

Česká Zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekologie lesa

Hodnocení biodiverzity dřevinné vegetace ve městech

(modelový příklad města Brno)

Bakalářská práce

Autor: Eva Zelingrová

Vedoucí práce: Ing. Iva Ulbrichová, Ph.D.

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Eva Zelingrová

Lesnictví
Lesnictví

Název práce

Hodnocení biodiverzity dřevinné vegetace ve městech (modelový příklad města Brno)

Název anglicky

The biodiversity evaluation of urban woody vegetation (model example of Brno city)

Cíle práce

Zhodnotit biodiverzitu, pokryvnost a další charakteristiky dřevinné vegetace ve městech, ve vztahu k typu zástavby a typu využití ploch zeleně.

Metodika

1. Získání informací z odborné literatury
2. Příprava mapových podkladů k pokusným plochám (práce probíhá v návaznosti na projekt, v rámci kterého budou plochy předem určeny)
3. Detailní popis vegetačních snímků v rámci ploch: podíl keřové a stromové vegetace; detailní druhové složení a vyhodnocení domácích a introduovaných druhů, pokryvnost stálezelené a opadavé dřevinné vegetace, přítomnost starých stromů.
4. Charakteristiky prostředí: podíl zástavby a zeleně na ploše; typ zástavby; stáří a výška zástavby; typ využití zelených ploch, sklon a orientace svahu, vzdálenost nejbližší zelené plochy větší než 1 ha, vzdálenost nejbližší ruderalní plochy.
5. Vyhodnocení vztahů a souvislostí v rámci získaných dat a určení hlavních parametrů, které mají vliv na biodiverzitu dřevinné vegetace.

Doporučený rozsah práce
30-40 str., min. 30 literárních zdrojů.

Klíčová slova
městská zeleň, dřeviny, biodiverzita, ekosystémové služby

Doporučené zdroje informací

- Barth B.J., FitzGibbon S.I., Wilson R.S., 2015. New urban developments that retain more remnant trees have greater bird diversity. *Landscape and Urban Planning*, 136: 122-129.
- Cameron R.W.F., Blanuša T., Taylor J.E., Salisbury A., Halstead A.J., Henricot B., Thompson K., 2012. The domestic garden – Its contribution to urban green infrastructure. *Urban Forestry & Urban Greening*, 11 (2): 129-137.
- Demuzere M., Orru K., Heidrich O., Olazabal E., Geneletti D., Orru H., Bhave A.G., Mitter N., Feliu E., Faehnle M., 2014. Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. *Journal of Environmental Management*, 146: 107-115.
- Goddard M.A., Dougill A.J., Benton T.G., 2010. Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments. *Trends in ecology & evolution*, 25 (2): 90-98.
- Paker Y., Yom-Tov Y., Alon-Mozes T., Barnea A., 2014. The effect of plant richness and urban garden structure on bird species richness, diversity and community structure. *Landscape and Urban Planning*, 122: 186-195.
- Welch J.R., Byrne J., Newell J., 2014. Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough'. *Landscape and urban planning*, 125: 234-244.

Předběžný termín obhajoby
2019/20 LS – FLD

Vedoucí práce
Ing. Iva Ulbrichová, Ph.D.

Garantující pracoviště
Katedra ekologie lesa

Konzultant
Václav Bažant

Elektronicky schváleno dne 10. 6. 2019

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.
Děkan

V Praze dne 05. 06. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou na téma Hodnocení dřevinné vegetace ve městech (modelový příklad města Brno) vypracovala samostatně pod vedením Ing. Ivy Ulbrichové, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne.....

Podpis autora

Abstrakt

Tato práce shrnuje základní význam a podmínky výsadby dřevinné vegetace ve městech. Z literární rešerše vyplývá, že zeleň má významný přínos pro zpříjemnění života obyvatel ve městech.

Na modelovém příkladu města Brna byla sesbírána data ze 79 zkusných ploch. Z těchto dat bylo zjištěno zastoupení jednotlivých druhů, výskyt vybraných typů vegetace a typ městské zeleně. Nejčastěji se vyskytujícími druhy jsou *Acer pseudoplatanus/platanoides* a *Tilia cordata/platyphyllos*. Ve městě Brně jsou nejčastějšími typy zeleně zahrada a park a nejčastějším typem zástavby jsou vilové čtvrti.

Následně byla provedena statistická analýza. Na jednotlivých plochách nebyla zjištěna žádná významná závislost mezi proměnnými. Závislost byla počítaná korelační maticí. Jediná významná závislost je mezi výskytem introdukovaných druhů a neopadavých stromů – tento vztah je dán korelačním koeficientem +0,52. Pomocí ANOVA testu středních hodnot bylo zjištěno, že alergenní dřeviny se vyskytují o 15 % více u zástavby se školami a panelovými domy než u jiných typů zástavby.

V Brně se nachází přes 115 druhů dřevinné vegetace a pokrytí zkusných ploch touto vegetací je přibližně 50 %. Na většině ploch se nachází více než 30 druhů. Bohužel, jak již bylo zmíněno, je v Brně velké množství alergenních dřevin, a to zejména u škol a panelových domů. U těchto typů zástavby alergenní stromy tvoří 56 % přítomné vegetace.

Klíčová slova

městská zeleň, dřeviny, biodiverzita, ekosystémové služby

Abstract

This work summarizes the basic importance and conditions of planting woody vegetation in cities. From the literature review, it can be seen that trees have an indisputable benefit in improvement of living standards in the city.

Data from 79 trial areas were collected from the city of Brno. From these data, the representation of individual species, the occurrence of selected types of vegetation and the types of urban greenery were determined. The most common species are *Acer pseudoplatanus/platanoides* a *Tilia cordata/platyphyllos*. In the city of Brno, the mostly used greenery are gardens and parks, and the most common type of buildings are villas.

Subsequently, a statistical analysis was performed. No significant dependence between variables can be observed on individual areas. The dependence was calculated by a correlation matrix. The only significant dependence is between the occurrence of introduced species and non-deciduous trees – this relationship is given by the correlation coefficient +0.52. Based on ANOVA test of mean values, allergenic tree species occur 15 % more around the building type of school and block of flats than in the rest of building types.

There are over 115 species of woody plants in Brno, so that 50 % of the experimental areas of vegetation are possible. There are more than 30 species in most areas. Unfortunately, as has already been mentioned, there is a large number of allergenic woody plants in Brno, especially near schools and blocks of flats. Among these types of building, allergenic trees make up 56 % of the vegetation present.

Keywords

Urban green, woods, biodiversity, ecosystem services

Obsah

1	Úvod	11
2	Cíle práce	12
3	Rozbor problematiky	13
3.1	Dřeviny ve městech	13
3.1.1	Historie výsadeb dřevin ve městech	13
3.1.2	Typy zeleně ve městech	14
3.2	Funkce stromů ve městech	15
3.2.1	Funkce hygienická	16
3.2.2	Funkce rekreační	18
3.2.3	Funkce estetická a prostorotvorná	19
3.2.4	Funkce ochrany zdrojů	19
3.2.5	Funkce ekonomická	19
3.2.6	Funkce ekologická	20
3.3	Negativní vlivy dřevin pro člověka	22
3.4	Městské prostředí a jeho vliv na dřeviny	24
3.4.1	Půdy ve městě	24
3.4.2	Stresové faktory	24
4	Metodika	26
4.1	Lokalita	26
4.1.1	Brno	26
4.1.2	Zkusné plochy	27
4.2	Hodnocení dřevinné vegetace	27
4.2.1	Nedostatky a limity sběru dat	28
4.3	Analýza sesbíraných dat	28

4.3.1	Rozdělení pokrytí vegetace a jednotlivé typy zeleně a zástavby	28
4.3.2	Analýza druhů na plochách.....	29
4.3.3	Introdukované druhy	30
4.4	Statistická analýza	30
4.4.1	Korelační matice významných proměnných.....	30
4.4.2	ANOVA Test – Alergenní stromy	31
5	Výsledky.....	32
5.1	Rozdělení pokrytí vegetace a jednotlivé typy zeleně a zástavby	32
5.2	Analýza druhů	36
5.3	Introdukované druhy	41
5.4	Korelační matice významných proměnných	41
5.5	ANOVA Test – Alergenní stromy	42
6	Diskuze	43
7	Závěr.....	45
	Seznam literatury	46
	Seznam příloh	51

Seznam obrázků

Obrázek 5-1 Procentuální zastoupení vegetace na plochách	32
Obrázek 5-2 Procentuální zastoupení typem vegetace	33
Obrázek 5-3 Pokrytí vegetací na typech městské zeleně	34
Obrázek 5-4 Zastoupení typů městské zeleně.....	34
Obrázek 5-5 Stromová vegetace podle typu zeleně.....	35
Obrázek 5-6 Zastoupení typů zástavby	35
Obrázek 5-7 Podíl introdukovaných druhů.....	41

Seznam tabulek

Tabulka 5-1 Nejvíce se vyskytující neopadavé stromy	37
Tabulka 5-2 Nejvíce se vyskytující opadavé stromy	37
Tabulka 5-3 Nejvíce se vyskytující neopadavé keře	38
Tabulka 5-4 Nejvíce se vyskytující opadavé keře	39
Tabulka 5-5 Neopadavé stromy	40
Tabulka 5-6 Opadavé Stromy	40
Tabulka 5-7 Korelační matice vybraných proměnných.....	41

1 Úvod

Kontakt s přírodou je přirozenou potřebou člověka. Při zakládání měst se tolik nepomýšlelo na vegetaci, což je příčinou toho, že dnes je v centrech měst nedostatek místa pro zakládání nových zelených ploch. Začlenění vegetace je v současné době nedílnou součástí územního plánování. Vzhledem k tomu, že ve městech žije skoro polovina lidské populace a trendem je zvyšování kvality života, je snaha o co největší začlenění zelených ploch. Stromy hrají významnou roli v protierozních návrzích, návrzích odhlučňovacích objektů nebo jako doplňující prvky silnic a cest. Aktuálnost a rozmanitost tématu mě podnítily k tomu, abych se ho pokusila zpracovat.

První – teoretická část mé práce se zabývá funkcemi a významem zeleně ve městě, historií, jednotlivými typy vegetace ve městech a následně vlivem stromů na člověka i člověka na stromy. Shrnuje dostupnou literaturu, která se bezprostředně týká jak historie a funkcí zeleně, tak podmínek městského prostředí, ve kterých stromy žijí.

Data pro praktickou část bakalářské práce byla sbírána v Brně v září 2019 na 79 zkusných plochách, které měly tvar kruhu. Kromě zkoumání zastoupení jednotlivých druhů, byly na ploše zjišťovány další proměnné jako například typ městské zeleně, typ zástavby nebo procentuální pokrytí plochy vegetací. Praktická část se dále zabývá analýzou jednotlivých druhů stromů, pokryvností vegetace v závislosti na zástavbě a využití plochy. Data jsou zpracována krabicovými grafy, ANOVA testem a korelační maticí. Druhy dřevin jsou rozděleny do dvou skupin – opadavé a neopadavé, a každá z těchto skupin ještě dále do dalších dvou podskupin – stromy a keře.

2 Cíle práce

Tato práce si klade za cíl zhodnotit biodiverzitu, pokryvnost a další charakteristiky dřevinné vegetace ve městech ve vztahu k typu zástavby a typu využití ploch zeleně. Smyslem teoretické části je podat ucelený přehled použité literatury, která se zabývá zelení ve městech. Cílem praktické části je průzkum a popis nejrozšířenějších stromů ve městě a následné vyvození závěrů pomocí statistických metod.

Očekávaným přínosem této práce je zjištění biodiverzity jednotlivých druhů dřevin. Dalším přínosem je zjištění výskytu alergenních stromů na plochách, kde se nejvíce pohybují děti, tj. skupina náchylná na astma. Výsledky a sesbíraná data mohou být dále využity pro plánování výsadeb dřevin v Brně.

3 Rozbor problematiky

3.1 Dřeviny ve městech

3.1.1 Historie výsadeb dřevin ve městech

Historii výsadeb dřevin ve městech lze sledovat zhruba od **středověku**. Tehdy městskou zeleň tvořily solitérní stromy na náměstích, u kostelů nebo kaplí, zelenou oázou bývaly hřbitovy. V dobách míru se hojně zakládaly zahrady a vinice, a to především podél městských hradeb. Další městskou zelení byly užitkové zahrady domovních bloků. Pokud byl součástí města klášter, mělo město další zelenou plochu v podobě klášterní zahrady. Zahrady, které patřily k hradu, bývaly obehnané zdí a rozdělené do tematických sekcí.

V době **renesance** se přetvářely středověké hrady a tvrze na pohodlnější a prostornější zámky. Společně s tím se měnila i podoba zahrad a parků. Byly zakládány nové zahrady, ty byly v období renesance osově souměrné a obehnané zdí. V renesanci se stal oblíbeným tzv. francouzský park. Byl charakteristický především několikastrannou souměrností a byl tvořen z několika pravidelných vzorů. S domem byly tyto zahrady propojené terasami a lodžemi. Renesance dotvářela strukturu města, srovnávala půdorys a dorovnávala výšku zástavby.

K výraznějším změnám půdorysu měst docházelo v období **baroka**. Po třicetileté válce církve a šlechta budovaly monumentální stavby a s tím se měnil i charakter parků. Ze západu se rozšířil styl krajinářského parku, tzv. anglický park. Na rozdíl od parku francouzského neměl žádnou přesnou strukturu ani souměrnost. Jeho charakteristickým znakem byla kombinace okrasných rostlin s běžnou zeleninou a ovocnými stromy. Ve městech se stromy, na rozdíl od středověku, nevysazovaly solitérně, ale ve stromořadích nebo v alejích (Sojková & Glosová, 2014).

Na **přelomu 18. a 19. století** se začaly městské zeleně zakládat podle urbanistického záměru. Začaly se zakládat první veřejné parky. První veřejný park v Českých zemích byl založen v Brně Josefem II., a to roku 1786 – park Lužánky (Novák, 2001; Truxová, 2009). V roce 1861 nový brněnský starosta navrhl a nechal zřídit park Špilberk. Ten byl v roce 2015 zrekonstruován kvůli poničení během světových válek (Kuča, 2000; Pacáková-Hošťálková, 1999).

Na **přelomu 19. a 20. století** v souvislosti s průmyslovou revolucí docházelo k velkému rozvoji měst, k zahušťování výstavby a rozrůstání periferií, a to i na úkor vegetace. To se řešilo například budovami s vnitroblokem, který sloužil jako jakási zahrada. Ve 20. století pak došlo ke změně v koncepčním plánování. Důraz byl kladen především na to, aby bylo funkční zónování spojené s rekreací v kvalitním prostředí se zelení (Sojková & Glosová, 2014).

V této době vznikalo v Brně nejvíce parků. Parky nebyly uměle zakládány, ale vznikaly ze zelených ploch, které v dřívějších dobách sloužily k jiným účelům. Například park Kraví hora – ve středověku se zde nacházely pastviny, vinice a zahrady, později sloužil pro vojenské účely. Nebo Schreberovy zahrádky, které byly hřbitovem a po zrušení hřbitova první zahrádkářskou kolonií (Kuča, 2000; Pacáková-Hošťálková, 1999).

Koncept městského lesnictví se poprvé objevuje v 60. letech minulého století v Kanadě. Navrhuje globální přístup ke správě a integraci stromů ve městech s ohledem na činnost obyvatelstva (Bucur, 2006).

3.1.2 Typy zeleně ve městech

Jedním z dělení městské zeleně může být rozdělení **podle prostorové struktury**. Základní kostru systému městské zeleně lze charakterizovat jako soustavu ploch, linií a významných bodů.

Plochy představují velké městské parky nebo velké krajinné celky zeleně zasahující do města. Mohou to být také historické a botanické zahrady, arboreta, rekreační areály nebo příměstské a rekreační lesy.

Linie, to jsou především uliční stromořadí (aleje), doprovodná zeleň vodních toků, zeleň podél komunikací nebo jiných liniiových staveb.

Mezi **významné body** patří především solitérní stromy, například na náměstích nebo u staveb, skupinky stromů v ulicích měst, parčíky mezi budovami. I designové záležitosti – zeleň na střeších, fasádách nebo jiných konstrukcích tvoří zajímavé významné body.

Zeleň ve městech ve veřejném a soukromém vlastnictví, vybudovanou a udržovanou z veřejných a soukromých finančních zdrojů lze rozdělit **podle**

přístupnosti, na plochy veřejně přístupné, veřejně nepřístupné a plochy pro veřejnost omezeně přístupné.

Mezi **veřejně přístupnou zeleň** zahrnujeme parky, dětská hřiště, sídlištní zeleň, hřbitovy a další zeleň na plochách veřejně přístupného prostranství, kam není omezen přístup.

Veřejně nepřístupné plochy zeleně se nejčastěji vyskytují na soukromých pozemcích, jako jsou například zahrady, zahrádkářské kolonie či zeleň ve vnitroblocích. Speciálním případem veřejně nepřístupných ploch je zeleň v uzavřených areálech (výrobních a skladových), v průmyslových zónách nebo u výzkumných ústavů.

Plochy s omezeným přístupem jsou na pozemcích budov občanského vybavení. Patří sem zahrady a parky škol, školek, zdravotnických a sociálních zařízení. Dalším typem mohou být komerční a rekreační objekty, včetně sportovních areálů, botanických a zoologických zahrad a v některých případech i hřbitovy (Balabánová & Kyselka, 2013).

3.2 Funkce stromů ve městech

Na zeleň ve městech lze nahlížet z mnoha úhlů. Vliv vegetace na život ve městě je často měřitelný a je předmětem celé řady výzkumů, jejichž cílem je zjistit, jak moc jsou stromy pro město a jeho obyvatele významné a jaký je rozsah jejich působení. Při odstraňování většího množství vzrostlých stromů dochází nejen k poškození ekosystémů, ale také ke ztrátě některých dalších funkcí, které se ekosystému netýkají – ekonomická a estetická funkce.

Zeleň v zastavěném území plní tyto funkce:

- funkci hygienickou
- funkci rekreační
- funkci estetickou a prostorotvornou
- funkci ochrany zdrojů
- funkci ekonomickou
- funkci ekologickou (Balabánová & Kyselka, 2013)

Obecně lze říci, že je dobré mít ve městech více vegetace, protože v mnoha ohledech zmírňuje dopad antropogenní činnosti.

3.2.1 Funkce hygienická

Kvalita vzduchu

Stromy odstraňují **plyny**, které znečišťují ovzduší, primárně přes listovou plochu. Míra absorpce znečištění závisí na délce vegetační doby, průměrném ročním úhrnu srážek a ostatních meteorologických proměnných. Zachycené částice plynu mohou být absorbovány stromem, ale většina z nich se zachytí na jeho povrchu. Ty se mohou odpařit zpátky do atmosféry, být odneseny větrem nebo smyty deštěm. V důsledku toho je vegetace pouze dočasným retenčním místem pro atmosférické částice (Nowak, 2002).

Zeleň nezadržuje pouze znečištěné plyny, ale také **prachové částice**. Vnitrobloková zeleň snižuje prašnost o 30–40 % (Růžičková, 2010). V ulicích bez vegetace bylo zjištěno v jednom litru vzduchu asi 10 000 prachových částic. V ulicích s vegetací asi 3 000 a v parku pouze 1 000. Platí, že listnatý strom je v pohlcování prachových částic účinnější než jehličnatý strom. Uvádí se, že 1 ha listnatého lesa zachytí 50–70 t prachu za rok. U jehličnatého lesa je to 30–35 t. Prach se mimo to zachycuje pochopitelně více na listech zvrásněných, drsných nebo chlupatých. Zachycování prachových částic je ovlivněno i velikostí plochy listů. Čím menší má rostlina listy, tím účelněji je může rozložit v daném prostoru (Šerá, 2015).

Je jednoznačně prokázáno, že stromy mohou výrazným způsobem snížit míru znečištění a změnit mikroklima přímým odstraněním škodlivin ze vzduchu. Musí se ovšem také připustit, že údržba městských stromů, parků a zeleně je energeticky velice náročná (použití vysokozdvíhacích plošin, jednomužných motorových pil, sekaček na trávu apod.). Tato energie je nejčastěji získávána spotřebou fosilních paliv, která způsobují zhoršení kvality vzduchu. Při zjišťování výsledného efektu (dopadu) zeleně a parků na ovzduší ve městech je potřeba brát v úvahu i tento faktor. Proto by měly být vysazovány stromy s nízkými náklady na údržbu a na výsadbu (Nowak & Heisler, 2010).

Vliv přítomnosti stromů na průměrnou teplotu

Klima ve městě je aridnější oproti klimatu přirozené lesní krajiny. Průměrná roční teplota vzduchu ve městě je o 1–2 °C vyšší než průměrná roční teplota v lesní krajině (Hamerník & Borýsek, 2008). To je dáno vytápěním budov, absorpcí a následným

uvolňováním tepla budovami a pozemními komunikacemi aj. Lze předpokládat, že díky trendu stěhování se lidí do měst tento rozdíl ještě poroste (Paravantis & Georgakellos, 2007). S vyšší teplotou se snižuje i přirozená relativní vlhkost. Ta je ve městech nižší o 8–10 % než ve zmíněné lesní krajině při stejném obsahu vodní páry v m³ vzduchu. V tomto sušším městském prostředí se zvyšuje výpar vody ze stromů o 15–20 % oproti lesním porostům (Hamerník & Borýsek, 2008).

Během klimatických změn poslední doby jsou extrémně vysoké teploty v létě čím dál častější. Tyto vlny veder mají nezpochybnitelný vliv na lidské zdraví, spotřebu energie a ostatní náklady na spotřebu města. Jednou z možností, jak se těmto vedrům bránit, je začlenění zeleně, a to především stromů. Ty jsou schopné do značné míry eliminovat teplo pohlcené budovami a komunikacemi. Stromy stíní plochám, brání průchodu slunečních paprsků, pomocí transpirace uvolňují vodu do vzduchu a tím ho ochlazují (Ziter et al., 2019).

Bylo zjištěno, že minimální zastínění proti tvorbě městského tepelného ostrova je 40 %. (Tepelný ostrov je projevující se vyšší teplota oproti ostatní krajině.) S rostoucím zastíněním teplota klesá. U kruhové zkušné plochy s desetimetrovým poloměrem a zastíněním z 0 na 100 % se snižuje denní teplota o 0,7 °C. Zatímco u kruhové zkušné plochy s třicetimetrovým poloměrem, a zastíněním rovněž z 0 na 100 %, je pokles teploty o 1,3 °C. Pokles teploty je tedy pozitivně ovlivněn velikostí zastíněné plochy. Při zastínění větších ploch alespoň ze 40 % dochází k výrazně vyššímu poklesu teploty (Ziter et al., 2019).

Pohlcování hluku a větru

Uměle vytvořené protihlukové bariéry (stěny z různých materiálů) mohou být i ve městech nahrazovány skupinami stromů. Podle výzkumu je pro nízkofrekvenční zvuk nejefektivnější uspořádání stromů v řadách. Pro vyšší frekvence zvuku jsou nejvýhodnější pásy o výšce 13–20 m a šířce 20–30 m (Martínez-Sala et al., 2006).

Faktory, které pozitivně ovlivňují pohlcování hluku, jsou především hustota porostu, různorodost druhů a míra olistění. Listnaté stromy samozřejmě po dobu olistění pohlcují mnohem více hluku než stromy jehličnaté. V zimě je tomu naopak, logicky je

tedy výhodné v protihlukových bariérách používat opadavé i neopadavé dřeviny (Price, 1988).

Dalším podpůrným faktorem pro zachycování hluku je, pokud listoví dosahuje až k zemi. Proto se doporučuje přítomnost podrostů (Bucur, 2006).

Různé druhy stromů mají odlišné schopnosti pohlcovat hluk. Laboratoř pro kontrolu hluku ministerstva zemědělství v USA zkoumá absorpci hluku u šesti vybraných druhů dřevin při různých vlnových délkách. U vyšších frekvencí nad 1000 Hz je nejlepším pohlcovačem ořechovec plstnatý (*Carya tomentosa*). Tento strom pohlcuje až 20 % hluku. U nižších a středních frekvencí nejvíce hluku pohlcuje dub červený (*Quercus rubra*), ale pouze okolo 10 % hluku (Reethof et al., 1967).

Ke snižování rychlosti větru a negativnímu vlivu na zástavbu a obyvatele, se stromy užívají jako větrolamy. U měst je tato funkce spíše okrajová, využití větrolamů je typické pro ochranu polí před vysušováním a vesnic před nárazy větru. Na našem území se větrolamy vysazují teprve od minulého století. Obvykle se setkáváme s větrolamy z topolů a jasanů. Průměrná výška je mezi 10–20 metry (Litschmann et al., 2007).

3.2.2 Funkce rekreační

Psychika a rekreace

Řada výzkumů enviromentálních psychologů dokazuje kladný vliv stromů na pohodu, klid a kreativitu člověka. Pozitivní účinky zeleně na psychiku člověka se začaly prokazovat v 60. letech dvacátého století. Jednoznačně byl prokázán pozitivní vliv zeleného prostředí: děti, které si hrály mezi stromy, měly více pohybu a sluneční záření jim nevadilo tolik jako na rozpáleném asfaltu (Boldemann et al., 2011).

Vlivem na psychiku dospělých se zabývá profesor Burt (2019). Zkoumal 46 tisíc lidí starších 45 let žijících v Sydney. I tady byly výsledky jednoznačné. Dokázaly, že při alespoň 30% zastínění v místě bydliště se snižuje možný rozvoj psychických poruch až o 31 %. Výzkum rovněž vyvrátil hypotézu, že není důležité, o jaký typ vegetace se jedná, benefity u stromové vegetace jsou výrazně vyšší než u travnatých ploch. Je tedy důležité chránit a rozšiřovat městské zastínění stromy, protože může výrazně zlepšit zdraví lidí.

3.2.3 Funkce estetická a prostorotvorná

Tyto funkce jdou ruku v ruce, jejich dopad na člověka nelze úplně změřit. Co se líbí jednomu, nemusí se líbit druhému. Celoplošně je ale zeleň vnímána pozitivně. Estetikou se zabývá zahradní architektura, jejímž cílem je vytvořit stálezelené či stále barevné oku lahodící celky.

S dekorativní zelení se lze nejčastěji setkat v residenčních a vilových čtvrtích nebo ve čtvrtích s rodinnými domy.

3.2.4 Funkce ochrany zdrojů

Množství srážek ve volné krajině se ve většině případů přirozeně vypaří nebo vsákne do povrchu. Ve městě je tento přirozený oběh narušen antropogenní činností. Díky zastavěným plochám se nemá tato dešťová voda kde vsáknout a vzniká zrychlený odtok. Výzkumy ukazují, že v oblastech s vegetací odtéká povrchově pouze 5–15 % dešťové vody, zbytek se vypaří nebo vsákne do půdy. Ve městech, kde není vegetace tolik jako v přirozené krajině, odteče po povrchu až 60 % srážek, to ovlivňuje negativně lokální klima a hladinu podzemní vody (Bernatzky, 1978). Takto narušený vodní cyklus postupně poškozují půdu, rostliny i živočichy ve městech. Zeleň ve městech se tudíž neobejde bez náležité péče (Botkin & Beveridge, 1997).

3.2.5 Funkce ekonomická

Vytváření kvalitního životního prostředí ve městě nemá prvoplánově plnit ekonomickou funkci zeleně. Nicméně se takto projevuje při podpoře rekreace a turistického ruchu ve městech. Také zahrádkaření jako způsob trávení volného času, má svůj ekonomický rozměr.

Pěstování stromů za účelem následné těžby dřeva je ve městech minimální. Stromy jsou ve městech káceny nejčastěji kvůli změnám v územním plánování, kvůli potenciálnímu ohrožení obyvatel města nebo kvůli výměně zeleně. V zahrádkářských oblastech a ve čtvrtích s rodinnými domy jsou sázeny stromy kvůli sklizni plodů.

Ekonomickou funkci zeleně ve městech zajišťuje především zeleň hospodářská. Sem patří vinice, chmelnice, ovocné sady, prutníky, pole (řepka, jahody) a produkční

lesy. Primárně tato zeleň není určena k rekreaci, ale agroturistika může být doplňkovým příjmem (Balabánová & Kyselka, 2013).

Výskyt stromů a lesoparků ve městech je nezpochybnitelnou výhodou pro místní obyvatele. V současné době se výskyt zeleně a stromů na pozemcích výrazně podílí na tvorbě ceny nemovitosti (Tyrväinen et al., 2005).

3.2.6 Funkce ekologická

Nejvíce druhů živočichů a rostlin je vázáno na staré, odumírající a nemocné stromy. Ve městech je snaha chránit všechna věková stadia stromů, neboť na nich žijí různí živočichové. Obecně lze ale říci, že biologická hodnota stromu roste společně s jeho věkem (Bobiec, 2005). Odumírající stromy jsou biotopem pro řadu saprofytických organismů. Z krajiny ale odumřelých stromů ubývá, a tak se dnes nachází především ve městech. Odstraňováním starých stromů z měst a krajiny, snižujeme biologickou rozmanitost živočichů i rostlin a může se tak ohrozit jejich výskyt (Podrázský, 2017).

Existuje mnoho faktorů ovlivňujících biodiverzitu živočichů ve městech. Vlivy jsou děleny na biotické a abiotické. Beninde et al. (2015) zkoumali faktory ovlivňující biodiverzitu v 75 světových metropolích od roku 1900. Pomocí korelační analýzy zjišťovali, která z 331 možných kombinací vlivů působících na biodiverzitu je nejvýhodnější. Výsledky ukazují, že na druhovou rozmanitost má vliv 14 faktorů. Nejvýznamnějším abiotickým faktorem je podíl vodní plochy na zkoumaném území. Mezi významné biotické faktory patří struktura a hustota pokrytí stromy, keři a bylinami.

Navzdory prudkému rozvoji měst během posledního století, stále vznikají nové nevyužité plochy, ty jsou pro druhovou rozmanitost ve městech i v jejich okolí zásadní. Bonthoux (2014) ve své práci shrnuje články zabývající se druhovou rozmanitostí na opuštěných místech ve městech. Ve většině případů se na opuštěných územích vyskytuje více druhů než na využívané městské zeleni. Velikost, půda a mikroklima opuštěných ploch jsou klíčové faktory přispívající k druhové rozmanitosti. Na plochách různého stáří se vyskytují různá stadia vegetace, od pionýrských dřevin po prvotní fázi lesa, což umožňuje výskyt různých rostlinných a živočišných společenství. Opuštěná území mají vysoký potenciál přispívat k biodiverzitě ve městech.

Hmyz

Pro výskyt hmyzu jsou důležitým biotopem staré aleje a zapomenuté sady, kde se dá najít i velký počet vzácných druhů (například krasce třešňového (*Anthaxia candens*)). Sady jsou také zdrojem pylu a nektaru pro opylovače. Hmyz patří k nejohroženějším druhům. Vzhledem k monokulturnímu hospodaření s našimi lesy se celá řada druhů hmyzu přesunula do zámeckých zahrad, městských parků nebo sadů. Na stromech se vyskytují tzv. mikrostanoviště – proschlé větve, dutiny, plodnice a mycelia hub, zrcátka, která vznikají odřením borky, nebo podkorní kapsy, na kterých najdeme vzácné zlatohlávky, tesaříky, krasce nebo mravence (Řehounek, 2011).

Podle entomologických studií druhů hmyzu výrazně ubývá. Důvodem poklesu druhů je především chemické znečištění a tvorba velkých monokulturních parků namísto soukromých zahrad s větší druhovou rozmanitostí (Zapparoli, 1997).

Ptáci

Útočištěm ptáků žijících ve městech jsou nejčastěji parky, lesoparky nebo sady. Zde se mohou ukrýt před přirozeným nepřítelem a z části i před městským ruchem. Pro ptáky jsou nejvhodnější staré mohutné stromy s dutinami a objemnou korunou. Ta je vhodným úkrytem i zdrojem potravy. Potrava ptáků ve městech se skládá především z hmyzu a plodů stromů, dravci se živí drobnějším ptáky nebo savci.

Výsledky výzkumu, který probíhal ve švédských městech ukazují, že ze 34 nejčastěji se vyskytujících druhů se jich 13 vyskytuje hojněji v centru a 7 na předměstí, u zbylých 14 druhů nelze jednoznačně určit preferenci lokace. Důvodem pro hojnější výskyt ptáků v centrech měst je pravděpodobně menší výskyt predátorů a snadnější dostupnost potravy (Hedblom & Söderström, 2010).

Savci

Většina druhů savců obývá přilehlé části města, především parky nebo lesoparky, obdobně jako hmyz a ptáci. Zastavěné plochy a stromová vegetace jsou obývány také několika druhy netopýrů, kterým městská zástavba nahrazuje jejich přirozený skalní a lesní biotop. K dalším častým zástupcům patří veverka (*Sciurus vulgaris*), ojedinele lze

ve městě potkat zajíce polního (*Lepus europaeus*) nebo kunu lesní (*Martes martes*) (Anděra, 2016).

Zorenko et al. (2003) se zabývají biodiverzitou savců v neobydlených částech Rigy, hlavního města Lotyšska. Výsledky studie poukazují na nejvyšší výskyt savců v zalesněných zónách a městských parcích, zde bylo zaznamenáno 16 druhů. Nejnižší hojnost druhů byla zaznamenána u dálnic a na hřbitovech, zde byly zaznamenány 3 druhy savců. Nejhojnějším druhem, který se ve městě vyskytoval, byla myš domácí (*Mus musculus*), která se vyskytuje skoro na 40 % ploch. Dále bylo zjištěno, že směrem od centra města rozmanitost druhů narůstá.

3.3 Negativní vlivy dřevin pro člověka

Vysazování stromů nemusí být vždy jednoznačně kladné, v mnoha případech je spíše diskutabilní. Negativní vlastnosti dřevin nejčastěji spočívají v ohrožení chodců a ohrožení bezpečnosti provozu (nepřehlednost u přechodů apod.), poškozování inženýrských sítí, chodníků a staveb. Z biologických vlastností některých druhů dřevin to jsou především alergenní účinky pylu (Šerá, 2014). Mnohé negativní účinky lze odstranit důslednou a pravidelnou údržbou (Šerá, 2013).

Škody na stavbách

Negativních vlivů stromů ve městech je hned několik. Mezi první z problémů, které mohou nastat, jsou škody na stavbách. Při přetížení větrem, případně sněhem může dojít k odlomení větví. Odlomení větví nebo části koruny je zcela běžné u starších jedinců. Strom tak může narušit dráty elektrického vedení nebo telefonní dráty. Časté je i narušení inženýrských sítí a chodníků kořeny stromů.

Bezpečnost stromu

Se škodami na stavbách velmi blízce souvisí i prvotní bezpečnost stromu. Stromy představují určitou míru rizika a v případě jejich přetížení (extrémní vítr, zatížení sněhem, houbové patogeny, napadení škůdci apod.) může dojít k jejich selhání.

Alergenní účinky stromů

Dalším z negativních vlivů je tvorba alergenního pylu nebo poletující chmýříčka plodů. Více alergiků je ve městech, jedním z důvodů může být vliv znečištěného ovzduší, které zvyšuje alergenicitu pylů. Znečištěný městský vzduch může nejen zvyšovat alergenicitu pylových zrn ale i zhoršovat projevy alergie u různých jedinců. Mezi nejvíce alergenní dřeviny patří olše (*Alnus* spp.), bříza bělokorá (*Betula pendula*), lísky (*Corylus* spp.), habr obecný (*Carpinus betulus*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), platany (*Platanus* spp.), topoly (*Populus* spp.), vrby (*Salix* spp.) a bez černý (*Sambucus nigra*). Při dopadu na zem zrna ztrácí své alergenní vlastnosti (Šerá, 2014).

V České republice je odhadem 20–30 % alergiků, tento počet v poslední době výrazně roste, nejvyšší nárůst problémů s alergií je u dětí (Fučíková & Klener, 2002). Proto by se při výsadbě dřevin ve městech mělo dbát na to, aby byly potlačeny kromě druhů jedovatých i druhy způsobující alergie. Další možností, jak snížit výskyt alergií, je u dvoupohlavních druhů, vysazovat pouze samičí jedince (Cariñanos & Casares-Porcel, 2011). Samčí rostliny totiž obsahují prašníky s pylovými zrny a ty v době květu uvolňují. Samičí rostliny mají jen květy pestíkové, po opylení a oplození vzniká plod, takový jedinec tedy nezpůsobuje alergie (Šerá, 2014).

Výskyt dětského astmatu se mezi lety 1980 až 2000 zvýšil o 50 %. Tento výskyt je obzvláště vysoký v chudinských čtvrtích velkých měst. Lovasi (2008) se proto ve své studii zabývá možným snížením astmatu pomocí výsadby pouličních stromů. Použitím regresní analýzy bylo zjištěno, že při navýšení počtu stromů na 343 jedinců na jednom km² dochází ke snížení výskytu astmatu u dětí o 29 %. Nicméně počet dětí, které musí být kvůli astmatu nutně hospitalizovány klesl pouze o 11 %.

Znečištění

Negativně může působit i opad plodů, znečišťuje se tak plocha pod korunou stromů. Podzimní opad listů je lidmi negativně vnímán. Znečišťují se jím okapy nebo se jím mohou šířit houbové patogeny, často se pod ním skrývají exkrementy.

3.4 Městské prostředí a jeho vliv na dřeviny

3.4.1 Půdy ve městě

Problémy s půdou jsou stále častější příčinou selhávání výsadby stromů ve městech. Při plánování výsadby městské zeleně je potřeba rozumět půdní skladbě a případným problémům, které se mohou v souvislosti s výsadbou vyskytnout. Jim (1998) je jedním z vědců, který zkoumá fyzikální a chemické vlastnosti půd a jejich vliv na výsadbu a růst stromů v Hong Kongu. Hlavními poznatky jeho studie jsou, že hloubka půd je pro stromy nedostačující a půda je silně zhutnělá s nevhodnou strukturou. Růst stromu je omezen nízkou pórovitostí půdy a malou zásobou živin. V závěru své práce Jim navrhuje, aby bylo hodnocení daných vlastností půd prováděno na všech místech před plánovanou výsadbou.

Předpokládáme-li, že pod většinou měst existuje další „město“ tvořené sítí kanalizací, historických sklepů, podzemních garáží, plynovodů, vodovodů, kolektorů apod., je jasné, že vrstva zeminy nemusí být pro kořenový systém stromů dostačující.

3.4.2 Stresové faktory

Hlavní stresové faktory, které působí na dřeviny ve městech jsou spojeny s půdou. Většinu půd ve městech představují různé typy navážek se zbytky stavebního odpadu. Tyto půdy nevznikaly přirozenou genezí a vyznačují se značným **nedostatkem minerálních látek** a dochází v nich k nevhodnému poměru živin. Tento stres podporuje navíc fakt, že se každý rok pravidelně odstraňuje podzimní opad listů a nemůže se tak přirozeně tvořit humózní vrstva, která se důležitým zdrojem živin.

Dalším stresovým faktorem, který je ve městě běžný, je zhutňování půdy vibracemi, provozem vozidel a pohybem chodců. Dochází k narušení dvou nejdůležitějších charakteristik půd pro rostliny – zrnitosti a struktury. Půda není schopna vsáknout dostatečné množství dešťové vody a rostliny jsou tak vystaveny stresu. **Stres z nedostatku vláhy** ve městech není způsoben jen tím, že dochází ke zhutňování půd, ale také tím, že srážkové vody jsou často odváděny pryč kanalizací nebo drénovány zásepem inženýrských sítí.

Zhutněný či zpevněný povrch je příčinou i nedostatečného prostoru pro kořeny, ty pak **nejsou dostatečně provzdušněné**. Stres může být dále způsoben mechanickým **poraněním kořenů, kůry či větví** automobily nebo stojní technikou např. při provádění výkopových prací. Zásadní při provádění výkopových prací je také případná **změna úrovně terénu prokořeněného prostoru**.

Poslední příčinou stresu, která souvisí s půdou je **extrémní chemismus**. Půdy ve městě jsou kontaminované vysokou koncentrací solných iontů, těžkými kovy, případně únikem olejů z motorových vozidel.

Těžké kovy a další škodlivé látky se ale do rostlin nemusí dostávat jen skrze kořeny. Takové škodlivé látky se mohou do rostlin dostávat i přímo skrze listy. Na ty si sedají prachové částice, které mohou obsahovat škodliviny, a ucpávají průduchy. List se poté nemůže ochlazovat odpařováním vody a přehřívá se. Škodliviny se po rozpuštění dešťovou vodou částečně vstřebají do listu a částečně jsou smyty.

Dalšími stresovými faktory mohou být **vandalismus** a **zanedbání následné péče** – zarůstání provázků, drátů nebo cedulí do kůry kmene (Kolařík, 1969).

4 Metodika

Data byla sbírána v rámci projektu „Community ecology and conservation, 2018–2020, GAČR 18-167385“, na který tato práce navazuje. Projekt se zabývá zkoumáním ptactva na katastrálním území města Brna. V rámci tohoto projektu proběhlo hodnocení dřevinné vegetace v září roku 2019.

4.1 Lokalita

4.1.1 Brno

Sběr dat probíhal na katastrálním území města Brna. Brno je druhé největší město v České republice a hlavní město Jihomoravského kraje. Žije zde asi 370 tisíc obyvatel (ČSÚ, 2019). Katastrální území města zaujímá plochu 210 km².

Město se nachází jižně od Moravského krasu a Drahanské vrchoviny a severně od Dyjsko-svrateckého úvalu na soutoku řek Svratky a Svitavy. Nadmořská výška je od 150 do 450 m n. m. a celé území Brna je kopcovité. Půdní podloží je převážně hnědozem a černozem (MŽP, 2013). Průměrná roční teplota je 9 °C a srážkový úhrn 475 mm. Nejteplejšími měsíci jsou červenec a srpen, ve kterých přesahuje průměrná teplota 18 °C, naopak nejstudenějším je leden s průměrnou teplotou -2 °C. Region jižní Moravy je statisticky jednou z nejteplejších a zároveň nejsušších oblastí v ČR (Portál ČHMÚ, 2020).

Město bylo založeno v již na počátku 11. století. Díky své výhodné strategické poloze bylo město v průběhu dějin významné. Během 19. století došlo k industrializaci a stavbě nových továren. Důsledkem byl nárůst obyvatelstva a po spojení se sousedními obcemi (největší Královo Pole) v roce 1919 se počet obyvatel takřka zdvojnásobil. V roce 1940 byla vystavěna Brněnská přehrada. V současné době je Brno dopravní uzel pro silniční a vlakovou dopravu, což má za následek zhoršenou kvalitu ovzduší. Na počátku tohoto století vzniklo velké množství kancelářských budov pro pobočky tuzemských i nadnárodních korporací (Brno, 2011). Pracovní příležitost je hlavní příčina, že během pracovního týdne se v Brně nachází až 600 tisíc lidí. Podle studie společnosti Deloitte, která měří podle vybraných kritérií (kvalita služeb, zabezpečení, životní prostředí) kvalitu života v obcích, je Brno 6. nejkvalitnější obec v ČR roku 2019 s celkovou hodnotou

kvality života 7,7/10. V této každoroční studii Brno zaznamenalo v posledních letech významný nárůst zejména v důsledku poklesu znečištění (*Deloitte Česká republika, 2019*).

4.1.2 Zkusné plochy

Sběr dat probíhal na předem vytyčených 79 zkusných plochách (*Mapy.cz, 2020*). Každá zkusná plocha měla poloměr 50 metrů. Zkusné plochy byly vybírány (v rámci zmíněného projektu) tak, aby co nejvíce reflektovaly rozmanitost města a jeho zástavby. Minimální vzdálenost mezi plochami byla 300 metrů.

Před samotným sběrem dat byla vytvořena mapa s jednotlivými plochami. Pro každou zkusnou plochu byla pomocí satelitního snímku vytvořena kružnice o poloměru 50 metrů (měřítko) se středem v bodě se souřadnicemi podle zadání projektu. Fotografie zkusné plochy sloužila k prvotní analýze plochy před samotnou návštěvou. Pomocí této analýzy bylo možné zjistit základní informace o ploše. Ze satelitních snímků bylo na první pohled patrné, o jakou část města se jedná, bylo možné zjistit, jestli se plocha nachází v zastavěné oblasti, parcích nebo v jiném prostředí. Dále byl zmapován terén a dostupnost vstupu na plochu nebo alespoň na její část. Po této prvotní analýze byl vytvořen postup sběru dat na zkusné ploše. Z výše zmíněných důvodů bylo potřeba ke každé ploše přistupovat individuálně a nebylo možné použít stejné postupy pro rozdílné plochy.

4.2 Hodnocení dřevinné vegetace

Na zkusných plochách bylo odhadnuto procentuální pokrytí vegetací. Kromě samotného odhadu pokrytí veškerou vegetací bylo také odhadnuto procentuální zastoupení stromového patra, keřového patra a trávníků. Z výše určených hodnot a vizuálního pohledu na vegetaci na ploše byl určen typ městské zeleně v kategoriích park, zahrada, stromořadí.

Po odhadu procentuálního zastoupení vegetace na zkusných plochách byly určeny jednotlivé druhy dřevinné vegetace. Dané druhy dřevin byly rozděleny do skupin na opadavé a neopadavé a dále každá z nich na podskupiny stromy a keře. Procentuální zastoupení jednotlivých druhů vyskytujících se na dané zkusné ploše bylo odhadnuto

k patřičné podskupině (strom, keř; opadavý, neopadavý) tak, aby součet procentuálního zastoupení všech vyskytujících se druhů v jednotlivých podskupinách byl 100 %.

U každé zkusné plochy došlo k analýze ostatního prostředí a bylo rozhodnuto v jaké části města a typu zástavby se plocha nachází. Typ zástavby byl rozřazen do kategorií (vila, panelový dům, činžovní dům, škola, kostel, provozní budova, kolej) současně s tím byla i odhadnuta průměrná výška budov na ploše. Byl také odhadnut počet doupných stromů. Pro tuto práci je podmínkou zařazení stromu do této kategorie průměr kmene alespoň 45 cm.

4.2.1 Nedostatky a limity sběru dat

Vzhledem k tomu, že zkusné plochy se nacházely ve většině případů alespoň z části na soukromých pozemcích, přístup nebo alespoň vizuální kontakt s vegetací byl omezen. Dalším nedostatkem může být, že do zkoumané vegetace byly započítány stromy, které ležely na hranici zkusné plochy. U těchto stromů bylo z mapy odhadnuto, zda jejich kmen je ve zkusné ploše, tzn. koruna na zkusné ploše byla z více než 50 %. Porovnání plochy na obrázku a ve skutečnosti bylo výrazným usnadněním práce a snižovalo riziko zásadní chyby. I přesto jsou místa, kde sběr dat není zcela přesný a některé výsledky jsou tvořeny na základě zjednodušení a odhadů.

4.3 Analýza sesbíraných dat

4.3.1 Rozdělení pokrytí vegetace a jednotlivé typy zeleně a zástavby

Pro přehlednost byl zvolen krabicový graf. Grafy jsou tvořeny v programu R-studio 1.1.423. Krabicový graf je nejvhodnějším typem grafu, pokud je třeba ukázat rozdělení hodnot dané proměnné a její základní kvantitativní ukazatele. Graf se skládá z krabice, která je ohraničena shora hodnotou třetího kvartilu a zespoda hodnotou prvního kvartilu. Dále je v krabici označena hodnota mediánu. Z každého konce krabice vedou tzv. fousky, proto se grafu také někdy přezdívá fouskový graf. Tyto fousky vedou až do vzdálenosti $1,5\times$ mezikvartilového rozsahu. Pokud se vyskytují hodnoty mimo tento rozsah nazývají se odlehlé a mohou výrazně ovlivnit výsledky možných modelů. Proto je na uvážení, zda tyto hodnoty zahrnout či nikoliv. Kromě krabicového grafu je použit i graf koláčový, který ukazuje rozdělení zkusných ploch podle typu městské zeleně.

Krabicové grafy znázorňují tyto proměnné:

- 1) Procentuální zastoupení vegetace na plochách
- 2) Pokrytí ploch podle typu vegetace
- 3) Pokrytí vegetací na typech městské zeleně
- 4) Stromová vegetace podle typu městské zeleně

Koláčové grafy znázorňují:

- 1) Zastoupení typů městské zeleně
- 2) Zastoupení typů zástavby

4.3.2 Analýza druhů na plochách

Byla provedena analýza jednotlivých druhů vyskytujících se na plochách. Protože na plochách byla procenta jednotlivých druhů spočtena vzhledem k vybrané podskupině, prvním krokem pro analýzu druhů byl přepočítání získaného procentuálního zastoupení z procenta v podskupině na procento z celkové plochy (tj. přepočítání na stejný základ). Dále se při vyhodnocení používala pro plochy přepočítaná procenta jednotlivých druhů a odhadnuté poměry opadavých/neopadavých stromů/keřů.

Z každé podskupiny bylo zjištěno pět nejčastěji se vyskytujících druhů jako průměr přepočteného výskytu na ploše (součet procentuálního zastoupení na ploše dělené celkovým počtem ploch). U každé podskupiny bylo pro těchto pět druhů zjištěno rozdělení zastoupení na celkové ploše i vzhledem k podskupině. Zastoupení vzhledem k celkové ploše bylo rozděleno do 4 kategorií podle počtu ploch:

- 1) Počet ploch, na kterých daný druh pokrývá více než 20 % plochy
- 2) Počet ploch, na kterých daný druh pokrývá 10–20 % plochy
- 3) Počet ploch, na kterých daný druh pokrývá 1–10 % plochy
- 4) Počet ploch, na kterých daný druh pokrývá méně než 1 % plochy

Pro zastoupení vzhledem k podskupině bylo použito podobné rozdělení:

- 1) Počet ploch, na kterých má daný druh většinové (více než 50 %) zastoupení vzhledem k podskupině

- 2) Počet ploch, na kterých má daný druh významné (10–50 %) zastoupení vzhledem k podskupině
- 3) Počet ploch, na kterých má daný druh nízké zastoupení (0–10 %) zastoupení vzhledem k podskupině
- 4) Počet ploch, na kterých nemá daný druh zastoupení

Seznam všech druhů na plochách je v příloze č 1.

4.3.3 Introdukované druhy

Introdukované druhy jsou určeny na základě internetové databáze (*Pladias*, 2018). Pomocí krabicového grafu je zjištěno rozdělení podílu introdukovaných druhů. U některých rodů dřevin nebylo možné určit, zda se jedná o domácí nebo introdukovanou dřevinu, protože nebyl určován konkrétní druh. Tyto dřeviny byly z výpočtu podílu vyjmuty. Informace o podílu introdukovaných druhů je zpracována i ve statistické analýze.

4.4 Statistická analýza

Prvním krokem statistické analýzy byla analýza rozdělení dat. Vzhledem k tomu, že většina dat jednotlivých sledovaných proměnných neměla normální rozdělení (vyhodnoceno na základě Shapiro-Wilkova testu), byly při práci s těmito proměnnými použity neparametrické testy.

4.4.1 Korelační matice významných proměnných

Pro analýzu vzájemné závislosti proměnných byla použita korelační matice. Protože rozdělení většiny proměnných není normální, je místo klasické korelace použita Spearmanova.

V této práci má korelační matice celkem devět řádků a devět sloupců. Závislosti jsou zkoumané mezi těmito proměnnými: celkové pokrytí vegetace, procento stromové vegetace, procento keřové vegetace, procento pokrytí trav, procento neopadavých stromů, procento neopadavých keřů, průměrná výška budov, počet doupných stromů a procento introdukovaných druhů.

4.4.2 ANOVA Test – Alergenní stromy

Pro porovnání jednotlivých typů zástavby a podílu alergenních stromů byl použit ANOVA test. Výhodou ANOVA testu ve srovnání s klasickým porovnáním středních hodnot je, že jednotlivé podskupiny nemusí být stejně velké a může jich být více než jen dvě.

Vzorec pro výpočet ANOVA testu:

$$F = \frac{\frac{S_{y,m}}{k-1}}{\frac{S_{y,v}}{n-k}}$$

kde $S_{y,m}$ je meziskupinová variabilita, $S_{y,v}$ vnitroskupinová, k je počet skupin, n počet pozorování. Hodnota F je porovnána s F-rozdělením pro stupně volnosti $k - 1$ a $n - k$.

Cílem testu bylo zjistit, jestli je střední hodnota pokrytí alergenními dřevinami z celkové vegetace na všech typech zástavby stejná. Prvním krokem byl výběr alergenních stromů. Z výsledků je možné zjistit vysoký výskyt alergenních stromů v oblastech, kde se vyskytují děti a mladiství, tedy ti, kteří jsou na astma nejnáchylnější.

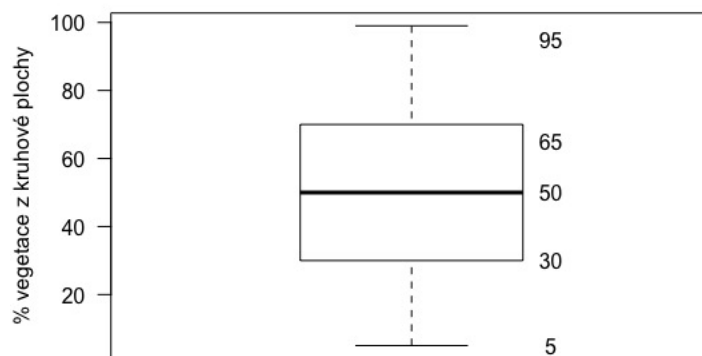
Seznam alergenních druhů byl použit z (Šerá, 2014) a druhy použité v této práci jsou v příloze 2.

5 Výsledky

Tato kapitola je prezentace výsledků a jejich implikace pro vegetaci na zkusných plochách. Kapitola je členěna stejně jako metodika zpracování dat v minulé kapitole (7.3. a 7.4.). Nejprve jsou prezentovány krabicové grafy jednotlivých vegetací. Dále jsou ukázány jednotlivé druhy a jejich rozdělení. Nakonec jsou pomocí statistických metod zkoumány závislosti mezi proměnnými pomocí korelační matice a ANOVA testu.

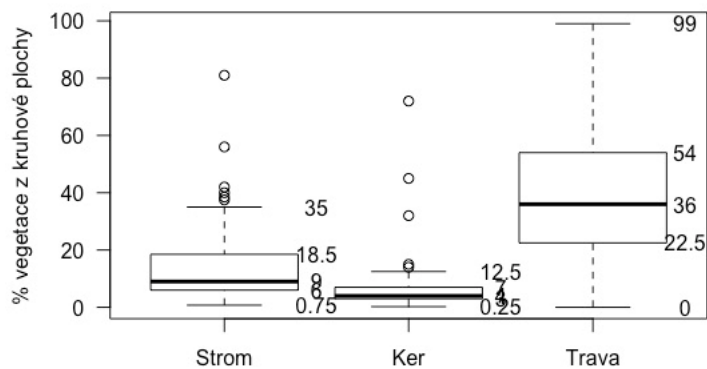
5.1 Rozdělení pokrytí vegetace a jednotlivé typy zeleně a zástavby

Na každé zkusné ploše bylo zjištěno procentuální pokrytí vegetací. Výsledky jsou formou krabicového grafu.



Obrázek 5-1 Procentuální zastoupení vegetace na plochách

Výsledky ukazují, že maximální pokrytí vegetací je 95 % a minimální 5 %. Střední hodnota se nachází přesně v 50 %. Dále byl proveden test normality podle Shapiro-Wilkova testu a výsledek poukazuje na normalitu na stupni významnosti $p > 5$ %. Průměrná hodnota pokrytí vegetací je 47,85 % se směrodatnou odchylkou 21,85 %.

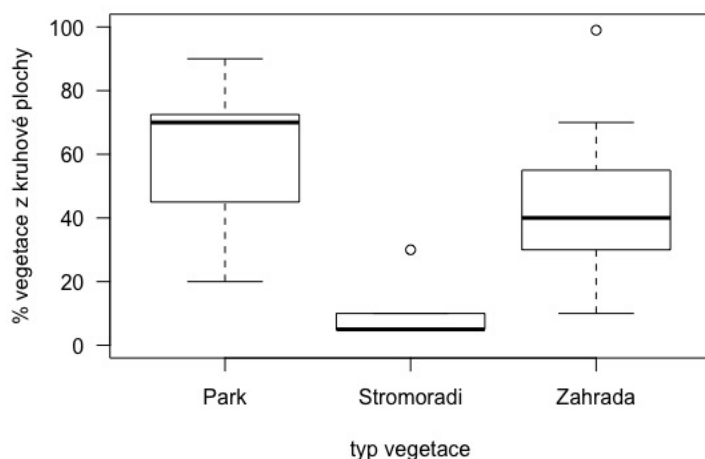


Obrázek 5-2 Procentuální zastoupení typem vegetace

Nejvyšší procentuální zastoupení tvoří tráva, kde medián je 36 % zkusné plochy. Maximální pokrytí trávou je 99 %, na druhé straně se zde nacházejí i opačné extrémy, a to i 0 %. Vzhledem k vysokému množství extrémních hodnot se ukazuje, že pokrytí ploch travami je buď velmi vysoké, více jak 54 %, nebo se na plochách vyskytuje zatrávnění ve velmi malém procentu.

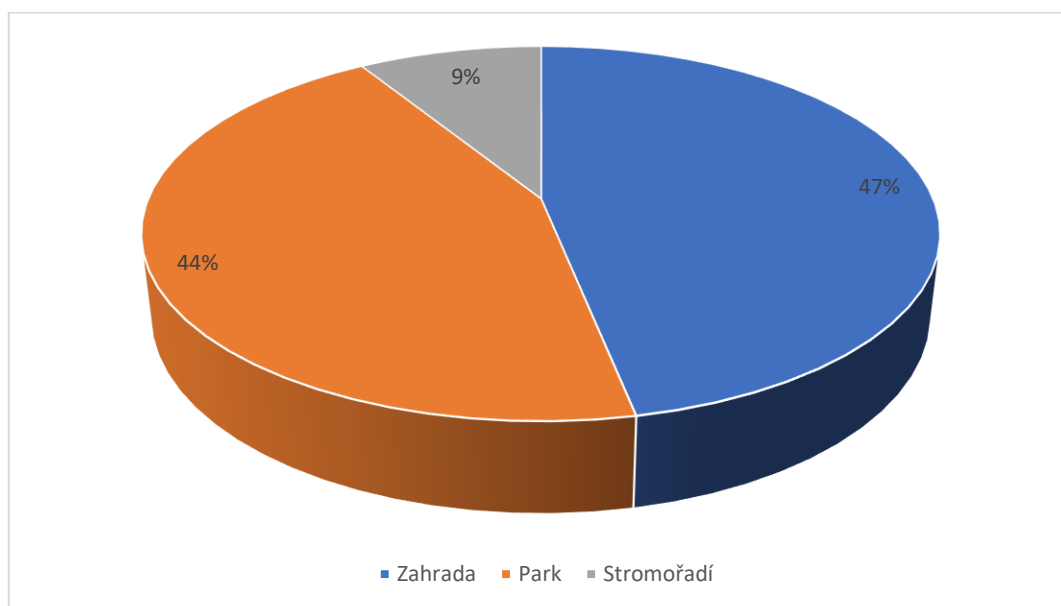
Druhé nejvyšší zastoupení mají stromy. Hranice krabicového grafu jsou od 0,75 %–35 %, přesto existují i vyšší odchýlené hodnoty. Střední hodnota podílu stromů na vegetaci je 9 %, což je méně než průměr, který je 14 %. Tento rozdíl je pochopitelný a dokazuje výskyt odchýlených vysokých hodnot.

Nejméně zastoupená skupina jsou keře, kde horní hranice krabicového grafu je pouze 12,5 %. I zde se nacházejí odchýlené hodnoty jako u předchozích dvou skupin, a to přibližně ve stejné míře.



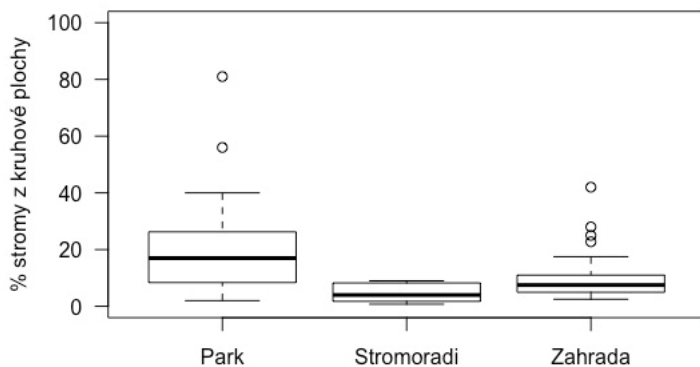
Obrázek 5-3 Pokrytí vegetací na typech městské zeleně

Kromě celkové analýzy výskytu jednotlivých skupin vegetace byla tato analýza provedena i na jednotlivých typech městské zeleně. Vegetace se nejvíce vyskytuje v parcích, následují zahrady a ve stromořadích se vyskytuje nejméně. Z grafu je patrné, že zahrada má typické normální rozdělení, zatímco rozdělení u parku je zešikmeno nahoru a u stromořadí naopak dolů.



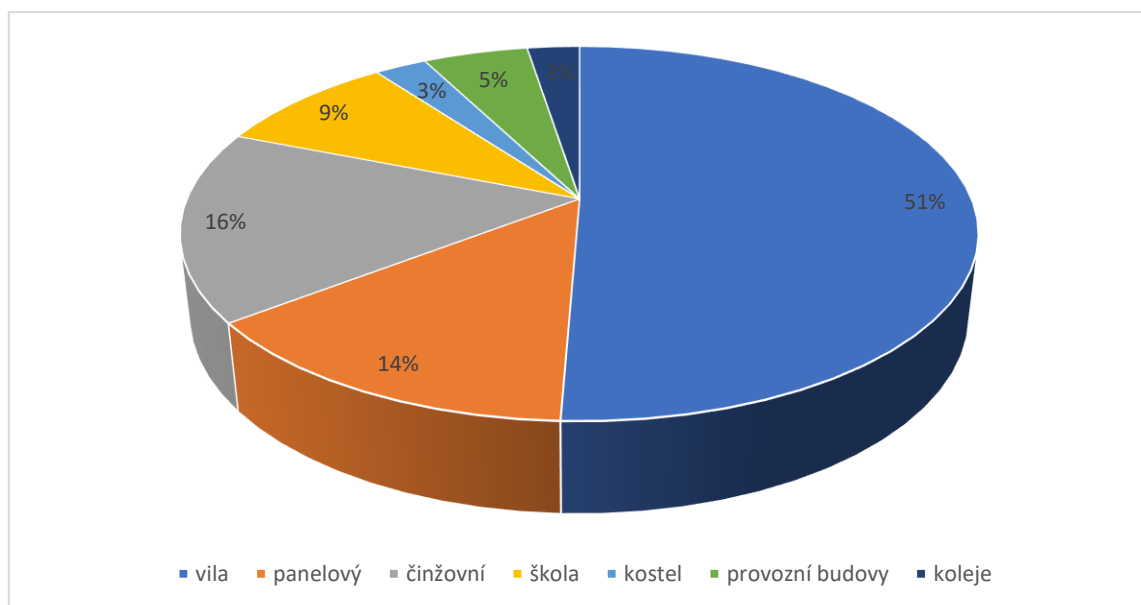
Obrázek 5-4 Zastoupení typů městské zeleně

Ze 79 zkoumaných zkusných ploch je patrné, že dva ze tří typů dominují. Zahrady jsou na 37 zkusných plochách (47 %), parky se nacházejí na 35 zkusných plochách (44 %). Nejméně, pouze 7 ploch (9 %) představují stromořadí.



Obrázek 5-5 Stromová vegetace podle typu zeleně

Stromy jsou zastoupeny v hojném počtu na všech typech městské zeleně, největší procento z plochy zaujímají v parcích, kde dosahují střední hodnoty necelých 20 %. Hodnoty u typu zeleně stromořadí nemají příliš vysokou vypovídací hodnotu, neboť zkusných ploch se stromořadím je pouze sedm, a proto mohou být výsledky značně zkreslené.



Obrázek 5-6 Zastoupení typů zástavby

Výrazné zastoupení zahrad a parků úzce souvisí i s typem zástavby na jednotlivých plochách, kde více než polovina (51 %) zkusných ploch se nachází u zástavby vil a rodinných domů. Necelých 40 % tvoří dohromady školy, čínžovní

a panelové domy (9, 16 a 14 %). U těchto čtyř typů zástavby se z velké části nacházejí buď zahrady nebo parky, tudíž typ městské zeleně odpovídá typu zástavby.

Vybrané plochy byly podle charakteru a dalších ukazatelů, včetně satelitních snímků, popsány takto:

- **Vily** – vilová zástavba se častěji nachází na okraji Brna. K většině domů patří i zahrada, na které si majitelé pěstují vlastní zeleň (okrasné rostliny, ovocné stromy, živé ploty, popínavé rostliny na zdech, apod.).
- **Školy** – MŠ, ZŠ, SŠ, VŠ. Nacházejí se na sídlištích i v centru města. Především u sídlištních škol bývá součástí komplexu také venkovní hřiště nebo zahrada. Na těchto plochách je značně vyšší pokrytí vegetací, především trávou.
- **Činžovní domy** – jejich výška nedosahuje výšky panelových domů. Keře jsou u činžovních domů nejčastěji okolo pozemních komunikací a chodníků. Vegetace s občasným výskytem solitérních stromů se nachází mezi jednotlivými bloky činžovních domů.
- **Panelové domy** – zabírají z vybraných typů zástavby největší plochu a vegetace je nejčastěji mezi jednotlivými domy.
- **Kostely** – jsou v historické části města i na okrajích, často u nich bývají hřbitovy a parky s hojným zastoupením dřevinné vegetace.
- **Koleje** – nacházejí se v centru města, kde je výskyt vegetace, kromě městských parků, minimální. Dále se nacházejí na sídlištích, kde se výskyt vegetace shoduje se zástavbou panelových domů.
- **Provozní budovy** – garáže, sklady apod. Zeleň se u nich vyskytuje minimálně.

5.2 Analýza druhů

Většina druhů v průměru na jednotlivých plochách nepokrývá více než z 1 % zkusné plochy. Následující tabulka prezentuje 5 nejčastěji se vyskytujících druhů v daných podskupinách a jejich výskyt na plochách.

Neopadavé stromy

Tabulka 5-1 Nejvíce se vyskytující neopadavé stromy

	průměrný podíl na ploše	0–1 %	1–10 %	10–20 %	20 % a více
<i>Pinus nigra</i>	0,85 %	22	21	0	0
<i>Picea pungens</i>	0,52 %	28	12	0	0
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0,35 %	12	2	0	0
<i>Pinus sylvestris</i>	0,33 %	23	7	0	0
<i>Taxus baccata</i>	0,30 %	16	9	0	0

Celkově se na všech zkušných plochách vyskytuje 13 druhů neopadavých stromů. Z tabulky je patrné, že nejčastěji se vyskytujícím neopadavým stromem je *Pinus nigra*. *Pinus nigra* v průměru na každé ploše zaujímá 0,85 %, celkově se nachází na 43 zkušných plochách, tedy na 54 % ze všech ploch. Výsledky ukazují, že žádný z vybrané pětky nejčastějších druhů nezabírá na žádné ploše více jak 10 % plochy. Z tohoto zjištění se dá soudit, že neopadavé stromy se vyskytují často, ale nikoliv v příliš velkém počtu na jednom místě.

Opadavé Stromy

Tabulka 5-2 Nejvíce se vyskytující opadavé stromy

	průměrný podíl na ploše	0–1 %	1–10 %	10–20 %	20 % a více
<i>Acer pseudoplatanus/platanoides</i>	1,32 %	19	27	1	0
<i>Tilia cordata/platyphyllos</i>	0,99 %	12	22	1	0
<i>Fraxinus excelsior</i>	0,82 %	8	16	1	0
<i>Prunus (plané druhy)</i>	0,68 %	34	12	1	0
<i>Quercus petraea/robur</i>	0,65 %	6	5	0	2

Celkový počet druhů opadavých stromů je 47. Nejčastěji se vyskytujícím opadavým stromem je *Acer pseudoplatanus/platanoides*, tento strom zabírá v průměru přes 1,3 % zkusné plochy, což je nejvíce ze všech druhů. První čtyři opadavé druhy stromů se nacházejí na přibližně polovině zkusných ploch, každý z nich se nachází právě na jedné ploše, kterou pokrývá mezi 10 až 20 %. Pátý druh se nevyskytuje příliš často, pouze na 13 plochách, ovšem na dvou z těchto třinácti ploch pokrývá *Quercus petraea/robur* více jak 20 % z celkové plochy.

Neopadavé keře

Tabulka 5-3 Nejvíce se vyskytující neopadavé keře

	průměrný podíl na ploše	0–1 %	1–10 %	10–20 %	20 % a více
<i>Thuja</i>	0,55 %	33	10	1	0
<i>Cotoneaster</i>	0,38 %	34	6	0	0
<i>Taxus baccata</i>	0,35 %	29	7	0	0
<i>Hedera helix</i> (% + m ²)	0,28 %	36	5	0	0
<i>Juniperus chinensis/virginiana</i>	0,17 %	31	2	0	0

Druhů neopadavých keřů na zkusných plochách bylo 20. Nejčastěji se vyskytujícím druhem je *Thuja*, celková plocha je pokrytá tímto druhem v průměru z 0,55 %. Na jedné zkusné ploše se tento druh vyskytuje z necelých 11 %. Kromě této výjimky se výskyt neopadavých keřů na plochách pohybuje pod 1 % z celkové plochy, v ojedinělých případech v jednotkách procent.

Opadavé keře

Tabulka 5-4 Nejvíce se vyskytující opadavé keře

	průměrný podíl na ploše	0–1 %	1–10 %	10–20 %	20 % a více
<i>Syringa vulgaris</i>	0,61 %	46	7	1	0
<i>Forsythia intermedia</i>	0,47 %	39	6	1	0
<i>Ligustrum vulgare</i>	0,40 %	18	4	1	0
<i>Cornus sanguinea</i>	0,31 %	16	6	0	0
<i>Philadelphus coronarius</i>	0,30 %	20	3	1	0

Skupina opadavých keřů čítá 51 druhů. Žádný z vybraných druhů nepokrývá v průměru více než 0,7 % zkusné plochy. Nejvíce se z této skupiny vyskytuje *Syringa vulgaris*, tento keř i ostatní vybrané druhy (až na *Cornus sanguinea*) se na jedné ploše vyskytují z více než 10 %. Z výsledků lze vyzorovat, že keře *Syringa vulgaris* a *Forsythia intermedia* se vyskytují na větším počtu ploch v malém množství, zatímco *Ligustrum vulgare* a *Cornus sanguinea* se vyskytují na menším množství ploch, ale ve větším množství, přibližně v ¼ případů pokrývají více než 1 % plochy.

Výsledky poukazují na výrazně vyšší výskyt stromů oproti keřům, tato skutečnost potvrzuje rozdělení pokrytí vegetace zjištěné v minulé části výsledků. Průměrný výskyt prvních pěti stromů (opadavých i neopadavých) je výrazně vyšší než u keřů. Největší průměrný podíl na ploše zaujímá *Acer pseudoplatanus/platanoides*. Tento druh je jediný, jehož průměrné pokrytí je vyšší než 1 %. Skupinou s největším počtem vyskytujících se druhů jsou opadavé keře, druhou nejpočetnější skupinou, co se druhů týče, jsou opadavé stromy. Pouze jeden druh stromu – *Quercus petraea/robur* zaujímá na zkusné ploše více než 20 %, a to ve dvou případech. Nejčastěji se vyskytujícím druhem je *Syringa vulgaris*, tento keř se vyskytuje na 54 zkusných plochách, ale na 46 z těchto ploch je pokrytí nižší než 1 %.

Analýza jednotlivých podskupin stromů:

Neopadavé stromy

Tabulka 5-5 Neopadavé stromy

	0–10 %	10–20 %	20–50 %	50 % a více
<i>Pinus nigra</i>	32	12	26	5
<i>Picea pungens</i>	22	19	17	4
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	19	2	15	0
<i>Pinus sylvestris</i>	16	14	8	3
<i>Taxus baccata</i>	17	8	11	2

Tabulka prezentuje podíl daných stromů na jednotlivých plochách. Nejčastěji se vyskytující *Pinus nigra* je dominantní neopadavou dřevinou na 5 plochách a na dalších 26 je její výskyt významný. Opačné rozdělení výskytu můžeme vidět u *Pinus sylvestris*, kde je podíl daného stromu z podskupiny nejčastěji 20 %.

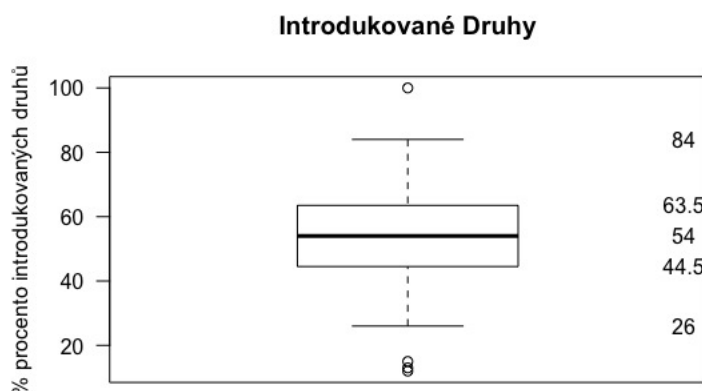
Opadavé stromy

Tabulka 5-6 Opadavé Stromy

	0–10 %	10–20 %	20–50 %	50 % a více
<i>Acer pseudoplatanus/platanoides</i>	32	12	26	5
<i>Tilia cordata/platyphyllos</i>	22	19	17	4
<i>Fraxinus excelsior</i>	19	2	15	0
<i>Prunus (plané druhy)</i>	16	14	8	3
<i>Quercus petraea/robur</i>	17	8	11	2

Dominance jednotlivých druhů opadavých stromů na ploše je výrazně nižší než u neopadavých druhů. Tento výsledek souvisí s výrazně vyšším počtem druhů. Opadavé stromy se nevyskytují na větším počtu ploch, kde by dominovaly.

5.3 Introdukované druhy



Obrázek 5-7 Podíl introdukovaných druhů

Podíl introdukovaných druhů je v průměru lehce nad 50 %. Nejvyšší zastoupení introdukovaných dřevin je 100 %, tedy všechny druhy na ploše jsou introdukované. Naopak nejnižší hodnotou je 12 %. Z grafu je patrné, že se většina hodnot nachází uvnitř grafu a výskyt odchýlených hodnot je pouze jednou nad horní hranicí, již zmiňovaných 100 %, a třikrát pod spodní hranicí.

Celkový počet introdukovaných druhů je 72. Nejčastěji se vyskytujícími introdukovanými dřevinami jsou *Pinus nigra*, *Prunus* a *Sophora japonica*.

Seznam všech introdukovaných druhů je v příloze č. 3.

5.4 Korelační matice významných proměnných

Tabulka 5-7 Korelační matice vybraných proměnných

	Vegetace	Strom	Keř	Tráva	Neop. stromy	Neop. keř	Výška budov	Doupné	Introduk.
Vegetace	1,00	0,09	-0,26	0,21	-0,04	-0,36	0,12	0,23	0,06
Strom	0,09	1,00	0,05	-0,37	-0,24	-0,19	0,21	0,28	-0,32
Keř	-0,26	0,05	1,00	-0,28	0,14	0,18	-0,20	-0,09	0,25
Tráva	0,21	-0,37	-0,28	1,00	0,29	0,18	0,13	0,00	0,16
Neop. strom.	-0,04	-0,24	0,14	0,29	1,00	0,28	-0,10	0,04	0,52
Neop. keř	-0,36	-0,19	0,18	0,18	0,28	1,00	-0,20	-0,11	0,24
Výška budov	0,12	0,21	-0,20	0,13	-0,10	-0,20	1,00	0,24	-0,26
Doupné	0,23	0,28	-0,09	0,00	0,04	-0,11	0,24	1,00	-0,20
Introduk.	0,06	-0,32	0,25	0,16	0,52	0,24	-0,26	-0,20	1,00

Z korelační matice je patrné, že většina závislostí mezi proměnnými je nižší než absolutní hodnota 0,5. Jedinou významnou korelací je vztah mezi procentem neopadavých stromů a procentem introdukovaných druhů. Výsledky ukazují, že tento vztah je pozitivní, Spearmanova korelace mezi proměnnými je 0,52. Negativní vztah -0,37 je mezi procentuálním zastoupením stromů a trav. Tento vztah implikuje, že vysoké procentuální pokrytí stromy je doprovázeno nízkým procentuálním pokrytím trav a naopak. Vzhledem k tomu, že je použita Spearmanova korelace, vysoký procentuální podíl stromů je porovnáván se skupinou stromy. Stejně tak je tomu u trav. Tudíž vysoké procentuální pokrytí stromy je ve většině případů nižší než nízké procentuální pokrytí travami.

5.5 ANOVA Test – Alergenní stromy

Vzhledem k tomu, že je celkem 7 podskupin podle typu zástavby, kdy některé podskupiny nemají dostatečně velký počet zkusných ploch, došlo ke kumulaci typu koleje a kostel. Aby ANOVA test neztrácel na významu, byl pomocí Shapiro Wilksova testu proveden test normality, všechny skupinky mají na hladině významnosti 95% normální rozdělení. Celkový počet skupin je tedy 6. Výsledky ANOVA testu jsou následující:

$$F = \frac{\frac{0,488}{5}}{\frac{1,847}{73}} = 3,857 > 2,34 \sim F[6 - 1; 79 - 6]$$

Protože hodnota F je vyšší než kritická hodnota pro stupně volnosti 5 a 73 a hladinu významnosti 95 %, hypotézu stejné střední hodnoty zamítáme. Střední hodnota výskytu alergenních dřevin je u některých typů zástavby vyšší. Nejvyšší výskyt, je u panelových domů a škol. A to 57 respektive 55 % z celkové dřevinné vegetace, což je o 15 % více než průměrné zastoupení alergenních dřevin u zbylých typů zástavby.

6 Diskuze

Ze zjištěných výsledků lze vidět, že druhová rozmanitost v Brně je na vysoké úrovni. Pokrytí ploch vegetací je většinou nad 30 %. V Brně se vyskytuje přes 115 druhů stromů a keřů. Nejčastěji se vyskytujícími dřevinami jsou *Acer pseudoplatanus/platanoides*, *Tilia cordata/platyphyllos* a *Pinus nigra*. Výsledky korespondují s výsledky společnosti Deloitte, kdy index kvality života je na úrovni 7,7 a index zdraví a životního prostředí, jehož součástí je i výskyt městské zeleně, dosahuje Brno známky 9,0.

Protože se na zkusných plochách vyskytují v dostatečném počtu opadavé i neopadavé dřeviny, dá se předpokládat, že druhová skladba je optimální pro zachycování prachových částic, zachycování hluku a větru. Během vegetační doby samozřejmě zachycují mnohem více prachu, hluku i větru listnaté stromy. V zimě je tomu naopak, je tedy důležité sázet listnaté i jehličnaté stromy. Zamezí se tak výkyvům v zachycování nežádoucích faktorů mezi vegetační dobou a vegetačním klidem (Price, 1988).

Přestože se v průměru na zkusných plochách vyskytuje 50 % vegetace, stromy jsou na plochách zastoupeny pouze z 14 %. Sázením dalších stromů by se mohlo zvýšit zastínění, podle Burta (2019) minimálně na 30 %, a snížit tak možný rozvoj psychických poruch. Výhody stromové vegetace jsou výrazně vyšší než u trav, a je tedy důležité chránit a sázet stromy, protože mohou výrazně přispět ke zlepšení zdraví lidí. Kromě toho, že zastínění má pozitivní vliv na zdraví člověka, při zvýšení zastínění alespoň na 40 % výrazně klesá teplota okolního vzduchu (Ziter et al., 2019).

I přes poměrně vysoké zastoupení vegetace na plochách bylo zjištěno, že významná část těchto stromů je alergenních. Vzhledem k výsledkům Fučíková a Klener (2002) jsou nejnáchylnější skupinou na alergie děti. Pomocí analýzy rozptylu bylo zjištěno, že v Brně se nejvíce alergenních stromů vyskytuje u škol a panelových domů. Tato skutečnost zvyšuje riziko vzniku astmatu u dětí, které se u obou těchto typů zástavby nejvíce pohybují. Při plánování městské zeleně nejspíš nebyl brán zřetel na tuto potenciální hrozbu a při budoucím plánování by se mělo upřednostňovat vysazování

nealergenních dřevin. Vysazováním nealergenních dřevin může klesnout riziko výskytu alergií u dětí až o 29 % (Lovasi et al., 2008).

Ze vzájemné korelace mezi introdukovanými a neopadavými stromy vyplynulo, že ze 13 neopadavých druhů je 8 introdukovaných. Takhle velké zastoupení introdukovaných dřevin je pravděpodobně způsobeno tím, že v parcích se sází více introdukovaných stromů (Nagendra & Gopal, 2011). Parky se nacházejí na 35 zkusných plochách (44 %). Vzhledem k tomu, že na 47 % zkusných ploch se vyskytují zahrady, dá se předpokládat, že mimo užitkové stromy si lidé sázejí i okrasné cizokrajné dřeviny.

V obecné rovině lze říci, že čím více dřevin, tím lépe. Je ale nutno volit dřeviny pro sadbu ve městě s ohledem na jejich biologické předpoklady a s ohledem na jejich plánovanou funkci a využití.

7 Závěr

Cílem práce bylo zjistit dřevinnou biodiverzitu na modelovém příkladu města Brna. Na 79 zkusných plochách, kde každá plocha byla specifická a reprezentovala vybraný typ městské zeleně a zástavby, byly zjištěny základní ukazatele biodiverzity.

Nejprve bylo zjištěno procentuální pokrytí různými typy vegetace na vybraných plochách, následně došlo k zaznamenání vyskytujících se druhů a zařazení do skupin podle toho, zda jsou opadavé či nikoliv. Výsledky poukazují na to, že výskyt jednoho konkrétního druhu na jedné ploše jen minimálně přesahuje 20 % a ve většině případů je na zkusných plochách alespoň 30 druhů dřevin.

Pomocí statistické analýzy byla vytvořena korelační matice. Výsledky matice neukazují na mnoho významných závislostí mezi proměnnými. Jedinou hodnotou $r > 0,5$ je pozitivní vztah mezi podílem introdukovaných dřevin a neopadavých stromů. Analýzou rozptylu bylo zjištěno, že výskyt alergenních stromů je vyšší u panelových domů a škol než na jiných typech městské zástavby, a to o 15 %.

Tato práce se zabývá tématy, která již byla zpracována společně s tématy, která dosud v literatuře probírána nebyla. Přínos této práce je trojí: 1) shrnuje požitou literaturu spojenou s tématy stromů ve městech, 2) hodnotí vegetaci a je přínosem pro možné plánování městské zeleně nejen v Brně, 3) nabízí možná nová témata, na která mohou navázat další vědecké práce. Doporučením pro další studie je měření více proměnných na plochách jako jsou například průměrná teplota, vlhkost, výška stromů, prašnost a další. Vztahy mezi těmito proměnnými a vegetací nabízí možnosti pro další výzkum, případně porovnávání s pracemi jiných autorů.

Seznam literatury

- Anděra, M. (2016). Savci (Mammalia) Prahy The mammals (Mammalia) of Prague (Central Bohemia). In *Natura Pragensis, Praha* (Vol. 23).
- Astell-Burt, T., & Feng, X. (2019). Association of Urban Green Space with Mental Health and General Health among Adults in Australia. *JAMA Network Open*, 2(7), e198209–e198209. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.8209>
- Balabánová, P., & Kyselka, I. (2013). *Principy a pravidla územního plánování*. www.uur.cz,
- Beninde, J., Veith, M., & Hochkirch, A. (2015). Biodiversity in cities needs space: a meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation. *Ecology Letters*, 18(6), 581–592. <https://doi.org/10.1111/ele.12427>
- Bernatzky, A. (1978). *Tree Ecology and Preservation*. Elsevier Scientific Publishing Company.
[https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=xqFtdRNPEysC&oi=fnd&pg=PP1&dq=bernatzky+tree+ecology&ots=9d6UgSPGUO&sig=ycYO0vRQ0lFbGViY-T0vHFYiqNU&redir_esc=y#v=onepage&q=bernatzky tree ecology&f=false](https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=xqFtdRNPEysC&oi=fnd&pg=PP1&dq=bernatzky+tree+ecology&ots=9d6UgSPGUO&sig=ycYO0vRQ0lFbGViY-T0vHFYiqNU&redir_esc=y#v=onepage&q=bernatzky+tree+ecology&f=false)
- Bobiec, A. (2005). *THE AFTERLIFE OF A TREE*.
- Boldemann, C., Dal, H., Mårtensson, F., Cosco, N., Moore, R., Bieber, B., Blennow, M., Pagels, P., Raustorp, A., Wester, U., & Söderström, M. (2011). Preschool outdoor play environment may combine promotion of children's physical activity and sun protection. Further evidence from Southern Sweden and North Carolina. *Science and Sports*, 26(2), 72–82. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2011.01.007>
- Bonthoux, S., Brun, M., Di Pietro, F., Greulich, S., & Bouché-Pillon, S. (2014). How can wastelands promote biodiversity in cities? A review. In *Landscape and Urban Planning* (Vol. 132, pp. 79–88). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.08.010>
- Botkin, D. B., & Beveridge, C. E. (1997). *Cities as environments*.

- Brno - Historie města Brna. (2011). <https://www.brno.cz/turista-volny-cas/historie-mesta/historie-mesta-brna>
- Bucur, V. (2006). Urban forest acoustics. In *Urban Forest Acoustics*.
<https://doi.org/10.1007/3-540-30789-3>
- Cariñanos, P., & Casares-Porcel, M. (2011). Urban green zones and related pollen allergy: A review. Some guidelines for designing spaces with low allergy impact. In *Landscape and Urban Planning* (Vol. 101, Issue 3, pp. 205–214). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.03.006>
- Český statistický úřad | ČSÚ. (2019). <https://www.czso.cz/>
- Fučíková, T., & Klener, P. (2002). *Vnitřní lékařství. Imunologie*.
- Hamerník, & Borýsek. (2008). *Výsadba městské zeleně a její úskalí*.
- Hedblom, M., & Söderström, B. (2010). Landscape effects on birds in urban woodlands: an analysis of 34 Swedish cities. *Journal of Biogeography*, 37(7), 1302–1316. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2010.02299.x>
- Index kvality života 2019 | Deloitte Česká republika. (2019).
https://www2.deloitte.com/cz/cs/pages/press/articles/index-kvality-zivota-2019.html?fbclid=IwAR34rPn4KA_3lwAFsk0ZLmDvwoYIDr32iN10z_anzGoHB9rnIFhfCAIO_vU
- Jim, C. Y. (1998). Physical and chemical properties of a Hong Kong roadside soil in relation to urban tree growth. *Urban Ecosystems*, 2(2/3), 171–181.
<https://doi.org/10.1023/A:1009585700191>
- Kolařík, J. (1969). *Strom ve městě: zásady výsadby, řezu a konzervčního ošetření stromů*. <https://iispp.npu.cz/carmentest/library/cb/detail/658317>
- Kuča, K. (2000). *Brno : vývoj města, předměstí a připojených vesnic*. Baset.
- Litschmann, T., Rožnovský, J., & Podhrázská, J. (2007). Využití optické porosity ke klasifikaci větrolamů. *BIOCLIMATOLOGY AND NATURAL HAZARDS*.

- Lovasi, G. S., Quinn, J. W., Neckerman, K. M., Perzanowski, M. S., & Rundle, A. (2008). Children living in areas with more street trees have lower prevalence of asthma. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 62(7), 647–649. <https://doi.org/10.1136/jech.2007.071894>
- Mapy.cz. (2020). <https://mapy.cz/zakladni?x=14.4479000&y=50.0761000&z=11>
- Martínez-Sala, R., Rubio, C., García-Raffi, L. M., Sánchez-Pérez, J. V., Sánchez-Pérez, E. A., & Llinares, J. (2006). Control of noise by trees arranged like sonic crystals. *Journal of Sound and Vibration*, 291(1–2), 100–106. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2005.05.030>
- MŽP, Č. (2013). *Půdní mapy*.
- Nagendra, H., & Gopal, D. (2011). Tree diversity, distribution, history and change in urban parks: Studies in Bangalore, India. *Urban Ecosystems*, 14(2), 211–223. <https://doi.org/10.1007/s11252-010-0148-1>
- Novák, Z. (2001). *Dřeviny na veřejných městských prostranstvích*.
- Nowak, D. J. (2002). The effects of urban trees on air quality. *USDA Forest Service*, 1–5.
- Nowak, D. J., & Heisler, G. M. (2010). Air Quality Effects of Urban Trees and Parks. In *National Recreation and Park Association Research Series*. www.NRPA.org
- Pacáková-Hošťálková, B. (1999). *Zahrady a parky v Čechách, na Moravě a ve Slezsku*. Libri.
- Paravantis, J. A., & Georgakellos, D. A. (2007). Trends in energy consumption and carbon dioxide emissions of passenger cars and buses. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(5), 682–707. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.05.005>
- Pladias: Databáze české flóry a vegetace. (2018). <https://pladias.cz/taxon/>
- Podrázský, V. (2017). *Podkla dy pro přípravu na přijímací zkoušk y EKOLOGIE LESA*. 76.

- Portál ČHMÚ : Historická data : Počasí : Územní teploty. (2020).
<http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty#>
- Price, M. A. (1988). Sound Attenuation Through Trees: Measurements And Models. *Journal of the Acoustical Society of America*, 84(5), 1836–1844.
<https://doi.org/10.1121/1.397150>
- Reethof, G., McDaniel, L. D., & Frank, O. H. (1967). *Absorption of Sound by Tree Bark*.
[https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=yXoeWHzOpXC&oi=fnd&pg=PP5&dq=tree species best absorb sound&ots=jmSWsC7rFC&sig=N4-VzaFFz6_vygvfTiZDfDudG9I&redir_esc=y&fbclid=IwAR3e2Wuv5WqkPmlXzYUrmPohXPUft0DYoIO7AV7M8fz7MwY_yB7o4leQkUw#v=onepage&q=tomentosa&f](https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=yXoeWHzOpXC&oi=fnd&pg=PP5&dq=tree+species+best+absorb+sound&ots=jmSWsC7rFC&sig=N4-VzaFFz6_vygvfTiZDfDudG9I&redir_esc=y&fbclid=IwAR3e2Wuv5WqkPmlXzYUrmPohXPUft0DYoIO7AV7M8fz7MwY_yB7o4leQkUw#v=onepage&q=tomentosa&f)
- Řehounek, J. (2011). *Hmyz ve městech a veřejné zeleni*.
- Růžičková, I. ing. (2010). *ZELEŇ JAKO REKREAČNÍ ZÁZEMÍ MĚSTA*.
- Šerá, B. (2013). Green Areas for Sustainable City Development. *Current Opinion in Biotechnology*, 24(1), 73.
- Šerá, B. (2014). Pylové alergie – negativní vliv dřevin ve městech. *Životné Prostredie*, 48(2), 104–109.
- Šerá, B. (2015). Pozitivní vliv zeleně na uživatele městských sídlišť. *Životné Prostredie*, 49(2), 100–105.
https://www.researchgate.net/publication/279317255_Pozitivni_vliv_zelene_na_uzivatele_mestskych_sidlist
- Sojková, I. E., & Glosová, I. M. (2014). Typologie Zeleně Veřejných Prostorů Historických Jader Měst Na Příkladu Mpz Středočeského Kraje Typology of Public Green Spaces in Historical Town Centres Exemplified By the Urban Conservation Zones in Central Bohemian Region. *Regionální Rozvoj*, 2, 63–73.
<http://www.npu.cz>

- Truxová, I. (2009). Historický vývoj zahradních parkových úprav v historických sídlech. *Zahradní Úpravy v Historických Sídlech Čech, Moravy a Slezka*.
- Tyrväinen, L., Pauleit, S., Seeland, K., & De Vries, S. (2005). Benefits and uses of urban forests and trees. In *Urban Forests and Trees: A Reference Book* (pp. 81–114). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-27684-X_5
- Zapparoli, M. (1997). Urban development and insect biodiversity of the Rome area, Italy. *Landscape and Urban Planning*, 38(1–2), 77–86.
[https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(97\)00020-0](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(97)00020-0)
- Ziter, C. D., Pedersen, E. J., Kucharik, C. J., & Turner, M. G. (2019). Scale-dependent interactions between tree canopy cover and impervious surfaces reduce daytime urban heat during summer. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(15), 7575–7580.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1817561116>
- Zorenko, T., & Leontyeva, T. (2003). Species Diversity and Distribution of Mammals in Riga. *Acta Zoologica Lituanica*, 13(1), 78–86.
<https://doi.org/10.1080/13921657.2003.10512547>

Seznam příloh

Příloha 1 všechny vyskytující se druhy, str. 30

Abies spp.
Acer campestre
Acer negundo
Acer palmatum
Acer pseudoplatanus/platanoides
Acer saccharinum
Acer tatarica
Actinidia deliciosa
Aesculus hippocastanum
Ailanthus altissima
Alnus spp.
Berberis julianae (evergreen)
Berberis vulgaris
Betula pendula
Buddleja spp.
Buxus sempervirens
Campsis radicans
Caragana spp.
Carpinus betulus
Catalpa bignonioides
Cedrus spp.
Clematis spp.
Cornus mas
Cornus sanguinea
Corylus avellana
Corylus colurna
Cotinus coggygria
Cotoneaster spp.
Crataegus spp.
Cytisus spp.
Deutzia spp.
Eleagnus angustifolia
Euonymus fortunei
Fagus sylvatica
Ficus carica
Forsythia intermedia
Fraxinus excelsior
Ginko biloba
Gleditsia triacanthos
Hedera helix

Hibiscus spp.
Humulus lupulus
Hydrangea spp.
Chaenomeles spp.
Chamaecyparis spp.
Ilex aquifolium
Juglans regia
Juniperus chinensis/virginiana
Juniperus communis
Kerria japonica
Koelreuteria paniculata
Kolkwitzia amabilis
Laburnum spp.
Larix spp.
Ligustrum (evergreen)
Ligustrum vulgare
Lonicera spp.
Lycium barbarum
Magnolia spp.
Mahonia aquifolium
Malus spp.
Morus spp.
Padus spp.
Parthenocissus spp.
Philadelphus coronarius
Physocarpus opulifolius
Picea abies
Picea glauca
Picea omorica
Picea pungens
Pinus mugo
Pinus nigra
Pinus peuce/strobus
Pinus sylvestris
Platanus hispanica
Populus spp.
Populus nigra
Potentilla fruticosa
Prunus (plané druhy)
Prunus armeniaca

Prunus cerasus
Prunus domestica
Prunus laurocerasus
Prunus serrulata
Prunus spinosa
Pseudotsuga menziesii
Pyracantha coccinea
Pyrus spp.
Quercus petraea/robur
Quercus rubra
Rhododendron spp.
Rhus spp.
Ribes spp.
Robinia pseudoacacia
Rosa canina
Rosa cultiv.
Rubus fruticosus agg.
Salix spp.

Sambucus nigra
Sophora japonica
Sorbus aria
Sorbus aucuparia
Spirea spp.
Symphoricarpos spp.
Syringa vulgaris
Tamarix spp.
Taxus baccata
Thuja spp.
Tilia cordata/platyphyllos
Tilia tomentosa
Ulmus spp.
Viburnum spp.
Viburnum rhytidophyllum
Vitis spp.
Weigela spp.
Wisteria sinensis

Příloha 2 alergenní dřeviny, str. 31

Acer pseudoplatanus/platanoides
Aesculus hippocastanum
Ailanthus altissima
Alnus spp.
Betula pendula
Carpinus betulus
Corylus avellana
Corylus colurna
Fagus sylvatica
Fraxinus excelsior
Humulus lupulus
Juglans regia
Picea abies
Pinus nigra

Pinus peuce/strobus
Pinus sylvestris
Platanus hispanica
Populus spp.
Populus nigra
Quercus petraea/robur
Quercus rubra
Salix spp.
Sambucus nigra
Taxus baccata
Tilia cordata/platyphyllos
Tilia tomentosa
Ulmus spp.

Acer negundo
Acer palmatum
Acer saccharinum
Acer tatarica
Actinidia deliciosa
Aesculus hippocastanum
Ailanthus altissima
Berberis julianae (evergreen)
Buddleja spp.
Buxus sempervirens
Campsis radicans
Caragana spp.
Catalpa bignonioides
Cedrus spp.
Corylus colurna
Cotinus coggygria
Deutzia spp.
Eleagnus angustifolia
Euonymus fortunei
Ficus carica
Forsythia intermedia
Ginko biloba
Gleditsia spp.
Hibiscus spp.
Hydrangea spp.
Chaenomeles spp.
Chamaecyparis spp.
Ilex aquifolium
Juglans regia
Juniperus chinensis/virginiana
Kerria japonica
Koelreuteria paniculata
Kolkwitzia amabilis
Laburnum spp.
Ligustrum (evergreen)
Lycium barbarum

Magnolia spp.
Mahonia aquifolium
Morus spp.
Parthenocissus
Philadelphus coronarius
Physocarpus opulifolius
Picea glauca
Picea omorica
Picea pungens
Pinus nigra
Pinus peuce/strobus
Platanus hispanica
Potentilla fruticosus
Prunus (plané druhy)
Prunus armeniaca
Prunus cerasus
Prunus domestica (špendlík)
Prunus laurocerasus
Prunus serrulata
Pseudotsuga menziesii
Pyracantha coccinea
Quercus rubra
Rhododendron spp.
Rhus spp.
Ribes spp.
Robinia pseudoacacia
Sophora japonica
Symphoricarpos
Syringa vulgaris
Tamarix spp.
Thuja spp.
Tilia tomentosa
Viburnum rhytidophyllum
Weigela spp.
Wisteria sinensis