

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra geografie



Bc. Matěj Kašpar

MOŽNOSTI A TRENDY MAPOVÁNÍ SÍDLIŠTNÍ ZELENĚ

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Aleš LÉTAL, Ph.D.

Olomouc 2024

Bibliografický záznam

Autor (osobní číslo):	Matěj Kašpar (R220042)
Studijní obor:	Geografie a regionální rozvoj
Název práce:	Možnosti a trendy mapování sídlištní zeleně
Title of thesis:	Possibilities and trends in mapping of housing estates greenspace
Vedoucí práce:	RNDr. Aleš LÉTAL, Ph.D.
Rozsah práce:	113 stran, 24 vázaných příloh
Abstrakt:	<p>Předmětem této práce je dohledání a aplikace aktuálně používaných metod při mapování dřevin, které jsou využitelné pro širokou zainteresovanou společnost. To znamená, že metody nejsou náročné na výpočetní techniku a vstupní data nejsou těžko sehnatelná. Z jednotlivých metod je v této práci vytvořen syntetizující postup, který zefektivňuje proces mapování. Práce tak přináší základy pro automatizaci mapování dřevin. Všechny metody byly aplikovány v prostředí sídlištních bloků v Pardubicích a v Olomouci. Data sesbíraná během mapování byla analyzována a byla vyhodnocena struktura jednotlivých bloků, které byly kartograficky vizualizovány. Jednotlivé bloky jsou velmi pestře osázeny a výrazná monotónnost zde není.</p>
Klíčová slova:	dálkový průzkum země, hluboké učení, mapování, zeleň, sídliště
Abstract:	<p>The subject of this thesis is the identification and application of currently used methods for mapping woody plants that are useful for the interested general public. That means that the methods are not computationally challenging and the input data are not hard to obtain. From the individual methods, a synthesizing procedure is developed in this thesis to make the mapping process more efficient. The work thus provides a basis for the automation of woody plant mapping.. All methods have been applied in the environment of housing estates in Pardubice and Olomouc. The data collected during the mapping were analyzed and the structure of the individual blocks was evaluated and visualized cartographically. The individual blocks are very varied and there is no significant monotony.</p>
Keywords:	remote sensing, deep learning, mapping, greenery, housing estates

Prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem veškerou použitou literaturu a internetové zdroje uvedl v seznamu použité literatury.

V Olomouci dne 18.4.2024

.....

Bc. Matěj Kašpar

Děkuji RNDr. Aleši Létalovi, Ph.D. za vedení během této práce, poskytnutý materiál a za jeho obětovaný čas. Dále děkuji všem, kteří mi jakýmkoliv způsobem poskytli pomoc.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Matěj KAŠPAR
Osobní číslo: R220042
Studijní program: N0532A330021 Geografie a regionální rozvoj
Téma práce: Možnosti a trendy mapování sídlištní zeleně
Zadávající katedra: Katedra geografie

Zásady pro vypracování

Zeleň na sídlištních hraje klíčovou roli při modifikaci mikroklimatu, podpoře biodiverzity, plnění ekosystémových funkcí, poskytování prostoru pro volnočasové aktivity a estetickém vzhledu. Tímto způsobem přispívá k udržitelnému rozvoji sídlišť, adaptaci a mitigaci klimatických změn, vytváření chráněných oblastí a posilování městského ekosystému. Je tedy klíčovým prvkem krajiny, jehož podrobné mapování je nezbytné pro následné zhodnocení struktur a benefitů. V rámci konkrétních podmínek a možností mapování zeleně na sídlištních v České republice budou zkoumány moderní metody a přístupy. Autor na základě terénního výzkumu ověří možnosti a trendy v mapování a vizualizaci dřevin a dostupná data pro konkrétní měřítkovou úroveň. Aktuální technologické možnosti budou testovány na reálném příkladu z praxe.

Rozsah pracovní zprávy: 20 000 – 24 000 slov
Rozsah grafických prací: Podle potřeb zadání
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam doporučené literatury:

Carvajal-Ramírez, F. (2021). *UAV Photogrammetry and Remote Sensing*. Basel: MDPI. 260 s.
Hendrych, J. a kol. (2018): *Struktury urbanizované zeleně*. České vysoké učení technické v Praze, 198 s.
Jensen, J. R. (2014): *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. Second Edition. Edinburgh Gate: Pearson. 619 s.
Konijnendijk, C. C., Nilsson, K., Randrup, T. B., Schipperijn, J. (Eds.) (2005). *Urban forests and trees: A reference book*. Springer Science+Business Media. 520 s.
McBride, J. (2017): *The World's Urban Forests: History, Composition, Design, Function and Management*. Cham, Switzerland: Springer. 266 s.
Tan, P.Y., Jim, C. (Eds.) (2017). *Greening Cities: Forms and Functions*. *Advances in 21st Century Human Settlements*, Springer. 372 s.
Weng, Q. (ed.) (2018): *LIDAR Remote Sensing and Applications*. Indiana (USA): CRC Press. 221 s.

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Aleš Létal, Ph.D.
Katedra geografie

Datum zadání diplomové práce: 30. ledna 2023
Termín odevzdání diplomové práce: 10. dubna 2024

LS.

doc. RNDr. Martin Kubala, Ph.D.
děkan

doc. Mgr. Pavel Klapka, Ph.D.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 30. ledna 2023

Obsah

1 Úvod	8
2 Cíle	10
3 Metodická východiska	11
3. 1 Vymezení zkoumaného území	12
3. 2 Zdroje dat a jejich zpracování	16
3.2.1 Zdroje dat DPZ	16
3. 2. 2 Terénní mapování	19
3. 2. 3 Data sesbíraná veřejností	19
3. 2. 4 Zhodnocení přesnosti dat	20
3. 3 Integrace metod deep learning do ArcGIS Pro	21
3.4 Hodnocení struktury sídlištní zeleně	22
3.5 Vizualizace a prezentace výsledků	25
4 Teoretická východiska	27
4. 1 Sídlště a sídlištní zeleň	27
4. 2 Benefity zeleně v městském prostředí	30
4. 3 Moderní přístupy mapování zeleně	32
4. 3. 1 Dálkový průzkumu Země	32
4. 3. 2 Využití umělé inteligence pro mapování zeleně	36
4. 3. 3 Hodnocení zdraví dřevin s využitím spektrálního chování	39
4. 3. 4 Přesah a sjednocení umělé inteligence, DPZ a mapování zeleně v praxi	40
4. 3. 5 Public science	41
5 Výsledky práce	44
5.1 Mobilní mapování	44
5. 2 DPZ a Deep Learning	46
5. 3 Zjišťování dílčích atributů dřevin	52
5. 4 Propojení nástrojů a návrh postupu	56
5. 5 Vizualizace dřevin na mapách sídlištních bloků	59
5. 6 Struktura sídlištní zeleně	62
6 Diskuze	74
7 Závěr	78
8 Summary	79
9 Seznam literatury	81
10 Přílohy	90

1 Úvod

Sídliště jsou části měst, kde je koncentrováno obyvatelstvo za účelem bydlení. U nás jsou spojena především s obdobím socialismu, kdy byl nedostatek bydlení. Tyto bytové celky byly ekonomicky i časově efektivní odpovědí na bytovou krizi v té době. Sídliště ovšem nejsou fenoménem pouze bývalých socialistických zemí východního bloku, ale objevují se i v těch západních. Mnoho lidí v České republice je však vnímá negativně a asociují s nimi pozůstatek socialismu. Sídliště jsou také vnímána jako „betonové džungle“ ale mnoho lidí si již neuvědomuje, že v rámci měst se jedná o jednu z nejzelenějších ploch.

Charakter výstavby sídlišť se měnil stejně jako se měnil urbanismus i jiných částí měst v průběhu času. S tím souvisí i předpoklad různého osázení dřevinami, které tento zastavěný celek doplňují. Různá výsadba má různý vliv na svoje okolí. Zeleň na sídlištích poskytuje hned několik převážně pozitivních faktorů a výrazně přispívá ke kvalitnímu bydlení. Zvyšuje estetickou hodnotu míst, pozitivně ovlivňuje klima, přispívá ke zdraví obyvatel tím, že poskytuje prostor pro sport, ale i pozitivně působí na psychiku člověka. Zeleň také vytváří příležitosti pro komunitní aktivity. Mimo faktory pozitivní pro člověka poskytuje zeleň i benefity pro ekologii města. Dokáže zpomalit odtok vody, snížit kontaminaci půdy a vzduchu a poskytuje stanoviště pro další organismy.

Z těchto důvodů je důležité, aby samosprávy měly svou zeleň zmapovanou a ohodnocenou, aby mohla nadále poskytovat své benefity a nepředstavovala hrozbu. S vývojem technologií se zdokonaluje přístup k mapování, což vede k efektivnějšímu zpracování dat a monitoringu. Dříve bylo mapování považováno především za terénní práci a bylo spojeno se zakreslováním do archu. S vývojem dálkového průzkumu země a GIS technologií se práce kartografů přesunula více za monitor počítače, odkud je možné provádět s postupem času více a více operací. V současné době se vyvíjí i umělá inteligence, která je schopna zastat práci, kterou dříve musel vykonávat člověk. Dnes již umělá inteligence zasahuje i do mapování. Rychlý vývoj technologií je činí dostupnějšími pro člověka. Uživatel se již nemusí spoléhat pouze na data poskytované jiným subjektem, ale může si je poměrně snadno pořídit sám. Roste také počet poskytovatelů, kteří svoje data umožňují používat zdarma. Technologie však nejsou jediným inovativním způsobem, co se týče mapování zeleně. Moderním trendem je zapojování veřejnosti do dění v jejich městě. Participace občanů může posilovat pocity vlastnictví, odpovědnosti či hrdosti.

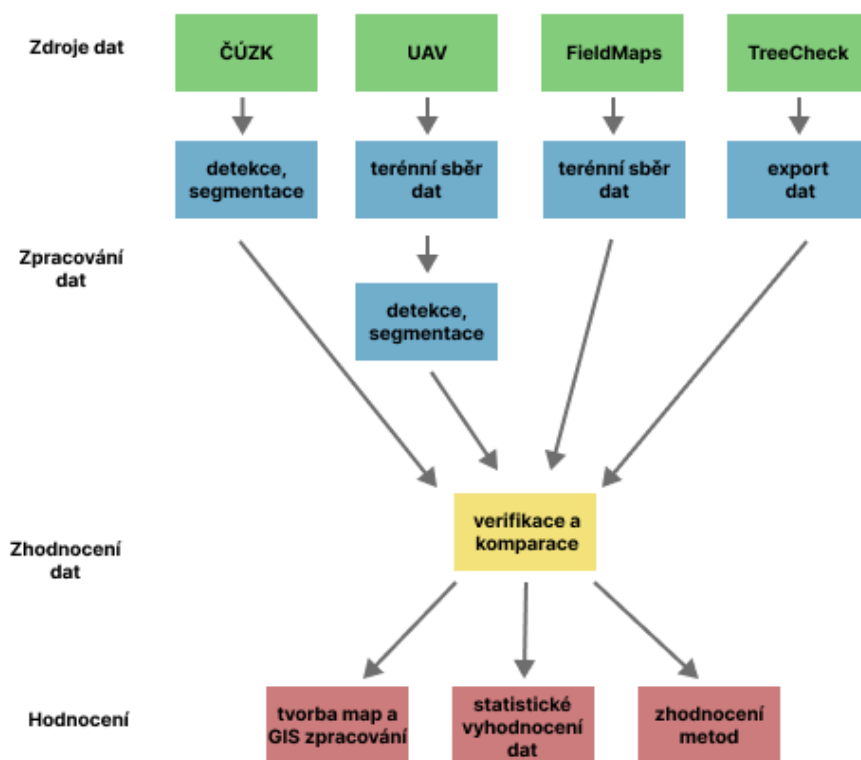
Zmapování zeleně na sídlištích umožní lepší pochopení vztahů týkajících se urbanismu, ekologie, sociologie a geografie. Mapování usnadní pochopení komplexní problematiky sídlištní zeleně a poslouží k dalším pracím navázaných na zjištěné charakteristiky a struktury. Ne ve všech městech je zezeň kvalitně zmapována a vedení záznamů o ní může zvýšit efektivitu při péči o ni. Mapování může také posloužit pro budoucí plánování sídlištní zeleně v kontextu změny klimatu, bezpečnosti ale i rozvoji kvalitnějšího bydlení.

2 Cíle

Hlavním cílem této práce je dohledání a implementace aktuálních trendů v oblasti mapování zeleně, a to konkrétně dřevin na sídlištích. Klíčovým cílem je aplikace těchto nástrojů, postupů a technologií dle možností autora. Důležité je, aby i tyto možnosti byly využitelné pro širší zainteresovanou společnost. Využití těchto moderních přístupů je předpokladem pro efektivnější sběr geodat o dřevinách. Tyto metody budou aplikovány na vybraných sídlištích v České republice. Navazujícím cílem je navržení syntetizujícího postupu, který by usnadnil a zefektivnil mapování zeleně dle daných možností a tento postup bude proveditelný pro většinou zainteresovaných uživatelů. To znamená, že nebudou kladeny vysoké nároky na výpočetní výkon a na těžko dostupná data. Během aplikace těchto metod bude sbíráno velké množství dat. Sbíraná data budou analyzována a bude vyhodnocena struktura dřevin na vybraných sídlištních blocích. Bude také ověřeno, zdali se nějakým způsobem struktura opakuje a jakým způsobem jsou dřeviny uspořádány. Díky těmto analýzám bude možné prezentovat generalizované výsledky sběru dat.

3 Metodická východiska

Metodika výzkumu je kombinací několika přístupů, a těmi jsou dalekový průzkum země (dále DPZ), využití umělé inteligence pro detekci a segmentaci korun stromů, terénní mapování s pomocí online aplikace pro sběr dat a také využití dat sesbíraných veřejností. Ze zkoumaných metod byla provedena syntéza, ze které byl vytvořen návrh postupu, který alespoň z části usnadňuje pasport zeleně. Získaná data byla analyzována a následně byla vyhodnocena struktura dřevin na sídlišťích blocích pomocí kvantitativních přístupů. Dřeviny byly názorně vizualizovány dle měřítkové potřeby. Schéma postupu práce je na obr. 1.



Obrázek 1: Postup práce
Autor: Matěj Kašpar

3. 1 Vymezení zkoumaného území

Jak uvádí Rigatti (2000), každé sídliště má pravidelnou strukturu a lze zde pozorovat menší celky, které se opakují. Tyto celky pak nazýváme jako sídlištní bloky, které v rámci tohoto výzkumu budou základní výzkumnou jednotkou. Sídlištní bloky budou náhodně vybrané ze sídlišť na území měst Pardubice (obr. 2) a Olomouc (obr. 3). V některých případech sídlištní blok souhlasí s hranicemi pozemkové parcely. Pokud tomu takto bylo, byl vymezen sídlištní blok dle této hranice. Pokud hranice parcely nekorespondovala, byla vytvořena hranice dle komunikace, kterou představuje silnice či chodník. V každém sídlištním bloku by se měl pak nacházet právě jeden obytný dům a k němu přilehlá plocha zeleně.

Pardubice – Dukla

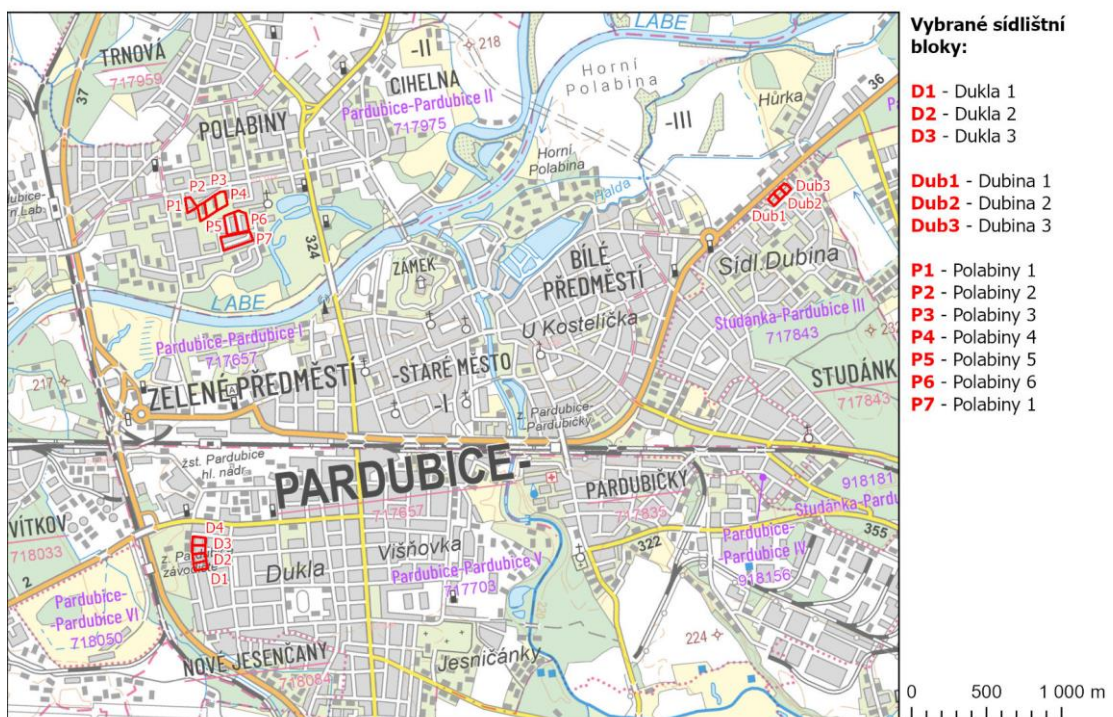
Na sídlišti Dukla v Pardubicích byly mapovány čtyři sídlištní bloky, a to všechny na parcelním čísle 2165/9. Jedná se o sídliště, které bylo vybudováno mezi lety 1947 až 1956 pro 11 000 obyvatel Pardubic. Uliční rastr je zde téměř pravoúhlý a jsou zde jasně patrné bloky a polobloky. Během realizace došlo ke změně a projekt by přepracován. Po přepracování se tak objevují stavby s polouzavřeným dvorem, což není ale případ zvolených bloků v této práci. Co se týče architektury, tak sídliště je vybudované v socialistickém realismu (Skřivánková et al., 2016).

Pardubice – Polabiny 3

Mapování zde probíhalo na polabinském sídlišti v Pardubicích na parcelním čísle 3710/1 a bylo zde zmapováno 7 sídlištních bloků. Sídliště Polabiny v Pardubicích se začalo stavět v roce 1960. Celý projekt výstavby Polabin byl rozdělen do čtyř okrsků, avšak fakticky jich vzniklo pět. Ten pátý vznikl až po dokončení sídliště Dubina, to bylo v roce 1989. Na tomto sídlišti mělo bydlet 28 000 obyvatel. Ve třetím a čtvrtém okresku byly postaveny větší budovy a byly pravidelněji uspořádány oproti tomu prvnímu a druhému. Okrsek Polabiny 3, který byl zvolen pro tuto práci, byl budován mezi lety 1968 až 1973 (Skřivánková et al., 2016).

Pardubice – Dubina

Další z mapovaných území se nachází na katastrálním území Studánka v Pardubicích. Na tomto sídlišti mělo bydlet 14 000 obyvatel a jedná se tak o třetí největší sídliště v Pardubicích. Již od roku 1974 se zde začaly stavět první výškové budovy, ovšem hlavní výstavba proběhla v 80. letech. Celé sídliště bylo dokončeno v roce 1989. (Klub přátel Pardubicka, 2024). Mapování proběhlo na parcelním čísle 409/20 a tato plocha lze rozdělit na tři samostatné sídlištní bloky.



Obrázek 2: Zmapované sídlištní bloky v Olomouci v roce 2023

Zdroj: ČÚZK (2024 A); Prohlížeč WMS - ZTM 100

Autor: Matěj Kašpar

Olomouc – Norská

Sídliště na ulici Norská je první poválečná záměrná komplexní výstavba na zelené louce v Olomouci. Domy jsou zde uspořádané do řad a meziprostor vyplňuje zeleň. Výstavba tohoto celku byla navržena v duchu socialistického realismu a proběhla mezi lety 1948 až 1955. Bylo vybudováno 144 bytů (Skřivánková et al., 2016). Na tomto sídlišti byly mapovány tři bloky na parcelním čísle 487/4.

Olomouc – Hodolany (tř. Kosmonautů)

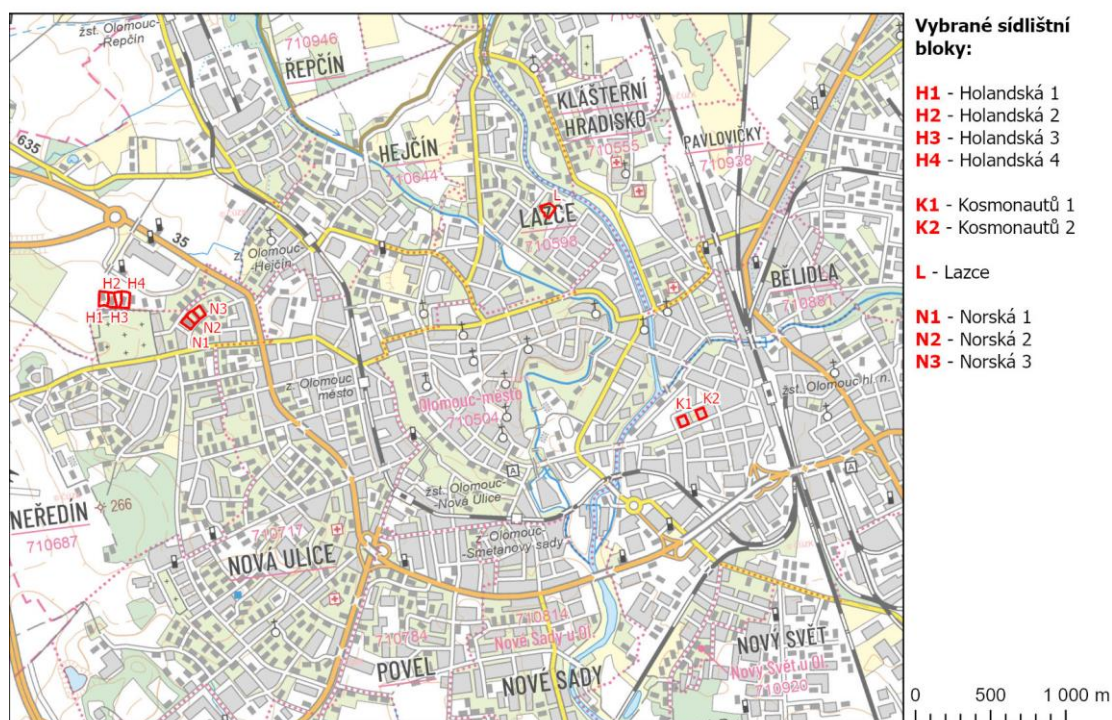
Jedná se o část sídliště na Katastrálním území Hodolany v Olomouci. K mapování byly vybrány dva bloky s parcelním číslem 624/14 a 624/10. Jedná se o sídliště postavené v první polovině 60. let na okraji bulváru třídy Kosmonautů (Mertová In. Deník, 2015).

Olomouc Lazce

Jde o sídliště na katastrálním území Lazce na území obce Olomouc. Mapování zde proběhlo uvnitř jednoho polobloku na parcele číslo 284. Budovy jsou zde netradičně uspořádány, a to do nedokončených šestiúhelníků nebo si je lze taktéž představit jako tři budovy vyběhající z jednoho bodu pod stejným úhlem. Jedním z důvodů takového uspořádání byla možnost utvořit větší celistvé plochy zeleně. Toto sídliště vzniklo mezi lety 1978 až 1985 (Skřivánková et al., 2016).

Olomouc – Holandská čtvrť

Jedná se o katastrální území Řepčín na území města Olomouce. Zde byly zmapovány dvě parcely s parcelním číslem 849/29 a 849/3. Zde lze vyčlenit čtyři sídlištní bloky. Jedná se o nejnovější sídliště ze zkoumaných, které je dle leteckých snímků stavěné po roce 2014. Mapovány byly bloky z první etapy výstavby.



Obrázek 3: Zmapované sídlištní bloky v Olomouci v roce 2023

Zdroj: ČÚŽK (2024 A): Prohlížeč služba WMS - ZTM 100

Autor: Matěj Kašpar

Vymezení bloků pro účely GIS analýzy

Lokality byly vždy vymezeny dle hran komunikací či hranic parcely. V software ArcGIS Pro bylo toto území rozšířeno o 7 m s geoprocessingovým nástrojem Buffer, aby nedošlo ke ztrátě dat (Esri, 2024 A). Toto rozšíření území je však pouze pro nástroje, analýzy v GIS a mapování. Finální výsledek obsahuje pouze skutečné hranice bloků. Stažené či pořízené snímky byly následně oříznuty pomocí nástroje Extract by Mask (Esri, 2024 B), aby se naopak neanalyzovala nepotřebná data a nebyl zatížen hardware při výpočetně náročnějších operacích.

3. 2 Zdroje dat a jejich zpracování

Ke sběru dat bylo přistupováno několika způsoby pro ověření nejdostupnějších a zároveň nejvhodnějších dat pro navrhovaný postup práce. Data byla sbírána pomocí dálkového průzkumu země, terénního mapování autora a s pomocí dat sesbíraných veřejností.

3.2.1 Zdroje dat DPZ

Pro získání dat DPZ byly vytvářeny vlastní snímky pomocí dronu (dále UAV) a dále byly využity volně dostupné letecké snímky z Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního (dále ČÚZK). Dle Matese (2015) jsou oba tyto přístupy vhodné kvůli detailnímu rozlišení obrazu, přesnosti z hlediska polohy, relativní flexibilitě uživatele, a to hlavně v případě dronu, a nízkou závislost na oblačnosti. Data ze satelitů již nejsou vhodná s ohledem na další zpracování a požadavky výzkumu i přestože poskytují snímky v různých spektrech, které by usnadnili identifikaci druhů (Hartling et al., 2021).

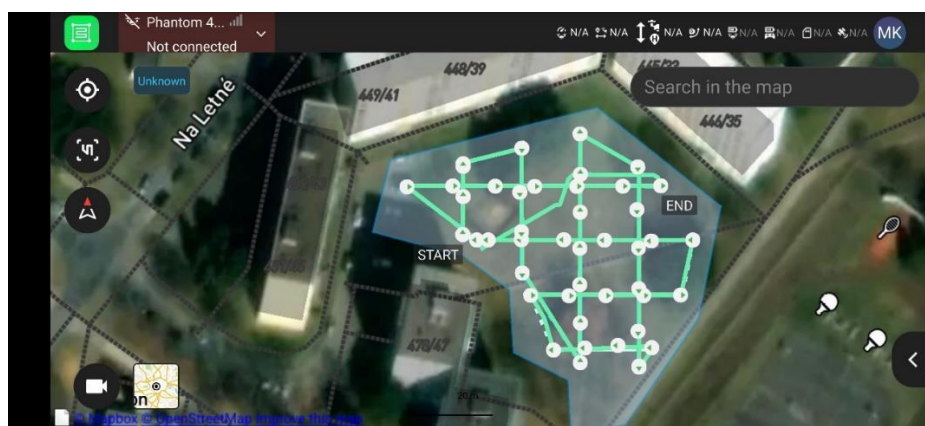
Letecké snímky

Ortofoto snímky v pravých barvách poskytované ČÚZK jsou od 1.7.2023 poskytované zcela bezplatně a díky svým parametrům a rozsahu byly vhodné i pro tento výzkum. Služba není pouze prohlížeč, ale je možné si stáhnout celou mozaiku dle potřeby uživatele. Pro účely práce budou využívány nejnovější snímky, to znamená rok 2022 pro Pardubice i Olomouc, což je ale problém z hlediska aktuality dat. Pro rok 2022 byly dostupné snímky s rozlišením obrazu 12,5 cm (ČÚZK, 2024 B).

UAV Phantom 4 Pro

Dron pro účely této práce byl zapůjčen z Katedry Geografie na Univerzitě Palackého v Olomouci. Jednalo se o dron DJI Phantom 4 Pro o váze necelých 1,4 kg, což je vhodné i pro pilotní kategorie A1 a A3, pro kterou byl autor vycvičen online kurzem. Dron dokáže vytvořit fotografie s rozlišením snímku 20 megapixelů. Tento dron má několik dalších vlastností, které jsou vhodné pro mapování dřevin v městském prostředí. Jednou z nich je snímač pro prevenci kolize s jiným objektem. Dron vydrží létat zhruba 30 minut, což je pro účely této práce dostatečné a díky přesné mechanické závěrce je obraz ostrý i přes vyšší rychlost letu (DJI, 2024).

Pro plánování letové mise byla využita mobilní aplikace Pix4Dcapture Pro. Využívání této aplikace je limitováno placenou licenci, ale uživatel si může aplikaci vyzkoušet na 15 dní zdarma. V tomto režimu byla aplikace pro tuto práci využita. Díky této aplikaci byly vytvořeny plány letu nad vybranými sídlištními bloky. Bylo vybráno takové území v rámci letecké mise, aby dron neletěl do bezprostřední blízkosti domů. Parametr výšky byl nastavován různě dle odhadu výšky budov, což odpovídalo výšce od 35 do 50 m nad povrchem. Překryv snímků byl nastavován od 70 do 80 % a kamera snímala vždy zcela kolmo na povrch. Dron létal rychlostí 4 m/s nad vybraným územím. Další nastavení bylo snímání v režimu „double grid“ (viz obr. 4). To je vhodné pro snímání k vytváření 3D modelů. Dron v tomto režimu nejprve léta jedním a zpátečním směrem a následně snímá kolmo na předchozí dráhu. Zde byl tento přístup využit především pro potřeby více snímku z různých směrů, aby byl obraz celistvý a kvalitní (Pix4D, 2024). Zpracování snímků vytvořené dronem díky aplikaci Pix4D proběhlo v prostředí ArcGIS Pro v *Ortho Mapping Workspace*. Jedná se o prostředí, ve kterém je snadné zpracovávat snímky dálkového průzkumu země nebo jiné mozaiky. Do prostředí byly nahrány fotky pořízené dronem DJI Phantom 4 Pro. Software si potřebné informace najde ve vlastnostech snímku a geolokace je načtena z formátu *EXIF*. Snímky se tak nemusí georeferencovat. Dále již není nutné pro vytvoření celistvého snímku v nastavení nic měnit a stačí proces dokončit. Během dokončování procesu software najde lícovací body na základě nich se snímky spojí a vytvoří se jeden ucelený (Esri, 2024 C). S UAV byly pro porovnání nalétány dvě lokality, a to sídlištní blok Lazce a blok 1 na třídě Kosmonautů v Olomouci.

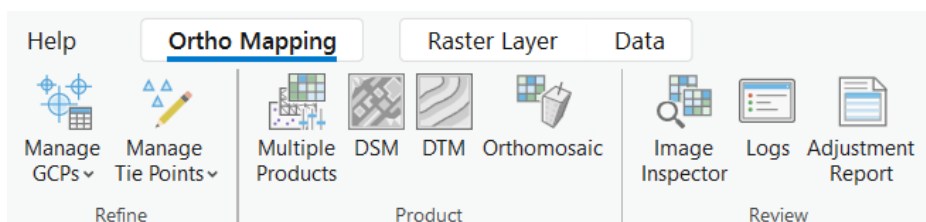


Obrázek 4: Letová dráha UAV nastavená v mobilní aplikaci Pix4Dcapture na Lazcích
Autor: Matěj Kašpar

Tvorba podkladů pro možnosti 3D modelů a informace o výšce objektů

Pomocí UAV a software ArcGIS Pro je také možné zjistit výšku stromů. Není ale možné využít ortofotosnímky poskytované ČÚZK, jelikož nenesou informaci o výšce daného pixelu. Pro takovou informaci bylo nutné nalétat plochu v režimu *double grid*, jak již bylo výše uvedeno. Pro zjišťování výšky ale i vytváření 3D modelů je vhodné, aby kamera nemířila kolmo na zem ale pod určitým úhlem. V případě této práce byla ale kamera nastavena na snímání kolmo na zem.

V software ArcGIS Pro v režimu *Ortho Mapping* byl po zhotovení mozaiky snímku v RGB barvách vytvořen pomocí *Ortho Mapping Product Wizard Digital Surface Model* (dále DSM) a *Digital Terrain Model* (dále DTM). Tyto operace je možné dělat najednou funkcí *Multiple Products* (viz obr. 5), ale z důvodu výpočetní náročnosti byly aplikace procesy spouštěny postupně (Esri, 2024 D). Pro zjištění konkrétní výšky stromu pak zbývá tyto dva rastry DSM a DTM od sebe odečíst pomocí geoprocessingového nástroje *Minus* (Esri, 2024 E). Výsledkem je rastr obsahující hodnoty pixelů, které nesou informaci o výšce nad povrchem v daném sídlištním bloku. Jednou z možností, jak převést informace o výšce do vytvořeného polygonu, je využít nástroje *Zonal Statistic* a v místě daného polygonu zjistit maximální hodnotu pixelu (Esri, 2024 F) a následně využít geoprocessingového nástroje *Raster to Point*, který převede hodnoty pixelů do bodů (Esri, 2024 G). Pomocí nástroje *Spatial Join* se propojí polygon, který vznikne například segmentací, a množina bodů. Informace z množiny bodů se propíše následně do atributové tabulky polygonu. Tím lze získat informace o výšce stromu v oblasti vymezené například segmentací (Esri, 2024 H).



Obrázek 5: Možnosti tvorby ortomozaiky, DMS a DTM v ArcGIS Pro ze snímků UAV
Autor: Matěj Kašpar

3. 2. 2 Terénní mapování

Pro sběr dat v terénu byla použita mobilní aplikace Field Maps od společnosti Esri, která byla používána pod školní licenci autora. Tato aplikace umožňuje online sběr a úpravu geoprostorových informací. Tato aplikace byla vybrána i z důvodů dalšího používání softwaru ArcGIS Pro, kam je velmi snadné tato data importovat skrze ArcGIS Online. Pro vytvoření pracovního prostředí Field Maps byl použit Field Maps Designer v prostředí ArcGIS Online. Zde bylo prvně definováno území, které následně lze stáhnout do mobilního zařízení pro offline využívání. Dále byla vytvořena bodová vrstva a přidány jednotlivé atributy, které měly body nést. Všechna sídliště byla mapována do jednoho projektu. Atributová tabulka obsahovala informace o druhu, zdali se jedná o strom listnatý či jehličnatý a zdali se jedná o strom či keř. Tyto informace musel autor zanášet ručně. Pro snadný a rychlý postup při mapování bylo využito kódování pomocí číslic pro případ volby mezi stromem a keřem, listnatou a jehličnatou dřevinou. Další informace byly do atributové tabulky vkládány automaticky aplikací. Jednalo se o informace o poloze, přesnosti, počtu spolupracujících satelitů a času (Esri, 2024 CH). Pro ověření správné identifikace druhu dřevin byla využívána aplikace *PlantNet* (Pl@ntNet, 2024). Byla ale použita pouze v případech, kdy si autor nebyl zcela jistý a výsledek z této aplikace byl porovnán s autorovým prekonceptem.

3. 2. 3 Data sesbíraná veřejností

Pro doplnění dat, které byly sbírány terénním výzkumem autora, byla využita data z aplikace Tree Check, která byla sbíraná veřejností. Konkrétně to jsou data z Olomouce ze sídlištních bloků u ulice Norská. Data nebyla stažena, ale byla georeferencována. Byly jim doplněny nezbytné atributy, což v tomto případě byl pouze druh, zda se jedná o keř či strom a zdali je to jehličnatá či listnatá dřevina. Dále samozřejmě byla do atributové tabulky importována poloha získaná ruční editací.

3. 2. 4 Zhodnocení přesnosti dat

Byla vypočtena přesnost pozemního mapování s aplikací Field Maps a to jako průměrná chybná vzdálenost od skutečné polohy s využitím snímků DPZ. Po polohové opravě byla porovnána původní vrstva, která vznikla sběrem dat v terénu a druhá manuálně opravená. Vzdálenosti od správné polohy byly sečteny a vydělané počtem měření.

Byla vypočtena také úspěšnost detekce nástroje Tree Detection, kde byly porovnávány chybně detekované objekty, nedetekované objekty, skutečně existující stromy a všechny detekované objekty. Byla tedy vypočtena procentuální úspěšnost správné detekce jako poměr správně detekovaných k počtu skutečně existujících stromů. Dále byla vypočtena procentuální neúspěšnost nástroje, a to je poměr chybně detekovaných stromů ku celkovému počtu detekovaných objektů. Chybně detekovaný objekt je ten, který byl zaznačen na nesprávném místě či chybně zaznačený na koruně (například tam byl strom detekovaný dvakrát) nebo na místě, kde žádná koruna ani nebyla. Třetím ukazatelem přesnosti nástroje je procentuální vyjádření nenalezených objektů, které bylo vypočteno jako počet nenalezených stromů ku počtu skutečně existujících stromů. Rovněž byl vypočten parametr *precision*, aby mohlo dojít ke srovnání uváděné hodnoty s tou, která byla výsledná v této práci na datech dostupných pro Českou republiku.

3. 3 Integrace metod deep learning do ArcGIS Pro

Pro detekci stromů a jejich segmentaci na snímcích pořízených DPZ bylo využito nástrojů deep learning v softwaru ArcGIS Pro, které je však možné využívat až po nainstalování podpůrných knihoven *Deep Learning Libraries* od verze ArcGIS Pro 3.1 (GitHub, 2023). Na ArcGIS Living Atlas of the World lze pod výrazem „*dlpk*“ dohledávat již předtrénované modely. Pro účely této práce byly vybrány modely:

- *Deep learning model to detect trees in high resolution imagery* (dále Tree detection; Esri, 2023 A) – model pro detekci stromů
- *Meta's Segment Anything Model for segmenting objects in any imagery* (dále SAM; Esri, 2023 B) – model pro segmentaci obrazu
- *Deep learning model to detect and segment trees in high-resolution imagery* (dále Tree Segmantation) – model je kombinací obou předchozích. Detekuje objekt stromu a vytvoří obrys koruny stromu (Esri 2023 C).

U modelu Tree detection je uváděna hodnota parametru precision 0,66 stejně jako u modelu Tree segmentation. Parametr precision vyjadřuje poměr mezi správně detekovanými objekty a všemi detekovanými objekty. Všechny uvedené modely pracují s 8bitovými třípásmovými snímky. Model Tree detection dále vyžaduje rozlišení obrazu 10 až 25 cm (Esri, 2023 A; Esri 2023 B; Esri, 2023 C). Pro spuštění nástroje po doinstalování potřebné knihovny stačí zvolit v prostředí ArcGIS Pro geoprocessingový nástroj *Detect Objects Using Deep Learning*, kam stačí vložit do kolonky Input raster vhodný snímek z DPZ či celou mozaiku a dle potřeby daný model detekce či segmentace do kolonky Model Definition. V případě této práce to byl tedy Tree detection nebo SAM (Esri, 2024 I). Výpočet zabere několik minut až hodin podle velikosti snímků nebo hardwarového výkonu počítače. Jak již bylo uvedeno předtrénovaný model je optimalizovaný na data s rozlišením 10 až 25 cm, byly tedy upřednostněny ortofotosnímky poskytované ČÚZK. Data z dronu byla pro tento model příliš detailní.

3.4 Hodnocení struktury sídlištní zeleně

Struktura jednotlivých sídlištních bloků byla vyhodnocena pomocí statistických výpočtů nebo s pomocí jednoduchých sumarizovaných ukazatelů v softwaru MS Excel. Byly vybrány ukazatele, které reflektují strukturu dřevin na sídlištních blocích z různé perspektivy. Specifikace ukazatelů jsou uvedeny níže.

Druhová skladba

Byla provedena jednoduchá sumarizace všech druhů dřevin za každé území a z těchto údajů byly vytvořeny sloupcové grafy nebo dále tyto sumy vstupovaly do dalších výpočtů.

Hustota osázení sídlištního bloku dřevinami

Ukazatel udává poměr počtu dřevin k rozloze sídlištního bloku. Plošná jednotka ukazatele s ohledem na velké měřítko byla zvolena *ar*.

Index diverzity dle Oduma

Jako jeden z dalších ukazatelů byl zvolen index diverzity dle Oduma. Tento jednoduchý index nabývá hodnot od 0 do 1. Do výpočtu vstupuje poměr druhů k počtu jedinců. Čím je číslo blíže k 1 tím je společenstvo pestřejší a čím je číslo blíže k 0 nabývá podoby monokultury (Odum, 1959 In Moravec, 1994). V rámci vzorce hodnota *S* reprezentuje počet taxonů, *N* udává počet jedinců. Index diverzity dle Odama:

$$I_{div} = \frac{S}{N}$$

Simpsonův index

Index taktéž nabývá hodnot od 0 k 1 a jeho hodnota je silně závislá na nejpočetnějším druhu ve společenstvu. Tento index udává pravděpodobnost, že dva náhodní jedinci jsou stejného druhu, určujeme podle něj dominanci druhu. Čím je hodnota vyšší, tím je diverzita menší a určitý druh ve skupině dominuje a čím je nižší tím je společenstvo vyrovnanější (Pielou, 1975 In Moravec, 1994). Tento index se počítá podle tohoto vzorce:

$$D = \sum_{i=1}^S \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

S je počet taxonů, *n_i* počet jedinců v daném taxonu a *N* udává počet všech jedinců

Global Moran's I

Pro výpočet koncentrace nebo rozptylu dřevin v prostoru bylo využito ukazatele Global Moran's I, který byl vypočítán v ArcGIS Pro. Hodnoty se pohybují od -1 do 1. Čím je hodnota blíže k -1, tím jsou objekty více rozptýlené. Čím jsou blíže k hodnotě 1 tím jsou objekty koncentrovány do shluků (Moran, 1950). Vzorec výpočtu:

$$I = \frac{N}{W} \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

N je počet prostorových jednotek, *x* je zájmová proměnná, \bar{x} je průměrná hodnota z *x*, w_{ij} jsou prvky matice prostorových vah (s nulami na diagonále) a *W* je suma všech w_{ij}

Pro výpočet Global Moran's I je nutné pracovat se strukturovanými prostorovými jednotkami. Pro potřeby práce byla tedy vytvořena čtvercová síť na ploše každého sídlištního bloku a každý polygon této sítě nese informaci o počtu dřevin, které jsou uvnitř. Strana jednotlivých čtverců v síti byl nastaven na 10 metrů. Plošná výměra odpovídá jednomu *aru*, který byl zvolen zároveň jako jednotka v rámci výpočtu hustoty výsadby dřevin. Zhu et al. (2021) hodnotil právě v síti strukturu městské zeleně nikoliv pouze sídlištní jako Kłopotowski (2017). Vymezil 9 různých struktur zeleně na základě agregace, excentricity a stupně promíchání. Do hodnot jednotlivých oken sítě se pak zanášely hodnoty dalších ukazatelů například listová plocha, průměr výšky stromů, celkové množství kusů atd.

Pearsonův korelační koeficient

Daný koeficient byl použit pro srovnání prostorových jednotek a zhodnocení jejich blízkosti. Touto blízkostí není myšlena vzdálenost ale podobnost. K tomuto zhodnocení se využívá Pearsonova korelačního koeficientu, který je vhodný pro intervalová data. Z vypočteného Pearsonova koeficientu lze vytvořit matici podobnosti, která slouží například k tvorbě shluků a následné tvorbě skupin dle podobnosti (Klapka, 2019). Vzorec pro výpočet Pearsonova korelačního koeficientu:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

x_i a y_i jsou hodnoty dané proměnné, \bar{x} a \bar{y} jsou průměry množiny *X* a *Y*

Triangular graph generator

Jednou z dalších možností pro zhodnocení struktury zeleně v sídlištních blocích je trojúhelníkový graf. Graf někdy označovaný jako Ossanův trojúhelník zobrazuje tři proměnné, které v součtu dávají 100 %. Každá proměnná je různě zastoupena. Díky tomuto grafu lze snadno pozorovat shluky na základě podobného složení či podílu druhového zastoupení a následně lze rozdělit bloky do různých kategorií (Halás, Dzupinova, 2007). V případě této práce jsou proměnnými stromy jehličnaté, stromy listnaté a keře. Grafy byly konstruovány ve webové aplikaci Triangular or Ternary Graph Creator (Barcelona Field Studies Centre S.L., 2023).

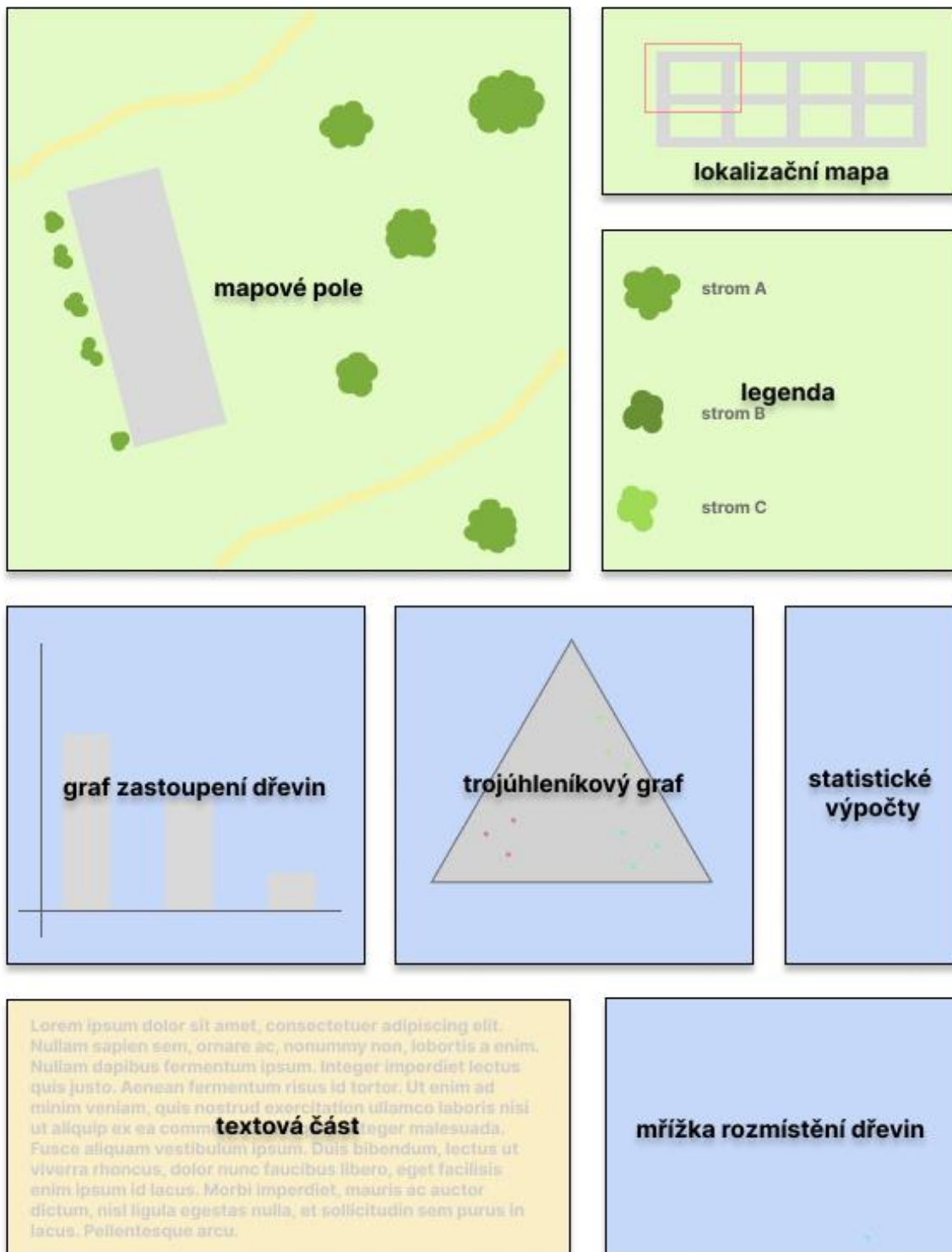
3.5 Vizualizace a prezentace výsledků

Pro vizualizaci stromů byla použita nejvhodnější metoda bodových znaků. Pro kvalitativní znázornění znaku je vhodné volit z různých tvarů, struktur, výplně nebo obrysu. V případě dřevin je možné tento charakter znaků využít pro druh, zdravotní stav či nebezpečnost. Pro kvantitativní znázornění se využívá různé velikosti znaku. Velikost znaku se pak může kategorizovat nebo se vytvoří funkční stupnice, aby daná hodnota odpovídala skutečnosti (Voženílek & Kaňok, 2011). Byly tedy navrženy bodové znaky pro nejčastěji zastoupené dřeviny na všech mapovaných sídlišťích. Bodové znaky byly zobrazeny s ohledem na měřítko sídlištního bloku a na detail důležitý pro snadnou identifikaci čtenáře. Bodové znaky vybraných stromů byly vytvořeny ve webové aplikaci Figma (Figma, 2024) a následně byly importovány do ArcGIS Pro. Bodové znaky, které budou výsledkem vizualizace zmapovaných dřevin využívají třech rysů, a těmi je rám, výplň a piktoqram. Musí splňovat základní požadavky jako je snadné porozumění a měly by vyvolávat rychlou a přesnou asociaci. Jednoduchost symbolu a vhodná velikost taktéž může zjednodušit čtení z mapy (Konstantinou et al., 2023).

Do této práce byly integrovány obrázky a jiné grafické prvky než kartografické, které byly upraveny také ve webové aplikaci Figma. Tato aplikace pracuje s vektorovou grafikou a pro účely této práce bylo využito bezplatného rozhraní aplikace (Figma, 2024).

Šablona pro prezentaci výsledků

Mimo zhodnocení, které je uvedeno v závěru textové práce, byly souhrnné výsledky zobrazeny do autorem navržené šablony (viz obr. 6). V šabloně jsou tři pole týkající se mapového výstupu. Je zde samotné mapové pole, lokalizační mapa v rámci daného města a legenda. Dále jsou v šabloně čtyři okna se statistickými charakteristikami. Jedno okno obsahuje sloupcový graf zastoupení dřevin, druhé okno obsahuje Oshanův trojúhelník a polohou sídlištního bloku v něm vůči ostatním. Třetí okno obsahuje statistické metriky a čtvrté obsahuje mřížku, která charakterizuje strukturu rozmístění a hustotu osázení dřevin. Jedno okno je vyplněné textovým popisem sídlištního bloku. Každý sídlištní blok, který byl mapován má vlastní výstup dle této šablony.



Obrázek 6: Šablona pro souhrnné zhodnocení zeleně sídlištních bloků
 Autor: Matěj Kašpar

4 Teoretická východiska

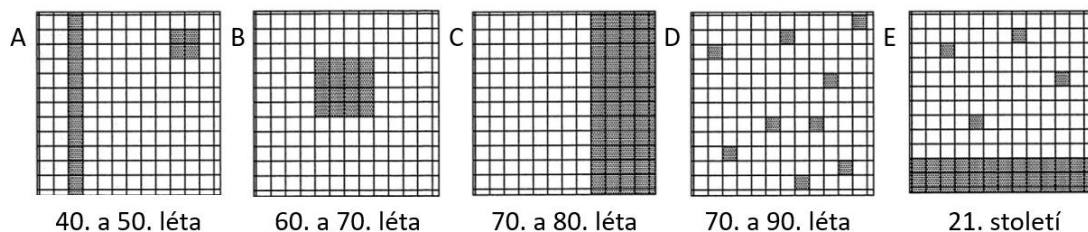
4. 1 Sídliště a sídlištní zeleň

Sídliště jsou fenomén, který ovlivnil zcela politiku bydlení, obchod, služby, ale i celé plánování měst. Sídliště jsou zcela odlišné uspořádáním a vzhledem samotných budov. Typické sídliště lze pak popsat jako komplex pravidelně se opakujících stejných vícepodlažních budov vybudovaných průmyslovou technologií s velkým prostranstvím mezi budovami. U sídlišť lze pak hovořit o jednotvárné výstavbě a mimo pravidelné rozmístění budov se zde pravidelně opakují i další prvky jako komunikace nebo plochy zeleně. Toto opakování se pak nazývá jako monotonie sídlišť. Charakteristikou sídlišť je také zánik tradičních ulic, které nahradily pouze komunikace vedoucí k jednotlivým domům. Sídliště jsou budována v architektonické moderně, která odráží především lidské potřeby a co vychází z lidské podstaty života. Můžeme zde hovořit o purismu a konstruktivismu, který je typický jednoduchostí, střídmostí a účel určuje vzhled. S vývojem a propojení myšlenek pak můžeme hovořit i o vlivu funkcionalismu, pro který je typická funkce, ekonomická výhodnost a jednoduchost. Jeden z nejsilnějších vlivů na plánování sídlišť měla Aténská charta, ve které je mimo jiné uvedeno, že člověk té doby vyžaduje zdraví, hygienu, slunce a zeleň. Dále bylo nutné se opřít o systematické plánování, zhrubit výstavbu a využívat průmyslové technologie. Jedním z navrhovaných řešení byla koncepce město-park. Koncept město-park vyžaduje budovy zasazené do zeleně. Mimo další vlivy můžeme mluvit o socialistickém realismu a o avantgardním hnutí moderní architektury. (Musil, 1985). Většina sídlišť, která bychom mohli hledat v prostoru střední Evropy, pochází z období od konce druhé světové války až do konce 80. let 20. století. Důležitost masivní výstavby byla způsobena jednak poničením měst během války ale také populačním růstem po válce. Tyto blokové výstavby byly situovány především do okrajových zón měst, kde byly zároveň i průmyslová centra. Nejmasivnější výstavba sídlišť proběhla v 60. a 70. letech 20. století. Sídliště nebyla budována pouze v socialistických východních zemích. Byla budována taktéž v západní Evropě, ale měřítko výstavby bylo v porovnání s východem menší (Murie, 2003).

V Československu nebyla hlavním důvodem obnova měst, ale bylo jím dosídlování pohraničních oblastí, nárůst počtu obyvatel a stěhování obyvatel do měst. Z těchto důvodů musela začít masivní výstavba nových bytů. Československo se inspirovalo výstavbou sídlišť z vyspělejších zemí Evropy. Často tato výstavba probíhala tzv. na zelené louce. Jednalo se o obytné bloky v zeleni. Tyto obytné bloky byly budovány jednotným stylem. Téměř po celou dobu socialismu se ale jednalo o jediný rozvoj ve městech. V 50. letech výstavba sídlišť byla lokalizována z hlediska vojenské strategie (např. Pardubice) nebo z důvodu těžby (např. Ostravsko). V 60. a 70. letech se vláda Československé republiky snažila investovat jednak do průmyslu, ale také do masivní výstavby nových bytů, které byly často lokalizovány v průmyslových regionech (Maier, 2000). Důležité je, že sídliště se v jednotlivých etapách výstavby liší. Nejsou však různá funkcí, monotónností a hospodárností. Měnila se architektura a technologie výstavby, což plynulo z tehdejších finančních a technických možností. Je důležité zmínit, že nejsou pouze bytové celky stavěné panelovou technologií, ale například starší sídliště jsou budovaná z cihel (Musil, 1985). Samotná sídliště lze pro zjednodušení rozdělovat díky opakujícím se architektonickým řešením. Nejčastěji se opakuje pravidelná uliční síť, která dělí veřejná prostranství, která jsou často tvořena zelení. V těchto plochách se pak vyskytuje jedna či několik budov. Tento způsob výstavby se pak nazývá blokový systém, kde několik těchto jednotek vytváří sídliště. V některých případech se vyskytuje výrazná hierarchická posloupnost, kde menší bloky vytváří větší a ty tvoří opět o něco větší. Tyto pravidelné struktury pak může narušovat prostor náměstí, jiných budov, nové zástavby, či jiné veřejné plochy například parky (Rigatti, 2000).

Pojem sídlištní zeleň se pochopitelně objevuje až s výstavbou sídlišť. Tato zeleň se vyskytuje na volném prostoru mezi budovami. Často je tvořena rozvolněnými dřevinami na trávníku nebo na ploše bez osevu. Sídlištní zeleň byla plánována jako součást architektury nebo jako ochrana například před nepříznivými vlivy dopravy jako je například a hluk. Pro další funkce výslovně plánována nebyla. Tato zeleň byla vysazována do míst, kde zbylo místo po výstavbě bez větší koncepce. Z tohoto důvodu často zeleň usychala a nedokázala plnit své funkce prospěšné pro městské prostředí (Hendrych et al., 2018). Například v Polsku byly zmapovány typické struktury zeleně na sídlišťích. Každá etapa výstavby má své charakteristické rysy rozmístění a funkce. Obecným rysem byly nároky na skromnost, levnou a nenáročnou údržbu a zpestření architektury. Zároveň se zde potvrzuje i náhodná výsadba v některých případech, jelikož neproběhlo plánování pod odborným dohledem, a to zejména v meziblokovém prostoru. Nicméně některé charakteristické struktury byly

zmapovány v celých sídlištích. Ve 40. a 50. letech (Obr. 7 A) byla zeleň vysazována především na náměstí a na reprezentativních místech jako například na hlavní ulici. V 60. a 70. letech (Obr. 7 B) byly typické velké parky uvnitř sídliště. Tato plocha byla tvořena spíše trávnikem a málo stromy, které byly umístěny nahodile. V 70. a 80. letech (Obr. 7 C) bylo pro sídliště typické, že se nacházela u velkého parku. Tento park mohl sloužit i pro více sídlišť. Typické pro tyto zelené plochy byl vodní tok nebo vodní plocha. V dnešní době se zde často nacházejí nevyužívané louky. Převážně na sídlištích z 90. ale i ze 70. let (Obr. 7 D) jsou často menší, rozptýlené a pečlivě navržené plochy s vybavením jako jsou například záhonky, lavičky a podobně. Tyto plochy bývají také oploceny a jedná se polosoukromou zeleň. Na počátku 21. století (Obr. 7 E) se vyskytují u obydlí malé zahrady, které využívají především majitelé bytů. Jsou zde i menší plochy rozptýlené pro odpočinek či sport (Kłopotowski, 2017).



Obrázek 7: Distribuce zelených ploch na sídlištích v různých etapách výstavby v Polsku

Zdroj: Kłopotowski (2017): Evolution of Greenery in Housing Estates; upraveno autorem

4. 2 Benefity zeleně v městském prostředí

Klimatické a fyzikální benefity

Stromy mají schopnost modifikovat klima města. Mají vliv na teplotu vzduchu, vlhkost vzduchu, rychlost větru, oslunění povrchu a dopad srážek. Stromy ale neovlivňují klima pouze v pozitivním smyslu. V některých případech mohou zvyšovat teplotu. To se děje během nočních hodin nebo pokud strom brání proudění vzduchu, který by prostor ochladil. Je tedy nutné výsadu stromů vhodně plánovat, aby nedocházelo k těmto negativním účinkům (Federer, 1976). Stromy dokáží ochlazovat své okolí pomocí transpirace. Nicméně tento efekt je silně závislý na dostupnosti vody pro strom (Tzoulas et al., 2007). Efekt transpirace je závislý i na dalších faktorech. Pokud tyto faktory synergicky negativně ovlivňují dřevinu, mohou vyvolat enviromentální stres a následně dochází k uzavírání průduchů a potlačení evapotranspirace. (Erell, 2017 In Yan et al. 2017). Tento stres může být vyvolaný právě nestandardními podmínkami pro strom. Příkladem těchto faktorů je nevhodná půda, kontaminovaný vzduch a půda, nedostatek vody, ale i extrémní teplota vzduchu. Jako nejvýraznější stresor se jeví povrchová teplota (Bassuk, Whitlow, 1987). Stromy jsou schopné ochlazovat okolí také zastíněním. Toto stínění ale neovlivní příliš teplotu vzduchu, ale spíše teplotu povrchu. Mezi nejvhodnější druh stromů v rámci ochlazení povrchu se pak řadí habr obecný (Cao, Kic, 2019). A jako velmi odolný strom vůči vysokým teplotám lze považovat dřezovec trojtrnný (Leuzinger et al., 2010).

Sociální a estetické benefity

V městském prostředí mnoho obyvatel nemá vlastní zahradu, a právě veřejná zeleň včetně té sídlištní tento nedostatek částečně kompenzují. Ze základních potřeb pro člověka městská zeleň dokáže naplňovat lidské potřeby a pocity pobytu v přírodě. Je zde dostatek slunečního svitu, relativně čistý čerstvý vzduch a jsou zde přírodní prvky, které v člověku vyvolají pocit klidu. Mimo to se jedná o lokality, kde lidé tráví volný čas. Je zde možnost sportovat, ale také se potkávat s přáteli, trávit čas s dětmi a venčit zvířata. Částečně je přínosem i pro výživu obyvatel, jelikož zde mohou vzniknout komunitní zahrady, kde si obyvatelé mohou vypěstovat vlastní zeleninu či ovoce. Městská zeleň poskytuje i prostor pro společenské nebo vzdělávací programy (Vogt et al. 2017 In Yan et al. 2017). Zelená infrastruktura je přínosná pro lidské zdraví nejenom z fyzického hlediska ale i psychického. Pestré přírodní prostředí ve městě přispívá k lidské pohodě a snižování stresu (Tzoulas et al., 2007). Městská zeleň je zásadní pro tvoření estetiky míst. Estetická hodnota míst se zvyšuje společně se vzrůstajícím počtem stromů a květin. Pozitivně bývají vnímány

pestrobarevné květiny a kvetoucí stromy. Tím, že zeleň vytváří stanoviště i pro různé živočišné druhy, se zvyšuje i estetická hodnota, kterou přináší do míst tyto živočichové (Wang et al., 2019).

Ekologické benefity

Pokud je zeleň dobře naplánovaná plní kvalitně i ekologické funkce. Ve městě i na sídlištích jsou ekologické problémy spojené s nevhodným využíváním prostoru. Příkladem je znečištění ovzduší, hluk, kontaminace půdy, urychlený odtok vody, nízká biodiverzita a například již zmiňované přehřívání prostředí. Městská zeleň však přináší část přírodní složky do městského prostoru a dokáže řadu ekologických problémů zmírnit. Zlepšuje kvalitu ovzduší, snižují efekt městského tepelného ostrova, poskytuje stanoviště pro živočišné druhy (Virtudes, 2016). Stromy zvládnou také částečně zmírnit kontaminaci půdy procesem zvaným fytoextrakce, kdy akumulují například těžké kovy z půdy do svých tkání. Záleží ale na druhu stromů, jakou má odolnost a schopnost fytoextrakce. Bylo například prokázáno, že vrba košíkářská a bříza bělokorá jsou schopné akumulovat efektivně zinek, kadmium a měď (Rosselli et al., 2003).

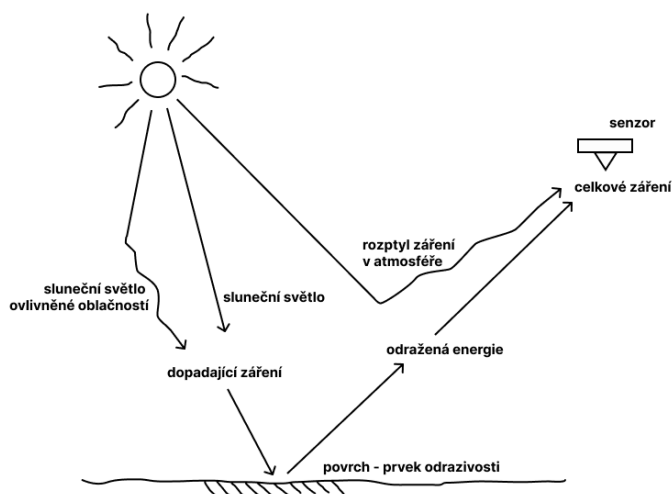
Ekonomické benefity

Zeleň v blízkosti městského bydlení ovlivňuje cenu nemovitostí. Ta vzdálenost, do které má významný vliv zeleň, je zhruba do 3 km. Je však nutné zvážit charakter této zeleně. Pokud se jedná o hustou nepropustnou zeleň, tak nemá takový vliv jako upravená zeleň podobná parkům. Toto tvrzení pak potvrzuje výzkum na příkladu Prahy (Melichar, Kaprová, 2013). Podobný výzkum byl proveden také v Lipsku, kde je toto tvrzení potvrzeno. Nicméně dle tohoto výzkumu zeleň nemá velmi zásadní vliv na cenu. Tento vliv však není zanedbatelný. Je zde zdůrazněno, že záleží na typu zeleně, jak již bylo zmíněno u výzkumu z Prahy (Liebelt et al., 2018). Ve Varšavě bylo zjištěno, že hlavní vliv na cenu nemovitostí v souvislosti s dostupností zeleně je především v případě nově postavených domů. Dále zde bylo ale zjištěno že ještě vyšší vliv má dostupnost lesa než dostupnost nějaké formy městské zeleně. Dostupnost zeleně na sídlištích nemá vliv na cenu nemovitosti, jelikož je uvedeno, že sídliště již v zeleni jsou (Trojanek et al., 2018).

4. 3 Moderní přístupy mapování zeleně

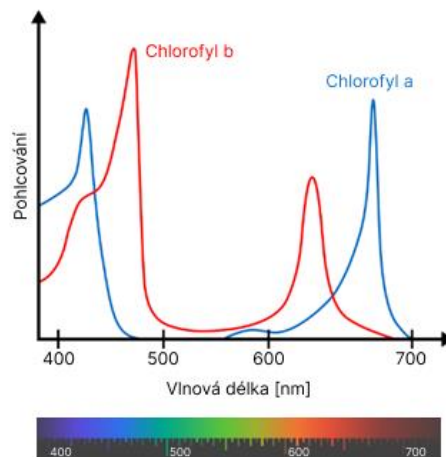
4. 3. 1 Dálkový průzkumu Země

Dálkový průzkum Země (dále DPZ) je dnes jednou z předních metod v geografii pro pozorování hned několik jevů na Zemi a s rozvojem nových technologií se využitelnost rozšiřuje. Svoji významnou roli má například v meteorologii, klimatologii, hydrogeografii, geologii, geomorfologii, pedogeografii a biogeografii. Samozřejmě se najde uplatnění i v zemědělství, lesnictví, průmyslu a v geografii města. DPZ je vědní obor, který se zaměřuje na pořizování, přenos, zpracování a interpretaci dat. Tato data jsou obrazová či fotografická a jsou založena na projevech spektrálního chování povrchu. Odražené záření od povrchů se zaznamenává různými čidly dle potřeby uživatele. Záření se chová různě při průchodu atmosférou ale i při dopadu na různý povrch. Čidla na nosičích jsou proto konstruována pro záznam záření o různých vlnových délkách. Čidla zaznamenávají energii záření, které prochází atmosférou, odrazí se od povrchu a opět prochází alespoň částí atmosféry do záznamového zařízení. Během tohoto pohybu se vlastnost záření změní vlivem pohlcování, rozptylu a odrazu (Murdych, 1985). Princip fungování DPZ je znázorněn na obr. 8.



Obrázek 8: Princip fungování dálkového průzkumu země
Zdroj: Portland State University (2024); upraveno autorem

Zdroj záření pak může být přírodní od Slunce nebo z tepelného záření Země (pasivní metody záznamu). Druhým možným zdrojem je umělé záření (aktivní metody záznamu). Zdroj tohoto záření může být umístěn i na daném nosiči. Tyto zdroje záření určuje uživatel dle svých potřeb. Princip je založený především na odrazu a příjmu. Pokud bychom přiblížili fungování na vlastním zraku, tak lze vyjádřit, že barvy, které vidíme, vyjadřují, jaká část viditelného spektra se nejvíce odráží. Lidské oko však nevidí celé spektrum a neviditelné části spektra jsou také důležitým zdrojem informací. Můžeme pomocí něho zjistit například zdravotní stav zeleně (Murdych, 1985). Jak se chovají zdravé listy je možné pozorovat na obr. 9, kde je zobrazeno pohlcování světla. Nejméně je pohlceno v zelené části viditelného světla, proto listy vidíme zelené.



Obrázek 9: Spektrální chování chlorofylu a a chlorofylu b obsažených v zelených rostlinách
 Zdroj: Wikipedia (2012): The absorption spectra of the pigments Chlorophyll a and Chlorophyll b;
 upraveno autorem

Příjem záznamu probíhá dvěma způsoby. Jedním je konvekční nebo taktéž fotografický a druhý nekonvekční – nefotografický. Konvekční metoda je založená na centrální projekci a vzniku záznamu v jeden okamžik. Výhodnou je geometrická přesnost. Nekonvekční metody využívají rozkladová zařízení, která rozkládají záznam do základních obrazových prvků nazývaných pixely. Využívá taktéž několik čidel najednou s tím, že každé zaznamenává jinou část spektra. Výhodou tohoto záznamu je možnost pozorovat jevy během horších světelných podmínek nebo lze pozorovat různé fyzikální projevy (Murdych, 1985). Každý pixel nese informaci o průměrném jasu na jeho ploše. Tato informace je hodnotou pixelu nebo také označována jako digital numer. Počet pixelů v daném obraze udává rozlišení. Čím vyšší je rozlišení, tím je obraz kvalitnější a je možné podrobněji zkoumat jevy na daném území. Pokud zařízení má více čidel, každé zaznamenává nějakou část pásma. Každý pixel pak nese několik DN, a to právě tolik, kolik pásem bylo čidly

snímáno. Pokud jsou zobrazena tři pásma, a to v červeném, modrém a zeleném rozsahu viditelného spektra, pak vidíme skutečný barevný obraz. Jiná kombinace částí spektra se pak označuje jako nepravá barva obrazu. Pokud pracujeme s desítkami pásmy v užším rozpětí, tak hovoříme o multispektrálních snímcích a pokud pracujeme se stovkami pásmy, a ještě užšími částmi spektra, tak hovoříme o hyperspektrálních snímcích. (Lillesand et al., 2015).

Nosiče

Zmiňovaná čidla, kamery nebo i zdroje záření umožňující DPZ jsou umístěna na různých nosičích a těmi jsou satelity, letadla nebo bezpilotní letadla nebo též drony či UAV z angličtiny *Unmanned aerial vehicle* (Murdoch, 1985). Každý z nosičů má své výhody a nevýhody. Je nutné zvážit jaká data uživatel nejvíce potřebuje pro svoje účely. Jednotlivé charakteristiky nosičů jsou znázorněny v tabulce 1.

Tabulka 1: Porovnání výhod nosičů DPZ (++ optimální, + dobré, o průměrné, - špatné)

	UAV	letadlo	satelit
Rozlišení obrazu	++	+	o
Přesnost polohy	++	+	o
Flexibilita	++	+	-
Závislost na oblačnosti	++	+	-
Spolehlivost	o	+	++
Rozsah záběru	-	+	++
Výdrž	-	++	++

Zdroj: (Matese et al., 2015); upraveno autorem

Satelity

Satelity jsou nosiče DPZ, které obíhají Zemi a zachycují snímky z vesmíru. Zachycují velké oblasti a pořizují je pravidelně v určitých periodách. Je vhodné je využívat pro globální pozorování a rozsáhlý monitoring. Nevýhodnou je rozlišení snímků a významný vliv atmosféry, která ovlivňuje kvalitu obrazu. Dalším problémem je nákladný provoz a přístup k datům (Matese et al., 2015). Satelitní data jsou dostupná například z portálu USGS Earth Explorer. Zde je možné stáhnout data z Landsatu 4 až 9 (USGS, 2024). Další data jsou dostupná například z portálu Copernicus, kde je možné stáhnout snímky ze Sentinelu-1, Sentinelu-2, Sentinelu-

3 a Sentinelu-5P (Copernicus, 2024). Nevýhodou těchto dat je rozlišení, které se pohybuje od pěti do desítek metrů, ale výhodou je dostupnost vícespektrálních snímků (Copernicus, 2024; USGS, 2024).

Letecké snímky

Jedná se o letecké nosiče s pilotem. Letecké snímky taktéž mohou pořizovat snímky velkých oblastí z důvodu možnosti vysokého vzletu. Poskytují tak kompromis mezi vysokým rozlišením a zachycením velkých oblastí. Mohou také nést velmi kvalitní senzory. Nevýhodou jsou opět provozní náklady a jejich záznam nemusí probíhat v pravidelných intervalech (Matese et al., 2015). V České republice jsou dostupná data pořízená letecky z produkce ČÚZK ve spolupráci s Vojenským geografickým a hydrometeorologickým úřadem. Tento produkt se nazývá Ortofoto České republiky. Snímkování probíhá pomocí digitální kamery a rozlišení obrazu je od roku 2021 0,125 m. Snímkování se provádí pravidelně. Každý rok se snímkuje polovina území. Jedná se o otevřená data bezplatně dosažitelná (ČÚZK, 2024 B). Další produkt nabízený ČÚZK pořízený pomocí leteckých snímků je ortofoto CIR (Color Infrared). Služba je poskytována jako prohlížeč WMS. Takový snímek vznikne nahrazením červené barvy za blízkou infračervenému, zelené za červenou a modré za zelenou. Pokud by služba byla i ke stažení, posloužila by k hodnocení zdraví vegetace (ČÚZK, 2024 C).

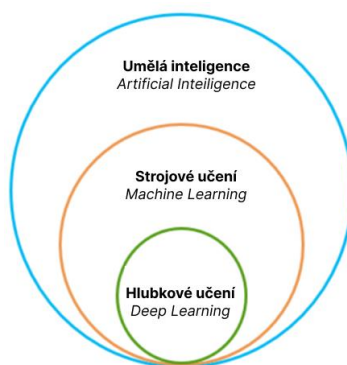
UAV

Drony jsou relativně malé nosiče, které jsou ovládány na dálku. Pořizují se s nimi snímky z nejnižší výšky, ale zato mohou mít velmi vysoké rozlišení. Poskytují flexibilitu a uživatel může data pořizovat dle svých potřeb. Uživatel si sám volí výšku letu, dráhu letu, čas a rozhoduje se dle povětrnostních podmínek, které let a záznam mohou velmi výrazně ovlivnit. Jedná se taktéž o nejlevnější nosič. Nevýhodou může být nedostatečná kvalifikace pilota UAV pro kvalitní a bezpečný záznam. Záznam velké oblasti také může trvat velmi dlouho z důvodu snímání malé oblasti v jeden čas (Matese et al., 2015). V České republice existují určitá pravidla pro létání s dronem. Existují dvě základní pravidla. První podmínka je, aby uživatel dronu svoje zařízení registroval. Toto neplatí pro drony, které jsou lehčí než 250 gramů a nenesou žádnou kameru nebo zařízení pro záznam jakékoliv informace. A ta druhá je, že uživatel, který s dronem létá se musí registrovat na Úřadu pro civilní letectvo jako pilot a úspěšně vykonat teoretické zkoušky. Takový uživatel musí být

alespoň 15 let starý. Pro mapování v městské oblasti, konkrétně na sídlištích by měla být dostatečná otevřená kategorie A1. Ta je definovaná jako vhodná pro urbanistické oblasti, ale nikoliv nad davy nebo let mimo urbanistické oblasti. Pro možnost zjištění povinností, které jsou typické pro danou lokalitu lze využít aplikace Dronland (Česká republika, 2021).

4. 3. 2 Využití umělé inteligence pro mapování zeleně

V dnešní době je umělá inteligence – AI z anglického Artificial Intelligence, využívaná v různých odvětvích. I v rámci mapování zeleně ji lze využít nebo spíše její podmnožinu a tou je tzv. hluboké učení (Deep Learning), které je podmnožinou strojového učení (Machine Learning) viz. obr. 10. Hluboké učení využívá algoritmů ve struktuře neuronové sítě (taktéž CNN - *Convolutional neural network*). Data, která zařízení přijme, analyzuje a na základě získaných předchozích naučených informací obraz klasifikuje či detekuje objekty na něm. Pro správnou funkčnost nástroje detekce či klasifikace objektu je pak nutno tento systém dostatečně vycvičit na trénovacích obrazech (viz obr. 11). Na příkladu mapování dřevin uživatel na trénovacím obraze označuje dřeviny. Po dostatečném vzorku jsou v neuronové síti nalezeny společné znaky daných objektů. Tyto informace pak využívá nástroj pro identifikaci dalších prvků stejné kategorie v tomto případě stromů. Toto je příklad hlubokého učení, který provádí detekci objektů. Příkladem klasifikace by pak mohlo být určování druhů dřevin. Pro korektní a efektivnější nasazení nástrojů hlubokého učení je nezbytný proces segmentace obrazu. Existuje segmentace dvojího typu. Prvním je *Semantic segmentation*, která klasifikuje pixely a přiřadí jim novou hodnotu na základě toho, zdali jsou totožné s daným objektem například stromem. Druhá se nazývá *Instance segmentation* a funguje na základě vykreslování hranic kolem objektů a každý objekt je pak unikátním objektem. Další z využitelných funkcí hlubokého učení v rámci mapování zeleně je identifikace změn (*Change detection*). Tato funkce dokáže vyhodnotit změny na dvou obrazech. Výsledkem je například vyobrazení nových či chybějících objektů (Esri, 2024 K).



Obrázek 10: Deep Learning v systému Artificial Intelligence
Zdroj: Esri (2024 L); upraveno autorem



Obrázek 11: Deep Learning v ArcGIS Pro
Zdroj: Esri (2024 K); upraveno autorem

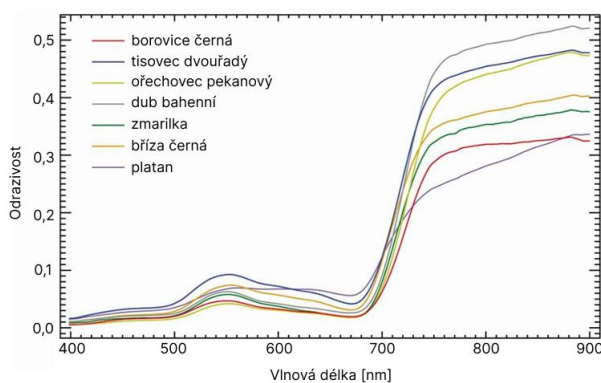
Detekce jednotlivých stromů na standartních RGB snímcích pomocí modelu hlubokého učení je možná. Je však nutné pracovat s tím, že model nepracuje zcela správně. Jako nejvhodnější postup pro učení modelu je tzv. polořízené učení. To znamená, že v první fázi se model učí dle již zmapovaných stromů a následně je doučen pomocí menšího ale kvalitnějšího vzorku ručně zadaných stromů. Natrénovaný model může dosáhnout přesnosti detekce až k 80 %. Zaznačené stromy se detekují v pomoci čtyřúhelníku (viz obr. 12; Weinsstein et al., 2019). Pro samotnou detekci stromů lze využít i segmentaci a označit přesné obvody koruny z ptačí perspektivy (viz obr. 12), jelikož se využívá dat DPZ. Přesnost těchto modelů je podobná jako u klasické detekce cca 80 %. Vyšší efektivita je dosažena použitím snímků s větším rozlišením. U satelitních snímků s rozlišením 30 cm je uvedena přesnost 71,2 % a u leteckého snímku s rozlišením 5 cm 81,9 %. Tento model segmentace je vhodnější oproti samotné detekci, pokud chceme zhodnotit i plošné pokrytí korun v dané lokalitě (Freudenberg et al., 2022). Oba modely mají problém pracovat s homogenním zápojem koruny a nedokážou od sebe stromy oddělit. V případě velkých stromů a jejich korun může dojít k rozčleňování jednoho stromu na více jedinců. Další nepřesnosti nastávají také u menších stromů, což v případě segmentace znamená, že koruny mají plochu menší než 10 m² (Freudenberg et al., 2022; Weinsstein et al., 2019).



Obrázek 12: Příklady holubového učení integrovaného do ArcGIS Pro (zleva): detekce objektů, segmentace objektů, segmentace obrazu

Autor: Matěj Kašpar

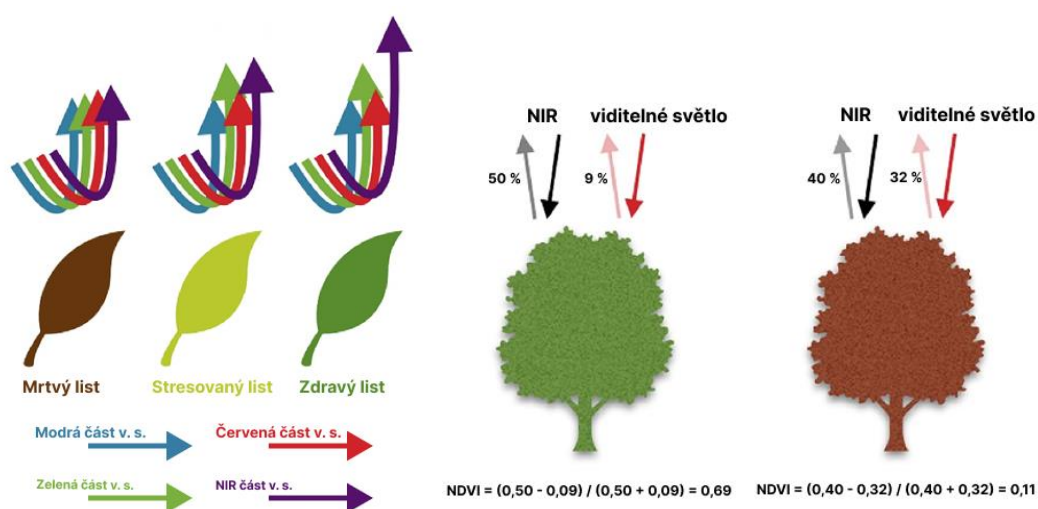
Mimo samotnou detekci či segmentaci lze využít umělé inteligence i v případě klasifikace druhů stromů. Lze využít RGB leteckých snímků. Trénování algoritmu je opět stejné jako v předchozích případech. Pro správnou detekci jsou vhodnější lokality s homogenní strukturou dřevin. Správnost se snižuje s větší variabilitou velikosti korun a hustoty stromů v dané lokalitě. Světlené podmínky však tak významný vliv nemají (Beloiu et al., 2023). K identifikaci druhů stromů lze využívat i snímky, které zachycují i jinou část spektra než viditelnou. Při postupu identifikace se využívá různého spektrálního chování jednotlivých druhů dřevin v různých spektrálních pásmech. Nejeftektivnější je využívání části spektra blízkého infračerveného (*NIR – near infrared*) tj. od 720 nm, kde jsou rozdíly mezi druhy nejzřetelnější (viz obr. 13). Je ale možné identifikovat druhy stromů na teplotních infračervených snímcích. Před samotnou klasifikací je nutné vytvořit polygon, který kopíruje hranice koruny stromu a klasifikovat přesně uvnitř něj. Pokud chce uživatel dosáhnout ještě kvalitnější schopnosti rozlišování, je vhodné využít i mračna bodů z LIDARu a posuzovat druhy na základě výšky a tvaru stromu. Přesnost určení druhu s pomocí LiDARu pak může být až nad 80 % (Hartling et al., 2021).



Obrázek 13: Spektrální chování různých druhů rostlin
Autor: Hartling et al., 2021; upraveno autorem

4. 3. 3 Hodnocení zdraví dřevin s využitím spektrálního chování

Pro hodnocení zdraví stromů je klíčová část spektra blízká infračervenému záření (NIR), která poskytuje důležité informace o přítomnosti zeleně a jejím celkovém zdraví. V případě dálkového průzkumu země se však vztahuje pouze na korunu, na pohled shora. Hodnocení této části se provádí pro každý pixel v koruně zvlášť nebo se hodnotí celá koruna, kde se vyhodnocuje poměr hodnot pixelů, které jsou považovány za zdravé a nezdravé. Volba přístupu závisí hlavně na potřebách uživatele. Pokud je třeba hodnotit zdraví stromové populace, je vhodnější udělat analýzu pro celé koruny. Pokud je žádoucí hodnotit ohniska problémů v daných korunách je vhodné volit hodnocení jednotlivých pixelů. Pro stanovení samotného zdravotního stavu se používá index NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Pro přesnější hodnocení stavu je vhodné porovnávat zdravotní stav stromů stejného druhu. Stejně hodnoty totiž mohou nést pixely na zdravém jehličnanu a na nezdravém listnatém stromu (Xiao & McPherson, 2005). Příklad spektrálního chování nezdravých zelených rostlin je na obr. 14.



Obrázek 14: Spektrální chování listů v různé zdravotní kondici
Autor: Evangelides & Nobajas, 2019; upraveno autorem

4. 3. 4 Přesah a sjednocení umělé inteligence, DPZ a mapování zeleně v praxi

Příkladem využití umělé inteligence v mapování zeleně je výzkum od Henniga (2021), kde byly detekovány stromy v ovocném sadu. V práci autor pracoval se softwarem ArcGIS Pro a možnostmi hlubokého učení s využitím centrální neuronovou sítí. Autor uvádí, že limitem tohoto postupu je náročnost na hardware, ale uvádí, že se i tak jedná o vhodný přístup k detekci stromů. Výsledek tohoto výzkumu je diskutabilní, jelikož v jednom případě bylo ručně zmapováno 524 stromů, ale systém jich rozpoznal pouze 257. V druhém případě byl výsledek lepší. Z 677 zmapovaných stromů jich následně systém rozpoznal 553. Je zde několik důvodů, proč byl rozdíl tak velký. Systém lépe rozpoznává stromy s větší korunou. Byla využita různá metodika vytváření obrazu, jako je různý překryv snímků a rozlišení obrazu. Autor dále uvádí, že model nebyl také dostatečně natrénován (Hennig, 2021).

Dalším příkladem implementace umělé inteligence při mapování stromů je výzkum na příkladu parku z USA ze St. Louis, který byl zaměřen na rozpoznání a klasifikaci stromů pomocí UAV s multispektrálními senzory. Autoři navrhované metodologie využívají segmentaci pro jednotlivé oddělení korun stromů. Uvádějí však, že v případě korun, které jsou blízko sebe musela být provedena ruční korektura. Byl využit segmentační nástroj určený pro vymezení povodí, který pracuje na základě rozdílných výšek stromů. Pro tento případ je však nutné využívat velmi přená data. Zde byla využita LiDARová data. Systém byl trénován pro pět sad obrazových dat. Byly využity klasické RGB, multispektrální, hyperspektrální, termální snímky a také mračna bodů. Nad zkoumané územím byl vyslán dron s naplánovanou trasou pomocí aplikace Pix4D. Následně bylo využito softwaru pro sjednocení mnoha snímků z jedné kamery v jeden celistvý. Pro klasifikaci jednotlivých stromů bylo využito modelů strojového učení, které byly schopné rozpoznávat druhy stromů až s přesností 80 %. Největší úspěšnost byla dosažena kombinací různých dat. Zde byla použita kombinace dat termálních, hyperspektrálních a LiDARových. Autoři uvádějí, že je klíčové kombinovat více dat pro vysokou přesnost klasifikátorů (Hartling et al., 2021).

Ovšem sehnat taková data může být pro mnoho výzkumníků složité a většina má dostupné pouze RGB snímky. Výzkum s těmito RGB daty byl proveden ve Švýcarsku. Data byla volně dostupná z leteckého snímání. Model byl trénován na téměř na deseti tisíci stromů a hodnocen dle více než tisíce dalších. Samotné testování pak proběhlo na 823 stromech, které byly v různých lokalitách a s různou strukturou. Autoři využili dva přístupy klasifikace, a to rozeznávání jednoho druhu a více druhů najednou. Uvádějí, že je přesnější

využívat takové modely, které rozeznávají více druhů najednou než jeden samostatný. Modely, které detekují pouze jeden druh, mají přesnost rozeznání dle F1 skóre od 0,59 do 0,86. Zatímco vícedruhové modely dokážou dosáhnout rozeznání některých druhů s přesností až 0,92. Takto vysoká přesnost určení je ale pouze u druhů stromů, které byly ve vzorku méně zastoupeny. Jak je již v této práci zmíněno, úspěšnost je vyšší v méně hustém porostu a také v případě že strom nemá extrémně malou či velkou korunu (Beloiu et al., 2023).

4. 3. 5 Public science

Jednou z možností, jak mapovat efektivně zeleň dle dnešních trendů, je zapojení veřejnosti. To má řadu výhod i nevýhod. Z hlavních nevýhod lze pak jmenovat přesnost určování druhu dřevin a dalších parametrů. Výhodou je relativně rychlý sběr dat. Jedním z příkladů je mapování v New Yorku, kde se zapojují obyvatelé k mapování uličních dřevin každých 10 let. Poslední mapování, které proběhlo v roce 2015, přilákalo 2 241 dobrovolníků a bylo zmapováno přes dvě stě tisíc stromů. Dobrovolníci byli částečně proškoleni v rámci online kurzu a terénního školení. Každý dobrovolník obdržel také klíč k určování dřevin a měřicí pomůcky. Motivace dobrovolníků byla zajištěna formou nefinanční odměny. Samotný sběr měl motivační charakter, a to díky gamifikaci online aplikace pro sběr dat. Před výzkumem proběhl pilotní projekt, kde se vybíralo mezi dvěma způsoby zajištění polohové přesnosti. Prvním způsobem bylo využití geodetického kolečka, kdy každý účastník vytvářel sběr dat v linii. Na této linii se pak zaznamenávaly jednotlivé stromy. Jednotlivé vzdálenosti mezi stromy se zaznamenávají do papírového archu. V GIS prostředí proběhla úprava dat dle vzdáleností na kolečku. Tato metoda je vyvinutá společností TreeKIT. Druhý způsob sběru dat bylo ruční umístování na tabletu nad leteckým snímkem. Tento způsob sběru dat byl zprostředkován softwarem OpenTreeMap. Byl vybrán způsob s využitím geodetického kolečka z důvodu uváděného snazšího používání pro uživatele. Povolená odchylka vzdálenosti byla stanovena jako 305 cm a do této vzdálenosti nebylo umístěno pouze 2,2 % záznamů u zaměstnanců organizace a 3,9 % u dobrovolníků. Verifikace celého výzkumu byla provedena zaměstnanci organizace na vzorku okolo 1 %. Shoda v určení druhu stromu byla 77,6 %, určení rodu 86,5 %, kondice stromu 74,9 % a průměr v prsní výšce s přesností do 2,54 cm 32,0 % s tím, že dobrovolníci měřili obvod kmene a průměr byl následně dopočítán (Crown et al., 2018).

Hodnocení kvality sběru dat o dřevinách veřejností se zabývala i studie Roman et al. (2017). Hodnocení kvality proběhlo ve městech Lombard (Illinois), Grand Rapids (Michigan), Philadelphia (Philadelphia) a v Malmö (Švédsko). V každém městě se mapovalo okolo 150 stromů. Shoda dat v porovnání s odborníky byla 90,7 % v případě rodu, 84,8 % v případě druhu, shoda v určení průměru v prsní výšce s tolerancí 2,54 cm byla 54,4 %. Hodnocení kondice bylo v tomto případě nastavené komplikovaně a hodnoceno jako neupokojivé. I v případě pokročilých dobrovolníků nebyla přesnost v žádném případě o nic lepší. Pokročilí dobrovolníci v tomto případě jsou ti, kteří již nějaké zkušenosti s mapováním dřevin mají a alespoň v blízké tématice se pohybují více jak jeden rok. Bylo zjištěno, že je vhodné proškolit dobrovolníky například o určování druhů, měření rozměrů, kondici, informace o lokalitě a jakým způsobem zaznamenávat údaje. Je také vhodné tyto informace o pasportu dřevin poskytnout do terénní příručky.

Využití dobrovolníků pro mapování zeleně je tedy vhodné, pokud zadavatel nevyžaduje zcela exaktní výsledky a výše zmiňovaná úspěšnost mu dostačuje. Není zcela vhodné, aby dobrovolníci hodnotili přesnou kondici stromu a v případě měření průměru kmene v prsní výšce musí být hodnoty akceptovány s určitou tolerancí. Hodnocení rodu je velmi přesné a druhu relativně také. Jako pozitivní se jeví využívání webových aplikací pro online zaznamenávání údajů. Občanská věda tedy může dopomoci nebo usnadnit mapování. Je však důležité zvolit takové parametry, které jsou dobrovolníci schopni určit (Crown et al., 2018; Roman et al., 2017) Na území České republiky funguje mobilní aplikace Tree Check, kde mohou uživatelé mapovat stromy a do aplikace nahrávat jejich údaje jako je druh, poloha, průměr kmene, poskytovaný stín, listová plocha. Dále další uživatelé mohou data aktualizovat a doplňovat je o další parametry jako je zdraví olistění, bezpečnost větví, dostatek vláhy a poškození stromu. Těmto stromům je pak také dopočítán jejich chladicí efekt. Tato aplikace je gamifikovaná a uživatel může sbírat body za různé aktivity jako je i samotná návštěva stromu, zalévání nebo zaznamenání nového stromu. Záznam stromu probíhá v několika krocích: 1. fotografie kmene, 2. odhad průměru kmene, 3. fotografie listu ze vzdálenosti 30 cm, 4. fotografie doprovodných organismů, 5. fotografie celého habitatu, 6. informace, zdali uživatel strom zalil, 7. uživatelův dojem o stavu stromu (zdraví olistění, bezpečnost větví, dostatek vláhy poškození). Mapování stromů usnadňuje umělá inteligence integrovaná do aplikace a s využitím fotoaparátu mobilního zařízení je s rezervou schopná spočítat i obvod kmene a určit parametry jako je velikost koruny a plocha olistění. (Nadace Partnerství, 2024).

Pro verifikaci a zlepšení kvality sběru dat ať už během vyžívání aplikace Tree Check nebo během běžného mapování lze využít aplikaci Plant Net. Výhodnou této aplikace, která je schopná rozeznávat druhy rostlin, je její široké uplatnění po celém světě. Konkurenční aplikace jsou zaměřené pouze na regionální úroveň. Identifikace v aplikaci probíhá na základě obrazového rozeznávání. Většina podobných aplikací využívá nástrojů segmentace a druhy dřevin jsou rozeznávány na základě ohraničení listů. Aplikace Plant Net naopak pracuje na základě lokálních charakteristik a díky tomu se může vyhnout chybám, které by v případě segmentace vytvářel například stín nebo deformace listu. Identifikace na základě lokálních charakteristik se těmto chybám vyhne, ignoruje je a na základě četných shodných znaků získá dostupné informace a dle nich vyhodnotí podobnost k danému druhu. Již od roku 2010 jsou do této aplikace přidávány fotografie, které jsou posuzovány a model je trénován. Každý, kdo využije aplikaci k rozpoznávání, zdokonaluje přesnost aplikace a její účinnost se tak stále zlepšuje. Zlepšuje se tak díky kolaborativnímu systému, kdy jsou různé snímky ověřovány odborníky i neodborníky. Tato validace probíhá prostřednictvím aplikace PictoFlora a IdentiPlante. Pro možnost celoroční identifikace byly do systému též zařazeny možnosti identifikovat druhy na základě plodů, kůry, květů nebo celého habitu. Pro hodnocení s aplikací Plant Net se rovněž počítalo s různým stádiem fenologického vývoje a jsou zapracována data z různého období vývoje. Ve Francii proběhlo ověřování správnosti mezi aplikací a odborníky na botaniku. Při porovnání identifikace odborníky a aplikací byla uvedena přesnost aplikace na 86,7 % (Joly et al., 2016). Aplikace tak může být vhodným doplňkem nejen pro participativní mapování ale i pro verifikaci v případě nejistoty u odborníka.

5 Výsledky práce

5.1 Mobilní mapování

V terénu s pomocí mobilní aplikace Field Maps od společnosti Esri bylo sesbíráno 614 dřevin, které spadaly do vymezených ploch sídlištních bloků. Ve skutečnosti bylo nasbíráno stromů více (zhruba 750), nicméně některé nespadaly do vymezených ploch a byly odstraněny v prostředí ArcGIS online. Keřů bylo sesbíráno pouze 170 z důvodů, že v případě větší skupiny keřů byl zmapován jeden a do poznámek k práci byla připsána informace pro doplnění dalších kusů v prostředí ArcGIS Online nebo ArcGIS Pro z důvodů časové úspory. Již během terénního šetření bylo zjištěno, že během sběru dat dochází k chybám v rámci horizontální přesnosti z důvodu zastínění navigace korunami stromů a také ovlivnění signálu z družic okolními budovami. Jednotlivé bodové prvky mají v atributové tabulce tuto chybnou vzdálenost od správně polohy automaticky vypsanou. Průměrná hodnota této chyby dle generovaných údajů v atributové tabulce je 2,73 m, což v rámci sídliště je poměrně velká nepřesnost. Autor taktéž provedl manuální kontrolu přesnosti nad ortofotem na 80 různých dřevinách po všech mapovaných sídlištních blocích. Průměrná chyba v poloze byla vypočtena na 3,46 m. Nejmenší chyba byl zjištěna na sídlištních blocích v Holandské čtvrti, kde nejsou příliš vzrostlé stromy a ani budovy nejsou oproti jiným sídlištím vysoké. V Holandské čtvrti bylo provedeno 20 kontrol a průměrná chyba je 2,21 m. Největší průměrná chyba byla zjištěna na sídlišti v Polabinách, kde jsou nejvyšší budovy a zároveň velké množství již vzrostlých stromů. Průměrná horizontální polohová chyba je zde 5,32 m.



Obrázek 15: Rozmístění dřevin před a po polohové opravě na polabinském sídlišti k roku 2023

Zdroj: ČÚZK (2024 B): Ortofoto ČR

Autor: Matěj Kašpar

Tato nepřesnost souvisí i s počtem satelitů, které jsou v dané chvíli pro mobilní zařízení (navigaci) k dispozici. Ve většině případů měření bylo k dispozici 24 satelitů. Největší počet satelitů – 35 zajistilo horizontální polohovou přesnost 1,88 m. S nejmenším počtem dostupných satelitů (11) dosahovala horizontální polohová přesnost 3,29 m. Pro tyto dvě množiny byl spočítán Pearsonův korelační koeficient s výsledkem -0,81. Výsledek značí předpokládanou silnou závislost mezi počtem spolupracujících satelitů a přesností. Čím méně spolupracuje satelitů s GPS tím menší bude přesnost. Během terénního šetření bylo vyzorováno, že tento problém nastával ve větších skupinách stromů nebo pod hustou rozrostou korunou stromu, která zabraňovala kvalitnímu určení polohy mobilního zařízení.

Průměrná doba sběru dat odpovídá 1,52 minuty strávené při mapování jednoho stromu včetně zadání kódovaných atributů a určení druhu stromu. Tyto kódované atributy definují, zda se jedná o strom (kód 1) či keř (kód 2) a zda se jedná o listnatý (kód 1) či jehličnatý (kód 2) strom. Textové pole bylo určeno pro druh stromu. Celkově samotný sběr dřevin ve vymezeném území trval 938 minut bez dřevin, které byly mimo bloky zmapovány navíc.

Během mapování vzniklo mnoho chyb a velkou výhodou během opravování těchto chyb je znalost sídlištního bloku a rozmístění dřevin. Je pak snazší přesunout body na správné místo či opravovat názvy. Často docházelo k tomu, že dřevina byla zaznačena i o dva stromy dále, než tomu bylo ve skutečnosti. Nejvhodnější podklad pro opravu těchto chyb byla ortofotomapa případně virtuální prohlídka míst v různých mapových prohlížečích. Pro zkompletování pasportu dřevin na všech sídlištních blocích byly z autorových poznámek a z dat sbíraných veřejností doplněny zbývající dřeviny, a to převážně keře. Keřů bylo doplněno 988, stromů 345.

Mapování dřevin pomocí online sběru dat na mobilním zařízení poskytuje uživateli flexibilitu v rámci snadných úprav a ukládání dat do online prostoru předchází ztrátě dat. Další kladnou stránkou je snadný export dat do desktopového prostředí ArcGIS Pro skrze ArcGIS Online. Používání aplikace je velmi snadné a představuje příležitost pro využití sběru dat s pomocí veřejnosti nebo pro sběr dat v týmu. Větší nevýhodou je na měřítku sídlištních bloků poměrně velká odchylka od správné polohy, kterou je pro potřeby kvalitního výzkumu opravit. Případně používat přesnější GPS zařízení.

5. 2 DPZ a Deep Learning

Zásadní pro výběr vhodných dat k tomuto výzkumu byla kompatibilita rozlišení snímků a požadavků nástrojů Deep Learning, na které byly natrénované. Práce s volně dostupnými satelitními snímky nebyla možná vzhledem k jejich malému rozlišení. Komerční snímky s vysokým rozlišením jsou ale pro potřeby práce cenově nedostupné. Pro dané účely je nejvhodnějším řešením z hlediska aktuality dat využít nasnímání zájmového území dronem. Technologie poskytuje velmi podrobný obraz s vysokým rozlišením. Bohužel i v tomto případě nástroje Deep Learning nedokáží správně pracovat s těmito daty. S takto vysokým rozlišením dochází ke špatnému vyhodnocení, protože obraz je příliš detailní a struktura objektů je příliš složitá. Je tedy nutné v GIS prostředí upravit rozlišení dle potřeby nástroje. Nejvhodnějším datovým zdrojem pro dané potřeby byly ortofotomapy poskytované ČÚZK. Každý z použitých nástrojů Deep Learning generuje pro každý prvek atribut Confidence, který značí jistotu, že nástroj může identifikovat objekt správně. Objekty, které jsou chybně detekované není snadné automaticky odstranit. Jednou z možností je vytvoření průměrných hodnot pixelu v rámci jednotlivých polygonů a výrazné odchylky od průměru odstranit. Další možností je odstraňování extrémně malých polygonů a třetí možností je odstraňování polygonů s nízkým parametrem Confidence. Ani jedna z těchto metod však nevykazuje takovou přesnost, aby bylo možné tento proces zautomatizovat a v některých případech je nutné odstranit chybnou detekci manuálně.

Využití nástroje Tree Detection

Výhodou tohoto nástroje je relativně rychlá detekce stromů na sídlišti. Nevýhodou je, že nástroj neumí rozlišit strom od keře. Primárně by této nástroj měl detekovat pouze stromy. V některých případech detekuje i zcela jiné objekty jako jsou kruhové objekty nebo i zcela odlišné objekty jako je například automobil. V těchto případech je terénní průzkum nezbytný. Opravy však lze částečně zautomatizovat díky níže zmíněným postupům. V tomto případě je ale problematické počítat průměrnou hodnotu pixelů a pomocí ní odfiltrovat špatně identifikované stromy. Nástroj Tree Detection má tu nevýhodu, že čtyřúhelník, který značí detekovaný strom svou plochou nekopíruje věrně korunu a část polygonu, konkrétně rohy, jsou na ploše jiného povrchu jako je například asfalt, beton, štěrk ale i zastíněný trávník. Hlavní výhodou tohoto nástroje je rychlá informace o počtu stromů a o jejich přibližně velikosti respektive o velikosti koruny.

Tabulka 2: Spolehlivost nástroje strojového učení Tree Detection na leteckých snímcích od ČÚZK na náhodných částech mapovaného území

	počet stromů	celkem detekovaných objektů	správně detekovaných	chybně detekovaných	nenalezených objektů
Holandská	35	24	14	10	21
Dubina	35	45	29	16	6
Norská	44	46	37	9	7
Polabiny	14	21	12	9	2
Celkem	128	136	92	44	36
Celkem [%]			71,9	32,4	28,1

Autor: Matěj Kašpar

Pro nástroj Tree Detection byla spočítána úspěšnost na čtyřech různých sídlištích (tab. 2). Úspěšnost byla vypočítána z manuálního ověřování a výpočtu. Byly hodnoceny tři aspekty. Jedním je shoda detekovaného stromu s tím, který byl mapován v terénu, dále byla hodnocena chybná identifikace na místech, kde žádný strom nebyl a poslední hodnocení bylo zaměřené na chybnou detekci (existující strom nebyl detekován). Správnost detekce ovlivňovalo několik faktorů. Jedním z faktorů bylo zakrytí stromu jiným stromem. Dalším faktorem byl vržený stín, který tvoří budovy či jiné stromy v okolí (viz obr. 16). Velkou roli hrál vzrůst stromu. V případě, že byl strom malý, byla jeho detekce méně úspěšná. Na druhou stranu, pokud byl strom velký, mohl nástroj v jeho koruně detekovat několik stromů. Dalším příkladem chybné detekce je, že nástroj nerozeznal, že stromů je v zápoji korun více a tato skupina byla zaznačena jako jeden strom. Úspěšnost detekce tj. shoda detekce s již zmapovaným stromem se pohybovala nad 70 %. Neidentifikovaných objektů bylo necelých 30 %, což ale v některých případech nelze pokládat za chybu nástroje ale za limity dálkového průzkumu země. Ve více než 30 % identifikovaných objektů nastala chybná identifikace v místě, kde žádný strom nebyl. Byl vypočítán parametr precision, který Esri uvádí u tohoto nástroje s hodnotou 0,66, a tento parametr v případě této práci odpovídá hodnotě 0,67.



Obrázek 16: Porovnání nástroje Tree Detection (modrý čtyřúhelník) a sběru dat s aplikací FieldMaps (červené body)

Zdroj: ČÚZK (2024 B): Ortofoto ČR

Autor: Matěj Kašpar

Možnost čištění dat

Confidence

Ke každému generovanému polygonu se vytváří atribut Confidence, který určuje jistotu, že byl strom detekován správně. Na níže přiložených obrázcích jsou polygony s Confidence nižší než 15 % znázorněny červovou barvou a polygony s Confidence vyšší než 85 % zelenou barvou (viz obr. 17). Je patrné, že tento atribut má určitý význam nicméně není vhodné jej využívat jako zásadní filtr. Nízká hodnota Confidence byla u polygonů, které vyznačily například šachty u panelových domů, automobily nebo chybně detekované velké koruny stromů. Polygony s vysokou hodnotou Confidence lze považovat za věrohodné a dobře zachycují lokalizaci stromů.



Obrázek 17: Porovnání detekovaných stromů dle parametru Confidence

Zdroj: ČÚZK (2024 B): Ortofoto ČR

Autor: Matěj Kašpar

Průměrná hodnota pixelů

Lze využít další možnosti, díky které budou odfiltrovány špatně detekované položky, nebo alespoň jejich část. Jedná se o práci s rastrem, kdy provedeme výpočet zonální statistiky a vypočítáme průměrnou hodnotu pixelů v daném objektu obsažených. V této práci byl využit nástroj *Zonal Statistics as Table*. Vrstva, která představovala hranice, byly detekované polygony a zdroj informací byl letecký rastrový snímek. Tabulka, která byla výsledkem nástroje, byla propojena opět s vrstvou polygonů a byly odfiltrovány takové polygony, které měly průměrnou hodnotu pixelů vyšší než 130.

Na obr. 18 jsou tyto polygony znázorněny červeným obrysem a zelené polygony jsou ty, které měly hodnotu nižší než 130. Jedná se tedy o další způsob, jak lze část špatně identifikovaných stromů odstranit automaticky. Tento postup však také není zcela přesný. Byly alespoň odstraněny například objekty jako automobily nebo většina výtahových šachet na domě.



Obrázek 18: Porovnání detekovaných stromů dle hodnot pixelů
Zdroj: ČÚZK (2024 B): Ortofoto ČR
Autor: Matěj Kašpar

Využití nástroje Segmentation (SAM)

Nástroj SAM má podobně jako předchozí nástroje několik výhod a nevýhod. Jednou z nevýhod je, že nástroj segmentuje každý prvek obrazu a uživatel musí následně jednotlivé polygony manuálně odstraňovat. Manuální operaci lze zkrátit filtrací extrémně malých objektů nebo objektů s nízkým parametrem Confidence. Tyto objekty se následně po výběru odstraní. Další variantou je využít polygonové vrstvy z nástroje Tree Detection a odstranit ty segmentované polygony, které se nedotýkají čtyřúhelníků produkovaných nástrojem Tree Detection. Ty lze vybrat v ArcGIS Pro pomocí *Select by Location*. Možnou variantou toho postupu je využití bodové vrstvy stromů s funkcí *Select by Location* s možností *Contains* a nastavit obrácený výběr, tedy *Invert Spatial Relationship* a výsledek volby odstraníme. Další nevýhodou, která byla odhalena je že, některé polygony se dublují, nebo se vytvoří několik obrysů. Výsledek segmentace může být takový, že jeden strom má svůj vlastní polygon, ale je také zahrnut v polygonu, který zahrnuje skupinu stromů, do které patří. Tyto polygony byly manuálně odstraňovány. Výhodou SAM je, že nevynechává keře oproti Tree Detection a největší výhodou je, že velmi přesně určí obvod a plochu koruny stromů ale i keřů či celých skupin dřevin.

Přesnost nástroje se velmi těžko hodnotí, jelikož segmentuje všechny objekty na snímku. Tudíž nelze určit, zdali nástroj špatně identifikoval a vytvořil polygon chybně. Samotná segmentace je však kvalitní, v některých případech uživatel musí ale některé skupiny dřevin rozdělovat ručně. Doba dokončení nástroje segmentace pro sedm sídlištních bloků v Polabinách na snímku o rozlišení 12,5 cm na rozloze přibližně 820 byla více než čtyři a půl hodiny bez manuálního dočištění. Výpočet je hardwarově velmi náročný. Omezený výkon znamená omezení plochy výpočtu a je tedy nutné obraz případně rozdělit na menší části. Tímto způsobem tak byly segmentovány pouze bloky v pardubických Polabinách a jeden blok na třídě Kosmonautů v Olomouci.

Využití nástroje Tree Segmantation

Tento model se nepodařilo úspěšně dokončit z důvodu malé kapacity RAM. Vyskytovala se stejná chyba jako tomu bylo v případě nástroje SAM. V podstatě dle popisů autorů se jedná o kombinaci výše zmíněných. Nejprve je detekovaný strom a kolem něj se vytvoří segmentace. Částečně tento nástroj lze však nahradit kombinací výše zmíněných.

Během mapování byla využita data z UAV a ortofoto z ČÚZK. Metody použité v této práci byly aplikovány na snímky z obou zdrojů. Pro většinu operací je vhodnější využívat ortofotosnímky, které jsou profesionálně zpracované. Jejich rozlišení je dodatečně pro současné nástroje Deep Learningu, což výrazně urychluje zpracování dat. Snímky pořízené z UAV bylo nutné upravovat a měnit rozlišení. Je nezbytné provést mapování v období stabilního počasí bez přílišných změn světelných podmínek pro omezení výskytu stínů. Ne vždy se snímky podařilo kvalitně spojit do bezešvé ortofotomapy. V některých případech byla nutná korekce barevného vyjádření a v případě potencionálního výzkumu zaměřeného na identifikaci různých druhů dřevin je tedy nezbytné zohlednit všechny faktory omezující kvalitu získaných dat pro potřeby automatické identifikace.

5. 3 Zjišťování dílčích atributů dřevin

Během práce byla snaha vytvořit postup, který by usnadnil a urychlil sběr dat týkajících se dřevin. Níže jsou uvedené jednotlivé kroky, které je možné aplikovat pro sběr vybraných atributů dřevin.

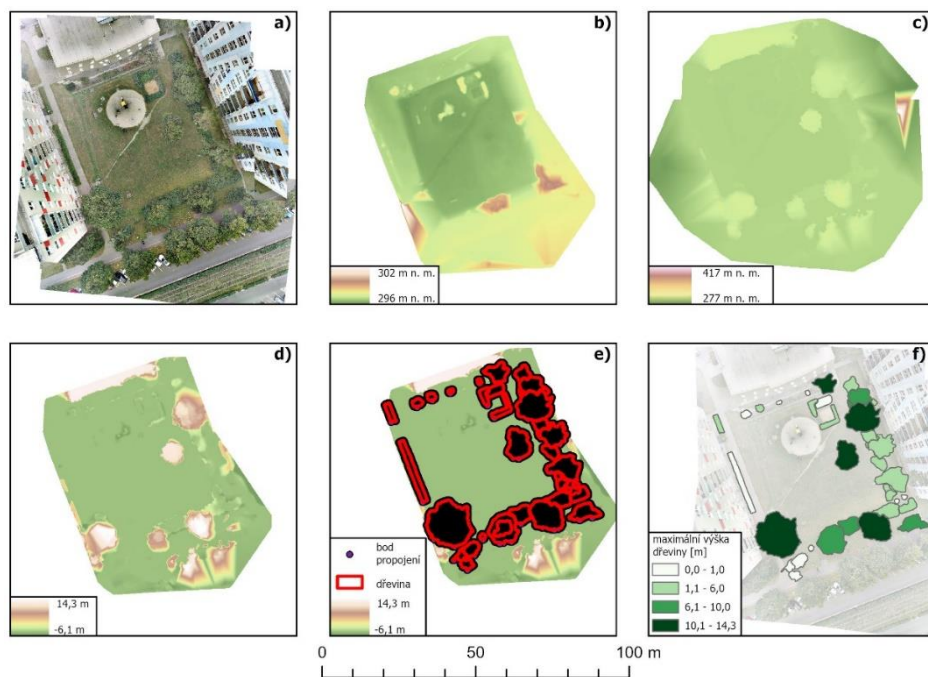
Informace o poloze

Jednou z možností je využití aplikace Field Mpas pro online mobilní mapování. Během práce s aplikací však bylo zjištěno, že pro potřeby této práce vzniká poměrně velká polohová chyba. Chyba však nemusí být způsobena pouze nekvalitním záznamem polohy, ale v určitých případech se uživatel aplikace nedostane do dostatečné blízkosti k dřevině nebo pod korunu stromu. Toto se ale nejčastěji stávalo v případě keřů, kde byl záznam prováděn na okraji porostu. V aplikaci je možné bod umísťovat i manuálně. Možným řešením je i použití geodetických přístrojů pro určení přesné polohy, které mají sadu nástrojů i potřebnou přesnost v limitujících podmínkách. Druhou možností, jak správně lokalizovat dřevinu, je použití nástroje Deep Learning a ve vzniklých polygonech vygenerovat bod v těžišti.

Informace o výšce stromů

Informace o výšce stromu lze zjistit klasickými způsoby a následně je zapsat do atributové tabulky v aplikaci Field Maps. V této práci bylo však záměrem využít moderní technologie, které by usnadnily měření (viz obr. 19). Pro získání informací o výšce stromů byla vhodná data pořízená dronem. Ortofoto poskytované ČÚZK nenesou informace o výšce narozdíl od snímků pořízených dronem. Určování výšky touto metodou proběhlo na dvou sídlištních blocích, a to na Lazcích a na bloku Kosmonautů 1. Tyto bloky byly nalétány dronem díky plánovací aplikaci PIX4D Capture, kde byly nastavené parametry zmíněné v metodice této práce. Byly vytvořeny snímky DSM a DTM, které byly od sebe odečteny. Následně byl rastr oříznut pomocí nástroje Extract by Mask. Ořezová maska byly segmentované koruny nebo detekované stromy. Přesnost určení výšky je závislé na předchozích nástrojích. Výsledek je také ovlivněn kvalitou optických členů dronu nebo jeho technickými parametry. Je nutné nalétat plochu větší, než je cílová plocha, aby nedocházelo k chybám při výpočtu výšky terénu a povrchu v okrajových částech lokalit, což se v případě této práce potvrdilo a dřeviny v okrajích bloků jsou chybně vyobrazeny. V rámci testování technologie byly identifikovány problémy v oblasti odvození výšek budov, kde docházelo k výrazným odchylkám od skutečnosti. Tyto skutečnosti jsou dány nedostatky metody Structure from Motion viz obr. 19 d).

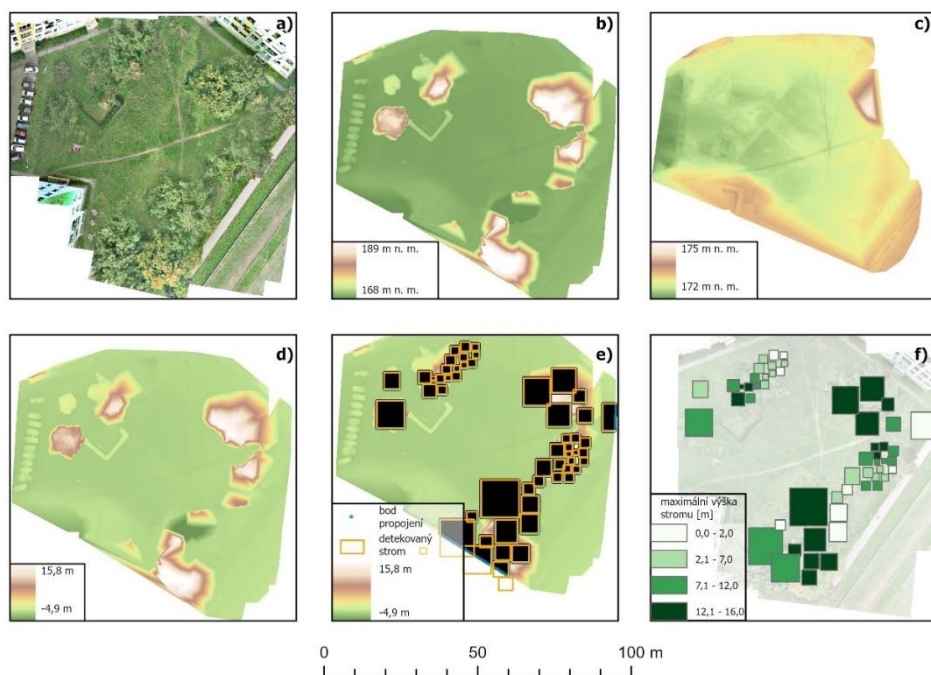
Pomocí segmentovaných či detekovaných objektů byla převedena maximální hodnota pixelu uvnitř vektorové vrstvy do atributu daného polygonu. Na zkoumaných blocích byly detekovány dřeviny od nejmenších keřů do výšky 1 m až po desetimetrové a vyšší stromy. Na sídlištním bloku Kosmonautů 1 bylo využito segmentace, na Lazcích bylo využito nástroje Tree Detection jako objektu pro výběr lokality, ze které je odčtena výška pro danou dřevinu.



Obrázek 19: a) Ortofoto vytvořené pomocí dronu; b) DMT; c) DMP; d) výška objektů nad povrchem; e) tvorba propojovacích bodů v oblasti vysegmentovaných dřevin; f) propojení vektorového polygonu a bodů pro získání maximální výšky dřevin

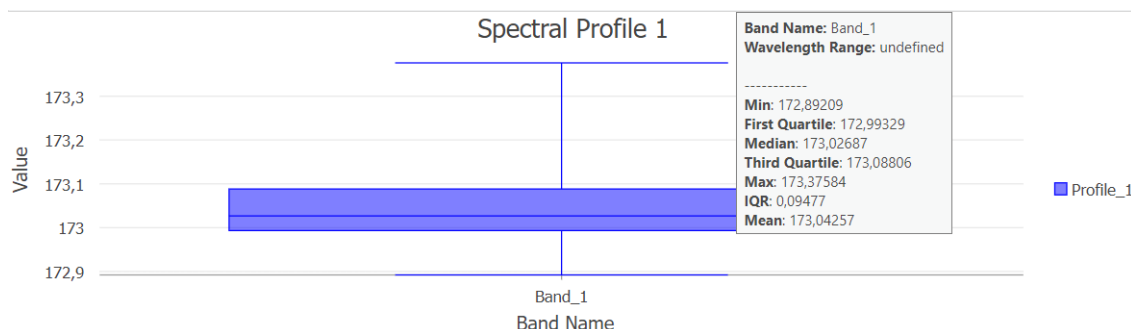
Autor: Matěj Kašpar

Na Lazcích bylo ověřeno, jestli je nástroj Tree Detection akceptovatelný (viz obr. 20). Přestože nástroj segmentace vyznačí celou dřevinu a zachytí jistě ten nejvyšší bod, je rychlejší využít nástroje detekce s předpokladem, že nejvyšší bod dřeviny se nebude nacházet na okraji, a tudíž bude umístěn uvnitř čtyřúhelníku vygenerovaného detekcí. Také zde nebyl přímo odečítán DSM a DTM ale byla odečtena střední hodnota (viz obr. 21) DTM v části, kde nerostou žádné dřeviny. Od DSM byla tedy odečtena hodnota 173 a následně byl zvolen stejný postup jako v předchozím případě.



Obrázek 20: a) Ortofoto vytvořené pomocí dronu; b) DSM; c) DTM; d) výška objektů nad povrchem; e) tvorba propojovacích bodů v oblasti detekovaných stromů; f) propojení vektorového polygonu a bodů pro získání maximální výšky dřevin

Autor: Matěj Kašpar



Obrázek 21: Spektrální profil z obrazu DMT k odečtu konstanty z DMP pro určení výšky objektů

Autor: Matěj Kašpar

Pokud bychom měli porovnat oba přístupy, jeví se jako vhodnější a přesnější první metoda, kdy byla využita segmentace. Je zde obsažena celá oblast koruny stromu nebo keře a omezí se tak možný nedostatek vynechání nejvyššího bodu koruny. Další výhodou je vytvoření přesného obrysu koruny, který je důležitý ve velkých skupinách stromů. Je sice možné obě varianty modifikovat, ale v případě segmentace minimálně. Na druhou stranu v případě segmentace je nutné odstraňovat více polygonů, které jsou chybně detekovány jako dřeviny. Vhodnější je volit segmentaci z důvodu využívání atributových dat, která obsahují informace o rozměrech koruny.

Informace rozměrech koruny

Informace o rozměrech koruny nese například segmentovaná koruna stromu. Údaje zjištěné segmentací jsou přesnější, kopírují okraje koruny. Problém nastává v případech, kdy je koruna stromu překryta jinou korunou. Tento problém není specifický pro segmentaci ale pro všechny metody DPZ s výjimkou využití LiDARových dat. Standartně jsou automaticky údaje o rozměrech koruny zaznamenány v atributové tabulce jako *Shape Area* nebo *Shape Length*. Pro potřeby zjištění poloměru či průměru je pak snadné dopočítat ze základních vztahů pro výpočet obsahu či obvodu kruhu. To ovšem platí pro dřeviny, které mají koruny pravidelné a blíží se tvaru kružnice. Rozměry koruny také můžeme měřit pomocí nástroje měření v GIS prostředí, ale to je časově náročné. Možné je také využívat výsledky z nástroje Tree Detection, kdy je vytvořen čtyřúhelník, který opisuje korunu stromu. Doplnkové měření v terénu je tedy v některých případech nezbytné. Díky aplikaci Fields map je možné vybrané prvky pro verifikaci v terénu snadno identifikovat.

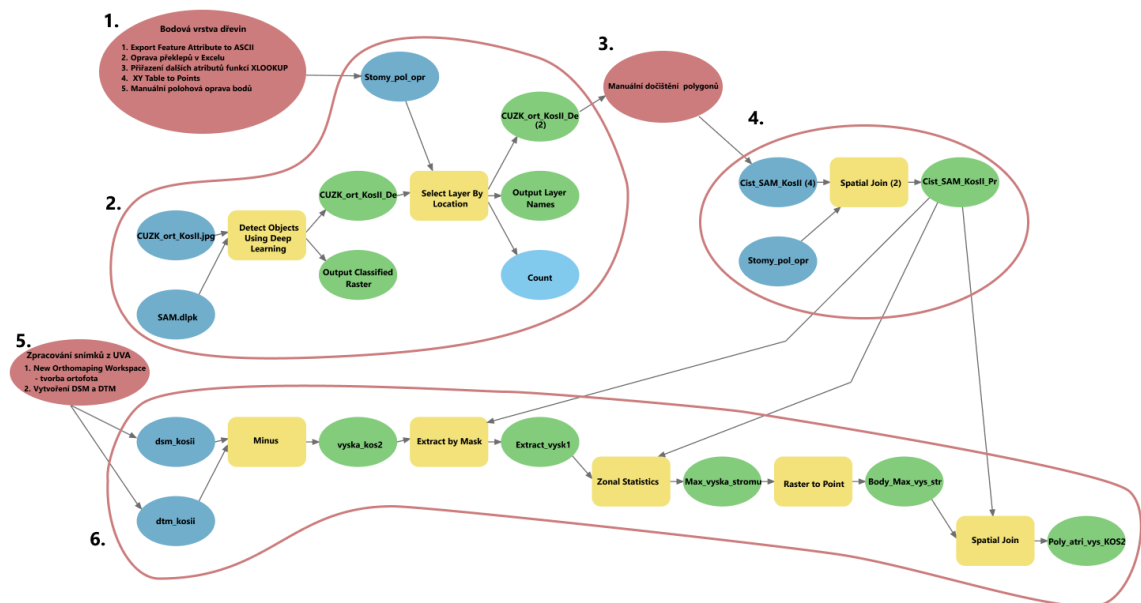
Doplňkové informace o vybraných dřevinách

Pro potřeby doplnění dalších informací pro mapování je možné vybrané vlastnosti druhů dřevin propojit s existující tabulkou. Daným postupem připojíme doplňkové informace o druhové specifikaci například alergenní rostliny, invazní druhy apod. V daném případě bylo využito v MS Excel funkce VLOOKUP.

5. 4 Propojení nástrojů a návrh postupu

Propojením výše zmiňovaných postupů a nástrojů by se celková pasportizace zefektivnila. Je vhodné ale provádět tyto operace zvláště pro každý sídlištní blok z důvodu výpočetní náročnosti všech nástrojů, jelikož se pracuje s podrobnými rastry. Nástroje byly propojeny v nástroji Model Builder v prostředí ArcGIS Pro (obr. 22). Celý tento navrhovaný postup nelze spustit najednou, je nutné některá vstupní data upravit v jiném programu, nebo musí být provedena manuální oprava i v GIS prostředí.

Vstupní data použitá pro navržený proces jsou tvořena bodovou vrstvou definující prostorovou lokalizaci stromů s druhovým určením. Lze použít vlastní data, data pasportu zeleně nebo data sbíraná veřejnost. Dalšími vstupními daty je ortofotosnímek (v našem případě ČÚZK), snímky získané UAV pomocí specializovaného nástroje plánování misí dronů v režimu grid (optimálně double grid). Data doplňující informace s dalšími atributy typické pro daný druh dřeviny v tabulkové podobě.



Obrázek 22: Navrhovaná metodika pro mapování dřevin a vybraných atributů s využitím Model Builderu v ArcGIS Pro
Autor: Matěj Kašpar

V první fázi je potřeba opravit chyby, které byly vytvořeny během sběru dat do bodové vrstvy dřevin. V tomto případě to jsou především překlepy nebo jiné chybné přiřazení vlastností. Bodová vrstva se musí převést do tabulky nástrojem *Export Feature Attribute To ASCII*. Tyto chyby lze pochopitelně opravit i v GIS prostředí. Opravený soubor (tabulka) se následně doplní o další data pomocí funkce VLOOKUP. Tato funkce přiřadí hodnotu na základě shody výrazu či hodnoty. V tomto případě to jsou druhy a je jim přiřazena vlastnost například, že se jedná o jehličnatý či listnatý strom. Tímto způsobem jsou všem bodům přiřazeny další informace, se kterými chceme v GIS prostředí pracovat. Již bylo zmíněno, že bodová vrstva vytvořená během, terénního sběru dat prostředí Field Maps vykazuje pro potřeby velkého měřítka značnou polohovou chybu. Je třeba tedy nad ortofotem umístit body přesně do koruny. Je to zcela zásadní pro další kroky.

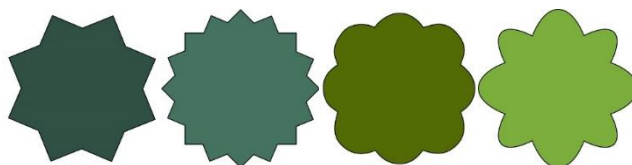
V druhém kroku se spustí nástroj segmentace SAM, který byl vybrán z důvodu korektní identifikace dřevin a získání parametru rozměru koruny. Výsledek je nutné verifikovat a odstranit chyby. První čištění proběhne pomocí výběru objektů, které sejevilo jako nejefektivnější. Jsou vybrány objekty pomocí *Select by Location*, kde *Input Feature* jsou segmentované polygony a *Selecting Features* bodová vrstva dřevin, která byla v předchozím korku vyčištěna a opravena. Jejich vztah je nastaven jako *Contains* ale je zaškrtnuto pole *Invert Spatial Relationship*, což zajistí výběr těch polygonů, které neobsahují uvnitř bod dřevin. Následně lze tyto polygony vymazat. Ve třetí fázi je nutné polygony manuálně prohlédnout, vymazat zdvojené polygony a případně je rozdělit pomocí editačního nástroje *Split* dle počtu bodů v nich ležících a dle skutečného obvodu dřevin. Každý polygon by měl obsahovat právě jeden bod, který nese informaci o druhu dřeviny a případně i další atributy. Je to důležité kvůli dalšímu čtvrtému kroku, jenž propojí tyto polygony s bodovou vrstvou dřevin. To lze provést díky funkci *Spatial Join*, kde *Target Features* jsou očištěné polygony, *Join Features* je bodová vrstva a *Match Option* je *Contains*. Tím jsou převedeny atributy z bodové vrstvy stromů do polygonové a jsou přesně lokalizované dřeviny s rozměry koruny, určeným druhem a dalšími atributy.

V pátém kroku jsou zpracována data, která byla pořízena dronem. Postup již byl popsán v podkapitole „Informace o výšce stromů“. Nejprve je vytvořena mozaika z mnoha snímků nalítaných v režimu grid. Následně se vytvoří DSM a DTM, které jsou od sebe odečteny. Posledním krokem je série jednoduchých operací, které jsou na sebe řetězeny. Vytvořený výsledek z nástroje *Minus* je oříznut jednotlivými polygony dřevin pomocí nástroje *Extract by Mask*. A pro každý tento polygon se provede statistika pixelů, kde bude vyhledána maximální hodnota pixelu v dané oblasti polygonů. Tuto maximální hodnotu lze vyhledat pomocí nástroje *Zonal Statistics*, kde *Input Raster or Feature Zone Data* jsou polygony dřevin a *Input Value Raster* je vzniklý raster z nástroje *Minus*. V možnosti výběru *Statistic Type* je zvoleno *Maximum*. Tím bude vytvořen raster, který kopíruje celé polygony a všechny pixely nesou hodnotu o maximální výšce dané dřeviny v ní. Nyní je třeba převést hodnoty rasteru do vektorů. To lze s využitím nástroje *Raster to Point*, který převede každý pixel do bodu. Tuto množinu je nutné převést do polygonů s pomocí nástroje *Spatial Join*, kde *Target Feature* je vrstva segmentovaných polygonů, *Join Feature* jsou body převedené z pixelů rasteru, *Join Operation* je *One to One* a *Match Option* lze zvolit například *Contains*. Spojením všech těchto nástrojů lze docílit časově efektivního postupu při mapování dřevin a jejich atributů, které byly v této práci z hlediska autorových možností dosažitelné. Celý postup však nelze zautomatizovat, aby byl postavený jeden funkční model, jelikož nástroje strojového učení nejsou stále zcela přesné a sběr dat také provází množství chyb, které je nutné opravit.

5. 5 Vizualizace dřevin na mapách sídlištních bloků

V rámci této práce byla vytvořena sada znaků pro vybrané dřeviny. I přestože předchozí postup pracuje ve výsledku s polygonovým výstupem, závěrečné hodnocení sídlištních bloků a mapové výstupy obsahují bodové znaky. Tyto znaky byly vytvářeny s ohledem na měřítko sídlištního bloku. Navržení znaků bylo nutné, jelikož nabízená základní sada znaků v ArcGIS Pro či volně dostupné sady nejsou dostatečně obsáhlé. Znaky byly vytvářeny pouze dle autorových preferencí a kartografického citu. Níže uváděné barvy dřevin jsou kódované hex kódem. Znaky byly tvořeny v rozměru 400 x 400 pixelů. Znaky ve vektorové grafice lze po nahrání do ArcGIS Pro modifikovat.

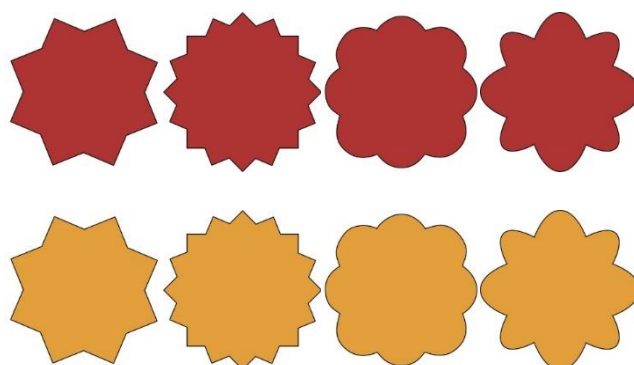
První základní sadou je čtveřice znaků, které rozlišují jehličnatý strom, listnatý strom, listnatý keř a jehličnatý keř. Jehličnatý strom je tvořen dvěma prolnutými čtverci, které jsou pootočené o 45° a barvou s hex kódem 305143. Jehličnatý keř je tvořen čtyřmi prolnutými čtverci pootočenými o 22,5°. Pro keř byl zvolen méně sytý odstín barvy 457360. Listnatý strom byl vytvořen nástrojem pero. Tvar stromu je lehce asymetrický, což na první pohled nemusí být zřejmé. Je zde 8 lehce rozdílných výběžků. Barva listnatého stromu odpovídá kódu 536B05. Naopak listnatý keř je tvořen čtyřmi elipsami. Dvě jsou širší a jsou na sobě kolmé, stejné tak jsou na sebe kolmé další dvě užší elipsy, které jsou pootočené o 45°. Barva zvolená pro listnatý keř je 7BAE3D. Rozdílné barvy mezi listnatým stromem a keřem respektive jehličnatým jsou zvoleny z důvodu snazšího rozlišení znaků.



Obrázek 23: Navržené bodové znaky (zleva): jehličnatý strom, jehličnatý keř, listnatý strom, listnatý keř

Autor: Matěj Kašpar

Další část sady reprezentuje určitou závažnost jevu. Mohou být využity pro znázornění zdraví dřevin nebo rizika například pokud se jedná o invazivní či nepůvodní druhy. Byly nakresleny stejné tvary stromu i keře jehličnatých i listnatých jako výše zmiňovaných. Pouze byla změněna výplň, kterou by si uživatel mohl nastavit i v prostředí ArcGIS Pro. Pro časové úspory uživatelů, kteří by sadu případně využívali jsou však i do této sady přidány. Pro střední stupeň závažnosti byla použita barva E39F3B a pro vysoký stupeň závažnosti byla použita barva AE3434.

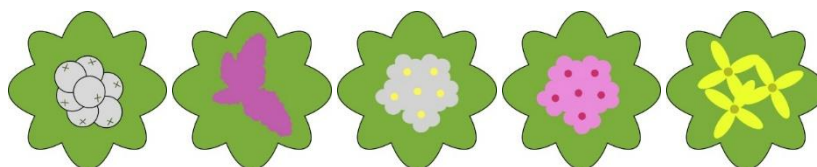


Obrázek 24: Varianty znázornění pro kvalitativní vlastnost dřeviny: vysoká závažnost (nahore), střední závažnost (dole)
Autor: Matěj Kašpar

Další část sady jsou již konkrétní druhy dřevin, které se nejčastěji na sídlištích během mapování vyskytovaly. Jedná se opět o totožné znaky jako byly vytvořeny pro případy vizualizace jehličnatých či listnatých keřů a stromů. Znaky byly doplněny piktoqramem, který byl navržený jako zjednodušený tvar listu či části větvičky, květu nebo i plodu, aby bylo zřejmé, o jaký druh se jedná. Jednotná zvolená barva pro výplň listů a stonků je B4E220.



Obrázek 25: Navržené symboly nejčastější zastoupených listnatých stromů (zleva): bříza bělokorá, jasan ztepilý, javor mléč, lípa srdčitá, různé druhy třešní, trnovník akát
Autor: Matěj Kašpar



Obrázek 26: Navržené symboly nejčastěji zastoupených listnatých keřů (zleva): pámelník bílý, šeřík obecný, tavelník – bíle kvetoucí druhy, tavelník – růžově kvetoucí druhy, zlatice prostřední
 Autor: Matěj Kašpar

V případě listnatých dřevin, kde je tvar již tak jednoduchý, bylo zjednodušení tvaru relativně snadné. V případě jehličnanů bylo obtížné nalézt kompromis mezi věrnou vizualizací (obr. 27) či dostatečnou generalizací znaku (obr. 28). Z toho důvodu jsou zde prezentovány dvě varianty jehličnanů. Žádné specifické druhy jehličnatých keřů z důvodu malého zastoupení na sídlištích nebyly vizualizovány.



Obrázek 27: Navržené podrobné symboly nejčastěji zastoupených listnatých stromů (zleva): smrk pichlavý, smrk ztepilý, borovice lesní, borovice černá
 Autor: Matěj Kašpar



Obrázek 28: Navržené generalizoované symboly nejčastěji zastoupených listnatých stromů (zleva): smrk pichlavý, smrk ztepilý, borovice lesní, borovice černá
 Autor: Matěj Kašpar

Výše vytvořeným symbolům je taktéž možno upravit rám znaku, který může taktéž nést informaci například o zdravotním stavu stromu nebo například zda je dřevina původní či nějakým způsobem nebezpečná. Sadu symbolů je možné na požádání autora získat jako styl do ArcGIS Pro ve formátu .stylx. Jednotlivé symboly je možné editovat a upravovat přímo v ArcGIS Pro. Případně je možné zažádat o obrázky ve formátu .svg a upravovat je v grafickém editoru. Sadu je také možné doplňovat o další znaky opět skrze software ArcGIS Pro.

5. 6 Struktura sídlištní zeleně

Během mapování bylo sesbíráno velké množství dat, která lze využít pro zhodnocení struktury dřevin na jednotlivých sídlištních blocích ale i na sídlištních obecně. Zmapováno bylo různými metodami 1911 dřevin a z toho více než polovina jsou keře, kterých bylo zmapováno 1098. Tento údaj však nemusí být zcela přesný, jelikož v některých případech musel být počet odhadnut nebo dopočítán. Tato situace nastávala v případech, kdy keře tvořili větší skupinu. V některých případech mohlo dojít i k chybné identifikaci keře či stromu. Celkem bylo identifikováno 39 druhů keřů. Nejvíce bylo identifikováno tavolníku plstnatého, který se vyskytoval převážně v bezprostřední blízkosti komunikace nebo parkoviště. Dále se hojně vyskytovala zlatice prostřední (179 ks), která se taktéž vyskytovala převážně ve větších skupinách. Velké zastoupení měl rovněž ptačí zob obecný (129 ks) a šefík obecný (63 ks). Pokud bychom ale sčítali všechny druhy tavolníků, tak jich bylo zmapováno dokonce 545 ks. Jedná se tedy o nejčastější sídlištní keř. Všechny druhy keřů byly listnaté až na jediný druh a tím byl jalovec polehlý, který byl zmapován šestkrát.

Stromů bylo zmapováno 813 s tím, že opět převažovaly stromy listnaté. Celkem bylo rozpoznáno 59 druhů listnatých stromů. Nejčastějším stromem na vybraných sídlištních blocích byl javor mléč, který byl zaznamenán 135krát. Druhý nejvíce zastoupený druh byla bříza bělokorá (66 ks) a třetí třešeň (57 ks). Další listnaté stromy s větším počtem záznamů než dvacet byla lípa srdčitá, trnovník akát a jasan ztepilý. Jehličnatých druhů stromů bylo identifikováno 10 a nejvíce zastoupená byla borovice lesní s počtem 51 kusů. Druhým nejvíce zastoupeným jehličnatým stromem byla borovice černá (43 ks) a třetím smrk ztepilý (27 ks).

Průměrně se na každém sídlištním bloku vyskytovalo více než 15 druhů dřevin z toho průměrně bylo více jak 10 druhů stromů. Průměrný počet stromů na jednom sídlištním bloku byl téměř 34 kusů a více než 45 kusů keřů s tím, že tento průměr výrazně zvyšují bloky v Holandské čtvrti v Olomouci. Průměrná hustota osazení dřevinami je 1,43 ks/a a pouze stromy 0,61 ks/a. Průměrná velikost jednoho bloku je 55,8 a.

Co se týče druhové pestrosti, Odumův index je roven hodnotě 0,04 s tím, že pro tento výpočet byly započítány všechny dřeviny a hodnota 0,07 odpovídá výpočtu pouze se stromy. Dle tohoto indexu je relativně nízká diverzita mezi všemi dřevinami a z výpočtu zároveň vyplývá, že druhová skladba stromů je pestřejší než keřů. Obě hodnoty jsou ale blízké monokultuře. Zde se projevuje nevýhoda tohoto indexu, kde i v případě pestrého prostředí může nastat situace, že tento index bude naznačovat málo pestré společenstvo.

Tyto situace nastávají, pokud se pracuje s velkým vzorkem a limitem je počet existujících druhů. Hodnoty Simpsonova indexu, který vyjadřuje dominanci určitého druhu, jsou rovny 0,11 pro všechny dřeviny a 0,06 pouze pro stromy. Z výsledků je opět možné vyčíst, že mezi keři dominuje určitý druh, který tento index zvyšuje. Ale diverzita je vysoká, respektive dominance je nízká, což si rozporuje s indexem dle Oduma. V celku jsou zde druhy, které mohou dominovat, nicméně je zde velký počet druhů (92) a prvních pět nejpočetnějších druhů má minimálně 80 kusů a výrazná převaha jednoho zde není. Jediný, který relativně dominuje respektive je nejvíce zastoupen je tavolník plstnatý. V případě této práce však byly všechny tavolníky sloučeny do jedné skupiny. Souhrnné zhodnocení všech bloků je v tabulce 3.

Tabulka 3: Komplexní zhodnocení dřevin na všech mapovaných sídlištních blocích během roku 2023

	ukazatel	celkem	průměr
[ks]	počet druhů dřevin	92	15,5
	počet druhů stromů	64	10,75
	počet dřevin	1911	79,625
	počet stromů	813	33,875
	počet jehl. stromů	171	7,125
	počet list. stromů	642	26,75
	počet keřů	1098	45,75
[a]	rozloha bloku	1340,3	55,8
[ks/a]	hust. osázení dřevinami	1,43	
	hust. osázení stromy	0,61	
Index	Odum. i. dřeviny	0,04	
	Odum. i. stromy	0,07	
	Simpson. i. dřeviny	0,11	
	Simpson. i. stromy	0,06	

Autor: Matěj Kašpar

Kromě komplexního zhodnocení dřevin byly stejným způsobem zhodnoceny zvlášť všechny sídlištní bloky. Zhodnocení jednotlivých bloků je v tabulce 4. Co se týče počtu druhů všech dřevin, nejvíce jich bylo identifikováno na polabinských blocích a na blocích u ulice Norská. Naopak nejméně jich bylo na blocích na třídě Kosmonautů. Na druhou stranu je stále třeba brát v potaz různou rozlohu bloků, kdy nejmenší bloky nemají prostor pro vysázení více druhů. Nejvyšší počet druhů stromů je na blocích Polabiny 4, Dukla 1, Norská 1 a dále shodně se čtrnácti druhy Norská 3 a Polabiny 2, 3 a 5. Nejmenší druhové zastoupení stromů je na blocích Kosmonautů 1 a Dukla 4. Co se týče počtu jednotlivých dřevin, tak zde dominují bloky, kde byly hustě vysázené keře v řadách například podél domů či komunikace. Takové bloky byly v Holandské čtvrti a na třídě Kosmonautů. V rámci počtu

stromů již tyto bloky nedominují, a naopak se jedná o jedny z nejhorších. Nejvíce vysázených stromů je opět v Polabinách na blocích 4 a 3, kde je v obou případech silně zastoupena bříza bělokorá (dohromady 17). V případě bloku Polabiny 3 je silně zastoupen javor mléč (11) a na bloku Polabiny 4 to je trnovník akát (9). Dále je velký počet stromů na Lazcích, kde dominují borovice černé (34), což souvisí i s následující charakteristikou, tedy s počtem vysázených jehličnatých stromů, kde tento blok výrazně dominuje. Druhý největší počet jehličnatých stromů je na bloku Norská 2, kde převažují smrky (13). Smrky jsou zde sečtené dva druhy. Smrk ztepilý je zde devětkrát a smrk ztepilý čtyřikrát. Jsou zde i bloky, kde není žádný jehličnatý strom, a těmi bloky jsou Holandská 3 a Polabiny 5. Co se týče listnatých stromů, tak ty byly zastoupeny ve všech blocích relativně hojně. Výjimkou je Norská 2 a Lazce, kde převažují právě stromy jehličnaté. Jinak mohly převažovat keře, které jsou hojně zastoupeny v Holandské čtvrti a na třídě Kosmonautů, kde jich je od 73 do 205. Převažujícími keři na těchto blocích jsou tavolníky či ptačí zob.

Právě takto velké zastoupení keřů na těchto blocích zvyšuje vypočtenou hustotu osázení dřevinami, takže bloky v Holandské čtvrti, na třídě Kosmonautů a na Lazcích mají největší hodnoty. Hustota osázení dřevinami se zde pohybuje od 2,36 ks/a do 4,23 ks/a. Nejnižší hustota osázení v rámci dřevin je obecně v Polabinách, na Dukle 2 a na Norské 3. Pokud se hustota osázení počítá pouze pro stromy, situace se výrazně mění a nejvíce osázená Holandská čtvrť je naopak z hlediska stromů nejméně osázená, stejně tak i bloky na třídě Kosmonautů. Lazce (1,02 ks/a) mají druhou nejvyšší hustotu osázení stromy. Hustota osázení na třídě Kosmonautů a v Holandské čtvrti se naopak pohybuje od 0,26 do 0,56 ks/a. Naopak bloky nejvíce osázené stromy jsou na Dubině (0,85 až 1,3 ks/a) a zmiňované Lazce. Mimo Dubinu a Lazce je hustě osázená Dukla (0,74 až 0,89 ks/a), Polabiny 2 (0,96 ks/a) alespoň nad 0,8 ks/a je ještě v Polabinách 4 na Norské 1.

Další statistickou charakteristikou jsou indexy biodiverzity. Výsledky indexů spolu záporně korelují. V případě všech dřevin je hodnota korelace -0,74 a stromů -0,53. Stále je však vhodné využít oba indexy, jelikož Simpsonův index lépe vystihuje dominanci nějakého druhu a je méně citlivý k vzácným druhům ve společenstvu. Z hlediska diverzity jsou nejméně pestré bloky v Holandské čtvrti, kde, jak již bylo zmíněno, dominují tavolníky, stejně tak jsou málo pestré bloky jsou na třídě Kosmonautů, kde dominují také tavolníky a ptačí zob a na Lazcích dominuje ptačí zob a borovice černá. Ve všech těchto blocích tuto nízkou diverzitu zapříčiňovalo velké zastoupení keřů jednoho druhu až na Lazce, kde

převažoval i jehličnatý strom. To se právě propisuje i do indexů diverzity, kde se počítalo pouze se stromy. Blok na Lazcích je tedy nejméně pestrý i z hlediska stromů, což je zapříčiněno velkým zastoupením borovic černých (34), ale je zde i velký počet javorů mléč (12). Další bloky s nízkou diverzitou je Dubina 1, kde dominuje třešeň (15) a borovice lesní (11). Třetím nejhorším blokem z tohoto pohledu je Dukla 2, kde převažuje javor mléč (15) a smrk pichlavý (6).

Jako nejpestřejší bloky z hlediska všech dřevin jsou Norská 2 a 3, Polabiny 1 a 4 a Dukla 1. V některých případech hodnocení pestrosti se indexy mírně rozcházejí. Příkladem je blok Dukla 1, který je dle Odumova indexu relativně pestrý zároveň dle Simpsonova indexu je potvrzeno, že je zde určitá dominance. Toto je příklad, proč je vhodné využívat oba indexy. Je zde velký počet druhů a svým způsobem je zde druhová pestrost s tím, že je zde ale mírná dominance určitého druhu a tím je javor mléč (15). Opačným příkladem je Dukla 4. Jedná se o to, že je zde ještě více druhů a mezi nimi jich může několik mírně dominovat. V tomto případě to je javor mléč (12), habr obecný (7) a další čtyři druhy jsou zastoupeny alespoň čtyřmi kusy. Jako jednoznačně nejlepší z hlediska biodiverzity lze považovat blok Norská 3, kde vyšly indexy ve všech případech tak, že značí výraznou diverzitu bez větší dominance. Ve výsledku všechny bloky jsou druhově pestré až na již zmiňované bloky s velkým zastoupením keřů (Norská, Kosmonautů a Lazce). V tabulce 4 jsou méně a více sytě podbarvená okna zeleně a červeně. Barvy byly zvoleny dle kvartilů, aby bylo snadné bloky mezi sebou porovnávat. Červená barva nutně neznamená nízkou druhovou pestrost. Takovým příkladem je, že bloky v Holandské čtvrti z hlediska Odumova indexu v případě stromu jsou podbarvené sytě červenou (mimo blok 3), ale ve skutečnosti je zde diverzita relativně vysoká. Druhým příkladem jsou pak bloky na Dukle, které jsou dle Simpsonova indexu v rámci stromů také podbarvené červeně (mimo blok 4), ale až tak výrazná dominance nějakého druhu zde není. V některých případech vyšly stejné hodnoty indexu pro dřeviny i pro stromy. Jedná se o případy, kdy na bloku nebyl žádný keř, respektive jich bylo velmi málo.

Tabulka 4: Statistické zhodnocení jednotlivých sídlištních bloků

	Dubina 1	Dubina 2	Dubina 3	Dukla 1	Dukla 2	Dukla 3	Dukla 4	Holandská 1	Holandská 2	Holandská 3	Holandská 4	Kosmonautů 1	Kosmonautů 2	Lazce	Norská 1	Norská 2	Norská 3	Polabiny 1	Polabiny 2	Polabiny 3	Polabiny 4	Polabiny 5	Polabiny 6	Polabiny 7
počet druhů dřevin	10	14	15	18	12	19	18	16	10	11	13	8	13	14	20	15	17	13	18	19	30	19	15	14
počet druhů stromů	6	10	10	16	11	12	5	11	8	7	9	5	9	9	15	11	14	10	14	14	19	14	10	9
počet dřevin	39	38	41	42	40	61	67	236	176	153	177	82	115	138	76	35	25	29	51	63	75	54	49	49
počet stromů	34	27	27	39	36	43	38	31	22	13	25	9	12	58	33	29	23	27	48	56	60	46	38	39
počet jehl. stromů	11	13	6	4	10	7	2	3	3	0	3	3	5	34	13	21	6	2	4	6	10	0	1	4
počet list. stromů	23	14	21	35	26	36	36	28	19	13	22	6	7	24	20	8	17	25	44	50	50	46	37	35
počet keřů	5	11	14	3	4	18	29	205	154	140	152	73	103	80	43	6	2	2	3	7	15	8	11	10
rozloha bloku	32,9	31,9	27,3	43,6	48,8	48,4	47,5	55,8	56,3	38,7	59,8	34,8	35,4	56,7	39,8	39,7	39,4	48,2	50,0	76,5	74,4	97,2	101,6	155,6
hust. osázení dřev.	1,18	1,19	1,50	0,96	0,82	1,26	1,41	4,23	3,13	3,95	2,96	2,36	3,25	2,43	1,91	0,88	0,63	0,60	1,02	0,82	1,01	0,56	0,48	0,32
hust. osázení str.	1,03	0,85	0,99	0,89	0,74	0,89	0,80	0,56	0,39	0,34	0,42	0,26	0,34	1,02	0,83	0,73	0,58	0,56	0,96	0,73	0,81	0,47	0,37	0,25
Odum. i. dřeviny	0,26	0,37	0,37	0,43	0,30	0,31	0,27	0,07	0,06	0,07	0,07	0,10	0,11	0,10	0,26	0,43	0,68	0,45	0,35	0,30	0,40	0,35	0,31	0,29
Odum. i. stromy	0,18	0,37	0,37	0,41	0,31	0,28	0,13	0,35	0,36	0,54	0,36	0,56	0,75	0,16	0,45	0,38	0,61	0,37	0,29	0,25	0,32	0,30	0,26	0,23
Simpson. i. dřeviny	0,23	0,10	0,08	0,14	0,17	0,09	0,06	0,68	0,38	0,61	0,24	0,38	0,27	0,21	0,15	0,10	0,04	0,12	0,07	0,07	0,05	0,11	0,08	0,12
Simpson. i. stromy	0,30	0,16	0,08	0,16	0,21	0,15	0,14	0,14	0,15	0,12	0,17	0,17	0,06	0,38	0,11	0,13	0,05	0,14	0,08	0,09	0,06	0,14	0,13	0,17

Autor: Matěj Kašpar

Korelace a typologie

Všechny sídlištní bloky byly porovnané pomocí Pearsonova korelačního koeficientu jakožto míry podobnosti. Ve sloupcích byly jednotlivé sídlištní bloky a v řádcích jednotlivé druhy dřevin. To znamená, kolik kusů daného druhu se nacházelo na daném bloku. Každý blok byl porovnán s každým z čehož vznikla čtvercová tabulka nebo také matice taxonomických vzdáleností, jež vyjadřuje míry podobností jednotlivých bloků. Byly vytvořeny dvě takovéto tabulky (tab. 5 a 6). Jedna obsahovala data se všemi dřevinami a druhá se všemi stromy. Předpokladem bylo, že sídlištní bloky z jednotlivých sídlišť si budou nejvíce podobná, avšak nebylo to pravidlem.

Z hlediska všech dřevin na sídlištních blocích si jsou podobné všechny bloky na pardubické Dukle ale také v Olomouci v Holandské čtvrti. Naopak vůbec podobné si nejsou z hlediska složení druhů a početnosti dřevin bloky u ulice Norská. Na pardubické Dubině si jsou pak velmi podobné bloky 1 a 2 ale s třetím jen velmi málo. Mimosídlištní podobnosti jsou mezi blokem Polabiny 1 a všemi dukelskými. Velmi podobné si jsou také bloky Norská 1 a Holandská 4, kde hodnota koeficientu je rovna hodnotě 0,79. Zároveň si jsou podobné bloky Lazce a Kosmonautů, dále Holandská 1 s Kosmonautů 1 a 2 s tím, že tato podobnost je zapříčiněna velkým výskytem tavelníků.

Tabulka 5: Korelace mezi druhou skladnou a četností dřevin mezi všemi sídlištními bloky

	Dubina 1	Dubina 2	Dubina 3	Dukla 1	Dukla 2	Dukla 3	Dukla 4	Holandská 1	Holandská 2	Holandská 3	Holandská 4	Kosmonautů 1	Kosmonautů 2	Lazce	Norská 1	Norská 2	Norská 3	Polabiny 1	Polabiny 2	Polabiny 3	Polabiny 4	Polabiny 5	Polabiny 6	Polabiny 7
Dubina 1	1,00	0,82	0,16	0,14	0,01	0,12	0,08	0,04	0,07	0,04	0,10	0,00	0,01	-0,02	0,05	0,03	0,09	0,28	0,07	0,12	0,35	0,11	-0,04	-0,04
Dubina 2	0,82	1,00	0,41	0,03	-0,03	0,15	0,08	0,36	0,28	0,35	0,33	0,18	0,23	0,01	0,20	0,09	0,20	0,14	0,06	0,12	0,35	0,11	-0,01	-0,03
Dubina 3	0,16	0,41	1,00	-0,06	-0,07	0,34	0,15	0,71	0,48	0,68	0,27	0,38	0,46	0,22	-0,02	-0,04	-0,05	0,16	0,21	0,16	0,15	0,41	0,10	0,16
Dukla 1	0,14	0,03	-0,06	1,00	0,81	0,69	0,59	-0,01	0,00	-0,01	0,04	-0,05	-0,05	0,12	-0,05	0,01	-0,06	0,80	0,13	0,49	0,02	0,37	0,22	0,24
Dukla 2	0,01	-0,03	-0,07	0,81	1,00	0,62	0,64	-0,01	0,04	-0,01	0,07	-0,04	-0,03	0,13	-0,02	0,11	-0,07	0,67	0,12	0,47	0,07	0,32	0,25	0,28
Dukla 3	0,12	0,15	0,34	0,69	0,62	1,00	0,60	0,41	0,36	0,40	0,28	0,20	0,24	0,28	0,03	0,01	-0,09	0,77	0,20	0,48	-0,01	0,56	0,24	0,24
Dukla 4	0,08	0,08	0,15	0,59	0,64	0,60	1,00	0,11	0,10	0,09	0,21	0,02	0,02	0,12	0,18	0,06	0,02	0,63	0,26	0,50	0,08	0,48	0,39	0,26
Holandská 1	0,04	0,36	0,71	-0,01	-0,01	0,41	0,11	1,00	0,71	0,99	0,45	0,58	0,70	0,17	-0,03	-0,04	-0,04	0,09	-0,01	-0,01	0,01	0,24	-0,03	-0,02
Holandská 2	0,07	0,28	0,48	0,00	0,04	0,36	0,10	0,71	1,00	0,70	0,82	0,40	0,49	0,24	0,43	-0,05	-0,06	0,08	-0,05	0,01	-0,01	0,13	0,10	0,00
Holandská 3	0,04	0,35	0,68	-0,01	-0,01	0,40	0,09	0,99	0,70	1,00	0,44	0,57	0,69	0,16	-0,04	-0,04	-0,05	0,08	-0,04	-0,03	0,00	0,19	-0,04	0,03
Holandská 4	0,10	0,33	0,27	0,04	0,07	0,28	0,21	0,45	0,82	0,44	1,00	0,24	0,29	0,20	0,79	-0,06	-0,08	0,08	-0,05	0,03	-0,04	0,15	0,18	0,02
Kosmonautů 1	0,00	0,18	0,38	-0,05	-0,04	0,20	0,02	0,58	0,40	0,57	0,24	1,00	0,92	0,72	-0,04	-0,04	-0,04	0,01	-0,04	-0,03	-0,02	0,08	-0,02	-0,03
Kosmonautů 2	0,01	0,23	0,46	-0,05	-0,03	0,24	0,02	0,70	0,49	0,69	0,29	0,92	1,00	0,60	-0,05	-0,02	-0,05	0,02	-0,06	0,00	0,01	0,10	-0,04	0,04
Lazce	-0,02	0,01	0,22	0,12	0,13	0,28	0,12	0,17	0,24	0,16	0,20	0,72	0,60	1,00	0,08	0,02	-0,09	0,19	0,00	0,08	-0,01	0,11	0,07	0,04
Norská 1	0,05	0,20	-0,02	-0,05	-0,02	0,03	0,18	-0,03	0,43	-0,04	0,79	-0,04	-0,05	0,08	1,00	0,16	0,16	-0,02	0,18	0,07	-0,01	0,16	0,36	0,06
Norská 2	0,03	0,09	-0,04	0,01	0,11	0,01	0,06	-0,04	-0,05	-0,04	-0,06	-0,04	-0,02	0,02	0,16	1,00	0,38	0,03	0,10	-0,03	0,02	-0,09	0,00	-0,01
Norská 3	0,09	0,20	-0,05	-0,06	-0,07	-0,09	0,02	-0,04	-0,06	-0,05	-0,08	-0,04	-0,05	-0,09	0,16	0,38	1,00	-0,06	0,32	0,18	0,21	0,04	0,33	0,03
Polabiny 1	0,28	0,14	0,16	0,80	0,67	0,77	0,63	0,09	0,08	0,08	0,01	0,02	0,19	-0,02	0,03	-0,06	1,00	0,34	0,64	0,22	0,56	0,35	0,39	0,02
Polabiny 2	0,07	0,06	0,21	0,13	0,12	0,20	0,26	-0,01	-0,05	-0,04	-0,05	-0,04	-0,06	0,00	0,18	0,10	0,32	0,34	1,00	0,52	0,34	0,70	0,66	0,33
Polabiny 3	0,12	0,12	0,16	0,49	0,47	0,48	0,50	-0,01	0,01	-0,03	0,03	-0,03	0,00	0,08	0,07	-0,03	0,18	0,64	0,52	1,00	0,54	0,51	0,65	0,64
Polabiny 4	0,35	0,35	0,15	0,02	0,07	-0,01	0,08	0,01	-0,01	0,00	-0,04	-0,02	0,01	-0,04	-0,01	0,02	0,21	0,22	0,34	0,54	1,00	0,13	0,50	0,49
Polabiny 5	0,11	0,11	0,41	0,37	0,32	0,56	0,48	0,24	0,13	0,19	0,15	0,08	0,10	0,11	0,16	-0,09	0,04	0,56	0,70	0,51	1,00	1,00	0,46	0,31
Polabiny 6	-0,04	-0,01	0,10	0,22	0,25	0,24	0,39	-0,03	0,10	-0,04	0,18	-0,02	-0,04	0,07	0,36	0,00	0,33	0,35	0,66	0,65	0,50	0,46	1,00	0,63
Polabiny 7	-0,04	-0,03	0,16	0,24	0,28	0,24	0,26	-0,02	0,00	-0,03	0,02	-0,03	0,04	0,04	0,06	-0,01	0,03	0,39	0,33	0,64	0,49	0,31	0,63	1,00

Autor: Matěj Kašpar

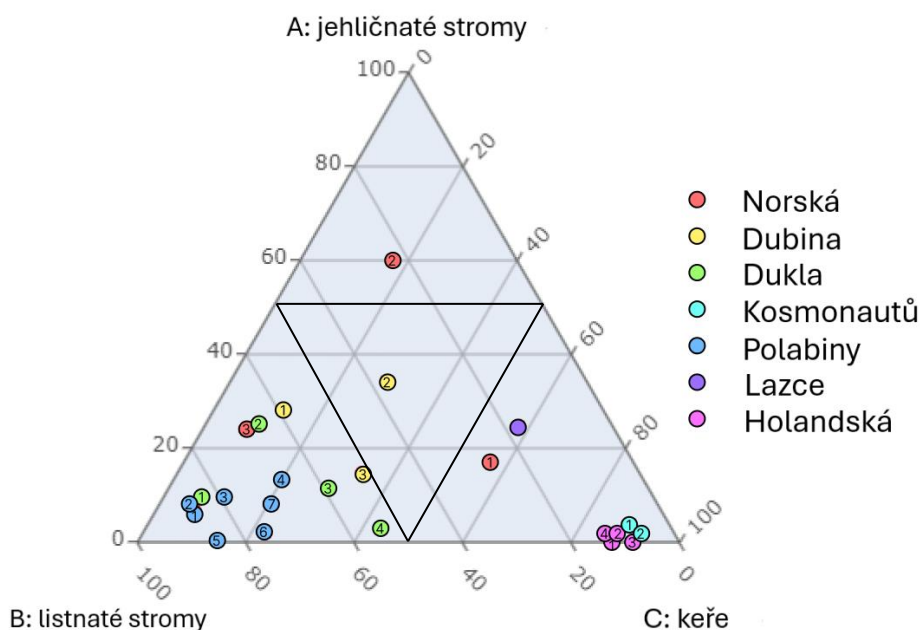
Právě aby nedocházelo k podobnostem na základě velkého výskytu jednoho druhu keře, který je hustě vysázen například podél komunikace, byla vytvořena stejná tabulka pouze pro stromy. Tato tabulka nicméně není výrazným způsobem odlišná od té předchozí. Je zde více bloků, které si jsou podobné z hlediska druhů a počtu jich vysázených. Velké rozdíly v podobnostech mezi tabulkami jsou v případech bloků, které se nacházely v Holandské čtvrti a na třídě Kosmonautů. Jak již bylo zmíněno tyto rozdílnosti jsou zapříčiněny velkým počtem keřů stejného druhu. Opět největší podobnost je v rámci čtyř bloků na Dukle v Pardubicích. Velká podobnost je také v Holandské čtvrti, kde si jsou podobné bloky 2, 3 a 4. Blok 1 si je spíše podobný s blokem Polabiny 5. V rámci Polabin je to pestré, ale největší shoda je mezi blokem 6 a bloky 2,3 a 7. Polabinský blok 1 je podobný všem na Dukle. Lazce jsou podobné blokům na třídě Kosmonautů. Nejméně si jsou podobné bloky na Dubině, kde je velká pestrost druhů. Naopak bloky Dubina 1 a Dubina 2 jsou podobné bloku Holandská 2. V případě bloků na ulici Norská nebyla nalezena žádná shoda ani v rámci sídliště a ani v porovnání s ostatními. Odhadem autora je příčina staří sídliště a organická změna způsobená iniciativou obyvatel jednotlivých bytů. Sídlíště Dukla je sice stejně staré, ale tam je tato shoda zapříčiněna především shodným osazením okrajů blok javorem mléč.

Tabulka 6: Korelace mezi druhou skladnou a četností stromů mezi všemi sídlištními bloky

	Dubina 1	Dubina 2	Dubina 3	Dukla 1	Dukla 2	Dukla 3	Dukla 4	Holandská 1	Holandská 2	Holandská 3	Holandská 4	Kosmonautů 1	Kosmonautů 2	Lazce	Norská 1	Norská 2	Norská 3	Polabiny 1	Polabiny 2	Polabiny 3	Polabiny 4	Polabiny 5	Polabiny 6	Polabiny 7
Dubina 1	1,00	0,89	0,18	0,13	0,00	0,12	0,08	0,09	0,77	0,26	0,44	-0,06	0,11	-0,01	0,02	0,03	0,08	0,28	0,06	0,12	0,38	0,09	-0,06	-0,05
Dubina 2	0,89	1,00	0,24	0,04	-0,02	0,02	0,01	0,14	0,59	0,11	0,33	-0,06	0,06	-0,04	0,11	0,13	0,25	0,13	0,06	0,16	0,42	0,00	-0,04	-0,01
Dubina 3	0,18	0,24	1,00	-0,08	-0,08	0,12	0,21	0,54	0,21	-0,03	0,01	-0,02	0,00	0,33	0,15	-0,02	-0,05	0,17	0,32	0,27	0,23	0,41	0,21	0,30
Dukla 1	0,13	0,04	-0,08	1,00	0,82	0,79	0,71	0,30	0,48	0,51	0,72	-0,08	-0,02	0,27	-0,05	0,00	-0,09	0,80	0,11	0,49	0,01	0,38	0,24	0,25
Dukla 2	0,00	-0,02	-0,08	0,82	1,00	0,71	0,73	0,31	0,35	0,44	0,59	-0,07	0,16	0,25	-0,08	0,11	-0,10	0,68	0,10	0,48	0,03	0,32	0,23	0,29
Dukla 3	0,12	0,02	0,12	0,79	0,71	1,00	0,74	0,46	0,47	0,58	0,66	-0,05	-0,04	0,44	0,04	0,03	-0,10	0,85	0,24	0,57	-0,02	0,56	0,29	0,29
Dukla 4	0,08	0,01	0,21	0,71	0,73	0,74	1,00	0,59	0,52	0,50	0,57	-0,01	-0,02	0,24	0,10	0,06	0,01	0,74	0,30	0,58	0,05	0,53	0,35	0,33
Holandská 1	0,09	0,14	0,54	0,30	0,31	0,46	0,59	1,00	0,30	0,27	0,36	-0,08	-0,11	0,14	0,15	-0,06	0,05	0,42	0,47	0,45	0,02	0,75	0,16	0,18
Holandská 2	0,77	0,59	0,21	0,48	0,35	0,47	0,52	0,30	1,00	0,67	0,73	-0,08	0,08	0,11	-0,05	-0,04	-0,03	0,58	0,07	0,26	0,26	0,24	0,05	0,04
Holandská 3	0,26	0,11	-0,03	0,51	0,44	0,58	0,50	0,27	0,67	1,00	0,77	-0,08	-0,02	0,14	-0,11	-0,10	-0,14	0,52	0,02	0,24	-0,01	0,22	0,10	0,08
Holandská 4	0,44	0,33	0,01	0,72	0,59	0,66	0,57	0,36	0,73	0,77	1,00	-0,07	-0,02	0,21	-0,06	-0,04	-0,04	0,71	0,13	0,45	0,17	0,33	0,17	0,23
Kosmonautů 1	-0,06	-0,06	-0,02	-0,08	-0,07	-0,05	-0,01	-0,08	-0,08	-0,08	-0,07	1,00	0,07	-0,04	0,09	-0,06	0,14	-0,04	0,15	0,26	0,14	-0,05	0,24	0,12
Kosmonautů 2	0,11	0,06	0,00	-0,02	0,16	-0,04	-0,02	-0,11	0,08	-0,02	-0,02	0,07	1,00	-0,05	0,04	0,36	0,10	0,02	0,09	0,02	0,12	-0,04	0,19	0,27
Lazce	-0,01	-0,04	0,33	0,27	0,25	0,44	0,24	0,14	0,14	0,14	0,21	-0,04	-0,05	1,00	-0,04	0,11	-0,08	0,36	0,05	0,19	-0,04	0,17	0,10	0,12
Norská 1	0,02	0,11	0,15	-0,05	-0,08	0,04	0,10	0,15	-0,05	-0,11	-0,06	0,09	0,04	-0,04	1,00	0,54	0,53	0,04	0,59	0,17	0,13	0,34	0,48	0,17
Norská 2	0,03	0,13	-0,02	0,00	0,11	0,03	0,06	-0,06	-0,04	-0,10	-0,04	-0,06	0,36	0,11	0,54	1,00	0,39	-0,01	0,08	-0,07	0,02	-0,10	-0,03	-0,01
Norská 3	0,08	0,25	-0,05	-0,09	-0,10	-0,10	0,01	0,05	-0,03	-0,14	-0,04	0,14	0,10	-0,08	0,53	0,39	1,00	-0,09	0,29	0,14	0,22	0,02	0,33	0,03
Polabiny 1	0,28	0,13	0,17	0,80	0,68	0,85	0,74	0,42	0,58	0,52	0,71	-0,04	0,02	0,36	0,04	-0,01	-0,09	1,00	0,33	0,65	0,22	0,55	0,38	0,42
Polabiny 2	0,06	0,06	0,32	0,11	0,10	0,24	0,30	0,47	0,07	0,02	0,13	0,15	0,09	0,05	0,59	0,08	0,29	0,33	1,00	0,52	0,33	0,72	0,69	0,35
Polabiny 3	0,12	0,16	0,27	0,49	0,48	0,57	0,58	0,45	0,26	0,24	0,45	0,26	0,02	0,19	0,17	-0,07	0,14	0,65	0,52	1,00	0,57	0,54	0,68	0,66
Polabiny 4	0,38	0,42	0,23	0,01	0,03	-0,02	0,05	0,02	0,26	-0,01	0,17	0,14	0,12	-0,04	0,13	0,02	0,22	0,22	0,33	0,57	1,00	0,12	0,50	0,53
Polabiny 5	0,09	0,00	0,41	0,38	0,32	0,56	0,53	0,75	0,24	0,22	0,33	-0,05	-0,04	0,17	0,34	-0,10	0,02	0,55	0,72	0,54	0,12	1,00	0,49	0,35
Polabiny 6	-0,06	-0,04	0,21	0,24	0,23	0,29	0,35	0,16	0,05	0,10	0,17	0,24	0,19	0,10	0,48	-0,03	0,33	0,38	0,69	0,68	0,50	0,49	1,00	0,71
Polabiny 7	-0,05	-0,01	0,30	0,25	0,29	0,29	0,33	0,18	0,04	0,08	0,23	0,12	0,27	0,12	0,17	-0,01	0,03	0,42	0,35	0,66	0,53	0,35	0,71	1,00

Autor: Matěj Kašpar

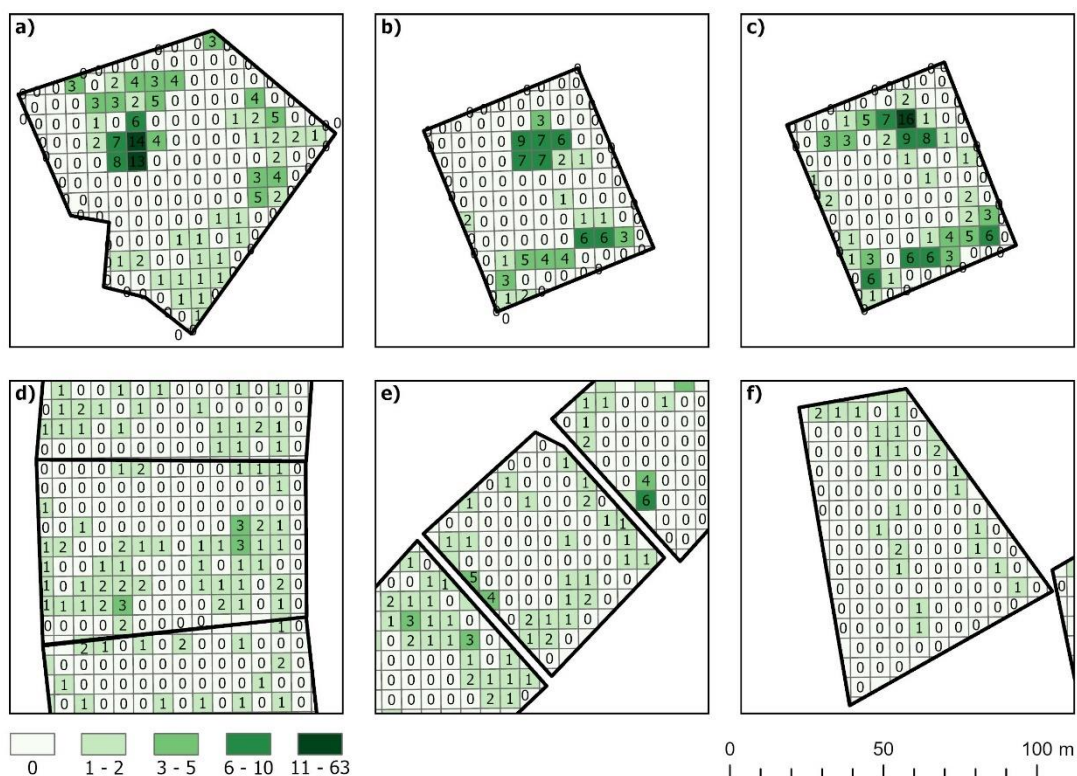
Dále byla zhodnocena struktura z hlediska podílu zastoupení listnatých a jehličnatých stromů a keřů (viz obr. 29). Došlo k vytvoření shluku, kde je velký podíl keřů. Jsou to již zmiňované bloky v Holandská čtvrti a na třídě Kosmonautů. Dále se žádný takto těsný výrazný shluk alespoň zrakem identifikovatelný nevytvořil. Charakteristické je taktéž relativně nízké zastoupení bloků, kde převažují jehličnaté stromy. Pro usnadnění identifikace byl do středu trojúhelníkového grafu vložen obrácený trojúhelník, který definuje bloky, které nemají výrazně převažující zastoupení keřů nebo jehličnatých či listnatých stromů. Díky tomuto rozdělení je již snazší vytvořit určitou typologii. V horní části trojúhelníku jsou tak bloky s převažujícími jehličnatými stromy, kde je pouze blok Norská 2. Dalším typologickou skupinou jsou bloky s převahou keřů, kam patří zmiňované bloky Holandská a Kosmonautů a k tomu Lazce a Norská 1. Další velkou skupinou jsou bloky s převahou listinných stromů, kde jsou všechny bloky z Polabin, Dukly, z Dubiny (1 a 2) a z Norské blok 2. Ve středu vytvořený trojúhelník, který vytváří plochu, kde jsou bloky bez převahy těchto ukazatelů, obsahuje pouze jeden blok a tím je Dubina 2.



Obrázek 29: Poměr mezi zastoupení jehličnatých stromů, listnatých stromů a keřů
 Autor: Matěj Kašpar

Struktura z hlediska rozmístění dřevin

Pro snazší zhodnocení rozmístění dřevin byla na každém bloku vytvořena čtvercová mřížka s délkou hrany čtverce 10 m. Každý čtvercový polygon nese informaci o počtu dřevin v něm obsažených. Tato mřížka byla vytvořena z důvodu navazující statistické operace Global Moran's I. Zároveň tato mřížka generalizuje výsledky a je snazší pro čtení. Vybrané příklady této vizualizace rozmístění dřevin jsou na obr. 30. Byly vybrány právě tyto, jelikož reprezentují rozmístění, které mohlo nastat. Zbylé takto zhodnocené bloky jsou součástí šablon, které jsou v příloze této práce. Na obr. 30 jsou vybrané bloky s tím, že na obrázcích 30 a), 30 b), a 30 c) jsou shluky dřevin, které tvoří určité ostrovy koncentrace zeleně na volném prostranství. Na obrázku 30 a) je dominantní jedna lokalita a druhá méně dominantní je na západě bloku. Naopak na obrázcích 30 b) a 30 c) jsou místa, kde je delší pás zeleně na jižní straně a na severní je opět určitá koncentrace. Na obrázku 30 d) lze pozorovat rovnoměrné rozložení dřevin, jediná volná plocha je v podstatě na místě, kde stojí dům. Nikde není část plochy, kde by byly dřeviny hustě vysázeny. Na obrázcích 30 e) a 30 f) jsou zástupci ze všech bloků, kde je rozmístění zcela náhodné a bez větších koncentrací či pravidel. Pro ověření tohoto tvrzení je však vhodné kvantitativně zhodnotit rozmístění dřevin pomocí indexu prostorové autokorelace Global Moran's I.



Obrázek 30: Koncentrace dřevin na vybraných sídlištních blocích: a) Lazce; b) Kosmonautů I; c) Kosmonautů 2; d) Dukla 2; e) Dubina 2; f) Polabiny 1
 Autor: Matěj Kašpar

Koncentrace dřevin

Pro zjištění určité struktury rozmístění dřevin byl vypočítán Global Moran τ I Index, což je index prostorové autokorelace, který vyjadřuje, zda existuje nějaká struktura rozmístění určitých jevů v prostoru. Tento index byl vypočítán pro všechny sídlištní bloky (tab. 7), aby bylo zjištěno, zdali v rámci sídlišť byl nějaký trend v koncentraci dřevin nebo zda byly dřeviny rozmístěny disperzně nebo zde není žádný specifický vzorec. V rámci sídlištních bloků byla vstupní data za každý blok čtverce, které tvořili mřížku o hraně 10 m a obsahovaly údaje o množství dřevin v nich obsažených. Největší koncentrace dřevin byla zjištěna na Lazcích, kde jsou dva shluky borovic, dále byly dřeviny koncentrovány na třídě Kosmonautů, kde jsou dřeviny koncentrovány při chodníku, kde je velké množství tavolníků ale i stromů. Dále jsou zde hustě vysázeny keře jako živý plot u pískoviště. Na sídlištních blocích Dukla 3 a Dukla 4 jsou koncentrovány skupiny dřevin různých druhů. Mezi sídlištními bloky v Holandské čtvrti vychází silnější koncentrace pouze u bloku 2, kde jsou koncentrovány keře podél komunikace a u bytového domu. V Holandské čtvrti se mohla předpokládat velká koncentrace díky velkému a hustému porostu u komunikace a u domů, ale zbylé dřeviny především stromy jsou po celém bloku rozprostřeny nahodile. Jediný

blok, kde lze hovořit o jakési disperzi dřevin je Dukla 2, kde hodnota indexu je -0,29. Nelze ale hovořit o silné záporné prostorové autokorelaci. V rámci jednotlivých sídlišť nelze najít mezi bloky výraznou shodu až na Polabiny, kde je hodnota indexu prostorové autokorelace blízko nule, což vyjadřuje nahodilost rozmístění a neexistuje prostorový vzorec v celém sídlišti.

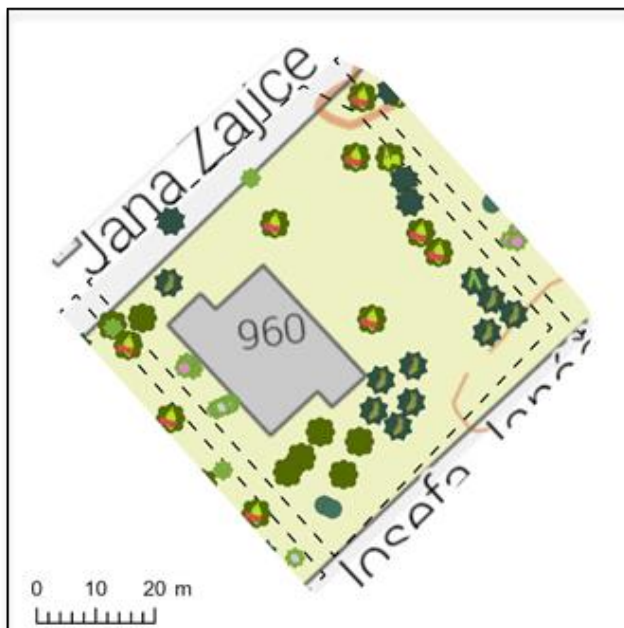
Tabulka 7: Koncentrace dřevin na jednotlivých sídlištních blocích vypočtená s pomocí Global Moran 's I index

Sídlištní blok	Global Moran 's I index
Dubina 1	0,21
Dubina 2	-0,02
Dubina 3	0,11
Dukla 1	0,02
Dukla 2	-0,19
Dukla 3	0,28
Dukla 4	0,21
Holandská 1	0,13
Holandská 2	0,27
Holandská 3	0,02
Holandská 4	0,09
Kosmonautů 1	0,41
Kosmonautů 2	0,34
Lazce	0,43
Norská 1	0,18
Norská 2	0,18
Norská 3	0,21
Polabiny 1	0,12
Polabiny 2	0,18
Polabiny 3	0,17
Polabiny 4	0,23
Polabiny 5	0,14
Polabiny 6	0,15
Polabiny 7	0,06

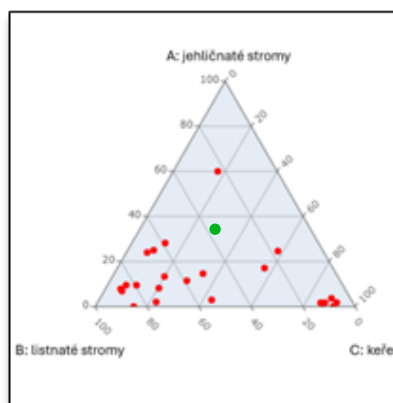
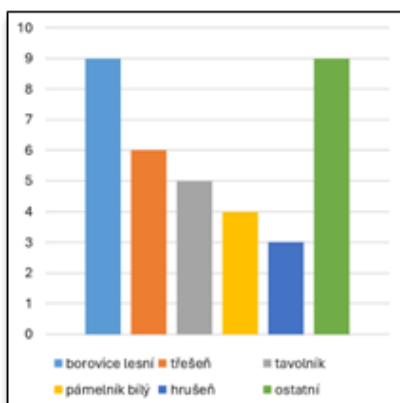
Autor: Matěj Kašpar

5. 7 Mapové výstupy a šablony sídlištních bloků

Pro každý sídlištní blok byla vytvořena šablona, do které byly vkládány informace, které daný blok z hlediska skladby dřevin a jejich struktury v prostoru charakterizovaly. Celkem bylo zmapováno 24 sídlišť. Každá šablona obsahuje většinu výsledků z této práce mimo informací o výšce stromů a o rozměrech koruny, jelikož tyto charakteristiky nebyly zjištěny pro všechny bloky. Jak již bylo zmíněno, nástroj, který umožňoval získat tyto informace v GIS prostředí, změnil pravděpodobně nároky na hardware a další operace tak nemohly být dokončeny. Na obr. 31 je jeden příklad, kde je mapový výstup s vytvořenou symbologií a lokalizační mapou, dále jsou zde statistické charakteristiky, které charakterizují strukturu dřevin z hlediska druhového složení a rozmístění. Zbylé šablony jsou zahrnuty v této práci jako příloha.

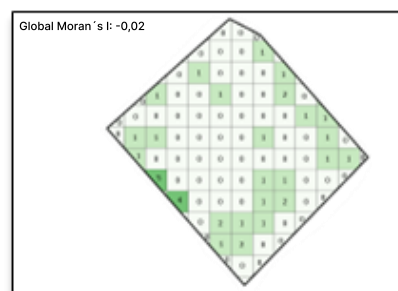


Druhy dřevin



počet druhů dřevin	14
počet druhů stromů	10
počet dřevin	38
počet stromů	27
počet jehl. stromů	13
počet list. stromů	14
počet keřů	11
rozloha bloku	31,9
hust. osázení dřev.	1,19
hust. osázení str.	0,85
Odum. i. dřeviny	0,37
Odum. i. stromy	0,37
Simpson. i. dřeviny	0,10
Simpson. i. stromy	0,18

Tento blok ze sídliště vybudovaného převážně v 80. letech. Na tomto bloku jsou vyrovnané počty jehličnatých stromů, listnatých stromů a keřů. Dominantními druhy jsou zde borovice lesní, třešně a z keřů tavelníky a pámeľníky. Tento blok je z hlediska druhů pestřejší než Dubina 1. Z hlediska prostorové autokorelace zde nebyl nalezen žádný vzorec uspořádání.



Obrázek 31: Sídlíštní zeleň na bloku Dubina 2

Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečská služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečská služba WMS - ZTM 10

Autor: Matěj Kašpar

6 Diskuze

Vymezování sídlištních bloků bylo provedeno dle výroku Rigattioho (2000), který uváděl, že blok je podcelek sídliště, jenž se ve struktuře pravidelně opakuje. Skutečnost je o něco složitější a prostor je pestřejší. Některé bloky se skutečně opakují a struktura je téměř stejná. V některých případech mají bloky odlišné geometrické tvary. Hranice bloků nebyly vždy zcela ostré a zřejmé. V některých případech pomohlo řídit se hranicemi parcel, ale to také ne vždy stačilo a některé hranice musely být vytyčeny intuitivně.

Jako největším aktuálním trendem v mapování je automatizace postupu a úspora času. V rámci mapování zeleně se nejvíce využívá DPZ. Jak Matese et al. (2015) uvádí, data pořízená satelitem mají menší rozlišení obrazu a jsou významně ovlivněna oblačností. Z důvodů především malého rozlišení nebyla tato data vhodná pro tuto práci, ač by přinesla velmi důležité údaje pro mapování dřevin. Velikost pixelu byla v některých případech rovna velikosti koruny stromu. To je zcela nevyhovující pro měřítko, na kterém byla tato práce prováděna. Jako velmi vhodné lze považovat letecké snímky, které jsou kvalitně zpracované a jejich rozlišení je zcela dostatečné pro současné potřeby mapování dřevin. Snímky z UAV jsou až příliš podrobné, což není problémem, který nelze vyřešit. Hlavní výhodou UAV je flexibilita pořízení dat a jistota, že data jsou velmi aktuální a blok se od té doby zásadním způsobem nezměnil. Během práce došlo k neshodě leteckých dat a dat pořízených během terénního mapování, jelikož letecké snímky nebyly aktuální. Další výhodou UAV je možnost zisku informací o výšce v jednotlivých pixelech. Hlavní nevýhodou je cena UAV, taktéž software pro plánování misí je velmi drahý. Jednou z dalších nevýhod, která byla potvrzena je doba letu a závislost na baterii dronu. Celé toto zhodnocení souhlasí s tím, které uvádí Matese et al (2015).

Využití umělé inteligence v GIS prostředí má mnoho výhod, jak uvádí Xiao & McPherson (2005), Beloiu et al. (2023) a Hartling et al., (2021). Nicméně jedná se o náročný nástroj pro hardware, a to je limitující pro úspěšný výsledek. Trénování nástrojů hlubokého učení trvá velké množství času, avšak komunita Esri jednotlivé nástroje umožňuje uživatelům stáhnout a využívat. Mezi natrénovanými dostupnými nástroji jsou segmentační a detekční nástroje, které bylo možné využít i pro tuto práci. Jako užitečnější v rámci mapování a zisku údajů o dřevinách lze označit segmentační nástroj, který je podstatně náročnější na hardware než detekční nástroj Tree Detection. Tree Detection, který využil Hennig (2021) pro mapování stromů v sadu, je vhodnější právě pro takové úlohy, kde lze očekávat solitérní stromy, kdy se koruny nespojují. Zároveň i Hennig (2021) zmiňuje, že

přesnost tohoto modelu je závislá na velikosti koruny, což se v případě této práce potvrdilo s tím, že největší problém byl při detekci opravdu velkých korun, které nástroj chybně detekoval jako o mnoho menších. Totéž se stávalo při příliš kvalitním snímku s vysokým rozlišením. Uváděný parametr precision modelu Tree detection byl garantován na 0,66, s tím že tento model byl trénován na odlišných datech, než byla využita v této práci. I přesto bylo dosaženo hodnoty parametru 0,67. To je příslibem funkčnosti dalších modelů pro data poskytovaná v České republice.

Pro klasifikaci dřevin nebo pouze stromů a jejich druhů však není dostupný žádný nástroj. S velkou pravděpodobností pro autory mapující na území České republiky by se muselo jednat o trénování na ortofot snímky z ČÚZK, které jsou dostatečně kvalitní, ale ani v tomto případě nejsou všechny snímky barevně vyvážené a tím by mohlo docházet k chybám během trénování a následné klasifikaci. Pro klasifikaci by byla vhodná data z jiného než viditelného spektra, která jsou poskytována zdarma pro Českou republiku. Dostupná jsou pouze ze satelitů a jak již bylo zmíněno, kvůli malému rozlišení jsou pro tyto účely nepoužitelná. To samé platí i pro hodnocení zdraví zeleně. ČÚZK sice tato data vhodná pro hodnocení zdraví zeleně poskytuje, ale jedná se pouze o prohlížečskou službu. Pro získání údajů o druhu stromu byly zvoleny dva jiné postupy. Jedním z nich byl sběr dat v terénu, kdy byla využita aplikace pro online sběr dat, kterou doporučuje Crown et al. (2018) a Roman et al. (2017). Doporučovali ji ovšem v rámci public science. I v této práci byla využita public science, jelikož dle těchto autorů nabízí mnoho výhod a data v rámci určování druhu dřevin jsou relativně přesná. Nebyla navrhována žádná metodika pro mapování dřevin veřejností, ale byla využita pouze data sesbíraná veřejností s aplikací Tree Check. Jedná se však o příležitost do budoucích výzkumů zapojit více veřejnost a navrhnout vhodnou metodiku, aby byla data vhodná. Z dostupné literatury bylo zjištěno, že určování druhů nějakým automatizovaným způsobem není stále zcela dostupné a jsou pro to nezbytná těžko dosažitelná data nebo relativně silná výpočetní technika. Jedním z potenciálních přístupů je tvorba snímků dřevin v pravých barvách pomocí UAV v různých fázích vegetačního cyklu, kdy zde lze pozorovat zabarvování listů v průběhu roku. Tyto snímky by mohly nést jistou hodnotu pro následnou klasifikaci v GIS prostředí. Samozřejmě v případě dostupných kvalitních dat například s využitím multispektrálních snímků v jiných částech spektra než viditelném s dostatečným rozlišením a se zařízením disponující silným výpočetním výkonem, se opět možnosti rozšiřují, ale počet možných uživatelů této metody se zužuje. Zároveň existuje nástroj hlubokého učení, který je schopen identifikovat stromy právě z mračna bodů, které může být výstupem z LIDARu. Tento model

se nazývá Tree Point Classification a je schopen klasifikovat body, které jsou součástí stromů a zbytek je klasifikován jako pozadí. U specifikace tohoto modelu je uvedena precission 0.97, což je podstatně více než použité modely v této práci. Nevýhoda je opět dostupnost dat a náročnost na výpočetní výkon. V dostupné literatuře se dokonce uvádějí, že klasifikace z mračna bodů umožňuje i klasifikaci druhů stromů. Je však vhodné tuto klasifikaci kombinovat s dalšími zdroji informací jako jsou již zmiňované multispektrální snímky. (Hartling et al., 2021)

Zmapované dřeviny byly převedeny do čtvercového rastru stejně tak, jak to vizualizoval Kłopotowski (2017), který však takto vizualizoval celá sídliště a v této práci byly vizualizovány pouze bloky. Kłopotowski (2017) vytvořil schémata převažujícího rozmístění a koncentrace dřevin na sídlištích dle jednotlivých etap výstavby. V této práci však nebyla nalezena žádná charakteristická sktruktura a nelze zcela vyjádřit, zda výsadba zeleně měla určitou strukturu dle etap výstavby. Důležitým faktorem, který mohl strukturu ovlivnit je čas. Některé dřeviny již nemusely přežít a zcela jistě ne všechny dřeviny jsou na sídlištních původní. Jisté podobnosti však byly nalezeny v druhové skladbě především mezi bloky, které byly na stejném sídlišti. Byly nalezeny i podobnosti mimo stejná sídliště, ale rozhodně nejsou převážně ze stejného období výstavby. Na druhou stranu nebyl zmapován dostatečný vzorek, pomocí kterého by se mohly bloky signifikantně porovnávat a na jehož základě by se mohl vytvořit plnohodnotný závěr. Další struktura, která byla hodnocena, byl podíl jehličnatých stromů, listnatých stromů a keřů, kde se jisté shluky vytvořily. Inspirace byla od práce Haláse a Dzpuinové (2007), kteří však hodnotili tímto způsobem bytový fond v Bratislavě. V této práci lze vymezit bloky, kde silně převažují keře, další a největší skupinou jsou bloky s převažujícími listnatými stromy. Dále již jsou samostatné bloky, které skupiny nevytvořily. V navazujících pracích by se do tohoto trojúhelníků mohla vnést jiná data jako je například hustota osázení, index biodiverzity či index prostorové autokorelace. Při dostatečně velkém počtu sesbíraných dat sídlištních dřevin by bylo možné vytvořit shlukovou analýzu dle určitých kritérií, které spolu výrazným způsobem nekorelují nebo by se mohla pro případy korelace vytvořit analýza hlavních komponent. Shluková analýza by mohla být nástrojem, pomocí kterého by se vytvořila typologie sídlišť s určitou strukturou dřevin. Otázkou je, do jaké míry jsou sídlištní bloky změněné od jejich vybudování, jelikož od výstavby těch nejstarších uplynulo více než 70 let. Stále by šla vytvořit kategorizace současná, avšak ne aktuální pro svou dobu z období výstavby. Otázkou je, zdali nějaká typická struktura vůbec existovala.

Proběhlo také zhodnocení dřevin z hlediska hustoty výsadby, což svým způsobem má hodnotu o kvantitě výsadby, nicméně z různých hledisek by mohlo být vhodnější hodnotit plošné zapojení koruny, které může více odpovídat různým funkcím, které dřeviny poskytují jako je například ochlazování okolí nebo poskytování stanovišť ostatním organismům. Opět tady jsou limity, které má DPZ a to, že v případě překryvu koruny jinou korunou není zcela možné zachytit vše. Příležitostí je využít LIDARová data, která by mohla prostoupit korunu a tu spodní zachytit (Hartling et al., 2021). Pokud se jako v případě této práce hodnotí stromy jako body a porovnává se jejich počet, lze snadněji porovnávat starší a novější sídliště. Na těch nových blocích bychom mohli na první pohled usoudit, že je zde málo dřevin, což může být zavádějící, jelikož dřeviny nejsou vzrostlé a návštěvník bloku je zkrátka nevnímá tak výrazně jako i méně vzrostlých. Příkladem z této práce jsou bloky na třídě Kosmonautů a v Holandské čtvrti. Na třídě Kosmonautů je relativně málo stromů, ale svým vzrůstem pak působí, že je zde hodně dřevin. Naopak větší počet nevrostlých dřevin v Holandské čtvrti nemusí vůbec působit jako, že je zde dostatek dřevin. Toto je ale zájmem především percepce.

7 Závěr

V rámci této práce byly zjišťovány možné přístupy mapování dřevin na sídlištích s ohledem na dostupnost dat a na nároky na výpočetní výkon. Na základě těchto kritérií byl vytvořen postup mapování, ve kterém se kombinuje dálkový průzkum země, umělá inteligence a terénní mapování s možností využití občanské vědy pro urychlení sběru informací o druhu dřeviny. Tyto metody jsou dle současné literatury a odborných článků nejvíce využívanými v rámci mapování zeleně s ohledem na jejich nároky na data a hardware. Jednotlivé metody byly implementovány do GIS prostředí, kdy zvolené postupy byly propojeny pomocí Model Builderu. Ne celý postup bylo však možné zautomatizovat a v některých případech byl nutný manuální zásah, jelikož ne všechny nástroje jsou dokonalé.

Během testování metod byly zmapovány téměř dva tisíce dřevin, které byly následně vizualizovány a prezentovány formou map s vlastní navrženou legendou. Ze všech zmapovaných keřů převažovaly tavolníky, zlatice prostřední a ptačí zob. Ve většině případů byly vysázeny v těsné blízkosti a vytvářely liniové tvary například podél domu, komunikace či hřišť. Nejvíce zastoupenými stromy byl javor mléč, bříza bělokora a třešně. Pro každé sídliště byla provedena statistická analýza základních ukazatelů o struktuře dřevin na daném bloku. Bylo ověřeno, zda se jednotlivá sídliště mohou podobat nebo zda existuje alespoň určitá podobnost mezi jednotlivými bloky. V některých případech shoda struktury byla nalezena, je však nutné vzorek rozšířit a jednotlivé parametry porovnávat komplexněji. Tento vzorek tedy nebyl reprezentativní pro signifikantní závěr o určitých strukturách typických například pro jednotlivé etapy výstavby či pro jednotlivá sídliště. V úvodu práce bylo však uvedeno, že výsadba probíhala často nahodile a možná ani žádná typická struktura výsadby neexistuje.

8 Summary

Housing estates are parts of cities where the population is concentrated for housing purposes. Most of the housing estates in the Czech Republic were built during the socialist period in order to quickly solve the housing crisis. However, housing estates are not only a feature of socialism and these units can be found everywhere in the world, even where there was no socialist policy. A characteristic feature of every housing estate is its setting in greenery, which provides many benefits for the inhabitants but also for other organisms. Even for the positive benefits of green spaces and their management, it is useful to find an effective way of mapping them. However, identifying the structure of settlements is also useful for comparing it with other variables.

At the beginning of this thesis, a literature search was conducted to look for current trends that are applicable to the wider public who are interested in some way. This means that methods that are demanding on computing power and available data could not be used. If these methods and data could have been used, certainly the range of attributes obtained would have been wider. Once the methods were selected, the mapping in different ways began with a subsequent synthesis of methods, tools and approaches. A mapping approach combining remote sensing, artificial intelligence and field mapping with the possibility of using citizen science to accelerate data collection. The different methods were implemented in a GIS framework, where the chosen approaches were linked using Model Builder. However, not all of the process could be automated and in some cases manual intervention is required as some tools are not perfect.

The field part of the mapping - data collection with the Field Maps application and drone flying was carried out from early summer 2023 until autumn 2023 before the leaves fell. The field control survey and data replenishment was conducted in February 2024, which was not ideal due to the difficulty of identification. Many different problems were encountered during the work as, for example, machine learning is relatively still unreliable when trying to automate and collect more attribute data. Here the machine learning tool Tree Detection and SAM was selected. Another limiting factor is the difficulty in terms of data and computational power. Certain methods would provide additional essential information that would make it easier to assess, for example, the health status or even at least the genus of a tree. However, such data are not freely available and it still appears that

in some cases field surveys are most appropriate at least for environmental knowledge, control or to add attribute information, which was not discussed in this thesis. A problem with this topic is that many of the usable applications are only provided commercially, as well as the previously mentioned data. The issues with the proposed approach are also related to the nature of DPZ, which is the inability to capture objects overlaid or to capture the same image with the UAV during different conditions. However, the advantage for the territory of the Czech Republic is the very high quality of free aerial images available from ČÚZK, which are of sufficient quality even for the newer tools associated with mapping trees or woody plants. The proposed procedure can speed up the work in terms of identification of the number of trees, assessment of tree cover, determination of height, linking tree species information with the possibility of adding certain permanent attributes of a given tree species. The proposed procedure has been designed so that most of the wider interested group can apply this approach without the limitations mentioned above.

During the mapping and validation of different approaches, a relatively large amount of data was collected and processed to identify or capture the structure of trees on the estates. However, even this sample is insufficient for a certain typology and the data evaluated rather describe individual blocks and case of possible correspondence with others. The data evaluated in this way may provide inspiration for an extended sample from which to draw conclusions about possible trends in tree planting in individual phases or on individual estates, if any exist within the blocks themselves. The dominant tree species on the estates, at least according to the data collected, are tawny, goldenrod, bird's beak and, of the tree representatives, milk maple, white birch and various cherry species. This work provides a basis for extending the methodology, improving it or possibly providing information on certain difficulties. It also provides a basis for the evaluation and possible typology of settlement blocks for its management but also for related research in the area to put the structure in context.

9 Seznam literatury

1. Barcelona Field Studies Centre S.L. (2023). Triangular or Ternary Graph Creator. Převzato 20. února, 2024, z: <https://geographyfieldwork.com/TriangularGraphConstructor.htm>
2. Bassuk, N., & Whitlow, T. (1987). Environmental Stress in Street Trees. *Acta Horticulturae*, (195), 49–58. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1987.195>
3. Beloiu, M., Heinzmann, L., Rehus, N., Gessler, A., & Griess, V. C. (2023). Individual Tree-Crown Detection and Species Identification in Heterogeneous Forests Using Aerial RGB Imagery and Deep Learning. *Remote sensing*, 15(5), 1–17. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/rs15051463>
4. Cao, V. D., & Kic, P. (2019). Effect of shading with trees to improve local temperature conditions. In 18th International Scientific Conference Engineering for Rural Development (pp. 1426-1429). Czech University of Life Sciences Prague. <https://www.tf.lbtu.lv/conference/proceedings2019/Papers/N152.pdf>
5. Copernicus. (2024). Copernicus Browser. Převzato 14. února, 2024, z: <https://dataspace.copernicus.eu/>
6. Crown, C. A., Greer, B. Z., Gift, D. M., & Watt, F. S. (2018). Every Tree Counts: Reflections on NYC's Third Volunteer Street Tree Inventory. *Arboriculture & Urban Forestry*, 44(2), 49-58. <https://doi.org/https://doi.org/10.48044/jauf.2018.005>
7. Česká republika. (2021). Portál veřejné správy: Létání s dronem. Převzato 17. ledna, 2024, z: <https://portal.gov.cz/rozcestniky/letani-s-dronem-RZC-101>
8. Český úřad zeměměřický a katastrální. (2024 A). Prohlížečská služba WMS - ZTM 100. Převzato 7. dubna, 2024, z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(zp0baqam1yjnfvkvlaneql0\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZZK-WMS-ZTM100&metadataXSL=metadata.sluzba&head_tab=sekce-03-gp&menu=31171](https://geoportal.cuzk.cz/(S(zp0baqam1yjnfvkvlaneql0))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZZK-WMS-ZTM100&metadataXSL=metadata.sluzba&head_tab=sekce-03-gp&menu=31171)

9. Český úřad zeměměřičský a katastrální. (2024 B). Ortofoto České republiky. Převzato 13. února, 2024, z:
[https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(dnaaylqvzpsbsktmkmfr4ix\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&text=ortofoto_info&side=ortofoto&menu=23](https://geoportal.cuzk.cz/(S(dnaaylqvzpsbsktmkmfr4ix))/Default.aspx?mode=TextMeta&text=ortofoto_info&side=ortofoto&menu=23)
10. Český úřad zeměměřičský a katastrální. (2024 C). Prohlížeč služba WMS - ortofoto CIR. Převzato 13. února, 2024, z:
[https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(xjuwkypcyt1f2h2b4stc5msw\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ORTOCIR&metadataXSL=metadata.sluzba&head_tab=sekce-03-gp&menu=3132](https://geoportal.cuzk.cz/(S(xjuwkypcyt1f2h2b4stc5msw))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ORTOCIR&metadataXSL=metadata.sluzba&head_tab=sekce-03-gp&menu=3132)
11. Český úřad zeměměřičský a katastrální. (2024 D). Prohlížeč služba WMS - ZTM 10. Převzato 16. dubna, 2024, z:
[https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(prcy2l3jzz200w0ejgvil2v3\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ZTM100&metadataXSL=metadata.sluzba&head_tab=sekce-03-gp&menu=31171](https://geoportal.cuzk.cz/(S(prcy2l3jzz200w0ejgvil2v3))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ZTM100&metadataXSL=metadata.sluzba&head_tab=sekce-03-gp&menu=31171)
12. DJI. (2024). Support for Phantom 4 Pro. Převzato 18. února, 2024, z:
<https://www.dji.com/cz/support/product/phantom-4-pro>
13. Erell, E. (2017). Urban Greening and Microclimate Modification (pp. 73-93). In Tan, P. Y., & Jim, C. Y., (Eds.). Greening Cities: Forms and Functions. Springer.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-10-4113-6>
14. Esri. (2023 A). Deep learning model to detect trees in high resolution imagery. Převzato 19. února, 2024, z:
<https://arcgis.com/home/item.html?id=4af356858b1044908d9204f8b79ced99>
15. Esri. (2023 B). Meta's Segment Anything Model (SAM) for segmenting objects in any imagery. Převzato 19. února, 2024, z:
<https://arcgis.com/home/item.html?id=9b67b441f29f4ce6810979f5f0667ebe>
16. Esri. (2024 A). Buffer. Převzato 1. dubna, 2024, z: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/3.1/tool-reference/analysis/buffer.htm>

17. Esri. (2023 C). Deep learning model to detect and segment trees in high-resolution imagery. Převzato 19. února, 2024, z:
<https://arcgis.com/home/item.html?id=6d910b29ff38406986da0abf1ce50836>
18. Esri. (2024 B). Extrac by Mask. Převzato 1. dubna, 2024, z:
<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/extract-by-mask.htm>
19. Esri. (2024 C). Create an ortho mapping workspace. Převzato 18. února, 2024, z:
<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/3.1/help/data/imagery/create-an-ortho-mapping-workspace.htm>
20. Esri. (2024 D). Ortho mapping in ArcGIS Pro. Převzato 23. února, 2024, z:
<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/3.1/help/data/imagery/ortho-mapping-in-arcgis-pro.htm>
21. Esri. (2024 E). Minus (3D Analyst). Převzato 23. února, 2024, z:
<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/3d-analyst/minus.htm>
22. Esri. (2024 F). Zonal Statistics (Spatial Analyst). Převzato 10. března, 2024, z:
<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/3.1/tool-reference/spatial-analyst/zonal-statistics.htm>
23. Esri. (2024 G). Raster to Point (Conversion). Převzato 7. března, 2024, z:
<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/conversion/raster-to-point.htm>
24. Esri. (2024 H). Spatial Join (Analysis). Převzato 7. března, 2024, z:
<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/3.1/tool-reference/analysis/spatial-join.htm>
25. Esri. (2024 CH). ArcGIS Field Maps. Převzato 19. února, 2024, z:
<https://www.Esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-field-maps/overview>

26. Esri. (2024 I). Detect Objects Using Deep Learning (Image Analyst). Převezato 19. února, 2024, z: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/image-analyst/detect-objects-using-deep-learning.htm>
27. Esri. (2024 J). Create Fishnet. Převezato 18. března, 2024, z: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/data-management/create-fishnet.htm>
28. Esri. (2024 K). Introduction to deep learning. Převezato 11. ledna, 2024, z: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/analysis/deep-learning/what-is-deep-learning-.htm>
29. Esri. (2024 L). Deep learning in ArcGIS Pro. Převezato 7. dubna, 2024, z: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/analysis/deep-learning/deep-learning-in-arcgis-pro.htm>
30. Evangelides, C., & Nobajas, A. (2019). Red-Edge Normalised Difference Vegetation Index (NDVI705) from Sentinel-2 imagery to assess post-fire regeneration. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 1(17), 1-9. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.100283>
31. Federer, C. A. (1976). Trees Modify the Urban Microclimate. *Journal of Arboriculture*, 2(7), 121-127. <https://auf.isa-arbor.com/content/isa/2/7/121.full.pdf>
32. Figma. (2024). The Collaborative Interface Design Tool. Převezato 20. února, 2024, z: <https://www.figma.com/>
33. Freudenberg, M., Magdon, P., & Nölke, N. (2022). Individual tree crown delineation in high-resolution remote sensing images based on U-Net. *Neural Computing and Applications*, (34), 22197-22207. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00521-022-07640-4>

34. GitHub. (2023). Deep Learning Libraries Installers for ArcGIS. Převzato 19. února, 2024, z: https://github.com/Esri/deep-learning-frameworks/blob/master/README.md?rmedium=links_Esri_com_b_d&rsource=https%3A%2F%2Flinks.Esri.com%2Fdeep-learning-framework-install
35. Halás, M., & Dzubinová, E. Vývoj a priestorové rozloženie bytového fondu Bratislavy. *Urbanismus a územní rozvoj*, 10(2), 27-35.
http://ww.humannageografia.sk/clanky/Halas_Dzubinova_Urbanismus%20a%20uzemni%20rozvoj.pdf
36. Hartling, S., Sagan, V., & Maimaitijiang, M. (2021). Urban tree species classification using UAV-based multi-sensor data fusion and machine learning. *GIScience & Remote Sensing*, 58(8), 1250-1275.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/15481603.2021.1974275>
37. Hendrych, J., Kupka, J., Stojan, D., Klingorová, I., Kubátová, Š., & Altukhova, A. (2018). Vývoj městské zeleně. In *Struktury urbanizované zeleně* (pp. 39-40). České vysoké učení technické v Praze.
https://www.researchgate.net/publication/335791788_Struktury_urbanizovane_zelene
38. Orchard Meadow Trees: Tree Detection Using Deep Learning in ArcGIS Pro. (2021). *GI_Forum 2021*, 9(2), 82-93. https://doi.org/10.1553/giscience2021_02_s82
39. Joly, A., Bonnet, P., Goëau, H., Barbe, J., Selmi, S., Champ, J., Dufour-Kowalski, S., Affouard, A., Carré, J., Molino, J. -F., Boujemaa, N., & Barthélémy, D. (2016). A look inside the Pl@ntNet experience. *Multimedia Systems*, 22(6), 751-766.
<https://doi.org/10.1007/s00530-015-0462-9>
40. Klapka, P. (2019). *Regiony a regionální taxonomie: koncepty, přístupy, aplikace*. Univerzita Palackého v Olomouci.
41. Kłopotowski, M. (2017). Evolution of Greenery in Housing Estates. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 245. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/245/6/062045>

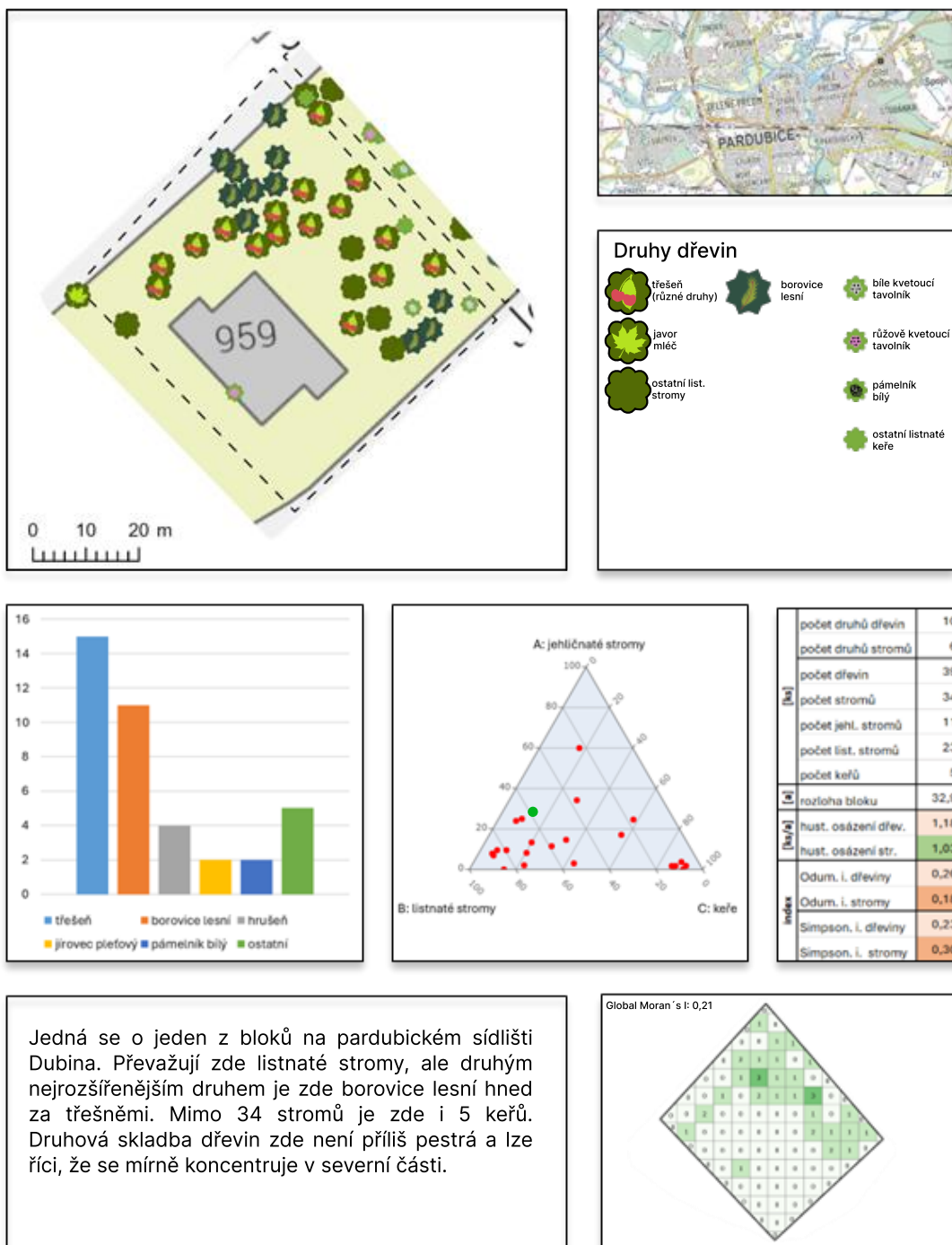
42. Klub přátel Pardubicka. (2024). Parpedie: Dubina - sídliště. Převzato 22. února, 2024, z: http://www.parpedie.cz/cti-zaznam.php?id=Dubina_sidliste
43. Konstantinou, E. N., Skopeliti, A., & Nakos, B. (2023). POI Symbol Design in Web Cartography—A Comparative Study. *International Journal of Geo-Information*, 12(7), 1-33. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijgi12070254>
44. Leuzinger, S., Vogt, R., & Körner, C. (2010). Tree surface temperature in an urban environment. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150(1), 56-62. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192309001993>
45. Liebelt, V., Bartke, S., & Schwarz, N. (2018). Hedonic pricing analysis of the influence of urban greenspaces onto residential prices: the case of Leipzig, Germany. *European Planning Studies*, 26(1), 133-157. <https://doi.org/10.1080/09654313.2017.1376314>
46. Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. W. (2015). Concepts and Foundations of Remote Sensing. In *Remote Sensing and Image Interpretation* (7. ed., pp. 1-145). Wiley.
47. Maier, K. (2000). Územní plánování (Vyd. 2. přeprac). České vysoké učení technické.
48. Matese, A., Toscano, P., Di Gennaro, S. F., Genesio, L., Vaccari, F. P., Primicerio, J., Belli, C., Zaldei, A., Bianconi, R., & Gioli, B. (2015). Intercomparison of UAV, Aircraft and Satellite Remote Sensing Platforms for Precision Viticulture. *Remote sensing*, 7(3), 2971-29920. <https://doi.org/doi.org/10.3390/rs70302971>
49. Melichar, J., & Kaprová, K. (2013). Revealing preferences of Prague's homebuyers toward greenery amenities: The empirical evidence of distance–size effect. *Landscape and Urban Planning*, 109(1), 56-66. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.09.003>

50. Mertová, M. In Deník (2015) Barevné fasády panelovým sídlištěm uškodily, říká historička architektury. Převzato 6. dubna, 2024, z:
https://olomoucky.denik.cz/zpravy_region/barevne-fasady-panelovym-sidlistim-uskodily-20150501.html
51. Moran, P. A. P. (1950). Notes on Continuous Stochastic Phenomena. *Biometrika*, 37(1/2), 17-23. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/2332142>
52. Moravec, J. (1994). *Fytocenologie: (Nauka o vegetaci)*. Academia.
53. Murdych, Z. (1985). *Dálkový průzkum Země. Československá akademie věd.*
54. Murie, A., Knorr-Siedow, T., & van Kempen, R. (2003). Large Housing Estates: origin, past and present. In *Large Housing Estates in Europe – General Developments nad Theoretical Backgrounds* (pp. 15-22). Faculty of Geoscience, Utrecht University. <http://restate.geo.uu.nl/results/Reports1,2/1ec.pdf>
55. Musil, J. a kol. (1985). *Lidé a sídliště*. Nakladatelství Svoboda.
56. Nadace Partnerství. (2024). LIFE Tree Check. <https://www.lifetreecheck.eu/cs/>
57. Pix4D. (2024). PIX4Dcapture Pro. Převzato 18. února, 2024, z:
<https://www.pix4d.com/product/pix4dcapture/>
58. Pl@ntNet. (2024). Převzato March 26, 2024, from <https://identify.plantnet.org/cs>
59. Portland State University. (2024). Electromagnetic Radiation. Převzato 11. dubna, 2024, z: <https://web.pdx.edu/~jduh/courses/Archive/geog481w07/Week2.pdf>
60. Rigatti, D. (2000). Order and structure, design and use in housing estates. *URBAN DESIGN International*, 5(3-4), 161–175.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1057/palgrave.udi.9000017>

61. Roman, L. A., Scharenbroch, B. C., Östberg, J. P., Mueller, L. S., Henning, J. G., & Koeser, A. K. ... & Jordan, R. C. (2017). Data quality in citizen science urban tree inventories. *Urban Forestry & Urban Greening*, 22, 124-135.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.02.001>
62. Rosselli, W., & Boschi, K. (2003). Phytoextraction capacity of trees growing on a metal contaminated soil. *Plant and Soil*, 256, 265-272.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1023/A:1026100707797>
63. Skřivánková, L., Švácha, R., Novotná, E., & Jirkalová, K. (Eds.). (2016). Paneláci 1: padesát sídlišť v českých zemích: kritický katalog k cyklu výstav Příběh paneláku. Uměleckoprůmyslové museum v Praze.
64. Trojanek, R., Gluszak, M., & Tanaś, J. (2018). The effect of urban green spaces on house prices in Warsaw. *International Journal of Strategic Property Management*, 22(5), 358-371. <https://doi.org/10.3846/ijspm.2018.5220>
65. Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemela, J., & James, P. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81(3), 167-178. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.02.001>
66. USGS. (2024). Earth Explorer. Převzato 14. února, 2024, z:
<https://earthexplorer.usgs.gov/>
67. Virtudes, A. (2016). Benefits of Greenery in Contemporary City. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, (44), 1-5. <https://doi.org/0.1088/1755-1315/44/3/032020>
68. Vogt, C. A., Kho, C. & Sia, A. (2017). Urban Greening and Its Role in Fostering Human Well-Being. (pp. 95-111). In Tan, P. Y., & Jim, C. Y., (Eds.). *Greening Cities: Forms and Functions*. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-10-4113-6>

69. Voženílek, V., & Kaňok, J. (2011). Metody tematické kartografie: vizualizace prostorových jevů (1st ed.). Univerzita Palackého v Olomouci pro katedru geoinformatiky.
70. Vývoj a priestorové rozloženie bytového fondu Bratislavy. Urbanismus a území rozvoj, 10(2), 27-35. ISSN 1212-0855.
71. Wang, R., Zhao, J., Meitner, M. J., Hu, Y., & Xu, X. (2019). Characteristics of urban green spaces in relation to aesthetic preference and stress recovery. Urban Forestry & Urban Greening, (41), 6-13.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.03.005>
72. Weinstein, B. G., Marconi, S., Bohlman, S., Zare, A., & White, E. (2019). Individual Tree-Crown Detection in RGB Imagery Using Semi-Supervised Deep Learning Neural Networks. Remote sensing, 11(11), 1-13.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/rs11111309>
73. Wikipedia. (2012). The absorption spectra of the pigments Chlorophyll a and Chlorophyll b. Převzato 7. dubna, 2024, z:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chlorophyll_ab_spectra-en.svg
74. Xiao, Q., & McPherson, E. G. (2005). Tree health mapping with multispectral remote sensing data at UC Davis, California. Urban Ecosystems, 8, 349-361.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11252-005-4867-7>
75. Zhu, S., Du, S., Li, Y., Wei, S., Jin, X., Zhou, X., & Shi, X. (2021). A 3D spatiotemporal morphological database for urban green infrastructure and its applications. Urban Forestry & Urban Greening, 58, 1-13.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126935>

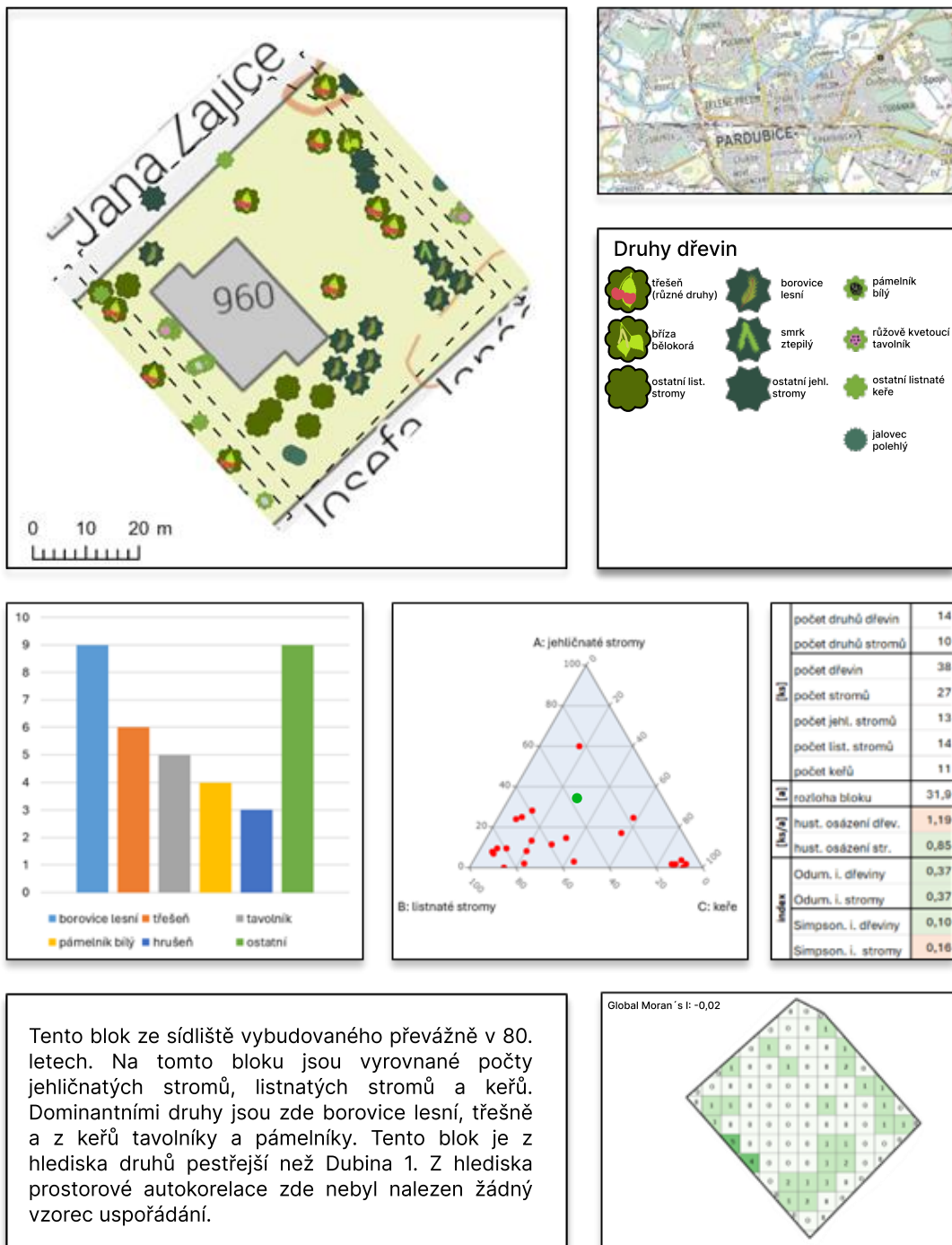
10 Přílohy



Obrázek 1: Sídlíšní zeleň na bloku Dubina 1

Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečí služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečí služba WMS - ZTM 10

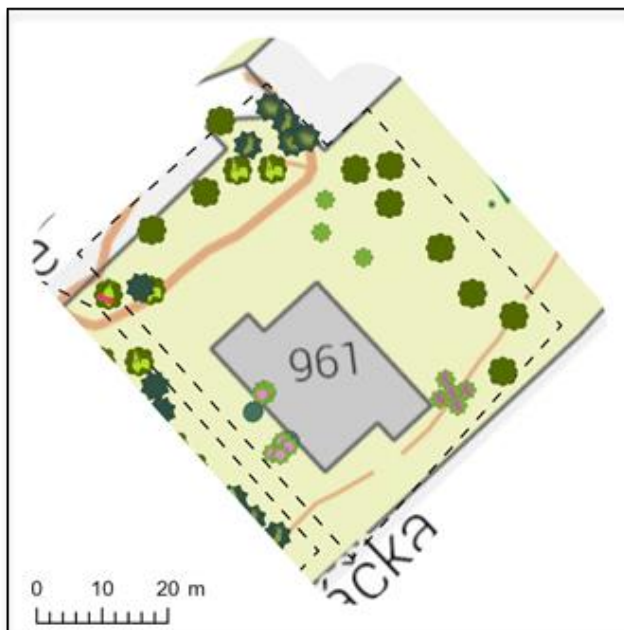
Autor: Matěj Kašpar



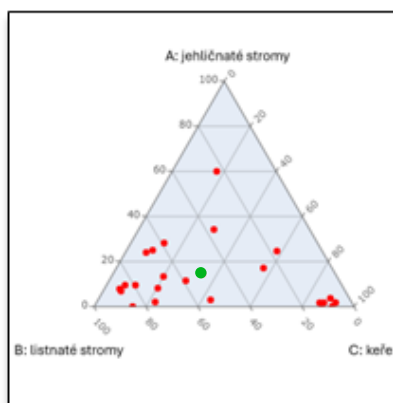
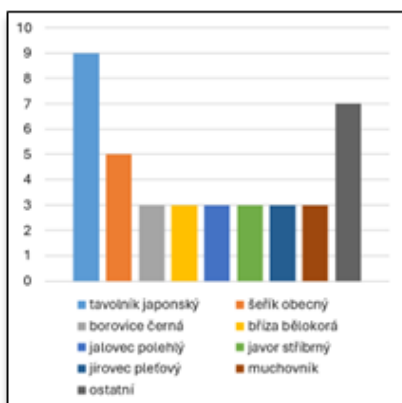
Obrázek 2: Sídlíšní zeleň na bloku Dubina 2

Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečská služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečská služba WMS - ZTM 10

Autor: Matěj Kašpar

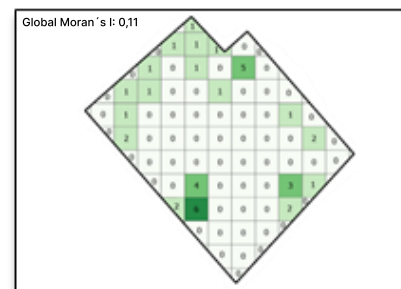


Druhy dřevin

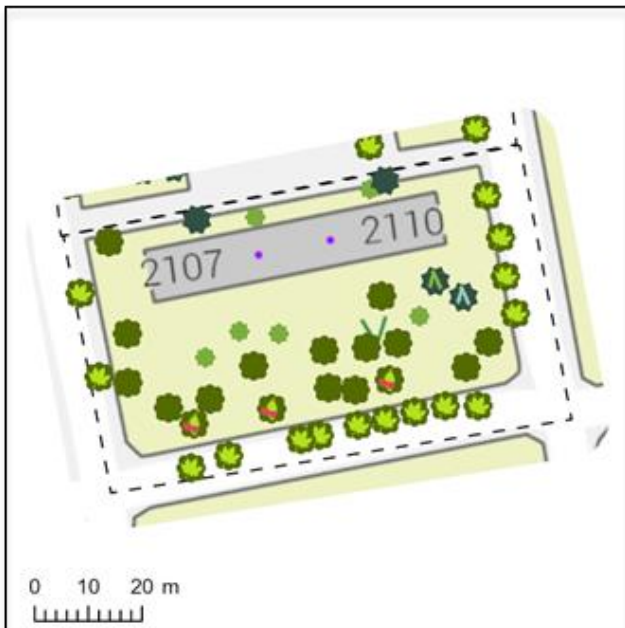


počet druhů dřevin	15
počet druhů stromů	10
počet dřevin	41
počet stromů	27
počet jehl. stromů	6
počet list. stromů	21
počet keřů	14
rozloha bloku	27,3
hust. osázení dřev.	1,50
hust. osázení str.	0,99
Odum. i. dřeviny	0,37
Odum. i. stromy	0,37
Simpson. i. dřeviny	0,08
Simpson. i. stromy	0,08

Jedná se o třetí blok ze sídliště Dubina v Pardubicích. Mírně zde převažují listnaté stromy. Druhovú skladbu je zde nejpestřejší ze všech zkoumaných bloků na Dubině, ale také i jedna nejvyšší ze všech. Převažují zde tavelník a šeřík obecný. Určitý vzorec koncentrace či disperze nebyl nalezen.

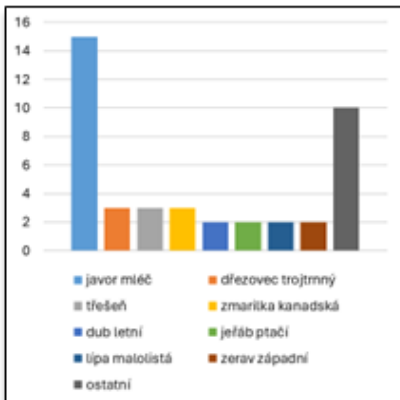


Obrázek 3: Sídlíštní zeleň na bloku Dubina 3
Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečská služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečská služba WMS - ZTM 10
Autor: Matěj Kašpar



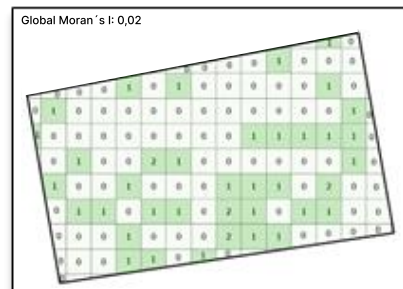
Druhy dřevin

- třešeň (různé druhy)
- javor mléč
- ostatní list. stromy
- smrk ztepilý
- smrk pichlavý
- ostatní jehl. stromy
- ostatní listnaté keře



počet druhů dřevin	18
počet druhů stromů	16
počet dřevin	42
počet stromů	39
počet jehl. stromů	4
počet list. stromů	35
počet keřů	3
rozloha bloku	43,6
hust. osázení dřev.	0,96
hust. osázení str.	0,89
Odum. i. dřeviny	0,43
Odum. i. stromy	0,41
Simpson. i. dřeviny	0,14
Simpson. i. stromy	0,18

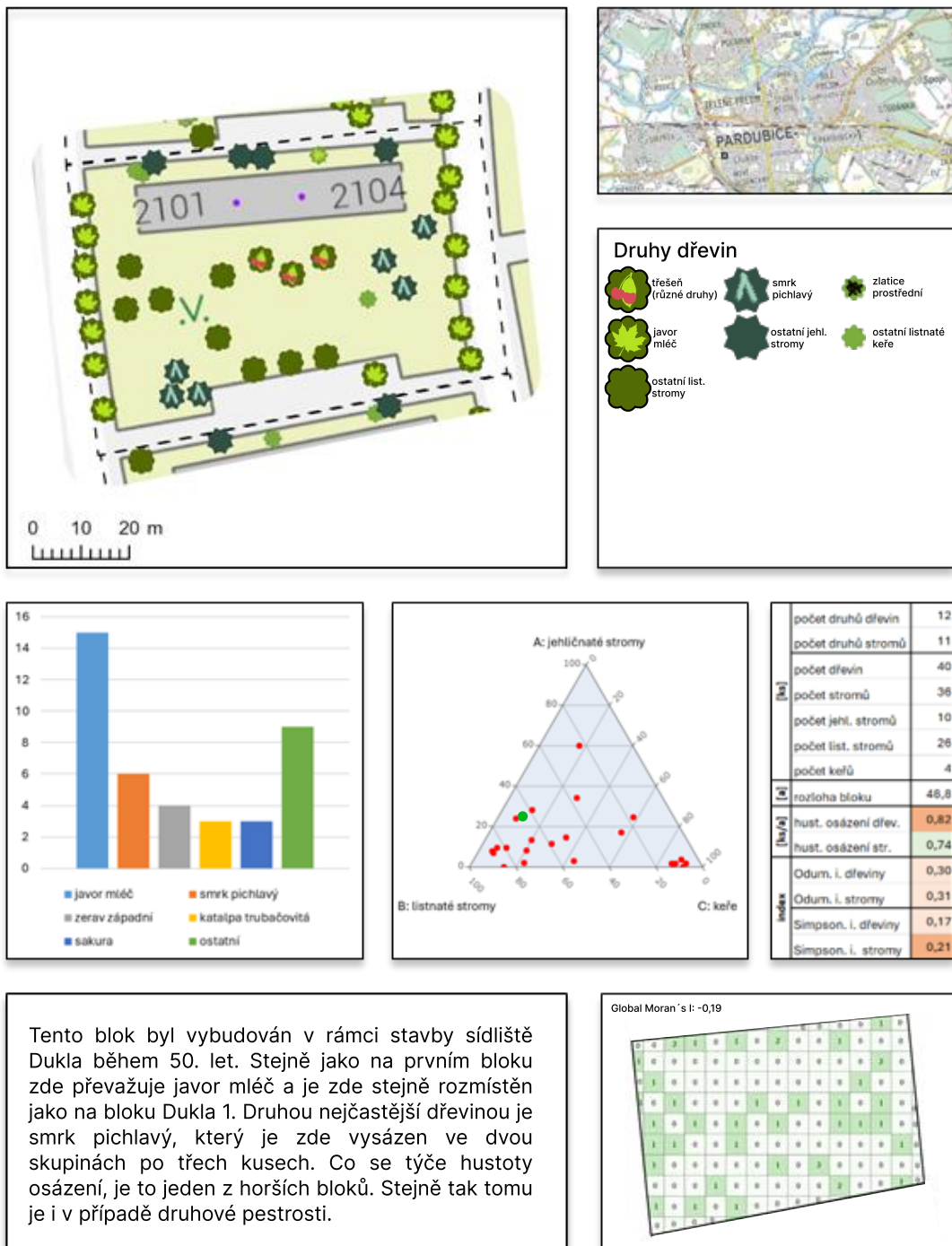
Jedná se o blok na jednom z nejstarších sídlišť, které bylo mapováno. Výrazně zde převažují listnaté stromy a většinu jich tvoří javor mléč. Tyto stromy jsou vysázeny především okolo bloku podél komunikace. Celkový počet druhů dřevin je zde 18 z toho 16 stromů. Dřeviny v prostoru jsou náhodně rozmístěny.



Obrázek 4: Sídlištní zeleň na bloku Dukla 1

Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečská služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečská služba WMS - ZTM 10

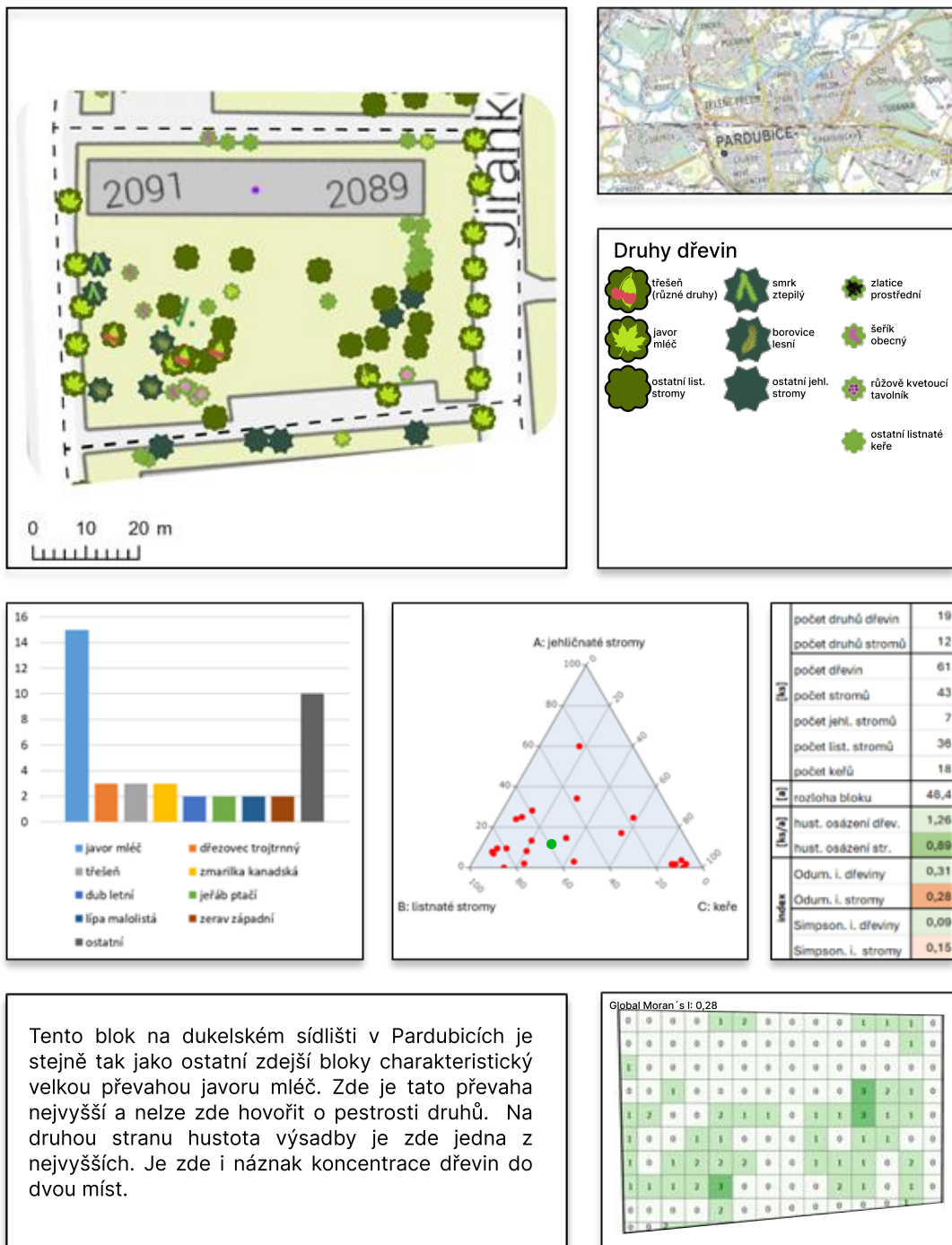
Autor: Matěj Kašpar



Obrázek 5: Sídlištní zeleň na bloku Dukla 2

Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečská služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečská služba WMS - ZTM 10

Autor: Matěj Kašpar

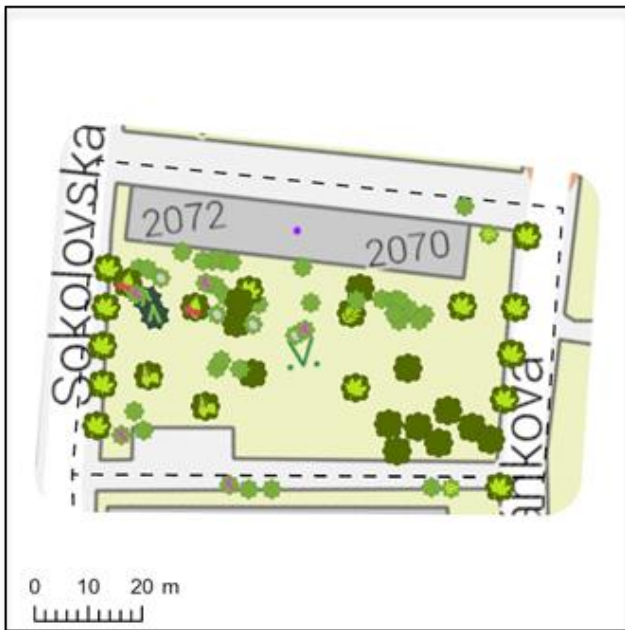


Tento blok na dukelském sídlišti v Pardubicích je stejně tak jako ostatní zdejší bloky charakteristický velkou převahou javoru mlč. Zde je tato převaha nejvyšší a nelze zde hovořit o pestrosti druhů. Na druhou stranu hustota výsadby je zde jedna z nejvyšších. Je zde i náznak koncentrace dřevin do dvou míst.

Obrázek 6: Sídlištní zeleň na bloku Dukla 3

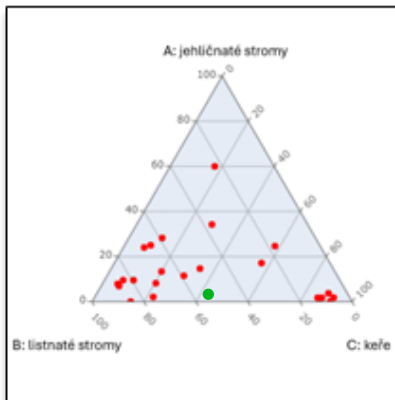
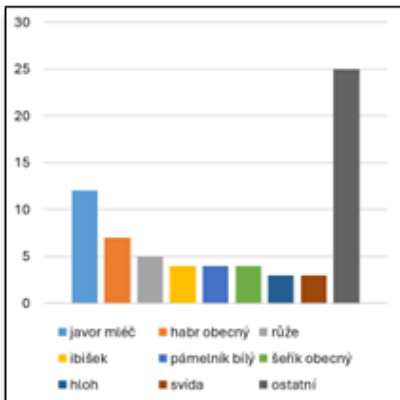
Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečská služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečská služba WMS - ZTM 10

Autor: Matěj Kašpar



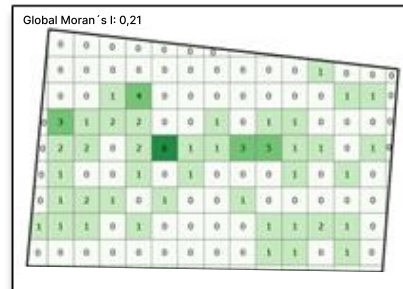
Druhy dřevin

- třešeň (různé druhy)
- javor mléč
- jasan ztepilý
- bříza bělokorá
- ostatní list. stromy
- smrk ztepilý
- zlatice prostřední
- šeřík obecný
- pámelník bílý
- ostatní listnaté keře

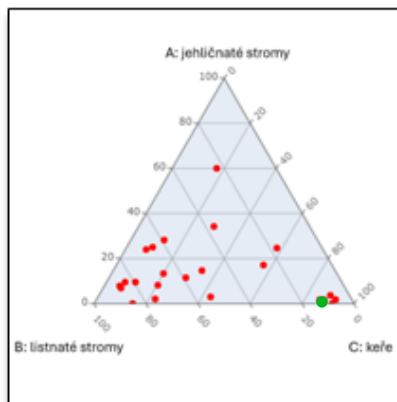
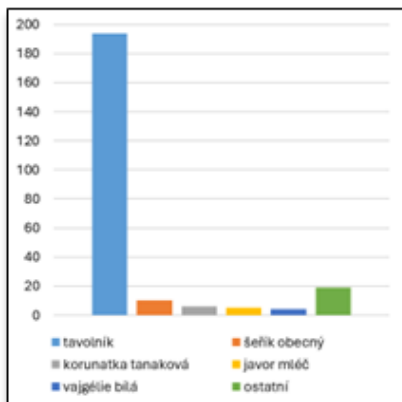


počet druhů dřevin	18
počet druhů stromů	5
počet dřevin	67
počet stromů	38
počet jehl. stromů	2
počet list. stromů	36
počet keřů	29
rozloha bloku	47,5
hust. osázení dřev.	1,41
hust. osázení str.	0,80
Odum. l. dřeviny	0,27
Odum. l. stromy	0,13
Simpson. l. dřeviny	0,06
Simpson. l. stromy	0,14

Blok Dukla 4 má stejný základní rys jako ostatní místní bloky, což je převaha javoru mléč, který kopíruje kraje ulice. Počet listnatých stromů a keřů je ale v součtu relativně vyrovnaný. Zástupci keřů jsou ibišek, pámelník a šeřík. Z výpočtů biodiverzity plyne, že zde žádná dřevina výrazně nedominuje. Dřeviny se zde mírně koncentrují a vytvářejí velmi hustý porost v jedné části tohoto bloku.

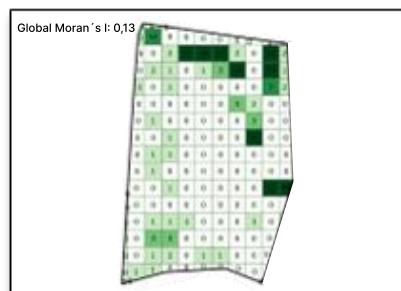


Obrázek 7: Sídlištní zeleň na bloku Dukla 4
 Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečská služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečská služba WMS - ZTM 10
 Autor: Matěj Kašpar

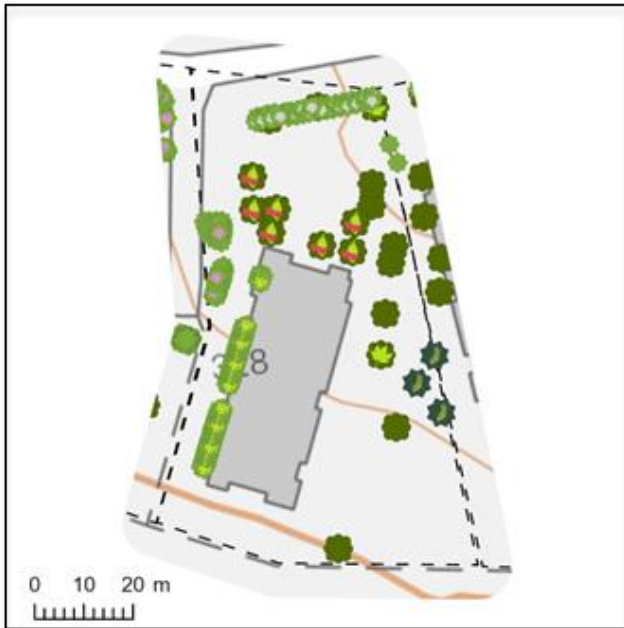


počet druhů dřevin	18
počet druhů stromů	11
počet dřevin	236
počet stromů	31
počet jehl. stromů	3
počet list. stromů	28
počet keřů	205
rozloha bloku	55,8
hust. osázení dřev.	4,23
hust. osázení str.	0,56
Odum. i. dřeviny	0,07
Odum. i. stromy	0,35
Simpson. i. dřeviny	0,68
Simpson. i. stromy	0,14

První mapovaný blok v nové Holandské čtvrti je charakteristický velkým zastoupením tavelníků podél komunikace v severní a východní části. Mimo to se zde v menší míře vyskytuje šefík obecný, korunatka tanaková a javor mléč. Díky hustě vysázeným keřům se jedná o jeden z nejvíce osázených bloků. V případě samotných stromů to je podstatě horší.

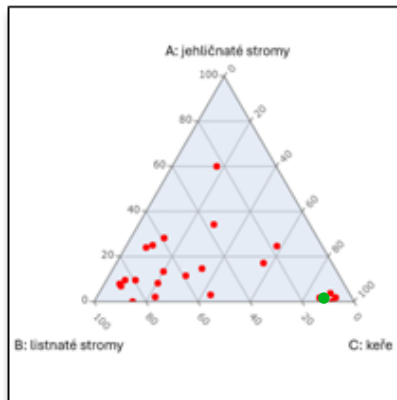
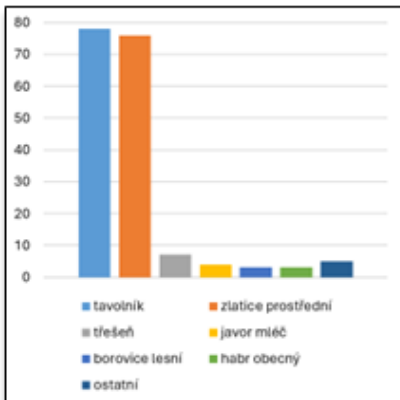


Obrázek 8: Sídlištní zeleň na bloku Holandská 1
 Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečská služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečská služba WMS - ZTM 10
 Autor: Matěj Kašpar



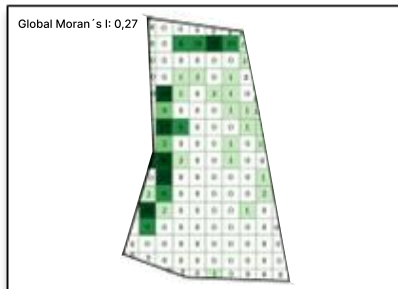
Druhy dřevin

- třešeň (různé druhy)
- javor mléč
- ostatní list. stromy
- borovice lesní
- bíle kvetoucí tavelník
- růžově kvetoucí tavelník
- zlatice prostřední
- ostatní listnaté keře

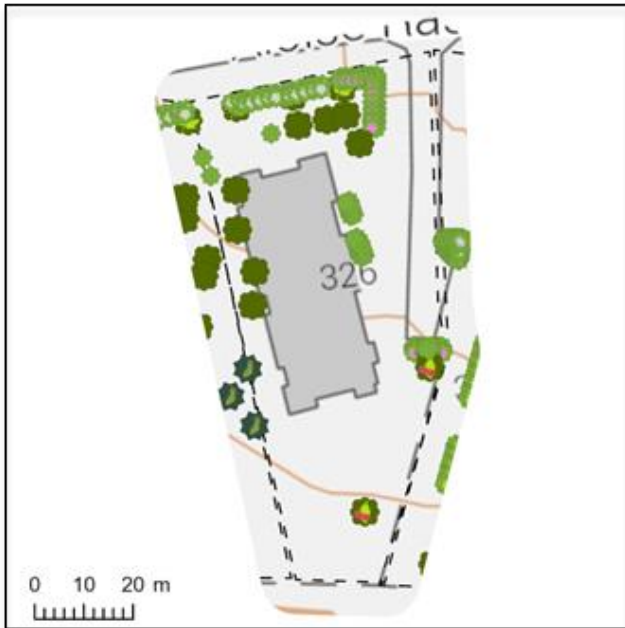


počet druhů dřevin	10
počet druhů stromů	8
počet dřevin	176
počet stromů	22
počet jehl. stromů	3
počet list. stromů	19
počet keřů	154
rozloha bloku	56,3
hust. osázení dřev.	3,13
hust. osázení str.	0,39
Odum. l. dřeviny	0,06
Odum. l. stromy	0,36
Simpson. l. dřeviny	0,38
Simpson. l. stromy	0,15

Zde opět převažují tavelníky nicméně v kombinaci se zlaticí prostřední, která je hustě vysázena podél domu, není převaha ta výrazná. Je zde patrná mírná koncentrace dřevin a to podél komunikace a podél domu. Zbytek prostoru je relativně prázdný. Ve volném prostoru jsou zde vysázeny převážně třešně. Blok z hlediska pestrosti druhů i hustoty výsadby je podprůměrný.

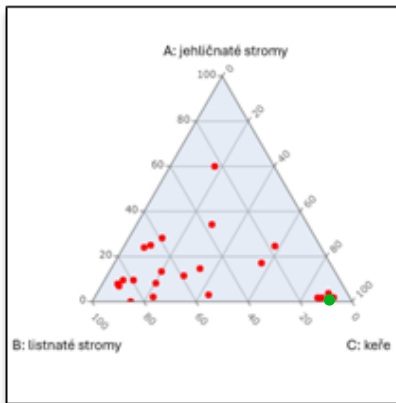
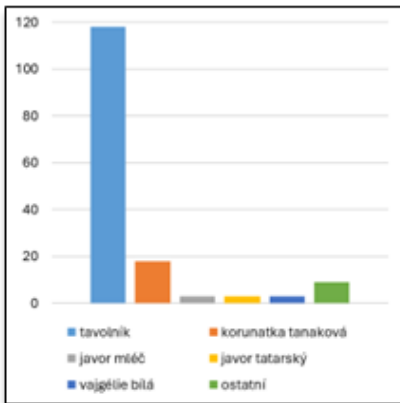


Obrázek 9: Sídlištní zeleň na bloku Holandská 2
 Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečská služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečská služba WMS - ZTM 10
 Autor: Matěj Kašpar



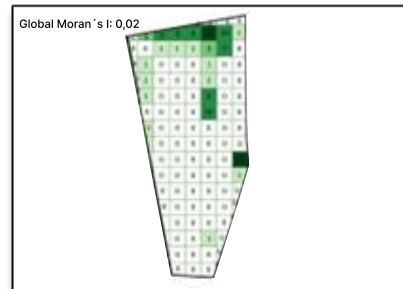
Druhy dřevin

- třešeň (různé druhy)
- borovice lesní
- bíle kvetoucí tavelník
- javor mlč
- ostatní list. stromy
- růžové kvetoucí tavelník
- zlatce prostřední
- pámelník bílý
- ostatní listnaté keře

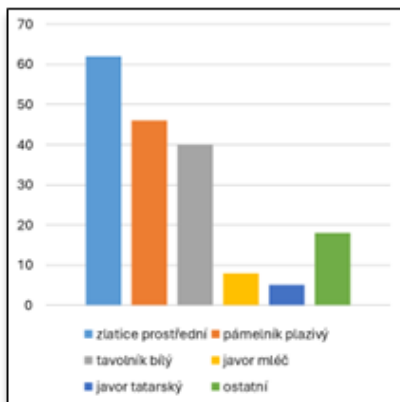
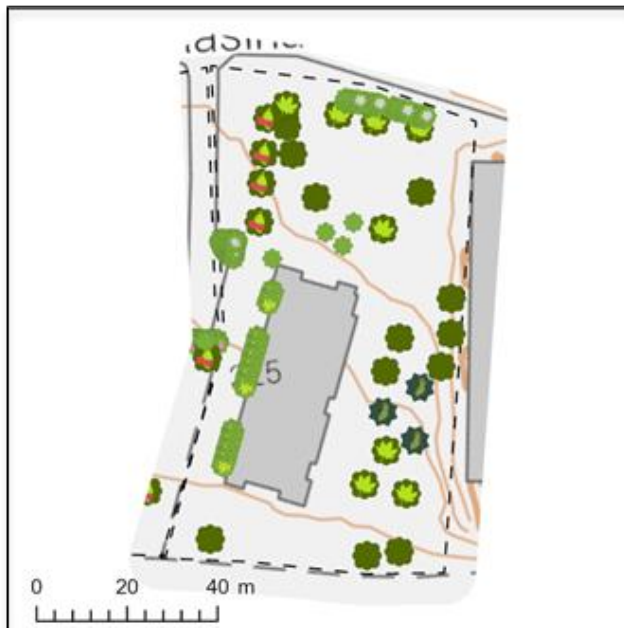


počet druhů dřevin	11
počet druhů stromů	7
počet dřevin	153
počet stromů	13
počet jehl. stromů	0
počet list. stromů	13
počet keřů	140
rozloha bloku	38,7
hust. osázení dřev.	3,95
hust. osázení str.	0,34
Odum. l. dřeviny	0,07
Odum. l. stromy	0,54
Simpson. l. dřeviny	0,61
Simpson. l. stromy	0,12

Blok Holandská 3 je velmi podobný z hlediska struktury druhů a počtu dřevin bloku Holandská 1. Je zde velmi podobné i rozmístění. Vyskytuje se zde ale ve větší míře korunatka tanaková, která je vysázena podél domu. Další odlišností je, že se přímo na tomto bloku nenachází žádný jehličnan.

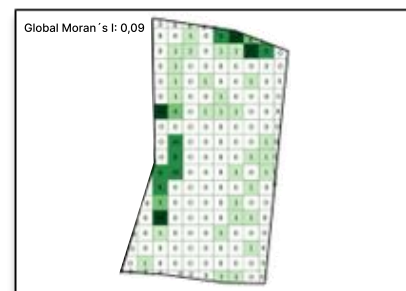


Obrázek 10: Sídlištní zeleň na bloku Holandská 3
 Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečská služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečská služba WMS - ZTM 10
 Autor: Matěj Kašpar

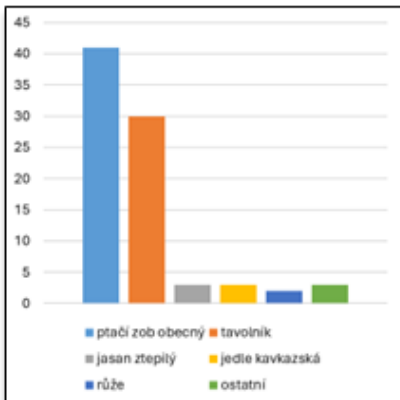
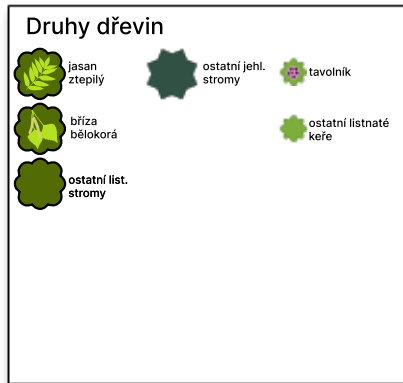
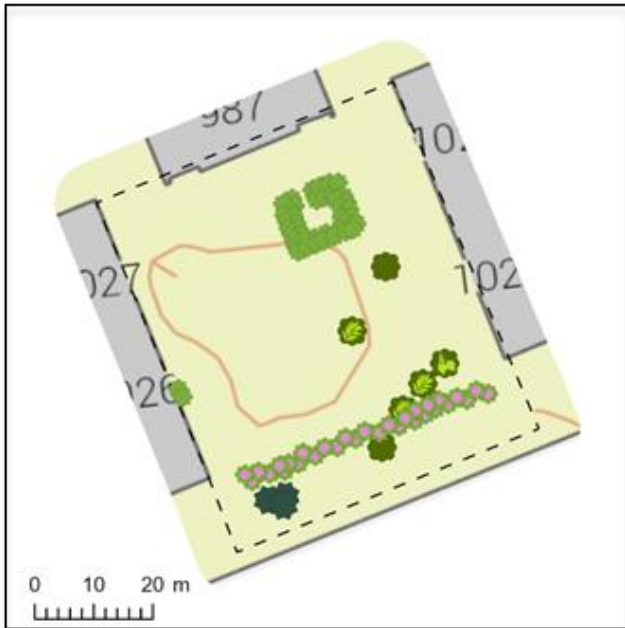


počet druhů dřevin	13
počet druhů stromů	9
počet dřevin	177
počet stromů	25
počet jehl. stromů	3
počet list. stromů	22
počet keřů	152
rozloha bloku	59,8
hust. osázení dřev.	2,96
hust. osázení str.	0,42
Odum. i. dřeviny	0,07
Odum. i. stromy	0,36
Simpson. i. dřeviny	0,24
Simpson. i. stromy	0,17

Blok Holandská 4 je z hlediska dominance v rámci Holandské čtvrti nejvíce vyrovnaný. Na rozdíl od ostatních zde převažuje zlatice prostřední ale opět vysázená podél domu. Dále se zde vyskytuje pámeľník a až na třetím místě tavelník. Rozmístění dřevin není nijak koncentrické či disperzní a je velmi podobné jako u všech na tomto sídlišti.

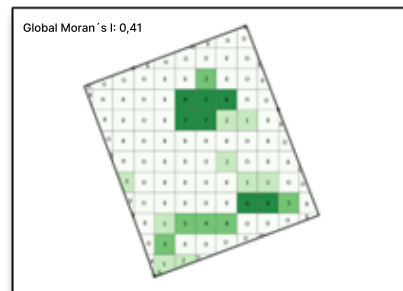


Obrázek 11: Sídlíšní zeleň na bloku Holandská 4
 Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečská služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečská služba WMS - ZTM 10
 Autor: Matěj Kašpar

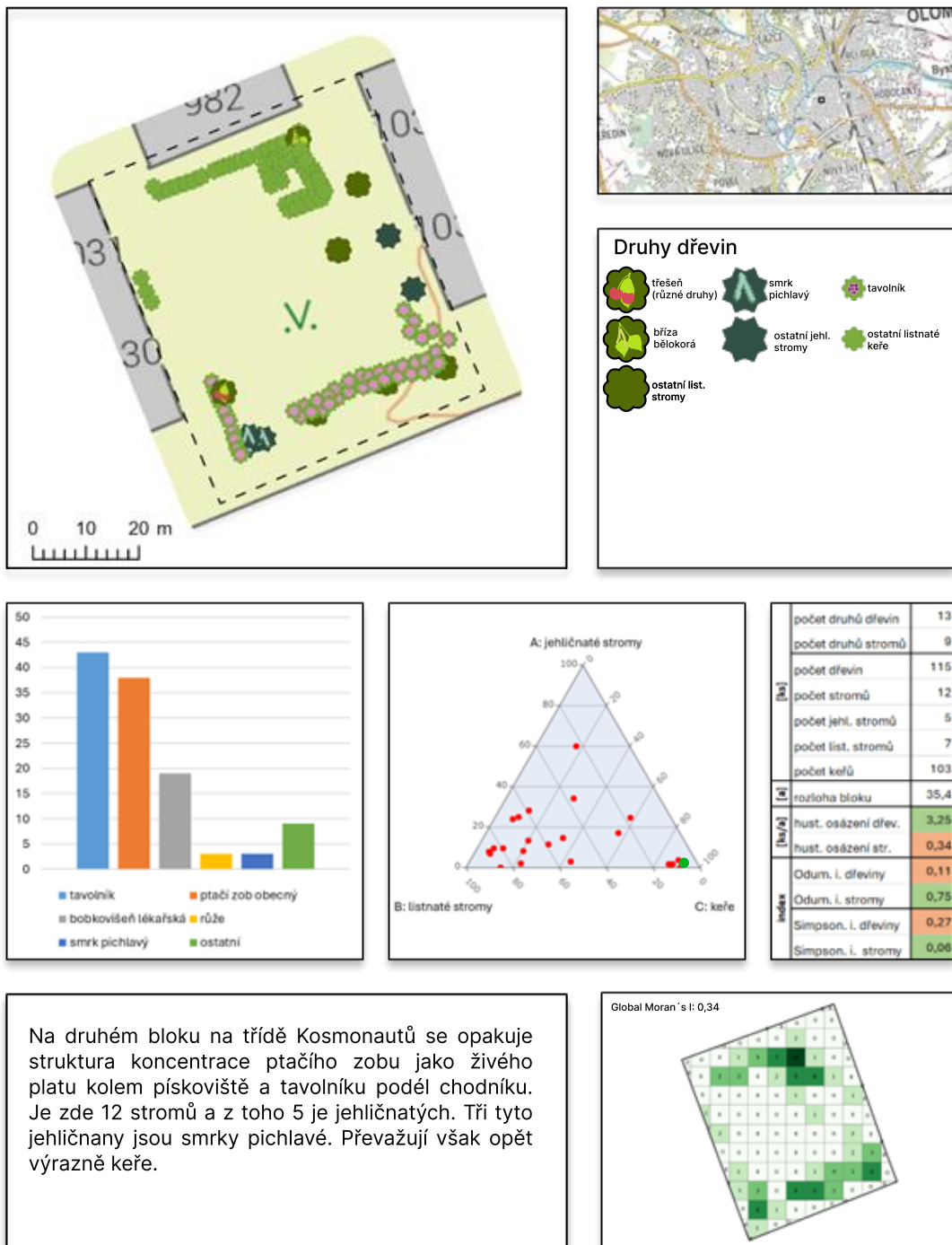


počet druhů dřevin	8
počet druhů stromů	5
počet dřevin	82
počet stromů	9
počet jehl. stromů	3
počet list. stromů	6
počet keřů	73
rozloha bloku	34,8
hust. osázení dřev.	2,36
hust. osázení str.	0,28
Odum. i. dřeviny	0,10
Odum. i. stromy	0,56
Simpson. i. dřeviny	0,38
Simpson. i. stromy	0,17

Tento prvně mapovaný blok na třídě Kosmonautů je charakteristický hustou výsadbou ptačího zobu s funkcí živého plotu. Druhá lokalita koncentrace je podél chodníku na jihu, kde je vysázen tavolník. Stromů je zde relativně málo, jejich vzrůst je však oproti jiným blokům podstatně větší.

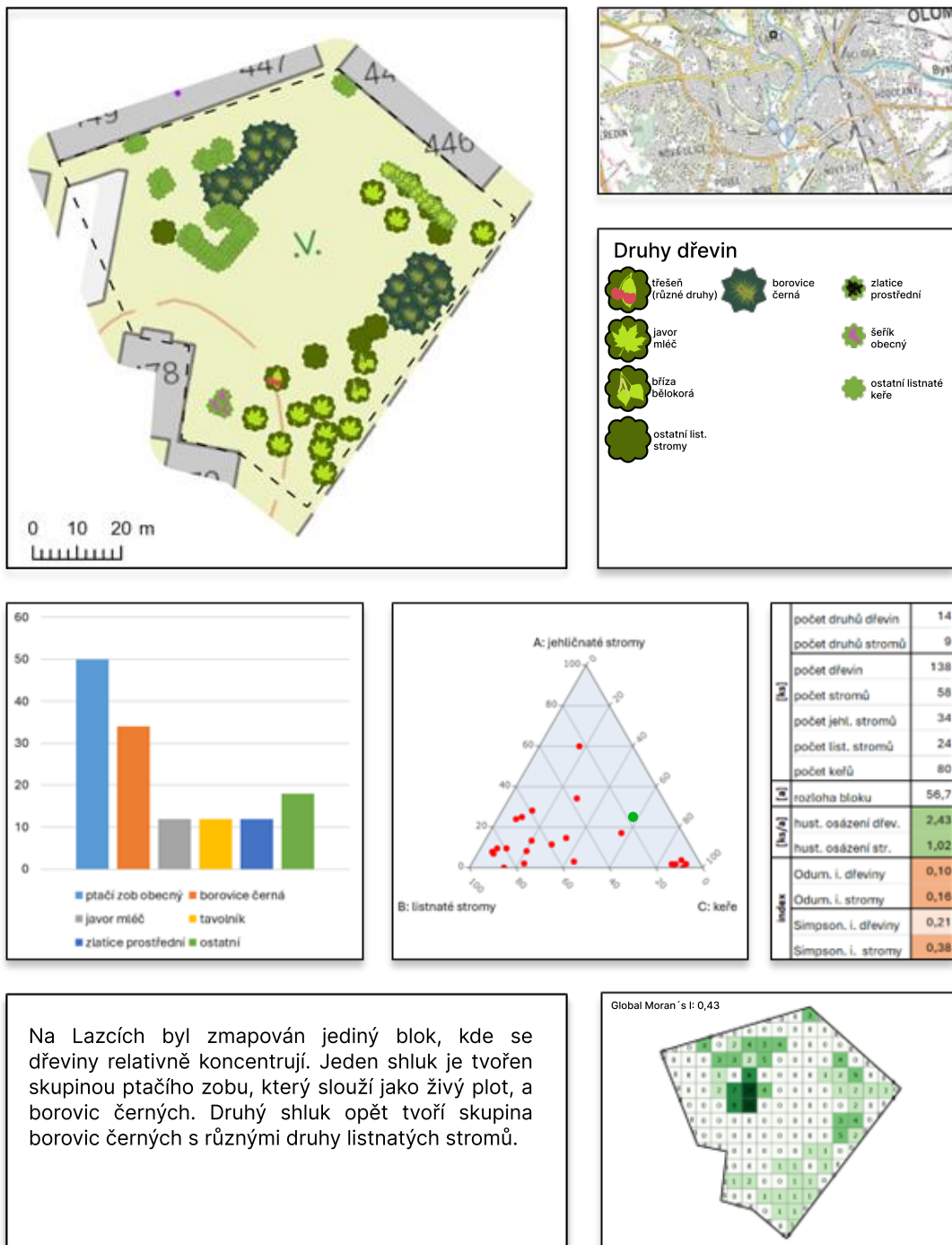


Obrázek 12: Sídlištní zeleň na bloku Kosmonautů 1
 Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečská služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečská služba WMS - ZTM 10
 Autor: Matěj Kašpar



Na druhém bloku na třídě Kosmonautů se opakuje struktura koncentrace ptačího zobu jako živého platu kolem pískoviště a tavolníku podél chodníku. Je zde 12 stromů a z toho 5 je jehličnatých. Tři tyto jehličnany jsou smrky pichlavé. Převažují však opět výrazně keře.

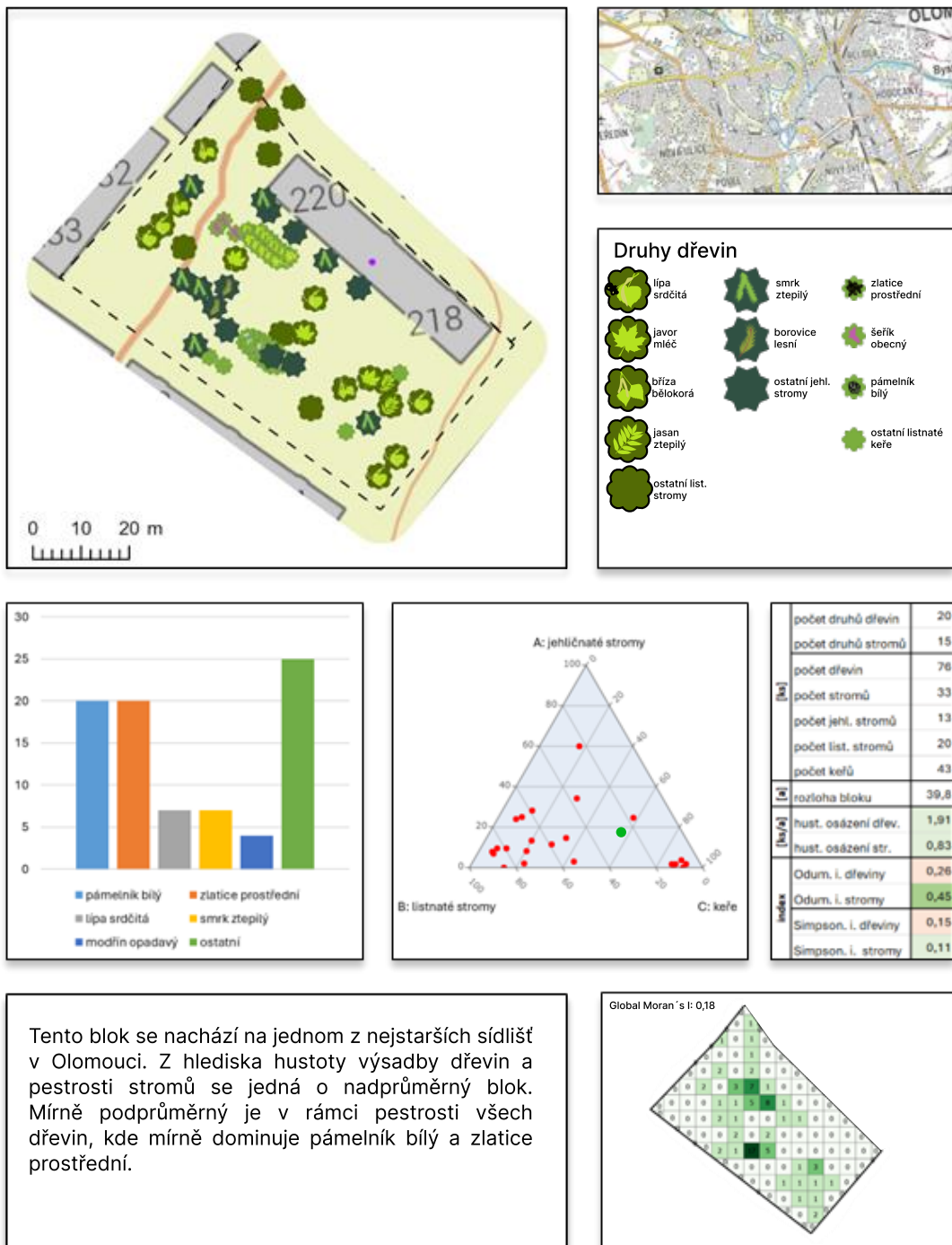
Obrázek 13: Sídlištní zeleň na bloku Kosmonautů 2
 Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečská služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečská služba WMS - ZTM 10
 Autor: Matěj Kašpar



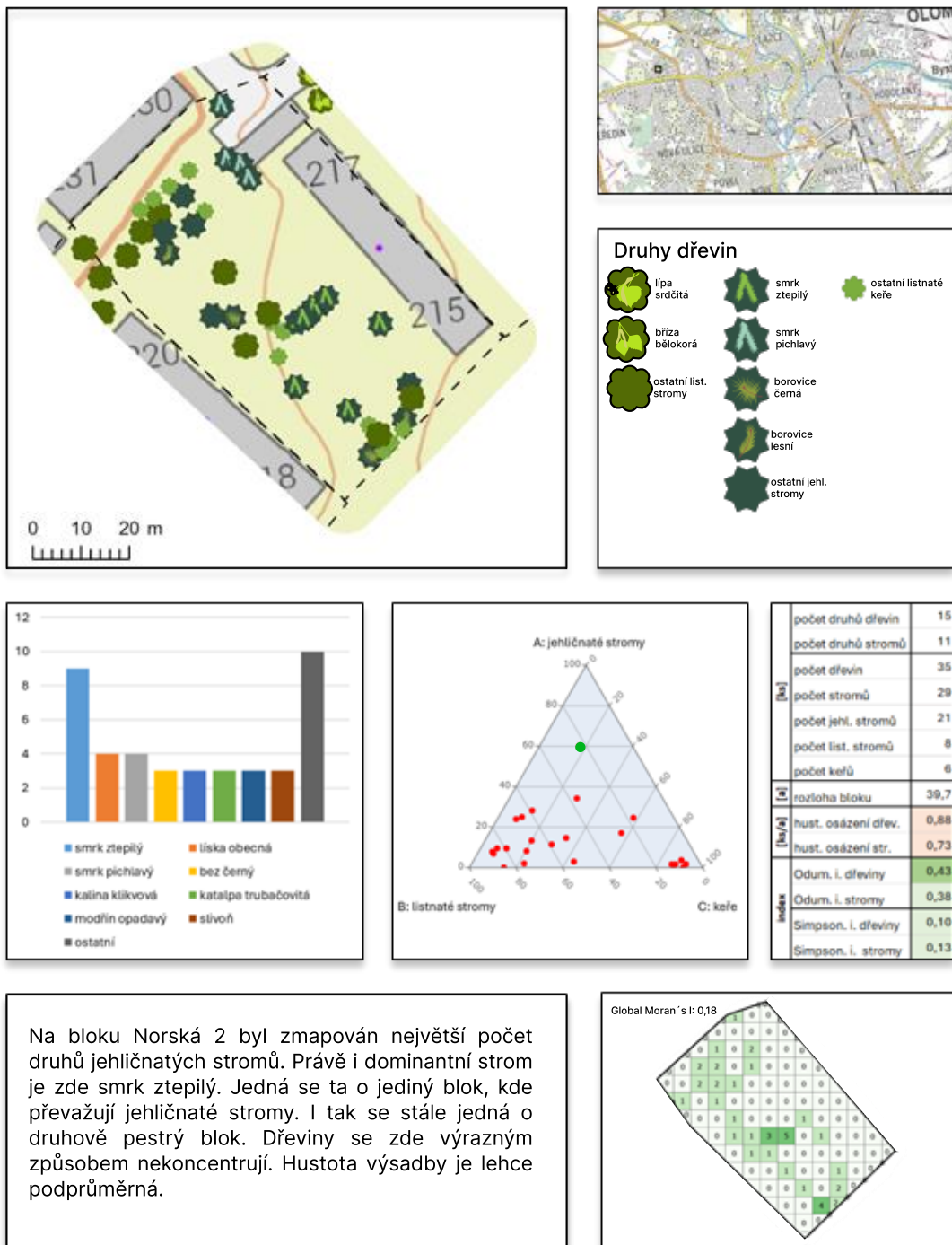
Obrázek 14: Sídlištní zeleň na bloku Lazce

Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečská služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečská služba WMS - ZTM 10

Autor: Matěj Kašpar



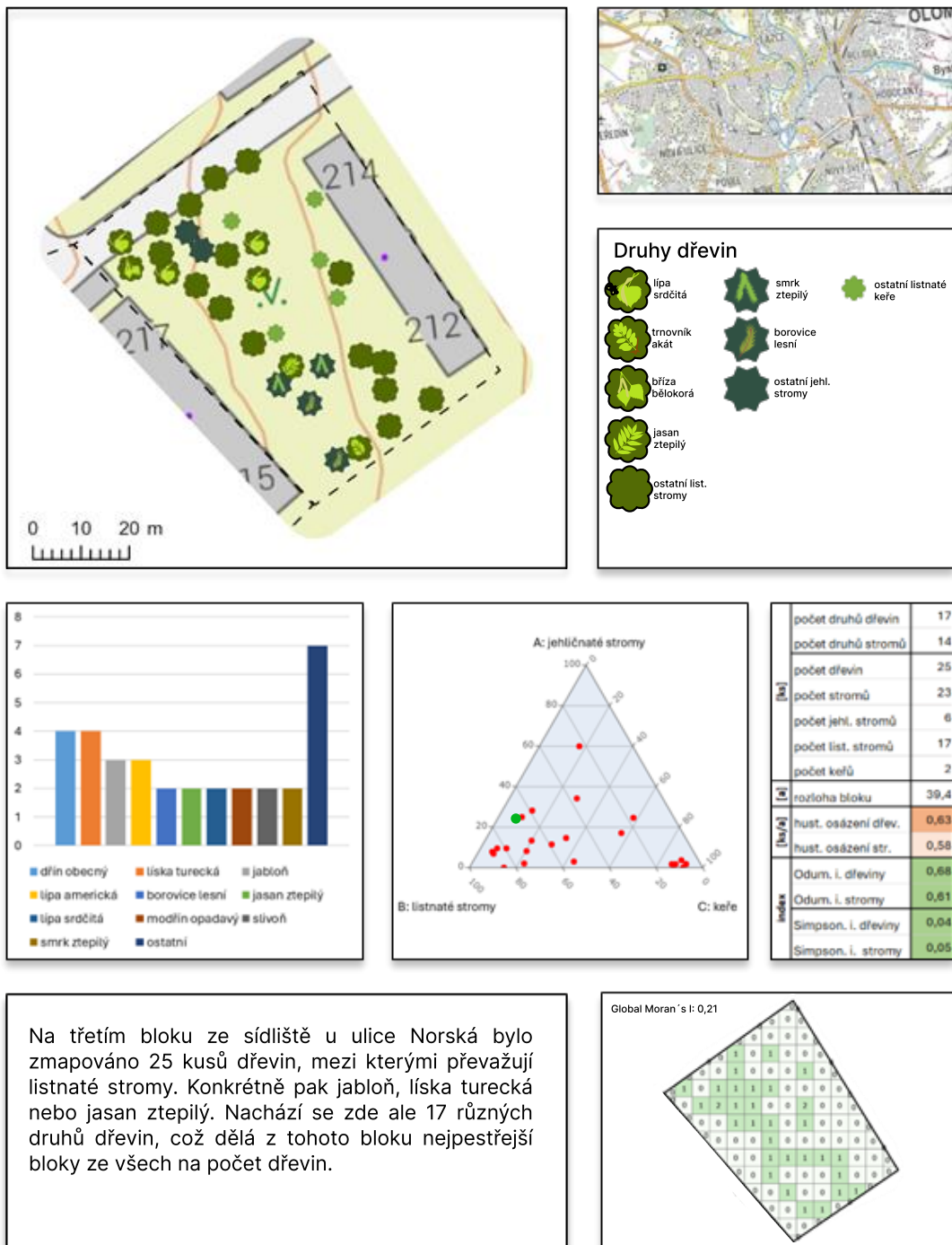
Obrázek 15: Sídlištní zeleň na bloku Norská 1
 Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečská služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečská služba WMS - ZTM 10
 Autor: Matěj Kašpar



Obrázek 16: Sídlištní zeleň na bloku Norská 2

Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečská služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečská služba WMS - ZTM 10

Autor: Matěj Kašpar

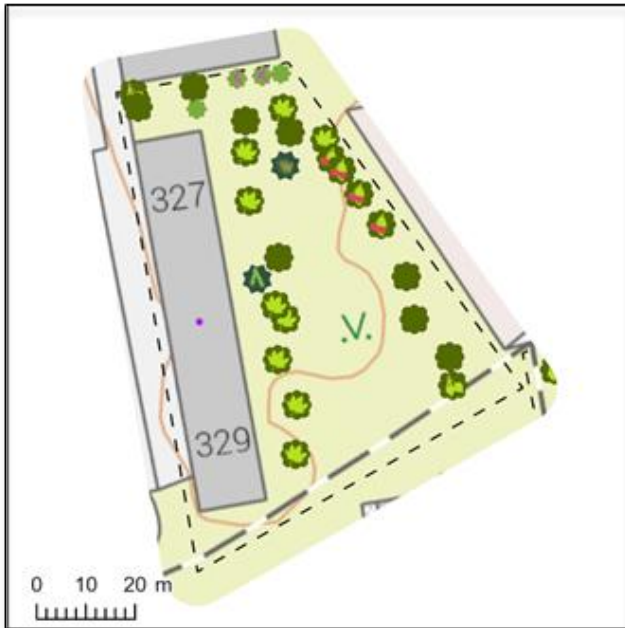


Na třetím bloku ze sídliště u ulice Norská bylo zmapováno 25 kusů dřevin, mezi kterými převažují listnaté stromy. Konkrétně pak jabloň, líska turecká nebo jasan ztepilý. Nachází se zde ale 17 různých druhů dřevin, což dělá z tohoto bloku nejpestřejší bloky ze všech na počet dřevin.

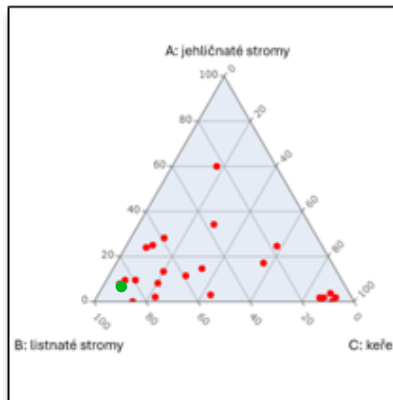
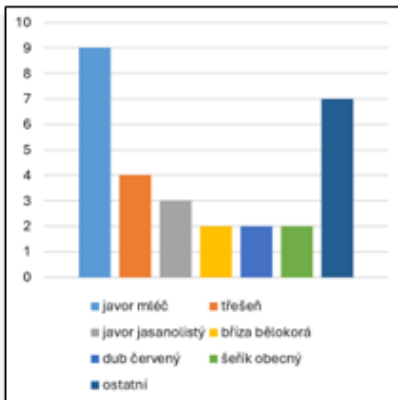
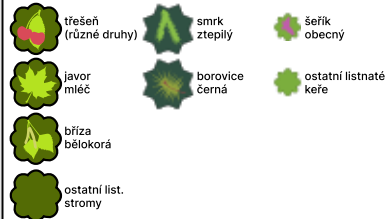
Obrázek 17: Sídlíšní zeleň na bloku Norská 3

Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečcí služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečcí služba WMS - ZTM 10

Autor: Matěj Kašpar

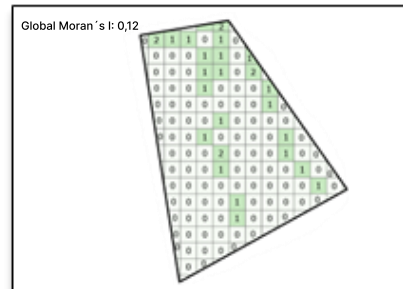


Druhy dřevin



počet druhů dřevin	13
počet druhů stromů	10
počet dřevin	29
počet stromů	27
počet jehl. stromů	2
počet list. stromů	25
počet keřů	2
rozloha bloku [m ²]	48,2
hust. osázení dřev. [k/m ²]	0,60
hust. osázení str. [k/m ²]	0,56
Odum. i. dřeviny	0,45
Odum. i. stromy	0,37
Simpson. i. dřeviny	0,12
Simpson. i. stromy	0,14

První mapovaný blok na polabinském sídlišti v Pardubicích je velmi málo hustě osázen. Na druhou stranu pestrost druhů je zde relativně vysoká a mimo převažující javor mléč, je zde zastoupení druhů vyrovnané. Žádná výrazná koncentrace dřevin zde nebyla vyzorována.



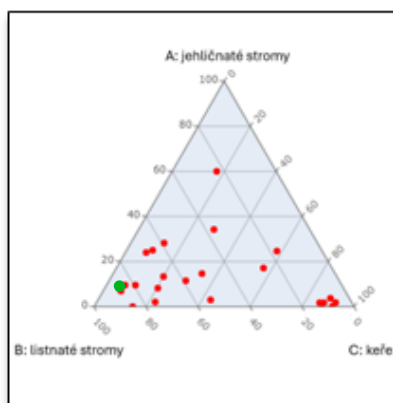
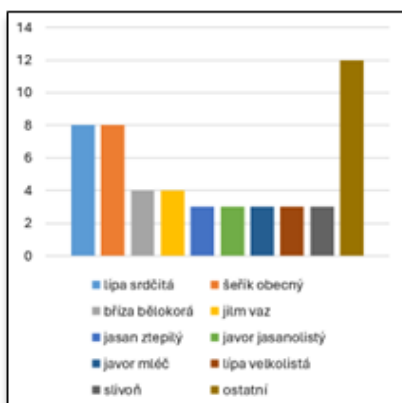
Obrázek 18: Sídlíšní zeleň na bloku Polabiny 1

Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečská služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečská služba WMS - ZTM 10

Autor: Matěj Kašpar

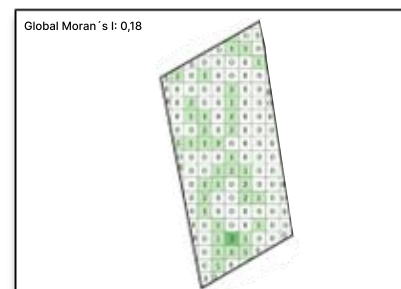


Druhy dřevin



počet druhů dřevin	18
počet druhů stromů	14
počet dřevin	51
počet stromů	48
počet jehl. stromů	4
počet list. stromů	44
počet keřů	3
rozloha bloku	50,0
hust. osázení dřev.	1,02
hust. osázení str.	0,96
Odum. l. dřeviny	0,35
Odum. l. stromy	0,29
Simpson. l. dřeviny	0,07
Simpson. l. stromy	0,08

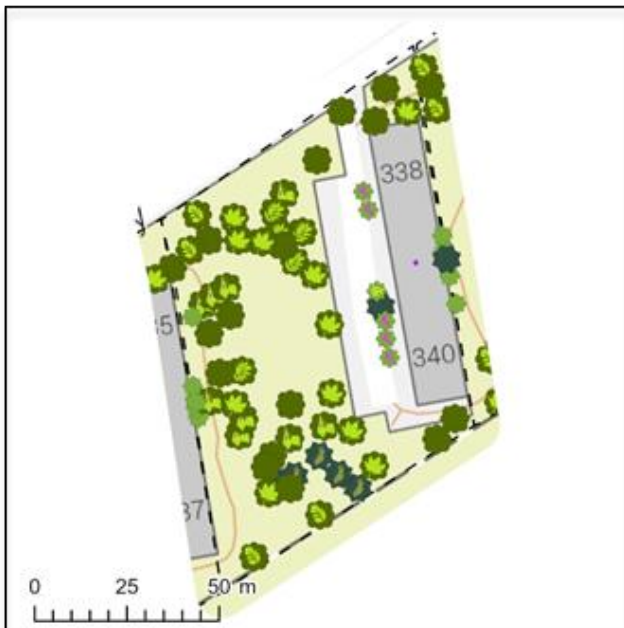
Druhý blok v pardubických Polabinách již oproti prvnímu je hustě osázen. Co se týče stromů, tak je jejich zastoupení v rámci druhů je vyrovnané. Nejvíce se ale vyskytuje javor mlč a z keřů šejk obecný. Rozmístění dřevin není koncentrické a ani disperzní.



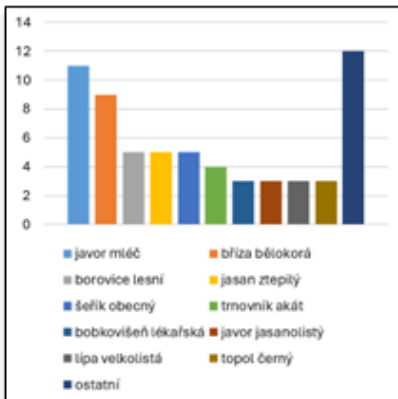
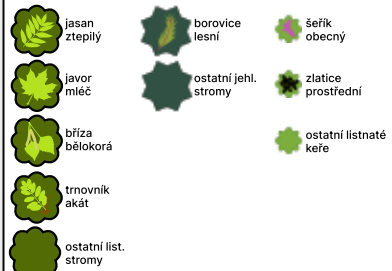
Obrázek 19: Sídlištní zeleň na bloku Polabiny 2

Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečská služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečská služba WMS - ZTM 10

Autor: Matěj Kašpar

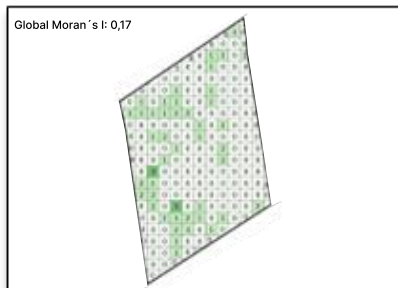


Druhy dřevin



počet druhů dřevin	19
počet druhů stromů	14
počet dřevin	63
počet stromů	56
počet jehl. stromů	6
počet list. stromů	50
počet keřů	7
rozloha bloku [m ²]	76,5
hust. osázení dřev.	0,82
hust. osázení str.	0,73
Odum. i. dřeviny	0,30
Odum. i. stromy	0,25
Simpson. i. dřeviny	0,07
Simpson. i. stromy	0,09

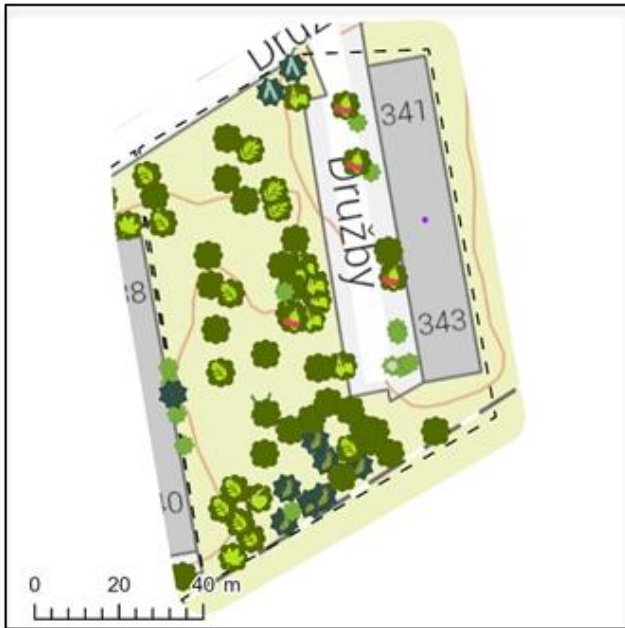
Blok Polabiny 3 je velmi řídkce osázen v porovnání s ostatními. Nejvíce se zde vyskytuje javor mléč a bříza bělokorá. Nicméně tyto druhy výrazně nepřevažují a početnost jednotlivých druhů je relativně vyrovnaná. Dřeviny na tomto bloku jsou vzrostlé a zapojení korun v prostoru zaplňuje velkou část plochy bloku.



Obrázek 20: Sídlištní zeleň na bloku Polabiny 3

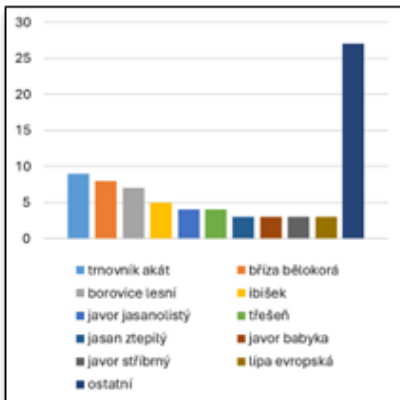
Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečská služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečská služba WMS - ZTM 10

Autor: Matěj Kašpar



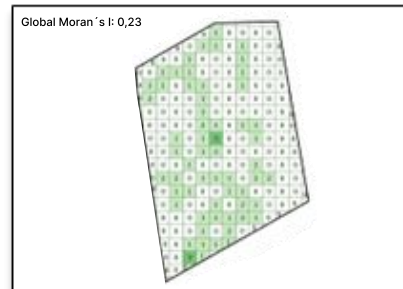
Druhy dřevin

- třešeň (různé druhy)
- javor mlč
- bříza bělokorá
- lípa srdčitá
- trnovník akát
- jasan ztepilý
- ostatní list. stromy
- borovice lesní
- smrk pichlavý
- ostatní jehl. stromy
- bíle kvetoucí tavelník
- ostatní listnaté keře



počet druhů dřevin	30
počet druhů stromů	19
počet dřevin	75
počet stromů	60
počet jehl. stromů	10
počet list. stromů	50
počet keřů	15
rozloha bloku	74,4
hust. osázení dřev.	1,01
hust. osázení str.	0,81
Odum. l. dřeviny	0,40
Odum. l. stromy	0,32
Simpson. l. dřeviny	0,05
Simpson. l. stromy	0,08

Blok Polabiny 4 je z pohledu pestrosti druhů nadprůměrný. Nachází se zde 75 kusů dřevin a z toho je 60 stromů. Mezi nejvíce zastoupené druhy dřevin patří trnovník akát, bříza bělokorá a jehličnan borovice lesní. Rozmístění je relativně rovnoměrné a hustota osázení je v rámci všech bloků průměrná. Podél domů jsou vysázené třešně a různé keře.



Obrázek 21: Sídlištní zeleň na bloku Polabiny 4

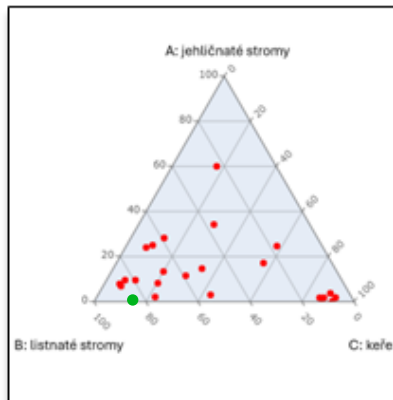
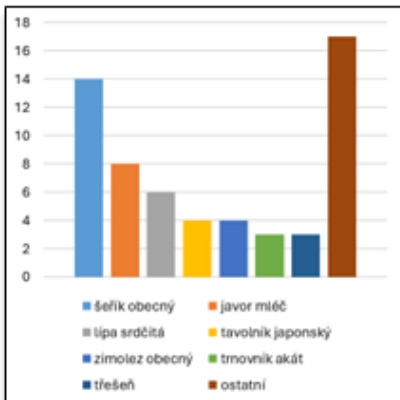
Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečská služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečská služba WMS - ZTM 10

Autor: Matěj Kašpar



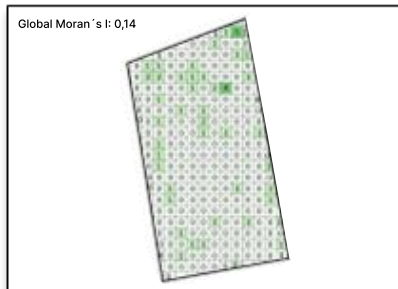
Druhy dřevin

- třešeň (různé druhy)
- šeřík obecný
- javor mlč
- zlatice prostřední
- bříza bělokorá
- růžově kvetoucí tavelník
- lípa srdčitá
- pámelník bílý
- trnovník akát
- ostatní listnaté keře
- ostatní list. stromy



počet druhů dřevin	19
počet druhů stromů	14
počet dřevin	54
počet stromů	48
počet jehl. stromů	0
počet list. stromů	48
počet keřů	8
rozloha bloku	97,2
hust. osázení dřev.	0,56
hust. osázení str.	0,47
Odum. l. dřeviny	0,35
Odum. l. stromy	0,30
Simpson. l. dřeviny	0,11
Simpson. l. stromy	0,14

Na bloku Polabiny 5 je největší zastoupení šeříku obecného, který je hustě vysázen na rohu cesty pro pěší. Druhou nejvíce zastoupenou dřevinou je javor mlč, který je téměř na každém bloku vysázen hojně. Hustota vysázení dřevin je zde nízká avšak uprostřed bloku se nachází hřiště. Druhová pestrost je průměrná. Za zmínku ale stojí přítomnost liliovníku tulipánokvětého.



Obrázek 22: Sídlištní zeleň na bloku Polabiny 5

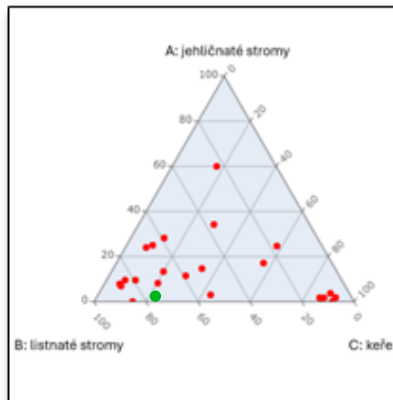
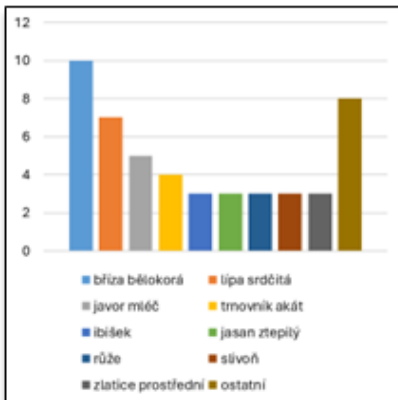
Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečská služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečská služba WMS - ZTM 10

Autor: Matěj Kašpar



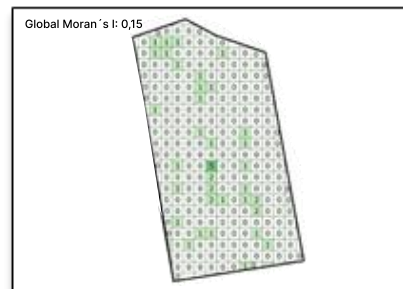
Druhy dřevin

	trnovník akát		ostatní jehl. stromy		šefík obecný
	javor mléč		zlatice prostřední		pámelník bílý
	bříza bělokorá		ostatní listnaté keře		
	lípa srdčitá				
	jasan ztepilý				
	ostatní list. stromy				



počet druhů dřevin	15
počet druhů stromů	10
počet dřevin	49
počet stromů	38
počet jehl. stromů	1
počet list. stromů	37
počet keřů	11
rozloha bloku	101,6
hust. osázení dřev.	0,48
hust. osázení str.	0,37
Odum. l. dřeviny	0,31
Odum. l. stromy	0,28
Simpson. l. dřeviny	0,08
Simpson. l. stromy	0,13

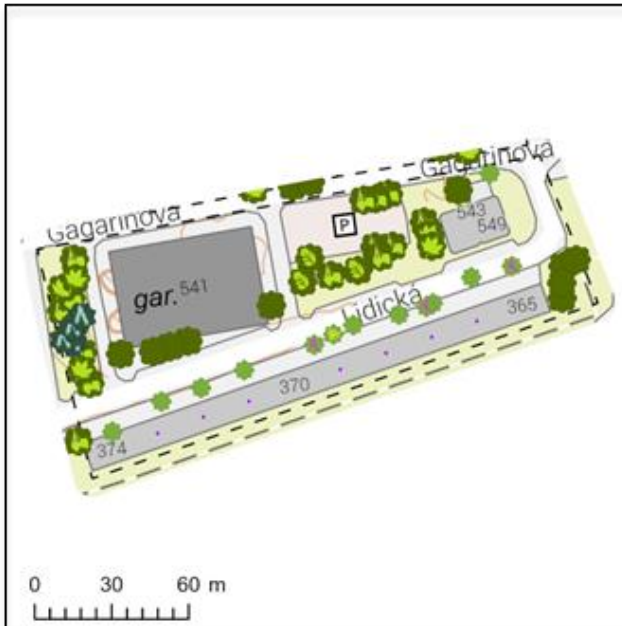
Na tomto bloku na sídlišti, které se stavělo převážně během 70. let, je hustota výsazení dřevin nízká. Uprostřed volné plochy se nachází větší dětské hřiště. Stromy jsou zde nahodile rozmístěné a z druhů dřevin převažuje bříza bělokorá, lípa srdčitá a javor mléč. Dominance žádného druhu však není nijak výrazná.



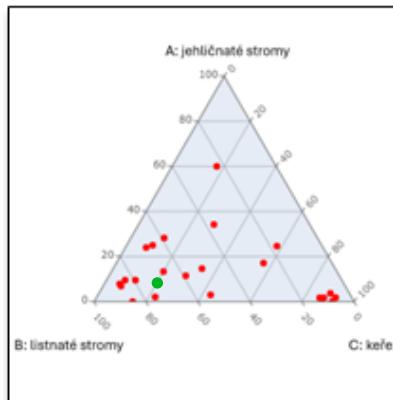
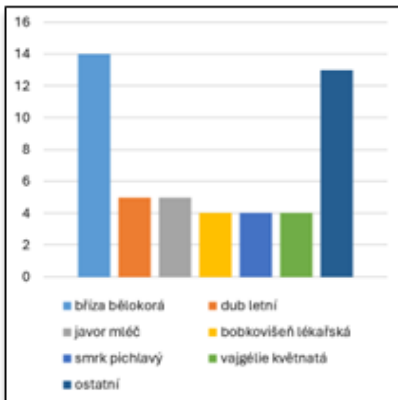
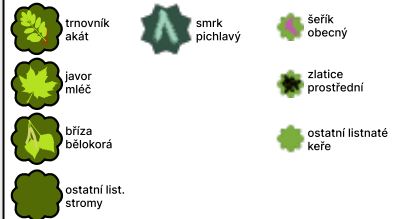
Obrázek 23: Sídlíštní zeleň na bloku Polabiny 6

Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížečská služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížečská služba WMS - ZTM 10

Autor: Matěj Kašpar

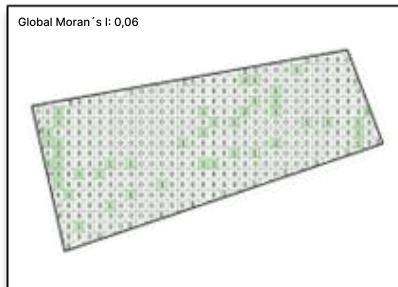


Druhy dřevin



počet druhů dřevin	14
počet druhů stromů	9
počet dřevin	49
počet stromů	39
počet jehl. stromů	4
počet list. stromů	35
počet keřů	10
rozloha bloku	155,6
hust. osázení dřev.	0,32
hust. osázení str.	0,25
Odum. i. dřeviny	0,29
Odum. i. stromy	0,23
Simpson. i. dřeviny	0,12
Simpson. i. stromy	0,17

Jedná se o největší mapovaný sídlištní blok, který je charakteristický tím, že se na něm nachází krytá garáž a venkovní parkování. Nejedná se tak standartní blok. I kvůli těmto plochám je zde nízká hustota výsadby. Ani z hlediska pestrosti druhů se nejedná o nadprůměrný bloky. Převažují zde listnaté stromy. Konkrétně z druhů to je břıza bělokora.



Obrázek 24: Sídlíštní zeleň na bloku Polabiny 7

Zdroj: ČÚZK (2024 A): Prohlížecí služba WMS - ZTM 100; ČÚZK (2024 D): Prohlížecí služba WMS - ZTM 10

Autor: Matěj Kašpar