0103
2016	2016-07-02	Sentinel 2 L1C	L1C_T33UYQ_A005367_20160702T095219	2.3169
2016	2016-05-23	Sentinel 2 L1C	L1C_T33UYR_A005367_20160702T095219	1.8330
2016	2016-09-30	Sentinel 2 L1C	L1C_T33UXR_A006411_20160913T100504	1.2682
2016	2016-09-30	Sentinel 2 L1C	L1C_T33UYR_A006368_20160910T095027	0.6920
2016	2016-09-30	Sentinel 2 L1C	L1C_T34UCV_A006654_20160930T095025	4.4031
2018	2018-05-13	Sentinel 2 L1C	L1C_T33UXR_A015091_20180513T095126	0.1325
2018	2018-05-13	Sentinel 2 L1C	L1C_T33UYQ_A015091_20180513T095126	2.6300
2018	2018-05-13	Sentinel 2 L1C	L1C_T33UYR_A015091_20180513T095126	0.0084
2018	2018-06-07	Sentinel 2 L1C	L1C_T33UXR_A006540_20180607T095421	1.7473
2018	2018-06-07	Sentinel 2 L1C	L1C_T34UCA_A006540_20180607T095421	3.0606
2018	2018-10-15	Sentinel 2 L1C	L1C_T33UYR_A008399_20181015T095337	0
2018	2018-10-15	Sentinel 2 L1C	L1C_T33UXR_A008399_20181015T095337	0
2018	2018-10-15	Sentinel 2 L1C	L1C_T33UYQ_A008399_20181015T095337	0
2021	2021-04-27	Sentinel 2 L1C	L1C_T33UXR_A030535_20210427T095355	0.9757
2021	2021-04-27	Sentinel 2 L1C	L1C_T33UYR_A030535_20210427T095355	3.1813
2021	2021-06-19	Sentinel 2 L1C	L1C_T33UXQ_A031293_20210619T100523	1.2716
2021	2021-06-19	Sentinel 2 L1C	L1C_T33UXR_A031293_20210619T100523	3.1539
2021	2021-06-19	Sentinel 2 L1C	L1C_T33UYQ_A031250_20210616T095030	2.8128

2021	2021-10-09	Sentinel 2 L1C	L1C_T33UXR_A023986_20211009T095128	0
2021	2021-10-09	Sentinel 2 L1C	L1C_T33UYR_A023986_20211009T095128	0
2021	2021-10-09	Sentinel 2 L1C	L1C_T33UYQ_A023986_20211009T095128	0

Dalším zdrojem dat je družice Landsat-8, jejíž snímky byly získány rovněž pomocí pluginu SCP. Snímky družice Landsat-8 se skládají z 11 pásem, 9 optických a 2 termálních, a prostorovým rozlišením 10 m, 30 m, a 100 m v závislosti na daném pásmu, viz tabulku 4 níže. Snímky byly získány ve 100m rozlišení a následně převzorkovány na 30m. Snímky Landsat-8 zabírají větší území, a proto pro pokrytí celého kraje bylo dostačující získat pouze jeden snímek. Na druhou stranu tato družice má delší dobu oběhu a pořídí tedy snímek cílového území pouze jednou za 16 dní. To výrazně omezuje počet dostupných snímků v daných periodách. Důsledkem je, že získané snímky mají vyšší pokrytí oblačností než snímky ze Sentinel-2. Nicméně, pro účely dalších analýz byly plochy pokryté oblačností odfiltrovány.

Tabulka č. 4. Pásma Landsat-8 a jejich hlavní charakteristiky

Landsat 8 pásma	Vlnová délka (μm)	Rozlišení (m)
Band 1 - Coastal aerosol	0.443	30
Band 2 – Blue	0.482	30
Band 3 – Green	0.561	30
Band 4 – Red	0.655	30
Band 5 - NIR	0.865	30
Band 6 - Cirrus	1.373	30
Band 7 - SWIR	1.609	30
Band 8 – SWIR	2.201	30
Band 9 - Pan	0.590	15
Band 10 - TIRS	10.895	100 (30)
Band 11 – TIRS	12.005	100 (30)

Charakteristiky získaných snímků jsou uvedeny v tabulce 5 níže.

Tabulka č. 5. Snímky Landsat-8 a jejich hlavní charakteristiky

Rok	Datum	Typ snímku	Kód	Pokrytí oblačností %
2016	2016-04-16	L1TP	L1C_T33UYQ_A005367_20160702T095219	74.52
2016	2016-07-05	L1TP	LL1TP_189025_20160705_20170323_01_T1_	36.43
2016	2016-09-23	L1TP	L1TP_189025_20160923_20170321_01_T1_	39.98
2018	2018-04-22	L1TP	L1TP_189025_20180422_20180502_01_T1_	0.61
2018	2018-08-12	L1TP	L1TP_189025_20180812_20180815_01_T1_	7.16
2018	2018-10-15	L1TP	L1TP_189025_20180812_20180815_01_T1_	0.19
2021	2021-04-30	L1TP	L1TP_189025_20210430_20210508_02_T1_	20.12
2021	2021-06-17	L1TP	L1TP_189025_20210617_20210622_02_T1_	8.22
2021	2021-09-10	L1TP	L1TP_189025_20210905_20210910_02_T1_	18.62

V rámci pluginu SCP byly snímky ortorektifikovány a radiometricky korigovány a byla provedena požadovaná atmosférická korekce. Dále byl proveden ořez snímků na území studované oblasti.

Odfiltrování oblačnosti

V rámci přípravy dat na analýzy bylo nutné odfiltrovat za snímků oblačnost, tedy odstranit hodnotu pixelů překrytých oblačností. Filtrování bylo provedeno v pluginu SCP. Výsledkem jsou pixely s hodnotou „no data“.

7.1.2 Vektorová data

V rámci vymezení prvků ZI byla vektorová data využita pro verifikaci a zpřesnění sítě ZI vzniklé analýzou rastrových výstupů. Proto bylo nutné vyfiltrovat z vektorových zdrojových dat jen prvky, které odpovídají kategoriím krajinného pokryvu podle výše zmíněné typologie. Výše uvedená typologie s podrobnými kategoriemi a jim přiřazenými postupy filtrování dat je tabelárně zobrazena v Příloze č. 2.

Dalším krokem bylo omezení minimální velikosti vektorového prvku pro cílové měřítko 1:10 000. V případě vektorových vrstev se jedná o typ geometrie linie a polygon. Pro linii bylo potřeba nastavit nejkratší možnou délku na 10 m a u polygonové geometrie minimální rozlohu prvku na 25 m² a minimální šířku polygonu na 5 m.

Vektorová data byla dále využita pro klasifikaci prvků ZI i krajinného pokryvu. Ačkoli se v tomto kroku nejedná o práci s geometriemi dat, ale o práci s vlastnostmi geometrií, tedy s jejich atributy, bylo i v tomto kroku nutno omezit minimální velikost polygonových prvků tak, aby se vlastnosti menších prvků nepropisovaly do dalších vrstev.

Některé zdrojové vrstvy vektorových dat již obsahují požadované informace například o přítomnosti zákonem chráněného území a jeho typu. U dalších vrstev bylo nutné provést specifické analýzy pro získání dané informace.

7.2 Výstupy odvozené ze satelitních snímků

7.2.1 Barevné kompozity

V počátečním kroku zpracování dat bylo vytvořeno několik barevných kompozitů, věrný kompozit ve skutečných barvách (B4, B3, B2); rozlišení 10 m, infračervené falešné barevné schéma (B8, B4, B3); rozlišení 10 m, pro zdůraznění zdravé a nezdravé vegetace a krátkovlnné infračervené schéma (B12, B8A, B4); rozlišení 20 m, pro zobrazení vegetace v různých odstínech zelené. Tyto kompozity umožnily zvýraznit výstupy, které nejsou postřehnutelné lidským okem, protože odpovídají oblastem jiným než viditelným. Tyto byly využity k vizuální kontrole v dalších fázích. Kompozity byly také využity při interpretaci satelitních snímků v rámci kategorizace získaných snímků za účelem identifikace prvků ZI. Barevné kompozity byly generovány v prostředí pluginu SCP.

7.2.2 Indexy

Snímky Sentinel-2 byly dále použity ke generování výstupních vrstev pro index Normalized Difference Water Index (NDWI), index Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), index Normalized Difference Moisture Index (NDMI) a index Normalized Difference Built-up Index (NDBI). Tabulka č. 6 níže uvádí tyto indexy, jejich zaměření na část krajinného pokryvu a odpovídající vzorec pro výpočet ze snímků Sentinel-2.

NDVI¹⁰ byl použit ke zvýraznění vegetačního pokryvu a také kvality nebo zdravotního stavu vegetace, protože vysoké hodnoty NDVI odpovídají zdravější vegetaci a nízké hodnoty NDVI vykazují méně vegetace nebo její absenci.

NDMI¹¹ byl použit, protože zjišťuje úrovně vlhkosti ve vegetaci a je spolehlivým indikátorem vodního stresu ve vegetaci.

NDWI¹² byl použit pro mapování vodních útvarů, protože dobře odlišuje vodní plochu od země.

NDBI¹³ byl použit k identifikaci nepropustných ploch.

Tabulka č. 6. Indexy krajinného pokryvu, jejich zaměření a výpočetní vzorec

Zkratka	Celý název	Zaměření	Vzorec
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index	Vegetace	$(NIR - R) / (NIR + R)$
NDMI	Normalized Difference Moisture Index	Vegetace	$(NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$
NDWI	Normalized Difference Water Index	Vodní plochy	$(G - NIR) / (G + NIR)$
NDBI	Normalized Difference Built-up Index	Zastavěná území	$(SWIR - NIR) / (SWIR + NIR)$

Satelitní rastrová data, tedy data DPZ, která zachycují aktuální stav vegetace v daném roce a sezóně byla využita pro výpočet tzv. vegetačních indexů, tedy normalizovaných satelitních dat, která lépe odrážejí vlastnosti vegetace než surové snímky ve světelných pásmech. Pro analýzu těchto vlastností byly vybrány dva vegetační indexy, konkrétně Normalized difference vegetation index (NDVI) a Normalized Difference Moisture Index (NDMI).

¹⁰ Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell, and D.W. Deering, 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, In: S.C. Freden, E.P. Mercanti, and M. Becker (eds) Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. Volume I: Technical Presentations, NASA SP-351, NASA, Washington, D.C., pp. 309-317.

¹¹ Gao, Bo-cai, 1996. NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space Remote Sensing of Environment Volume 58, Issue 3, December 1996, pp. 257-266.

¹² McFeeters, S.,K., 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features, International Journal of Remote Sensing, 17:7, pp. 1425-1432.

¹³ Zha, Y., Gao, J., & Ni, S., 2003. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery, International Journal of Remote Sensing, 24:3, pp. 583-594.

NDVI

NDVI slouží konkrétně k rozpoznání vegetace na základě odrazivosti povrchu a určení jejího zdravotního stavu (množství biomasy). Hodnota NDVI se pohybuje od -1 po 1 a s rostoucí hodnotou vzrůstá pravděpodobnost, že se jedná o hustý pokryv zelenou vegetací. Hodnoty vyšší než 0 indikují samotnou přítomnost vegetace. V tabulce č. 7 je uvedeno rozmezí hodnot pro kategorizaci krajinného pokryvu na základě tohoto indexu.

Tabulka č. 7. Kategorizace krajinného pokryvu na základě hodnot indexu NDVI

Hodnota NDVI	Kategorizace krajinného pokryvu
<0,1	Holá půda
0,1–0,2	Povrch téměř bez vegetace
0,2–0,3	Velmi nízké zapojení porostu
0,3–0,4	Nízké zapojení porostu s nízkou kvalitou, anebo velmi nízké zapojení porostu s vysokou kvalitou
0,4–0,5	Středně nízké zapojení porostu s nízkou kvalitou, anebo nízké zapojení porostu s vysokou kvalitou
0,5–0,6	Střední zapojení porostu s nízkou kvalitou, anebo středně nízké zapojení porostu s vysokou kvalitou
0,6–0,7	Středně vysoké zapojení porostu s nízkou kvalitou, anebo střední zapojení porostu s vysokou kvalitou
0,7–0,8	Vysoké zapojení porostu s vysokou kvalitou
0,8–0,9	Velmi vysoké zapojení porostu s velmi vysokou kvalitou
0,9–1,0	Úplné zapojení porostu s velmi vysokou kvalitou

NDMI

Index NDMI vychází ze stejného principu jako index NDVI, který však využívá pro výpočet červené a blízké IČ spektrum. NDMI je citlivější k identifikaci poškození lesních porostů. Důvodem pro použití indexu NDMI je skutečnost, že tento index vykazuje (oproti NDVI) menší citlivost k fenofázím vegetace, a je tak vhodnější pro srovnání dat z různých období v průběhu roku a rovněž je citlivý na vlhkost. NDMI nabývá hodnot od -1 do 1, přičemž pouze hodnoty od -1 do -0,8 jsou interpretovány jako holá půda. V tabulce č. 8 je uvedeno rozmezí hodnot pro kategorizaci krajinného pokryvu na základě tohoto indexu.

Tabulka č. 8. Kategorizace krajinného pokryvu na základě hodnot indexu NDMI

Hodnota NDMI	Kategorizace krajinného pokryvu
-1 – -0,8	Holá půda
-0,8 – -0,6	Povrch téměř bez vegetace
-0,6 – -0,4	Velmi nízké zapojení porostu
-0,4 – -0,2	Nízké zapojení porostu a sucho, anebo velmi málo zapojený porost a vlhko
-0,2 – 0	Středně nízké zapojení porostu s vysokým vodním stresem, anebo nízké zapojení porostu s nízkým vodním stresem
0 – 0,2	Střední zapojení porostu s vysokým vodním stresem, anebo středně nízké zapojení porostu s nízkým vodním stresem
0,2 – 0,4	Středně vysoké zapojení porostu s vysokým vodním stresem, anebo střední zapojení porostu s nízkým vodním stresem
0,4 – 0,6	Vysoké zapojení porostu, bez vodního stresu
0,6 – 0,8	Velmi vysoké zapojení porostu, bez vodního stresu
0,8 – 1,0	Úplné zapojení porostu, bez vodního stresu, popř. zaplavení

NDWI

Dále bylo také využito indexu Normalized Difference Water Index (NDWI), který je využíván ke zvýraznění objektů volné vodní hladiny. Proto byl dodatečně využit pro identifikaci vodních ploch v rámci modré infrastruktury.

Obecně, výsledky NDWI výpočtu uvedeného výše ukazují kladné hodnoty pro vodní prvky a záporné hodnoty či nulu pro holou půdu a vegetační pokryv. Rozmezí hodnot pro kategorizaci dat tohoto indexu jsou uvedena v tabulce č. 9.

Tabulka č. 9. Kategorizace krajinného pokryvu na základě hodnot indexu NDWI

Hodnota NDWI	Kategorizace krajinného pokryvu
-1– -0,3	Suché bezvodé povrchy
-0,3–0	Středně suché bezvodé povrchy
0–0,2	Zaplavené vlhké povrchy
0,2–1	Vodní plocha

NDBI

Dalším indexem generovaným z dat Sentinel-2 je tzv. NDBI, který byl vypočten na základě rovnice uvedené výše v tabulce 6. Hodnoty tohoto indexu byly kategorizovány na binární hodnoty pro rozlišení kladných a záporných hodnot. Tato operace má však velké množství identifikovaných nepropustných ploch, které jsou ve skutečnosti holou půdou. Tyto plochy byly v další kroku odfiltrovány pomocí překryvu s vektorovými daty LPIS.

Přesnost tohoto vymezení byla dále zvýšena pomocí metody podle Zha a Gao¹⁴. Tato metoda umožňuje odfiltrovat případné pixely s kladnou hodnotou NDBI, které jsou však ve skutečnosti lesní nebo zemědělskou plochou. Využívá se k tomu indexu NDVI, který naopak zvýrazňuje v kladných hodnotách vegetační pokryv. Data indexu NDVI jsou převedena na binární hodnoty například 0 a 254 s tím, že jako hodnota 254 jsou určeny všechny pixely, jejichž původní hodnota byla větší než 0,1. Pro hodnoty nižší je určena nová hodnota 0.

Podobně se postupuje u hodnot indexu NDBI. Záporné hodnoty NDBI jsou označeny jako 0 a kladné hodnoty NDBI mají novou hodnotu 254. Následuje prosté odečtení binárních hodnot NDVI od binárních hodnot NDBI. Při této operaci by všechna pole zahrnující zastavěné plochy nebo holou půdu měla získat hodnotu 254, zatímco všechny ostatní typy krajinného pokryvu by měly získat hodnotu rovnou nule nebo -254. Přesto, že tato metoda odfiltruje velké množství ploch orné půdy, byla dále upřesněna pomocí odstranění ploch orné půdy LPIS a vrstvy vodních nádrží DIBAVOD. Stejně jako základní verze indexu NDBI dává i tato metoda velmi omezené množství

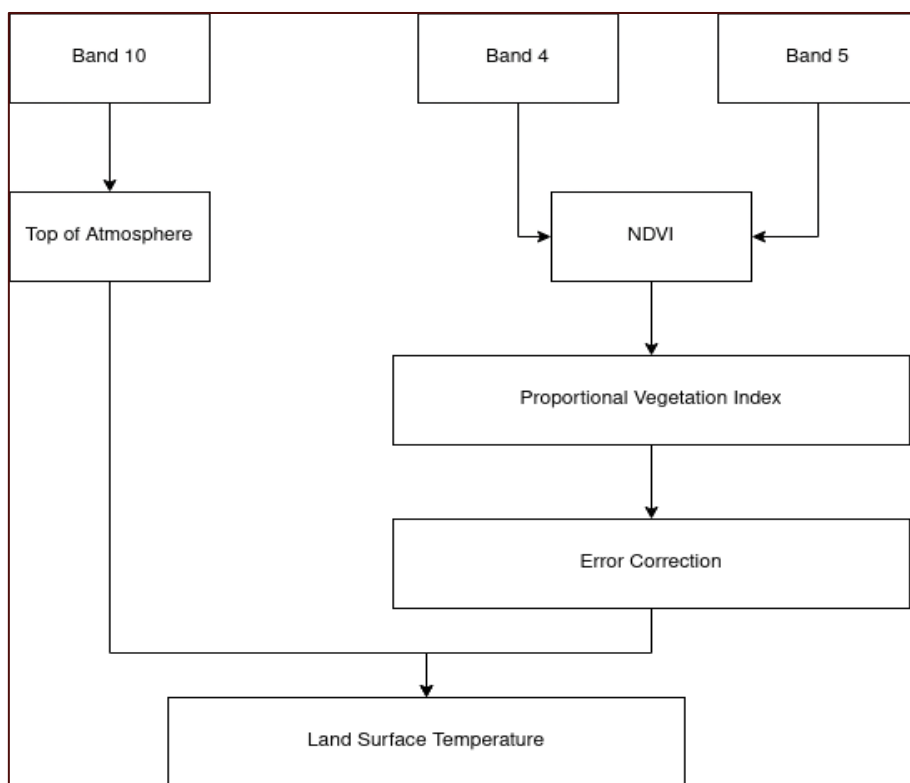
¹⁴ Zha, Y., Gao, J., & Ni, S., 2003. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery, International Journal of Remote Sensing, 24:3, pp. 583-594.

nepropustných ploch. V porovnání s vektorovými daty ZABAGED identifikuje výrazně méně nepropustných ploch.

LST

Kromě zmíněného setu indexů byla generována rastrová mapa tzv. Land Surface Temperature pro posouzení teploty povrchu země, specificky efekt tepelného ostrova v městských oblastech. Tento výstup byl připraven prostřednictvím pluginu SCP v QGIS na základě tepelných snímků družice Landsat-8, pásma 10.

Index LST byl připraven na základě několika faktorů potřebných pro získání hodnot teploty povrchu země. Jedná se o, výše zmíněný, index NDVI, Proportional Vegetation Index, Brightness Temperature, Error Correction a tzv. Top of Atmosphere, viz diagram 2.



Obrázek č. 2. Diagram pracovního postupu pro index LST

Celý proces výpočtu LST byl proveden pomocí metodiky USGS¹⁵.

Pro statistické zhodnocení satelitních snímků a hodnot indexů z nich získaných byly v posledním kroku vytvořeny vrstvy s hodnotou mediánu pixelů daného indexu a maxima pixelů daného indexu. Tyto vrstvy byly vytvořeny vždy pro každý zkoumaný rok a také pro všechny tři zkoumané roky dohromady.

Výše zmíněné indexy a rastrové výstupy byly dále využity jak pro vymezení ZI (geometrie), tak i pro klasifikaci prvků ZI a krajinného pokryvu (kvalitativní hodnocení).

7.3 Vymezení a kategorizace krajinného pokryvu

Vymezení ploch krajinného pokryvu probíhalo pomocí všech dostupných zdrojů dat. Základem byla rastrová data DPZ, která odráží současný stav krajinného pokryvu MSK. Do vymezení (geometrie) ploch krajinného pokryvu dále vstupovaly i vektorové vrstvy, a to jak vrstvy vymezující prvky zelené infrastruktury, tak i vrstvy, které přítomnost ZI vylučují. Většina podrobných kategorií z výše uvedené typologie krajinného pokryvu má přiřazenu vektorovou vrstvu, která prvek krajinného pokryvu vymezuje, viz Příloha č 2.

Příprava vektorových dat pro kategorizaci krajinného pokryvu MSK je založena na připravené tabulce kategorizace. Vychází ze standardních podkladů státní správy a územního plánování (ZABAGED, DIBAVOD a KVES).

Z dostupných vektorových vrstev bylo nejprve nutné vytvořit topologicky čistou vrstvu vymezující jednotlivé podrobné kategorie typologie krajinného pokryvu. Například v datech ZABAGED se některé vrstvy překrývají, vrstva okrasná zahrada – park se překrývá s vrstvou budova, blok budov. Tyto vrstvy bylo nutné prolnout a jasně vymezit hranice budov v městské zeleni.

Naprostým základem pro vymezení modré infrastruktury byla data DIBAVOD. Tato data poskytují polygonové vrstvy vodních nádrží, bažin a močálů. Vrstvy mokřadů Ramsarské úmluvy a národně

¹⁵ Ugur Avdan and Gordana Jovanovska; Algorithm for Automated Mapping of Land Surface Temperature Using LANDSAT 8 Satellite Data; Hindawi Publishing Corporation
Journal of Sensors
Volume 2016, Article ID 1480307, 8 pages

významných mokřadů nebyly využity. Vypovídají spíše o ochranné vizi, zahrnují například i zastavěná území. Břehová linie vodních toků byla převedena na polygony a dále byly odstraněny chyby způsobené tímto převodem.

Pro vodní toky jsou dostupná data ve formě linií vodních toků. Byly využity hrubé úseky vodních toků z DIBAVOD s buffer plochou 2,5 m, dohromady tedy šířka toku 5 m. Hodnota byla určena tak, aby ve většině případů šířka toku nepřekračovala reálnou šířku toku/koryta, ale zůstala zachována informace o přítomnosti vodního toku (modré infrastruktury). Jemným úsekům vodních toků z DIBAVOD byla přiřazena buffer plocha 1 m, dohromady tedy šířka toku 2 m. Hodnota byla určena tak, aby ve většině případů šířka toku nepřekračovala reálnou šířku toku/koryta, ale zůstala zachována informace o přítomnosti vodního toku (modré infrastruktury).

Nově vzniklé plochy vodních toků byly ořezány o úseky s určenou břehovou linií, plochy vodních nádrží apod., aby se tyto nepřekrývaly.

Pro vymezení zpevněných ploch komunikací byla využita data ZABAGED („SilniceDálnice“). Podle atributů byla filtrována data a pomocí bufferu o určité hodnotě vymezena plocha komunikace. Dálnice 1. a 2. třídy bez sjezdů (větví) – šířka bufferu – 7,25 m (3,5+3,0+0,5). Silnice I. třídy se 4 pruhy a silnice pro motorová vozidla – 6,5 m (3,5+2,5+0,5). Silnice 1. třídy – 4 m (3,5+0,5). Silnice 2. třídy – 3 m. Silnice 3. třídy – 3 m. Sjezdy, MÚK, větve – 4 m. Silnice neevidovaná – 3 m. Ulice – 4 m (nebyly zahrnuty ulice neexistující v terénu, ulice nesjížděná mimo sídlo).

Další nepropustné plochy byly vybrány z vrstev ZABAGED. Jedná se o vrstvy staveb, skleníků, letišť, sil, nadzemních nádrží atp. Všechny vrstvy byly sloučeny do jedné a geometrie byly rozpuštěny podle typu budovy (názvu vrstvy).

Vrstva kategorie „Stromy, trávníky, parky, zahrady a ostatní zelené plochy“ v rámci zastavěných území vznikla sloučením vrstev ZABAGED, konkrétně vrstev „OvocnySadZahrada“, „Hrbitov“ a „OkrasnaZahradaPark“. Z této sloučené vrstvy byla vyjmuta vrstva nepropustných ploch, viz výše, procesem Rozdíl.

Byly identifikovány polygony s rozlohou do 25 m² a tyto byly v prvním kroku sloučeny se sousedním polygonem na základě délky společné strany. Pokud daný polygon nesousedil s takovým polygonem, pak byl z vrstvy kompletně odstraněn. Stejně tak u vrstev proběhla automatická oprava chyb (děr), kdy byly eliminovány díry do 25 m².

Plochy skalních útvarů ze ZABAGED i u KVES jsou poměrně malého rozsahu a jsou často součástí lesního porostu tak, že je nelze považovat za plochy nepropustné a bez vegetačního pokryvu po celý rok. Proto tyto vrstvy nebyly zahrnuty do typologie.

Prostorové vymezení definované typologie krajinného pokryvu je tak jakýmsi kompozitem, geografickou vrstvou složenou jak z dat pocházejících z DPZ, tak i z dat již vymezených kategorií krajinného pokryvu, které přítomnost ZI určují/dokazují, ale také vylučují.

Řízená kategorizace snímků (Supervised Image Classification)

Krajinný pokryv předmětného území byl kategorizován pomocí tzv. řízené kategorizace satelitních snímků v prostředí pluginu SCP pro QGIS. Jako základ pro tuto kategorizaci byly využity upravené snímky pro konec vegetační sezóny roku 2021, jako nejaktuálnější obraz povrchu území. Byly určeny čtyři hlavní „makro“ kategorie, které je možné ze snímků s poměrně velkou jistotou identifikovat, viz tabulku 10 níže.

Tabulka č. 10. Kategorie krajinného pokryvu pro řízenou klasifikaci

Kategorie	ID
Vodní povrch	1
Vegetace	2
Holá půda	3
Zastavěné území	4

Kategorizace byla provedena nad snímky Sentinel-2, pásmy 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 8A, 11 a 12. Pásma 1, 9 a 10 mají nižší prostorové rozlišení a jejich spektrální charakteristika není vhodná pro kategorizaci krajinného pokryvu. Kategorizace byla prováděna nad několika trénovacími plochami, které byly použity pro přípravu algoritmu kategorizace. Pro identifikaci rozdílných povrchů, materiálů byly dále využity vrstvy barevných kompozitů, vegetační i další indexy. Na základě identifikace krajinného pokryvu trénovacích ploch byl kategorizován krajinný pokryv celého kraje algoritmem kategorizace Maximum Likelihood.

Chyby ve výsledné kategorizaci byly dále upraveny pomocí vektorových vrstev typů krajinného pokryvu, přímé editace pixelů nebo odstraněním izolovaných pixelů. Vyčištěná rasterová vrstva

byla převedena do vektorového formátu pro další analýzy a integraci s ostatními výstupy. Níže je v tabulce 11 uveden kategorizační report s plochami jednotlivých kategorií krajinného pokryvu.

Tabulka č. 11. Výsledky řízené kategorizace

Kategorie	Kód	PixelSum	Procento %	Area (ha)
Vodní povrch	1	956144,00	1,76	9561,82
Vegetace	2	27688137,00	51,02	276892,27
Holá půda	3	23505469,00	43,31	235063,94
Zastavěné území	4	2122483,00	3,91	21225,67

7.4 Ověření přesnosti kategorizace krajinného pokryvu

Řízená kategorizace satelitních snímků byla následně posouzena z hlediska její přesnosti. V rámci tohoto posouzení byly identifikovány chyby v rámci celého zkoumaného území a také v rámci každé kategorie. Posouzení přináší především míru spolehlivosti, s kterou je možné u mapových výstupů počítat pro další analýzy a interpretaci.

Tato část byla také provedena v pluginu SCP, který umožňuje provést toto posouzení. Výsledná kategorizovaná vrstva krajinného pokryvu byla porovnána se vzorkem náhodně vybraných bodů. Počet bodů ve vzorku a jejich stratifikace byla určena na základě metody Olofsson et al. (2014) a je představena v tabulce 12 níže.

Tabulka č. 12. Stratifikace a určení počtu bodů ve vzorku

Kategorie	Plocha (ha)	Wi	Si	Wi*Si	N
Vodní povrch	9561,82	0,0176	0,4	0,00704	12
Vegetace	276892,27	0,5102	0,3	0,15306	362
Holá půda	235063,94	0,4331	0,2	0,08662	307
Zastavěné území	21225,67	0,0391	0,5	0,01955	28
Celkem				0,26627	709

Wi = podíl kategorie na mapované oblasti; Si = směrodatná odchylka vrstvy; So=0.01

Na základě definovaného počtu a stratifikace bodů vzorku byly náhodně určeny jednotlivé pixely (body) pro každou kategorii. U těchto bodů vzorku byla následně jednoznačně určena kategorie krajinného pokryvu na základě fotointerpretace ortofotografických snímků ČÚZK bez přihlídnutí ke kategorii výsledné vrstvy. Tytéž pixely, převedené na vektorovou vrstvu byly následně použity i pro ověření přesnosti vektorových vrstev krajinného pokryvu.

Porovnáním kategorizovaných pixelů vzorku s kategorizovanou vrstvou krajinného pokryvu byla získána vrstva chybovosti, která ukazuje chyby přímo v mapě a dále také textový soubor s chybovou maticí a statistikou přesnosti. Byly určeny statistické hodnoty celkové přesnosti, přesnosti uživatele, přesnosti přípravy mapy a Kappa koeficient.

Výsledky ověření přesností kategorizace krajinného pokryvu včetně chybové matice a dalších parametrů je přílohou č. 3 tohoto dokumentu.

Celková přesnost řízené kategorizace snímků je 87 %.

7.5 Síťová analýza

Cílem projektu je vymezení zelené infrastruktury tedy z definice tohoto pojmu převážně spojitě sítě přírodních a přírodě blízkých prvků. Prvním krokem k vymezení této sítě je analýza snímků DPZ a jejich přepočítání na indexy, které zvýrazňují vlastnosti krajinného pokryvu včetně ploch vegetace a vodních ploch. Z těchto indexů a dalších vstupů následně vznikla kategorizovaná vrstva krajinného pokryvu. Tato vrstva však nezaručuje právě onu provázanost prvků ZI v prostoru. Proto je součástí této metodiky i síťová analýza, která má za cíl tuto síť propojit. Cílem síťové analýzy je tedy najít optimální spojnice prvků zelené infrastruktury.

Pro tuto analýzu byl využit plugin Linkage Mapper na platformě ArcGIS. Tento plugin umožňuje zkoumat konektivitu a automatizovat mapování a prioritizaci koridorů mezi habitaty. Plugin zároveň nevyžaduje data zaměřená na pohyb organismů, která tento projekt neposuzuje.

Základními vstupy do této analýzy je list Excelu s určenými parametry odporu (Příloha 4) a vrstva jádrových oblastí ZI. Pro prvotní analýzu byly zvoleny jádrové oblasti ZI s rozlohou vyšší než 10 000 ha. Tato rozloha umožňuje identifikovat prioritní osy na úrovni celého MSK. Dalším vstupem byla geodatabáze vrstev určujících onen odpor prostředí (resistance). Tato databáze obsahovala vrstvy kategorizovaného krajinného pokryvu, sklonitosti povrchu ze SRTM30 digitálního modelu terénu (DEM) a dále kategorizované vrstvy indexů NDVI a NDMI. Z těchto vrstev byla dále za

pomoci ArcGIS pluginu Gnarly Landscape Utilities (<https://circuitscape.org/gnarly-landscape-utilities/>) vytvořena vstupní vrstva odporu prostředí. Všechny vstupní vrstvy byly převzorkovány na rozlišení 30 m.

V samotném prostředí pluginu Linkage Mapper byl zvolen nástroj Linkage Pathways Tool. Tento nástroj umožňuje identifikovat sousedící jádrové oblasti a vytvořit mezi nimi koridor (least-cost). V tomto kroku na úrovni měřítka celého kraje byly identifikovány 4 koridory spojující jádrové oblasti. V dalším kroku byla snížena minimální hodnota rozlohy prvků ZI na 20 hektarů a byly vyhledávány koridory i na úrovni většího měřítka propojující menší celky ZI.

7.6 Analýza vlastností ZI – Klasifikace

Krajinný pokryv Moravskoslezského kraje včetně prvků ZI byl analyzován z hlediska kvalitativních vlastností určených vybranými indexy v kombinaci s vektorovými daty.

7.6.1 Hustota a kvalita vegetace

Pro identifikaci kvality a rozložení vegetačního pokryvu v MSK byl využit vegetační index Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Za plochy s nejkvalitnější vegetací v krajině vhodnou k ochraně byly zvoleny plochy identifikované jako zelená infrastruktura v rámci krajinného pokryvu s rozlohou větší než 2 hektary a zároveň s průměrnou hodnotou indexu NDVI max (maximální hodnoty indexu za celou sledovanou periodu) vyšší než 0,8, tedy kategorie „Velmi vysoké zapojení porostu s velmi vysokou kvalitou“ a „Úplné zapojení porostu s velmi vysokou kvalitou“. Odfiltrovány byly případné plochy zahrnující ornou půdu či trvalé kultury nepřírodního charakteru. Z hlediska procesu statistiky se jedná spíše o menší plochy s konzistentním povrchem.

Pro identifikaci kvalitní ZI v sídle byly využity plochy funkčního využití území, konkrétně plochy označené jako hromadné bydlení (BH) a jejich překryv s průměrnou hodnotou indexu NDVI max (maximální hodnoty indexu za celou sledovanou periodu) vyšší než 0,6. Pro toto doporučení nebylo určeno omezení rozlohy zájmové plochy. Odfiltrovány byly případné plochy zahrnující jiný typ zástavby.

7.6.2 Riziko sucha

Riziko sucha na území MSK bylo vyhodnoceno na základě vegetačního indexu z předchozí kapitoly, konkrétně NDMI, který dokáže indikovat vodní stres vegetace. Tato data by měla pomoci identifikovat místa, kde se vegetaci nedostává vody z půdního profilu, anebo vegetační pokryv není dostatečně vitální, aby vodnímu stresu odolával.

Data indexu NDMI byla dále zpracována do tzv. Crop Moisture Stress (CMS) indexu, který je používán jako aplikovaný index pro sledování vodního stresu na zemědělských plodinách¹⁶. Tato metoda rozděluje hodnoty NDMI do šesti kategorií podle míry vodního stresu.

Hodnoty NDMI byly kategorizovány do kategorií CMS, viz tabulku 13. Pro výpočty byly použity vrstvy NDMI s hodnotami mediánu a maxima souhrnně pro roky 2016, 2018 a 2021. Pro hodnocení rizika sucha na území MSK byl použit pouze kategorizovaný výstup NDMI s maximálními hodnotami, který umožňuje snazší identifikaci vodního stresu.

Tabulka č. 13. CMS – kategorie indexu NDMI

Kategorie CMS		Hodnoty NDMI max
0	Sucho	≤ 0
1	Vegetace s velmi vysokou mírou vodního stresu	$0 < \text{NDMI} \leq 0,1$
2	Vegetace s vysokou mírou vodního stresu	$0,1 < \text{NDMI} \leq 0,2$
3	Vegetace se střední mírou vodního stresu	$0,2 < \text{NDMI} \leq 0,3$
4	Vegetace s nízkou mírou vodního	$0,3 < \text{NDMI} \leq 0,4$
5	Vegetace bez vodního stresu	$\text{NDMI} > 0,4$

7.6.3 Přehřívání povrchu

Identifikace přehřívání zemského povrchu a poloha tzv. tepelných ostrovů byla získána z dat DPZ o teplotě povrchu (LST – Land Surface Temperature). Snímky pro další analýzy byly získány pro období, která byla identifikována pro každou periodu jako nejteplejší. Hodnocení probíhalo na základě dat ČHMÚ. Maximální denní teplota vzduchu v Moravskoslezském kraji pro lokalitu Ostrava, Poruba. Pro kategorie veřejná prostranství (P, PP, PZ, PX) byla provedena analýza přehřívání povrchu na jednotlivých plochách funkčního využití. Konkrétně bylo využito překryvu kategorií funkčního využití území veřejné prostranství s průměrnou hodnotou indexu LSTmax (maximální hodnoty indexu za celou sledovanou periodu) vyšší než 25 °C.

¹⁶ Mimić, G.; Živaljević, B.; Blagojević, D.; Pejak, B.; Brdar, S. Quantifying the Effects of Drought Using the Crop Moisture Stress as an Indicator of Maize and Sunflower Yield Reduction in Serbia. Atmosphere 2022, 13, 1880. <http://doi.org/10.3390/atmos13111880>

V této analýze probíhaly výpočty na území makro měřítka celého kraje. Použity byly pouze hodnoty LST pro jednotlivé roky a pro kombinace všech zkoumaných let.

Doporučení na zlepšení stavu vegetace v území bylo tedy dáno pro plochy funkčního využití území kategorie veřejná prostranství s rozlohou větší než 2000 m² a pro plochy s průměrnou hodnotou indexu LST_{max} vyšší než 25 °C a zároveň tam, kde takové doporučení dávalo z hlediska kontextu prostředí smysl (porovnáno s ortofoto mapou, vyloučeny např. plochy ulic, plochy parků se zapojenou vegetací apod.).

7.6.4 Ohrožení erozí

Pro míru ohrožení půdy vodní erozí se standardně využívá výpočet tzv. Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE – Universal Soil Loss Equation)¹⁷, což je matematický model popisující proces vodní eroze půdy, používaný při výpočtech průměrné dlouhodobé ztráty půdy. Model byl vyvinut americkým ministerstvem zemědělství (U.S. Department of Agriculture (USDA)) Soil Conservation Service (nyní USDA Natural Resources Conservation Service). Tento model je mj. v České republice směrodatný při plnění standardů Dobrého zemědělského a environmentálního stavu. V rámci modelu jsou zahrnuty faktory erozní účinnosti deště, erodovatelnosti půdy, délky nepřerušného svahu, faktor sklonu svahu, ochranného vlivu vegetace a faktor účinnosti protierozních opatření. Výstupem modelu je kvantifikace erozního smyvu.

Míra ohrožení půdy vodní erozí tak byla identifikována na základě dat z projektu Výzkumného ústavu vodohospodářského T.G. Masaryka, v.v.i. „Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice“ v rámci, kterého byla kvantifikace erozního smyvu provedena pro faktor erozní účinnosti dešťů R 40, platná pro Českou republiku na základě dlouhodobé řady pozorování (Janeček a kol., 2012)¹⁸, s identifikací na bloky LPIS. Součástí dat je i vymezení třídy erozního smyvu – kategorizace podle Dýrové¹⁹ upravené s ohledem na požadavky k přípustné průměrné roční ztrátě půdy G_p podle tabulky č. 14 a také vymezení stupňů erozního ohrožení, tabulka č. 15.

¹⁷ Wischmeier, W., H., Smith, D., D., 1978. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. Agricultural Handbook. No. 537. US Department of Agriculture, Washington, DC.

¹⁸ Janeček, M. a kol., 2012. Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodika. Praha: ČZU. ISBN 978-80-87451-42-9.

¹⁹ Dýrová, E., 1988. Ochrana a organizace povodí – Návodů ke komplexnímu projektu, výběrovému předmětu a diplomnímu semináři, učební text, Ediční středisko VUT Brno, Brno, 5. vyd. přepracované, 190 s.

Tabulka č. 14. Vymezení tříd erozního smyvu na základě přípustné průměrné roční ztrátě půdy

Rozsah erozního smyvu Gp (t/ha-1/rok)	Třída erozního ohrožení
0–1,0	1
1,1–2,0	2
2,1–3,0	3
3,1–4,0	4
4,1–8,0	5
8,1–10,0	6
10,1–12,0	7
12,1–20,0	8
20,1–30,0	9
30,1 a více	10

Tabulka č. 15. Kategorie stupňů erozního ohrožení

Kategorie	Překročení Gp (v násobku)	Kategorie stupňů erozního ohrožení
1	$G \leq 1 \times G_p$	eroze žádná až nepatrná
2	$G \leq 1 \times \leq 2 \times G_p$	střední eroze
3	$G > 2 \times \leq 3 \times G_p$	silná eroze
4	$G > 3 \times G_p$	velmi silná eroze

Data pro ohrožení větrnou erozí „Celková ohroženost zem. půdy větrnou erozí (data za ČR)“ byla získána z portálu MZE (agrigis.cz) v rastrovém formátu s kategoriemi ohroženosti půd větrnou erozí, viz tabulku č. 16. Vzhledem k tomu, že rozsah ploch v rastru v podstatě odpovídal dílům půdních bloků z LPIS a jednotlivé díly měly hodnoty rastru po celé ploše stejné, byly hodnoty rastru převzaty do vektorové vrstvy DPB. Znamená to, že analýzy ohrožení větrnou erozí probíhala na úrovni jednotlivých dílů půdních bloků a ne podrobněji, proto byla tato metoda možná.

Tabulka č. 16. Popis kódu celkové ohroženosti zemědělských půd větrnou erozí

Kód kategorie ohroženosti	Popis
10	Bez ohrožení, nebo chráněné větrnou bariérou
20	Půdy náchylné, nechráněné ale z hlediska délky v limitu
30	Půdy mírně ohrožené, nechráněné ale z hlediska délky v limitu
40	Půdy ohrožené, nechráněné ale z hlediska délky v limitu
50	Půdy silně ohrožené, nechráněné ale z hlediska délky v limitu
60	Půdy nejohroženější, nechráněné ale z hlediska délky v limitu
11	Bez ohrožení, nechráněné a příliš dlouhé
21	Půdy náchylné, nechráněné a příliš dlouhé
31	Půdy mírně ohrožené, nechráněné a příliš dlouhé
41	Půdy ohrožené, nechráněné a příliš dlouhé
51	Půdy silně ohrožené, nechráněné a příliš dlouhé
61	Půdy nejohroženější, nechráněné a příliš dlouhé

Doporučení pro snížení ohrožení větrnou erozí bylo ukládáno pro půdní bloky s kódem 50 a vyšším a rozlohou nad 2 ha.

7.6.5 Nestabilizované údolnice

Informace o tzv. nestabilizovaných údolnicích byla získána z projektu Výzkumného ústavu vodohospodářského T.G. Masaryka, v.v.i. „Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice“, ve kterém byly identifikovány dráhy soustředěného odtoku (DSO) na základě upraveného digitálního modelu terénu v rozlišení 10 m. Dráhy soustředěného odtoku představují místa, kde v důsledku konfigurace terénu dochází k přirozené koncentraci plošného povrchu odtoku, vytváření výrazných odtokových drah a k možnosti vzniku rýhové eroze.

Odtokové linie byly vytvářeny v prostředí ArcGIS s využitím extenze HEC-GeoHMS při aplikaci osmi-směrného modelu odtoku. Podkladem byl hydrologicky korektní model terénu, který byl upraven s ohledem na síť vodních toků, kdy byly odstraňovány nebo vyplněny lokální deprese, které by přerušovaly odtokové linie. Odtokové linie byly navázány na stávající síť vodních toků. Výsledkem analýzy jsou linie soustředěného odtoku ve vektorové podobě, které začínají při zvolené prahové hodnotě přispívající plochy 3 ha a končí soutokem s další linií či v uzávěrovém profilu povodí.

Pro doporučení k přerušení těchto drah soustředěného odtoku byly vyfiltrovány pouze linie na orné půdě se svažitostí více než 3° a s nepřerušovanou délkou více než 500 m.

7.6.6 Velikost půdních bloků orné půdy

Na základě dat z LPIS o dílech půdních bloků byly porovnány DPB s kulturou „standardní orná půda“. Rozloha těchto půdních bloků byla statisticky porovnána mezi sebou a zároveň byl využit současně platný limit pro Dobrý zemědělský a environmentální stav půdy, kdy je plodinu možné pěstovat na ploše maximálně třicet hektarů. Větší plochy je nutné oddělovat ochranným pásem (zatravněným nebo osetým pícninami, alespoň 22 metrů širokým). Další možností je na pozemku střídat několik plodin, každou na ploše nepřevyšující 30 hektarů. Informace o použitých opatřeních není v attributech obsažena.

V MSK je 43 787 dílů půdních bloků z toho 13 474 je evidováno jako standardní orná půda. 792 DPB pak splňuje podmínku kultury standardní orné půdy a zároveň výměry přesahující 30 ha. Takové DPB zabírají přes 38 tis. hektarů. Největší DPB má rozlohu přes 200 hektarů. Doporučení pro snížení velikosti půdních bloků bylo ukládáno pouze pro kultury standardní orné půdy s výměrou přesahující 30 ha a svažitostí přesahující 3°.

7.6.7 Nepropustnost povrchu

Základem analýzy nepropustnosti povrchu krajinného pokryvu je index odvozený z dat DPZ. Index NDBI (Normalized Difference Built-up Index) zvýrazňuje především plochy zástavby. Hodnota NDBI se pohybuje od -1 po 1, přičemž je možné ho interpretovat tak, že právě kladné hodnoty indexu znázorňují zastavěné plochy, případně holou půdu a záporné hodnoty ukazují na ostatní typy povrchu. Příprava tohoto indexu je popsána výše v kapitole 7.2.2.

Analýzy ukázaly, že data DPZ nejsou pro znázornění míry zpevněnosti či nepropustnosti ploch dostatečně podrobná. Zároveň lze ale konstatovat, že tento jev ovlivňuje i další hodnoty, které je možné využít jako proxy data. Přehřívání povrchu či míra sucha úzce souvisí s nepropustností ploch především sníženou infiltrací srážkových vod a omezeným ochlazováním povrchu díky evapotranspiraci.

7.6.8 Zastavěná a nezastavěná území

Součástí klasifikace území MSK je i rozlišení na zastavěná a nezastavěná území. Z hlediska identifikace ZI se však jedná spíše o vymezení městských prostředí (urban) a volné krajiny, venkovských oblastí (landscape, rural). Pro potřeby tohoto projektu je tedy nutné vymezit, která sídla spadají do té či oné kategorie. V rámci České republiky neexistuje žádný legislativní nebo expertní limit, který by toto rozdělení umožnil. Velikost sídel považovaných za venkovská se v zahraničí výrazně liší, protože rozložení obyvatel i uspořádání sídel je v každé zemi odlišné.

Na základě znalosti rozložení obyvatel a struktury sídel v ČR byl limit pro venkovské sídlo nastaven na **200 obyvatel**. Tento limit znamená, že zastavěné území sídel s počtem obyvatel nižším než 200 je považováno za nezastavěné či za plochu volné krajiny. Tento limit se následně vztahuje na další analýzy, které jsou zaměřené specificky na jednu či druhou kategorii území.

Použita data „Počet obyvatel v obcích České republiky k 1. 1. 2022“ z ČSÚ, filtrováno podle počtu obyvatel a obcí v MSK. Obce pod 200 obyvatel nejsou součástí zastavěného území MSK. Zastavěná území – použita data ÚAP pro jednotlivé ORP. Data byla posbírána ze všech ORP, v případě nutnosti upravena, provedena oprava geometrií.

7.6.9 Pohyb veřejnosti (citlivé skupiny obyvatel)

Za citlivé skupiny obyvatel lze považovat skupiny, které žijí se zvýšeným rizikem vážných onemocnění, případně jsou citlivější na kvalitu životního prostředí ať už z důvodu jejich věku, zdravotního stavu nebo jejich kombinací. Na základě tohoto pohledu lze identifikovat základní skupiny a místa jejich soustředění v prostoru. Jako citlivé skupiny obyvatel definujeme seniory, děti a obyvatele se zdravotními potížemi.

Z dostupných dat ZABAGED lze geograficky vymezit soustředění těchto skupin v prostoru, konkrétně se jedná o vrstvu areálů účelové zástavby, kde lze dle atributu vyfiltrovat školy, školská, sociální a zdravotnická zařízení. Na základě těchto ploch byly vymezeny oblasti, kde dochází ke zvýšené koncentraci těchto citlivých skupin obyvatel. Vyloučena byla sociální zařízení, která poskytují terénní služby.

Doporučení pro zlepšení stavu ZI v místech s vyšším pohybem citlivých skupin obyvatel byla uložena pro jednotlivé areály školských, zdravotnických a sociálních služeb pro hodnoty průměru NDVI max nižší než **0,5** a zároveň tam, kde takové doporučení dávalo z hlediska kontextu prostředí smysl (porovnáno s ortofoto mapou, vyloučeny např. areály sousedící s rozlehlými parky atp.).

7.6.10 Dostupnost ZI

Základním indikátorem dostupnosti je vzdálenost ze sídla či obydlí k nejbližšímu prvku ZI. Tato vzdálenost může být vyjádřena jako čistě lineární vzdálenost (tzv. vzdálenost vzdušnou čarou), cestovní vzdálenost (na základě cestní sítě), nebo jako odhadovaný čas cesty. Byly provedeny dva typy analýz. Z hlediska obyvatelstva lze na problematiku nahlížet jako na rozlohu ZI dostupné v určité cestovní vzdálenosti od okraje sídla. Proto byla použita síťová analýza, která umožní určit dostupnost ZI pro obyvatelstvo. Vstupními daty analýzy byla mapa vymezení ZI, data ZABAGED –

vrstvy ulice, silnice ve výstavbě, silnice neevidovaná, silnice, dálnice, cesta, a další data o cestní síti pro pěší a cyklisty z dat ÚAP (cyklostezka, hipostezka a pěší stezka) a v neposlední řadě statistická data o počtu obyvatel v sídlech (>200 obyvatel).

Pro síťovou analýzu extravilánu byl použit algoritmus oblasti služeb pro každé sídlo, s ohledem na předem definovanou dobu 5 a 15 minut (obojí označované jako „cestovní náklady“) a s počátečními body na hranicích zastavěných území. Tyto vstupní hodnoty jsou založeny na doporučení britské agentury Natural England²⁰ (5 min.) a obecném doporučení Evropské agentury pro životní prostředí a italského statistického institutu²¹ (15 min.).

Nová vektorová liniová vrstva je založena na cestní síti a úsecích, kterých lze za definovanou vzdálenost či čas dosáhnout. Výstupy analýz byly dále využity pro tvorbu izochronní mapy, kde cestovní vzdálenosti, popř. časy jsou si rovny v rámci jednoho pásma. Izochronní mapa je založena na síti hexagonů o průměru 50 m a určuje plochy ZI, ke kterým mají obyvatelé sídel přístup v rámci doby 5 a 15 minut vně zastavěného území.

Pro analýzu dostupnosti ZI uvnitř sídel byl použit jiný princip. Byly vyhledány úseky ulic a cest, které jsou v rámci zastavěného území vzdáleny dále než 5, respektive 15 minut chůze od hranic ZI. Tyto vyfiltrované úseky se v některých případech překrývají s úseky identifikovanými v předchozí analýze jako úseky s dostupnou ZI. Proto byly tyto úseky odstraněny z výběru.

Byla tedy určena doporučení na zlepšení dostupnosti ZI pro úseky ulic a cest, pro které není dostupná ZI v rámci 5, respektive 15 minut chůze a zároveň tam, kde takové doporučení dávalo z hlediska kontextu prostředí smysl (porovnáno s ortofoto mapou, vyloučeny např. zbytkové velmi krátké segmenty, úseky ulic v industriálních nebo administrativních oblastech bez obytných budov).

V rámci této analýzy byly identifikovány pouze dva úseky, které splňují výše uvedená kritéria. Tento výsledek v podstatě odpovídá míře pokryvu zastavěných území modro-zelenou infrastrukturou, která je v rámci MSK vysoká.

²⁰ NATURAL ENGLAND 2010. Nature nearby: Accessible Natural Greenspace Guidance. Sheffield: Natural England <http://publications.naturalengland.org.uk/publication/65021>

²¹ AMBIENTE ITALIA RESEARCH INSTITUTE. 2003. European Common Indicators: Towards a Local Sustainability Profile. Final Report. Milano, Italy. Available at: http://www.cityindicators.org/Deliverables/eci_final_report_12-4-2007-1024955.pdf (accessed on 19 May 2016)

7.6.11 Funkční využití území

Dalším podkladem pro klasifikaci krajinného pokryvu, a především prvků ZI je podkladová vrstva funkčního využití území. Klasifikace vychází z vymezení základních funkčních ploch používaných při pořizování ÚPD. Zdrojem dat pro klasifikaci byly právě vrstvy základních funkčních ploch z ÚAP případně doplněné o další s cílem pokrýt celé území kraje. Kategorie funkčního využití území jsou oproti ÚAP částečně zjednodušené do základních kategorií uvedených v tabulce č. 17. Podrobnější kategorie jsou uvedeny v příloze č. 5.

Tabulka č. 17. Kategorizace funkčního využití území

Kód	Kategorie funkčního využití
A	zemědělské
B	bydlení
D	doprava
G	těžba
H	smíšené výrobní
L	lesní
N	přírodní
M	smíšené nezastavěné území
O	občanské vybavení
P	veřejná prostranství
R	rekreace
S	smíšené obytné
T	technická infrastruktura
V	výroba
W	vodní a vodohospodářské
X	specifické využití
Z	zeleň

7.6.12 Překryv ZI s ÚSES a ochrana prvků ZI v ÚPD

Výsledná mapa vymežující prvky ZI byla porovnána s dostupnými podklady zaručujícími jejich ochranu v ÚPD. Základním podkladem pro toto porovnání jsou vrstvy ÚSES konkrétně pro nadregionální a regionální úroveň tohoto systému. Byla získána data i pro lokální úroveň ÚSES, proto byla ZI porovnána i s tímto podkladem. Výstupem analýzy je statistika překryvu prvků ZI.

Z analýzy vyplývá, že většina plochy ZI, jak byla identifikována v kategorizaci krajinného pokryvu, není z hlediska ÚPD chráněna nástrojem ÚSES. Vymezené plochy ZI zahrnují širší pojetí krajinné zeleně často méně kvalitní, než je zeleň v prvcích ÚSES.

7.6.13 Překryv ZI s územími ochrany přírody

Pro identifikaci překryvu navržených doporučení se zvláště chráněnými územími byla provedena analýza překryvu skutečné plochy doporučení s vrstvami chráněných území. V případě liniového prvku byla plocha doporučení vytvořena pomocí obalové vrstvy s šířkou 3 m na obě strany od linie. Do analýzy vstupovaly maloplošná chráněná území, velkoplošná chráněná území, ptačí oblasti a evropsky významné lokality. Atribut územní ochrana (bez ochrany, CHKO, EVL, ptačí oblast) byl přiřazován pouze pro jednu kategorii chráněného území, což znamená, že identifikovaný překryv s jednou kategorií nevylučuje překryv i s dalšími kategoriemi včetně maloplošných zvláště chráněných území.

7.6.14 Majetkoprávní vztahy

Pro identifikaci majetkoprávních vztahů byly vyfiltrovány všechny obce a dále všechny veřejné instituce na území MSK, viz Příloha č. 6, a na základě jejich unikátního identifikačního čísla ekonomického subjektu (IČ) byly vyfiltrovány pozemky v jejich vlastnictví z katastrálních dat. Takto vyfiltrovaná vrstva pozemků bude použita pro kategorizaci území MSK, respektive prvků ZI.

Vektorová data katastru nemovitostí byla stažena pomocí pluginu ČÚZK skrze software QGIS na základě seznamu kódů katastrálních území ležících na území MSK. Tato data byla stažena 1. 8. 2022. Parcely katastru vlastněné obcemi a veřejnými institucemi byly vyfiltrovány a předány zpracovateli. Jedná se o soubor s více než 200 tis. prvky. Cca 500 prvků bylo bez geometrie, smazáno. Pro snazší manipulaci se souborem byly prvky sloučeny – rozpuštěny podle IČ. Tedy vytvořeny multipolygony vlastněné jednotlivými subjekty. Velké množství prvků má rozlohu pod 25 m², ty byly ponechány. Část prvků nevypovídá o vlastnictví parcely, ale o právu hospodaření s majetkem státu či tzv. duplicitním zápisu vlastnictví. Názvy subjektů byly k vrstvě připojeny ze CSV souborů na základě shody čísla IČ.

Atribut vlastnictví (veřejné, soukromé, veřejné i soukromé) je k jednotlivým navrženým doporučením přiřazován na základě analýzy překryvu skutečné plochy doporučení s pozemky z katastru nemovitostí. V případě liniového prvku byla plocha doporučení vytvořena pomocí obalové vrstvy s šířkou 3 m na obě strany od linie.

7.7 Limity metodiky

Předkládaná metodika je experimentální. Vychází z teoretických úvah a přes vlastní definici pojmu zelené infrastruktury navrhuje postup zpracování a analýzy dat. Limity této metodiky jsou popsány v následujících bodech:

- Metoda je založena na vlastní definici (modro)zelené infrastruktury, neboť jednotná a jasná definice stále není k dispozici. Proto je kladen důraz na podrobnou rešerši a volbu inspiračních pramenů pro samotné vymezení pojmu.
- Metoda poskytuje jen omezenou informaci o skutečném současném stavu částí krajiny, oblastí a prvků zelené infrastruktury. Tyto informace nelze získat jinak než terénním průzkumem.
- Metoda poskytuje přehled o potenciálu založeném na typologicky odpovídajících prvcích a částech krajiny, nikoliv o míře, v jaké nyní poskytují „ekosystémové služby“
- Méně podrobné měřítko či rozlišení některých výchozích vrstev může mít dopad na přesnost výstupu analýzy. Většina podkladových dat je však k dispozici v dostatečně podrobném rozlišení. Tento limit je podrobněji popsán v následující kapitole.
- Kvalitativní posouzení je založeno na použití vegetačních a dalších indexů vycházejících ze snímků DPZ a jejich vzájemné kombinaci. Limit spočívá v omezeném množství analyzovaných snímků, kdy předpokládáme zachycení reprezentativního stavu na základě kvalifikovaného výběru z dostupných dat (sezóna, čas). Dalším limitem je kategorizace dat vegetačních indexů na základě empiricky stanovených rozmezích hodnot. Tato rozmezí je však možné měnit na základě porovnání dat s jinými vstupy a kalibraci na regionální hodnoty.
- Výběr jevů zahrnutých do analýzy je arbitrární a omezený dostupností prostorových dat. Těžiště analýzy je však dle zadání ve zpracování snímků z DPZ, kdy tematické vrstvy pomáhají v druhém kroku analýzy: vymezení sítě.

7.7.1 Měřítko a prostorové rozlišení mapových výstupů

Cílovým měřítkem podle zadání projektu je 1:10 000. Dalším cílem bylo také pořídít podkladová data z veřejně přístupných zdrojů. Proto jsou základními zdroji dat DPZ projekty poskytující data z družic Sentinel-2 a Landsat 8. Data z těchto zdrojů dosahují rozlišení 10 metrů pro nejpodrobnější produkty, což se musí nutně odrazit i ve finální měřítku mapových výstupů.

Podle metody profesora Waldo Toblera²², je pravidlem vydělit jmenovatele cílového mapového měřítka hodnotou 1 000 pro identifikaci detekovatelné velikosti prvku v metrech. Pro identifikaci správného rozlišení se detekovatelná velikost prvku vydělí ještě hodnotou 2.

Výsledkem je, že pro určení odpovídajícího mapového měřítka je nutné použít následující vzorec s využitím velikosti pixelů (rozlišení) podkladových dat:

Mapové měřítko = rozlišení rastrových vrstev (v metrech) * 2 * 1000

Jak bylo popsáno v předchozích kapitolách, zdrojovými daty tohoto projektu jsou snímky družice Sentinel-2 o prostorovém rozlišení 10 m (nejpodrobnější pásma). To znamená, že vhodným mapovým měřítkem výstupů projektu založeném na těchto vstupních datech by mělo být měřítko 1:20 000 pro výstupy připravené z nejpodrobnějších pásem.

Na přesnosti rastrového snímku závisí měřítko výsledné mapy, proto by výsledná mapa měla být vždy vytvářena ze vstupů s odpovídajícím nebo lepším prostorovým rozlišením. To znamená, že využití tzv. převzorkování satelitních snímku na prostorové rozlišení 5 m, tak aby odpovídalo požadovanému měřítku 1:10 000, by znamenalo snížení přesnosti a kvality výstupů a omezení vypovídající hodnoty celého procesu metodiky.

S ohledem na správné měřítko výstupních map pro tento projekt tedy bude nutné zohlednit prostorové rozlišení a měřítka vstupních dat (rastrových i vektorových).

²² Tobler, W., 1987. Measuring spatial resolution, proposed to the 1987 Beijing conference on Land Use and Remote Sensing, Geography Department, University of California.

8 Závěr

Základem tohoto dokumentu jsou teoretické úvahy nad konceptem MZI, rešerše inspiračních pramenů z ČR i zahraničí a soupis východisek této metodiky. Z těchto teoretických oblastí vychází samotná definice ZI, která již má zásadní přesah do praktické roviny metodiky. Z definice vytvořené pro potřeby tohoto projektu je již jasné, že ZI spojuje plochy kryté po většinu roku vegetací, případně vodní hladinou, a že ZI zasahuje jak do volné krajiny, tak i do samotných měst a obcí. Právě tato definice umožňuje následnou typologii krajinného povrchu a rozlišení ZI v jeho kategoriích. Další částí dokumentu je pak již popis postupu získání a zdrojů dat, jejich příprava a zpracování a samotné analýzy. Metodika dále překládá postupy na ověření přesnosti provedených analýz a také soupis známých limitů, které mohou omezovat přesnost či kvalitu výstupů.

Tato metodika a výstupy pramenící z její implementace v následujících fázích projektu budou sloužit jako odborné podklady pro implementaci AS MSK a zvýšení odolnosti kraje vůči změnám klimatu.

9 Literatura

Benedict, M. & McMahon, E. & Fund, The & Bergen, L., 2006. Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities. Bibliovault OAI Repository, the University of Chicago Press.

Braquinho, C., Cvejić, R., Eler, K., Gonzales, P., Haase, D., Hansen, R., Kabisch, N., Rall Lorange, E., Niemela, J., Pauleit, S., Pintar, M., Laforteza, R., Santos, A., Strobach, M., Vierikko, K., Železnikar, Š., 2017. A typology of urban green spaces, ECO- 7, 61.

Dýrová, E., 1988. Ochrana a organizace povodí – Návodů ke komplexnímu projektu, výběrovému předmětu a diplomnímu semináři, učební text, Ediční středisko VUT Brno, Brno, 5. vyd. přepracované, 190 s.

Gao, Bo-cai, 1996. NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space Remote Sensing of Environment Volume 58, Issue 3, December 1996, pp. 257-266.

Janeček, M. a kol., 2012. Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodika. Praha: ČZU. ISBN 978-80-87451-42-9.

Krejčí, L. et al., 2019. Regionální strategie adaptačních opatření pro Pardubický kraj: Předkládací zpráva, Institut environmentálních výzkumů a aplikací.

Kučera, P. et al, 2022. Metodika vymezení zelené infrastruktury v územně plánovací dokumentaci, zejména v územním plánu: Zpracováno v rámci projektu TAČR Vymezení zelené infrastruktury v územně plánovací dokumentaci, zejména v územním plánu, jako nástroj posilování ekosystémových služeb v území, Mendelova univerzita V Brně.

McFeeters, S.,K., 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features, International Journal of Remote Sensing, 17:7, pp. 1425-1432.

McRae, B.H., V.B. Shah, and T.K. Mohapatra. 2013. Circuitscape 4 User Guide. The Nature Conservancy. <http://www.circuitscape.org>.

Olofsson, P., Foody, G., M., Herold, M., Stehman, S., V., Woodcock, C., E., Wulder, M., A., 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change, *Remote Sensing of Environment*, v. 148, pp. 42-57, ISSN 0034-4257, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>.

Rouse David, C., Bunster-Ossa Ignacio, F., 2013. *Green Infrastructure: A Landscape Approach*, American Planning Association, Report Number 571, Chicago.

Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell, and D.W. Deering, 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, In: S.C. Freden, E.P. Mercanti, and M. Becker (eds) *Third Earth Resources Technology Satellite–1 Symposium. Volume I: Technical Presentations*, NASA SP-351, NASA, Washington, D.C., pp. 309-317.

Tobler, W., 1987. Measuring spatial resolution, proposed to the 1987 Beijing conference on Land Use and Remote Sensing, Geography Department, University of California.

Vítek, J., Hora, D., Vacková, M., 2021. Modrozelená infrastruktura v českém stavebnictví, příspěvek na mezinárodní konferenci Počítáme s vodou, Praha.

Wischmeier, W., H., Smith, D., D., 1978. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. *Agricultural Handbook*. No. 537. US Department of Agriculture, Washington, DC.

Zha, Y., Gao, J., & Ni, S., 2003. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery, *International Journal of Remote Sensing*, 24:3, pp. 583-594.

Seznam příloh

Příloha 1 – Přehled dat, jejich zdrojů a vlastností

Příloha 2 – Typologie krajinného pokryvu s podrobnými kategoriemi a jim přiřazenými vektorovými vstupy a postupy filtrování dat

Příloha 3 – Zpráva z ověření přesnosti řízené kategorizace krajinného pokryvu

Příloha 4 – Vstupní hodnoty pro analýzu spojitosti ZI

Příloha 5 – Podrobné kategorie funkčního využití území

Příloha 6 – seznam unikátních identifikačních čísel ekonomických subjektů (IČ) pro všechny obce a všechny veřejné instituce na území MSK

