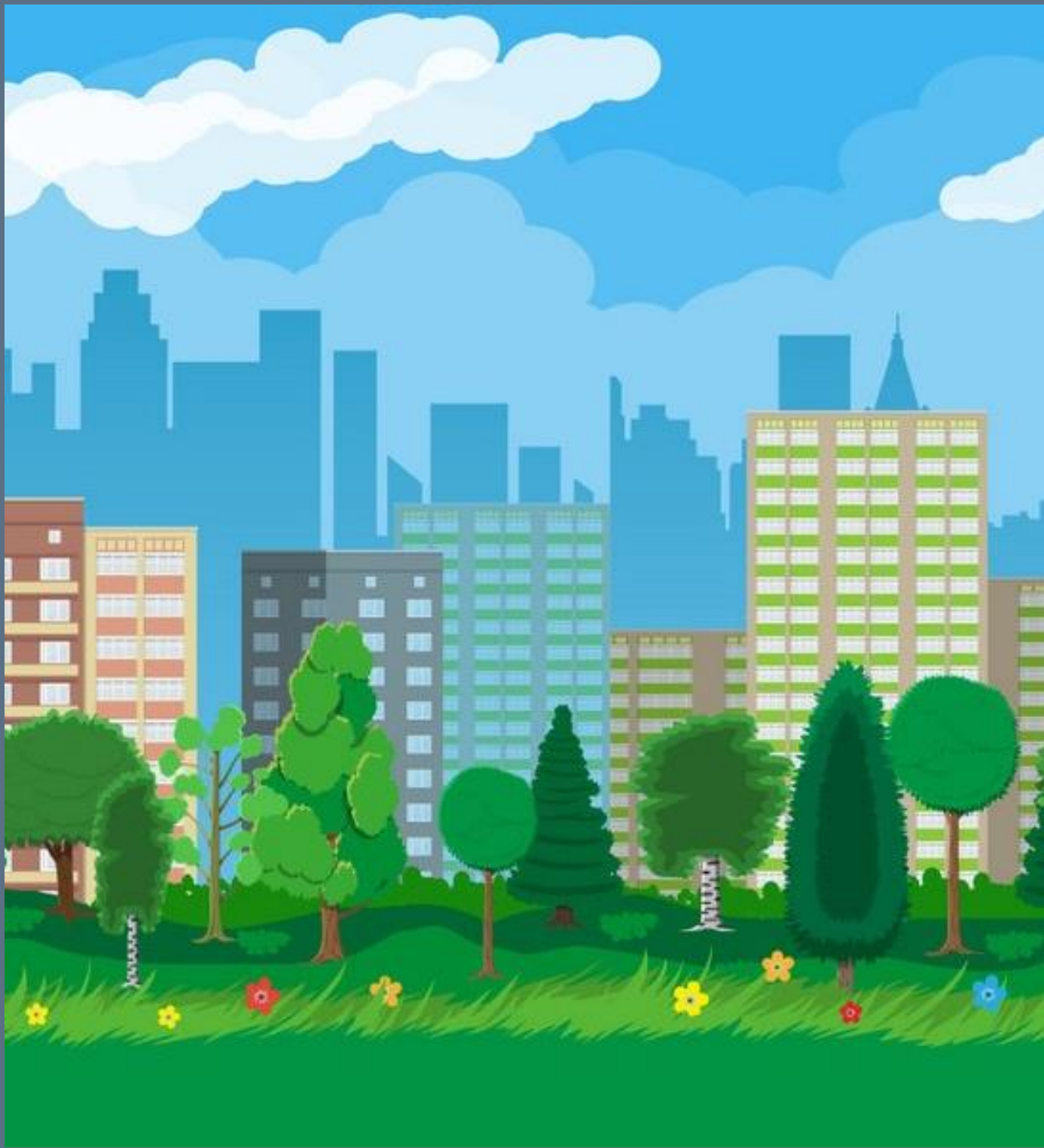
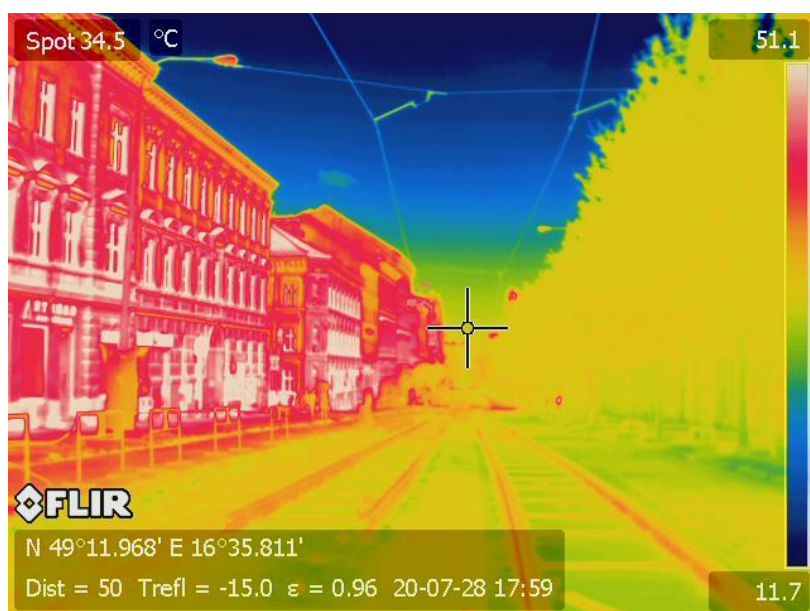




Sídelní zeleň a její příspěvek k lepšímu životnímu prostředí

Studijní podklady pro žáky ZŠ a SŠ



Studijní materiály byly vytvořeny v rámci projektu TAČR ETA – TL02000322 „Teplotní komfort v obcích: pocitový vjem obyvatel, fyzikální skutečnost, role zeleně“, s finanční podporou Technologické agentury ČR a Ústavu výzkumu globální změny AV ČR. Projekt byl řešen v letech 2019-2021.

Obsah



1. Úvod.....	3
2. Ekosystémové funkce a služby.....	4
2.1 Základní definice	4
Ekosystém.....	4
Biodiverzita.....	4
2.2 Ekosystémové služby sídelní zeleně.....	5
Typy ekosystémových služeb.....	6
Schéma typů ekosystémových služeb.....	7
2.3 Ekosystémové funkce sídelní zeleně.....	8
3. Vliv sídelní zeleně na snižování hluku.....	10
3.1 Hluk.....	11
3.2 Měření hluku.....	12
Ukázka hlukové mapy.....	13
Protihluková opatření.....	14
4. Regulace teploty a mikroklimatu sídelní zelení.....	18
4.1 Základní definice.....	18
4.2 Schéma vzájemného vztahu evaporace a transpirace.....	19
4.3 Chladicí efekt sídelní zeleně.....	20
4.4 Terénní měření.....	22
5. Ukládání uhlíku (CO ₂) v biomase vegetace.....	24
5.1 Základní definice.....	24
Biomasa.....	24
Sekvestrace uhlíku.....	24
5.2 Zjištění uloženého uhlíku v biomase.....	25

Obsah



6. Záchyt suspendovaných částic PM10, ozonu a oxidů dusíku povrchem vegetace.....	27
6.1 Základní definice.....	28
Částice PM10.....	28
Ozon (O3).....	29
6.2 Mechanismus záchytu částic.....	29
6.3 Výpočet záchytu částic a plynů povrchem vegetace.....	32
7. Výběr dřevin potenciálně vhodných pro výsadbu do sídelní zeleně.....	34
7.1 Význam městské zeleně.....	34
7.2 Výběr vhodných dřevin do sídelní zeleně.....	36
7.3 Příklady významně zastoupených druhů stromů v sídelní zeleni.....	37
Lípa velkolistá (<i>Tilia platyphyllos</i>).....	38
Srovnávací snímky z termokamery.....	39
Jeřáb ptačí (<i>Sorbus aucuparia</i>).....	40
Dub letní (<i>Quercus robur</i>).....	41
Javor babyka (<i>Acer campestre</i>).....	42
Jírovec maďal (<i>Aesculus hippocastanum</i>).....	43
Srovnávací snímky z termokamery.....	44
Buk lesní (<i>Fagus sylvatica</i>).....	45
Borovice černá (<i>Pinus nigra</i>).....	46
Srovnávací snímky z termokamery.....	47
Smrk pichlavý (<i>Picea pungens</i>).....	48
7.4 Kategorizace vybraných druhů dřevin podle rezistence k suchu.....	49
8. Zdroje.....	50
8.1 Literární zdroje.....	50
8.2 Internetové zdroje.....	54



1 Úvod

► Studijní materiál **Sídelní zeleň a její příspěvek k lepšímu životnímu prostředí** byl vytvořen na základě výzkumného projektu **Teplotní komfort v obcích: pocitový vjem obyvatel, fyzikální skutečnost, role zeleně** (TAČR ETA, TL02000322) probíhajícího v období 2019 až 2021. Výzkum uskutečnili Ústav výzkumu globální změny AV, v.v.i. (CzechGlobe) a Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích s podporou Technologické agentury České republiky. Výzkum byl realizován ve městech Brno a České Budějovice, dále v obcích Lišov, Sloup, Šošůvka a Vlčnov.

► Text je určen především jako **studijní podklad pro výuku na druhém stupni ZŠ a na SŠ**. Je koncipován jako **text pro vyučující** (učitele či lektory), má sloužit jako zdroj informací pro přípravu výuky.

► Podklad je rozdělen do několika částí, jež jsou převážně strukturovány dle hlavního tématu textu, dle ekosystémových funkcí sídelní vegetace. První úvodní kapitola Ekosystémové funkce a služby se zabývá ekosystémovými službami a funkcemi mimo jiné i v širším slova smyslu, což je klíčové pro návaznost a pochopení následných kapitol. Následující čtyři kapitoly (**Vliv sídelní zeleně na snižování hluku, Regulace teploty a mikroklimatu sídelní zelení, Ukládání uhlíku (CO₂) v biomase vegetace a Záchyt suspendovaných částic PM₁₀, ozonu a oxidů dusíku povrchem vegetace**) jsou organizovány systémem od obecného ke konkrétnímu, jsou zde vždy nejprve vysvětleny základní pojmy a definice, se kterými se v dané kapitole pracuje, dále je většinou schematicky a názornou formou vysvětlena problematika a na závěr je vždy v jednodušší formě prezentován výzkum, jeho výstupy a fotky či jiné výstupy z terénního měření. Poslední kapitola **Výběr dřevin potenciálně vhodných pro výsadbu do sídelní zeleně** je koncipována jako prezentace vybraných druhů dřevin hojně zastoupených v sídelní zeleni.

► Prostřednictvím těchto materiálů se žáci druhých stupňů základních škol a škol středních seznamují s **konceptem ekosystémových funkcí a služeb**, dozví se o základních funkcích sídelní zeleně a naučí se rozlišovat jejich druhy. Získají přehled o vzájemných vztazích mezi člověkem a prostředím ekosystémů. Dále se dozvídají o vztahu životní úrovně člověka k zachování a udržitelnosti ekosystému i pro další generace, mimo jiné i v ekonomických souvislostech. Seznamují se s pojmy ekosystém, biodiverzita, ekosystémové služby a funkce atd. Cílem je žákům problematiku představit poutavou a interaktivní formou doplněnou zajímavými poznatky získanými z terénního měření.



2 Ekosystémové funkce a služby

2.1 Základní definice

Pro pochopení a porozumění problematice ekosystémových funkcí a služeb je nezbytné zmínit několik základních ekologických pojmů. Mezi základní pojmy patří ekosystém a biodiverzita, pomocí nichž budou následné texty o ekosystémových službách a funkcích lépe srozumitelné.

► Ekosystém

je dynamický komplex společenství rostlin, živočichů, mikroorganismů a neživého prostředí, které na sebe vzájemně působí a tvoří tak funkční jednotku. V českém Zákoně o životním prostředí je ekosystém definován jako **funkční soustava** živých a neživých složek životního prostředí, jež jsou **navzájem spojeny** výměnou látek, tokem energie a předáváním informací a které **se vzájemně ovlivňují a vyvíjejí** v určitém prostoru a čase.

Ekosystémy lze dělit na:

- přírodní (lesy, louky, moře atd.)
- umělé (vinice, sad, pole, rybník), které vytvořil nebo se na jejich existenci podílí člověk. Tento typ ekosystému je nestabilní, což znamená, že bez zásahu člověka by se časem vrátil do původního (přírozeného) stavu. Do tohoto typu ekosystému lze zařadit i městskou zeleň, neboť i ta, ač v menší míře, tvoří drobný ekosystém třeba i v samém centru města.

Ekosystémy se přirozeně snaží si udržet funkční rovnováhu (homeostázu). Dochází k tomu pomocí autoregulačního systému zpětných vazeb mezi živočichy, rostlinami, mikroorganismy i samotným prostředím. V okamžiku, kdy do takového systému vstoupí vnější (lidská) síla, je tato rovnováha narušena.

► Biodiverzita

může být definována jako **variabilita živých organismů** ze všech zdrojů na Zemi, včetně suchozemských, mořských, sladkovodních ekosystémů a ekologických komplexů, jejichž jsou součástí. Rozlišuje se biodiverzita v rámci druhů, mezi druhy a rozmanitost samotných ekosystémů. Pro zajištění služeb ekosystémů má biodiverzita zásadní roli, přestože se obvykle přímo nehodnotí. Druhovú diverzita je do určité míry relativní pojem, protože každý ekologicky stabilní ekosystém má různý počet indikačních druhů, jenž jsou pro daný ekosystém typické. Proto je mnohdy rozdílně chápána a interpretována.

2.2 Ekosystémové služby sídelní zeleně



► **Ekosystémové služby (ES)** jsou definovány jako prospěšné produkty, které fungující ekosystémy poskytují lidské společnosti. Jsou to tedy jakési přínosy, které nám ekosystémy poskytují a které zásadně ovlivňují náš život.

Tyto přínosy se dají rozlišit do dvou typů: **finální**, kdy konečné produkty přímo působí společenský užitek, a přínosy **zprostředkující**, tedy služby ekosystémů zvyšující ekonomickou produkci.

Ekosystémové služby jsou výsledkem mnoha přírodních procesů a interakcí, ze kterých vzniká jak hmotný, tak i nehmotný prospěch. Je nezbytné si uvědomit, že tyto služby ekosystém poskytuje nejen lidem, ale všem živým organismům. Jsou tak pro existenci života na naší planetě naprosto klíčové. Vytváření těchto služeb samozřejmě zahrnuje procesy jako je přenos tepla, primární produkci a cyklus základních živin. V této souvislosti jsou ekosystémové funkce obecně popisovány jako tok energie a materiálů soustavou biotických a abiotických prvků ekosystému.

Ekosystémové služby se zpravidla rozdělují na 4 typy: zásobovací, regulační, kulturní a podpůrné.



► ► **Víte, že pro hodnocení ekosystémových služeb je nejdříve třeba znát řadu vstupních informací o daném ekosystému? Např. údaje pedologické, hydrologické, ekologické a mnoho dalších? Výsledné hodnocení ES pak vychází ze shromáždění a propojení všech těchto informací.**

Typy ekosystémových služeb



► **Zásobovací (produkční) služby**

představují obvykle hmotné či produkční části životního prostředí získané z ekosystému jako jsou zemědělské plodiny, potraviny, hospodářská zvířata, biomasa, dřevo, palivo, sladká voda atd.

► **Regulační služby**

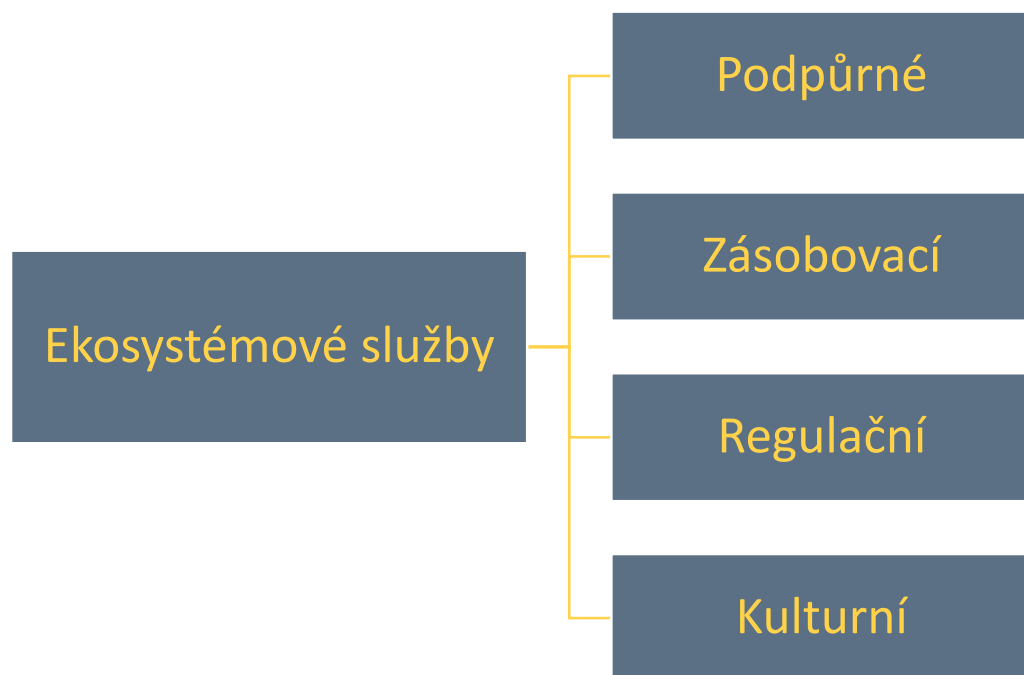
zahrnují výsledky všech procesů v ekosystému, které vedou k přímému užitku či spotřebě lidskou společností. Jsou také definovány jako výhody získané z regulace ekosystémových procesů zahrnujících regulaci klimatu, čištění vody, ochrana před živelními pohromami, regulaci podnebí, regulaci záplav či regulaci nemocí.

► **Kulturní služby**

zahrnují především nehmotné přínosy existence ekosystémů, například prostředí pro vzdělání a rekreaci, zdravotní přínosy pobytu a kontaktu s přírodou, estetické, duchovní, cestovní ruch.

► **Podpůrné služby**

či služby biotopů, představují služby nezbytné pro produkci všech ekosystémových služeb a fungování ekosystémů. Jsou nezbytné pro udržení života jako např. cyklus živin, tvorba půdy, primární produkce.



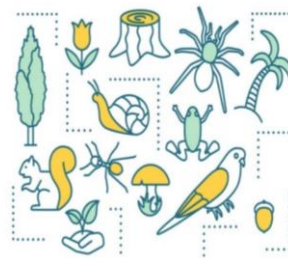
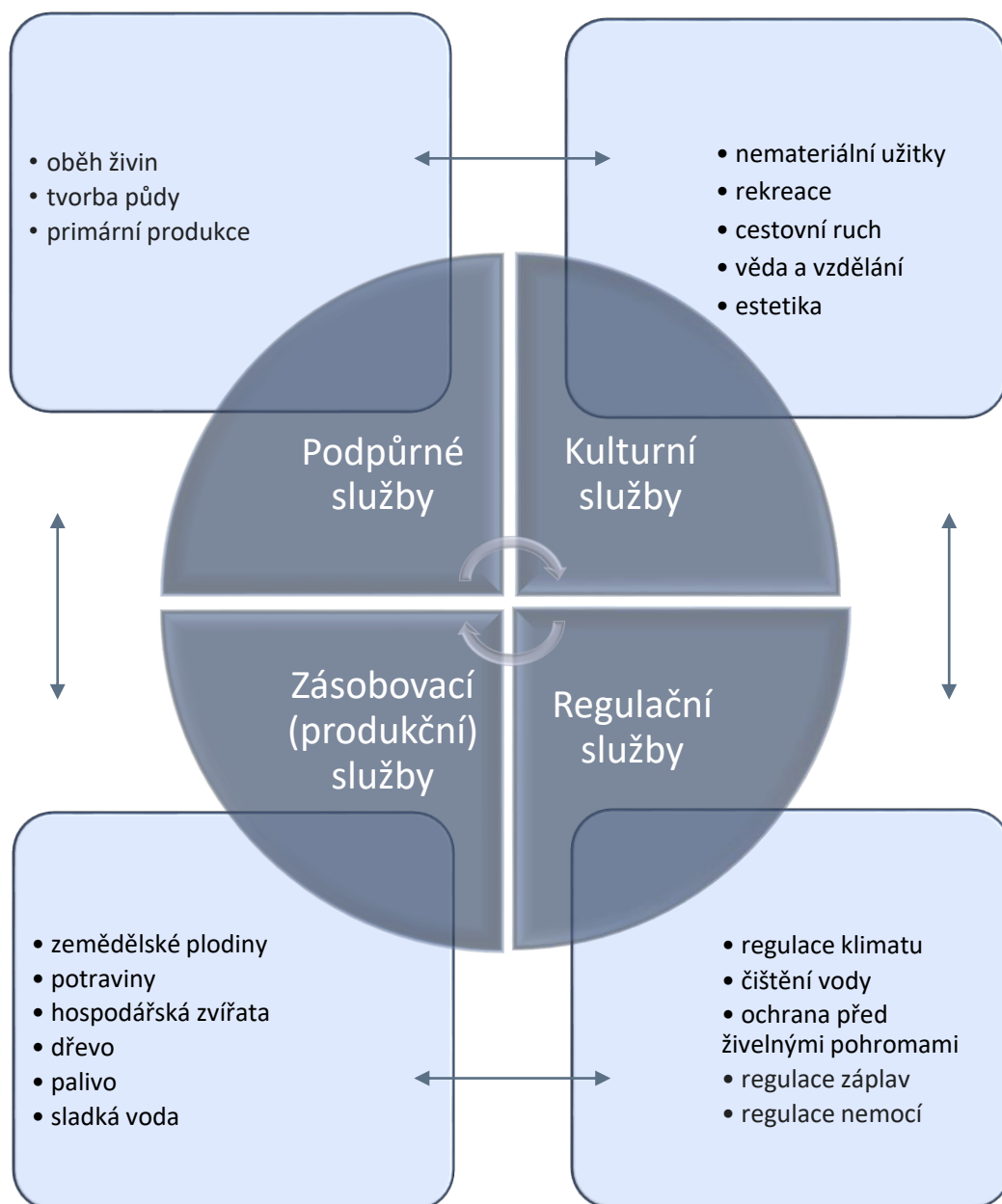


Schéma typů ekosystémových služeb a jejich vzájemné vztahy



2.3 Ekosystémové funkce sídelní zeleně



Pojem ekosystémové funkce bývá chápán ne vždy jednotně a je popisován z různých úhlů pohledu. Obecně je chápán ve smyslu veškerých projevů ekosystému, vztahů a procesů, které se v něm odehrávají, přes jeho schopnost samoregulace až po tvorbu samotných ekosystémových služeb. Ekosystémové funkce se týkají jak interakcí organismů mezi sebou, tak interakcí mezi organismy a jejich životním prostředím. Základní funkce ekosystému jsou koloběh látek (biogeochemické cykly) a tok energie. Veškeré funkce ekosystému jsou závislé na rostlinách, na jejich biomase a produkci organické hmoty. Konkrétněji jsou závislé na schopnosti rostlin provozovat fotosyntézu a schopnosti využívat sluneční energii jako hnací motor. V antropocentrickém pojetí (stavějící potřeby člověka na první příčku) je za funkce ekosystému považováno udržování biologické produktivity a kvality životního prostředí, spojené s podporou zdraví lidí, rostlin a živočichů. Produktem takovýchto ekosystémových funkcí si můžeme představit například potraviny, pitnou vodu, palivové dřevo nebo čistý vzduch. Je třeba si však uvědomit, že každý zdroj a každá funkce se jednou může vyčerpat, a proto je třeba k jejich spotřebě přistupovat zodpovědně. Ekosystém je systém, který je udržován v rovnováze, a vnější zásahy z rukou člověka jsou pro něj mnohdy zásadní. Je třeba mít na paměti, že jen funkční ekosystém je schopen poskytovat ekosystémové služby.

Většinu funkcí ekosystémů lidé berou za samozřejmou a jejich hodnotu si často neuvědomujeme. Vnímáme ji až tehdy, kdy se funkce vyčerpá a musí být nahrazena uměle.



► Ekosystémové funkce sídelní zeleně

Z důvodu degradace ekosystémů a neudržitelného čerpání služeb jsou ekosystémové přínosy v současné době na úpadku. To platí obecně, pro urbánní (městské) ekosystémy však především. V městském prostředí tyto přírodě blízké prvky tvoří pouze nepatrnou část plochy, hlavně z důvodu převládajícího zastoupení technogenních prvků (stavby a jiná neživá infrastruktura měst). Aktuálně jsou ale ekosystémové služby ve městech obzvláště důležité i proto, protože se zde soustřeďuje značná část populace; v České republice žije v městském prostředí 78 procent populace (2020). Možné zvýšení městské populace tak může znamenat také zvýšení poptávky po těchto službách, na kterých je společnost závislá. Krom toho je městská zeleň značně nerovnoměrně prostorově rozmístěna, což vede k nepravidelnému rozdělení služeb, neuspokojené poptávce po službách a prohloubení rozdílů v kvalitě života obyvatel v různých částech města. Mimo to je třeba si uvědomit, že právě ekosystémové funkce nám poskytují ekosystémové služby, a proto bychom k nim měli tak i přistupovat.

Mezi 4 nejdůležitější funkce městské zeleně řadíme:

- ukládání uhlíku (CO_2) v biomase vegetace
- snižování hluku
- regulace teploty a mikroklimatu
- záchyt suspendovaných částic povrchem vegetace (PM10, ozonu, oxidů dusíku a oxidu siřičitého)

Ekosystémové funkce městské zeleně

Snižování
hluku

Ukládání
uhlíku

Regulace
teploty

Záchyt
částic

3 Vliv městské zeleně na snižování hluku



► Jednou z funkcí vegetace v městské zeleni je funkce **redukce hluku**. Tato funkce je pro lidský organismus důležitá, protože **nemáme proti působení zvukových signálů mnoho obranných mechanismů**. Nadměrný hluk snižuje kvalitu života i produktivitu práce. Pro lidi trvale se v městském prostředí vyskytující je tato funkce městské vegetace velmi důležitá.

Mezi nejčastější zdroje hluku, kterému jsou lidé v urbanizovaném prostředí dlouhodobě vystaveni, patří **doprava** (silniční, železniční a letecká).

Každý zdroj hluku je možné charakterizovat z pohledu prostoru, frekvence a hlasitosti. Na hluk ze silniční dopravy lze nahlížet jako na liniový zdroj hluku, který má **největší intenzitu na frekvencích okolo 1kHz**.

► U míst potenciálně vhodných pro výsadbu městské vegetace je třeba brát v potaz výslednou dobu růstu, za niž je dosaženo plánovaných rozměrů protihlukového opatření. Dále také celkovou životnost, s níž jsou spojeny náklady na údržbu a obnovu. Stále častěji se tak setkáváme s kombinovanými technickými opatřeními, která jsou pak doplněna o zelenou složku. Ta nejenže fyzikálně zlepšuje výsledný efekt opatření, ale bylo prokázáno, že stejná hladina hluku je příznivěji vnímána v přítomnosti vegetace, což jistě odkazuje i na kulturní službu tohoto prvku.

► ► **Víte, že** s rostoucí vzdáleností od komunikace potenciál vegetace pro útlum hluku klesá?



► ► **Víte, že** s rostoucí hustotou vegetace její potenciál roste?
A na druhou stranu, že s rostoucí výškou nasazení koruny potenciál klesá?

3.1 Hluk



► Co je to hluk?

Hluk se dá charakterizovat jako zvuky neperiodické, příliš silné nebo vyskytující se v nevhodnou dobu a situaci. Hluk je každý nechtěný zvuk (bez ohledu na jeho hlasitost), který má rušivý nebo obtěžující charakter, nebo který má škodlivé účinky na lidské zdraví. Obecně nelze rozlišit mezi zvukem a hlukem na základě fyzikálních parametrů, ale pouze na základě účinků na člověka.

Fyzikální podstatou zvuku je **mechanické kmitání pružného prostředí**, které vede k zhušťování a zředění molekul prostředí neboli ke změnám tlaku. Tyto změny tlaku jsou rozeznatelné sluchem při frekvencích 16 až 20 000 za sekundu (frekvence slyšitelného zvuku **16 Hz až 20 kHz**). Různou frekvenci tlakových změn si subjektivně uvědomujeme jako **výšku tónu**. Velikost kmitání akustického tlaku je subjektivně vnímaná jako **hlasitost zvuku**. K jejímu vyjádření slouží relativní logaritmická veličina, **hladina akustického tlaku (L) s jednotkou decibel [dB]**. Na prahu slyšitelnosti je $L = 0 \text{ dB}$, na prahu bolestivosti je $L_p = 140 \text{ dB}$.

Pro představu ze situací běžného života: hladina akustického tlaků zvuků v našem okolí se pohybují od cca 30 dB (les, tiché místo v přírodě), až po cca 140 dB (start tryskového letadla, práh bolestivosti). V tiché místnosti se zvuk pohybuje okolo 40 dB, v blízkosti rušné hlavní silnice mezi 70 – 85 dB. Pokud bychom si chtěli toto vlnění ještě lépe představit, můžeme uvést situaci u pevných látek. Pokud určitý typ vlnění prochází pevnými látkami, můžeme ho vnímat jako vibrace. Lidské ucho je na toto vlnění velmi citlivé, bubínek, jenž je součástí vnějšího ucha, vnímá mechanické vlnění a je schopen impulzy předávat dále do struktur středního a vnitřního ucha.

► ► **Víte, že** součet dvou shodných hladin akustického tlaku se zvýší vždy o **3 dB**?

3.2 Měření hluku

► Jak se hluk měří?

K měření hluku slouží měřicí systém obsahující zvukoměr, mikrofón a další technická zařízení. Aby bylo možné výsledky měření využít při ochraně veřejného zdraví, musí být zařízení úředně ověřená a řádně kalibrovaná. Měření hluku pro potřeby ochrany zdraví je odborná činnost, kterou mohou provádět pouze akreditovaná nebo autorizovaná pracoviště. Měření se řídí platným metodickým návodem a dalšími odbornými doporučeními, které zveřejňuje Národní referenční laboratoř pro komunální hluk.

Pro podrobný popis hlukové zátěže v prostředí, zvláště v případě rozsáhlejšího území, kde se hladina hluku mění místo od místa, se využívají hlukové mapy. Jejich zpracování nevychází pouze z konkrétních bodových měření, ale z modelových výpočtů, které jsou méně nákladné, lépe prakticky proveditelné a využitelnější s ohledem na plánované investiční akce, změny v dopravě nebo jiná opatření ke zlepšení stavu prostředí. Příklad takovéto hlukové mapy je zobrazen na Obr.1 a Obr.2.



► ► **Víte, že** čím dále se od zdroje hluku vzdalujeme, tím se jeho intenzita snižuje? U bodových zdrojů platí vztah, že zdvojnásobením vzdálenosti od zdroje se sníží hodnota hladiny akustického tlaku o **6 dB**. U liniových zdrojů (kam se dá zařadit i hluk z dopravy) platí vztah, že zdvojnásobením vzdálenosti od zdroje se sníží hodnota hladiny akustického tlaku o **3 dB**.

Ukázka hlukové mapy



Obr.1: Ukázkové území pro výpočet útlumu hluku skupinami stromů



Obr. 2: Hluková mapa území z obr. 1. Zdroj: (MZČR)

Protihluková opatření

► U protihlukových opatření je třeba brát v potaz několik faktorů, které ovlivňují výsledný protihlukový efekt opatření. Z logiky věci by se zdálo, že čím více stromů vysadíme, tím lépe bude vegetace protihlukovou funkci plnit. V městském prostředí však situace není tak snadná. Prostor je značně omezen a je třeba brát v potaz i výškovou strukturu vysazovaných prvků. Ukázalo se totiž, že velmi důležitá je i prostorová struktura, co se hustoty výsadby týče. Pro dosažení ideálního akustického útlumu je potřeba více kusů vegetace (rostlin, stromů, keřů apod.) či kombinace různých druhů vegetace.

Pro zelená opatření s charakterem pásu, je důležitá dostatečná velikost (větší délka podél komunikace než šířka), vhodné prostorové uspořádání prvků uvnitř pásu a patrovitost (zahuštění vegetačního prvku) a akusticky měkký podklad (travnatý podklad). Z hlediska druhového složení jsou za účinnější považovány listnaté druhy, které jsou v našich podmínkách většinou opadavé a potenciál pro útlum hluku v mimo-vegetačním období tak výrazně klesá. Ukázka takové situace z příkladové studie, provedené Centrem dopravního výzkumu a CzechGlobe v ul. Sportovní, Brno, ukazuje Obr. 3, Obr. 4 a Tab.1.

Tab. 1: Hodnoty útlumu vegetací vypočtené na základě měření hluku na komunikaci I/43

Pořadí měření	Útlum zima	Útlum léto	rozdíl
I	9.5	10.6	1.1
II	10.1	10.7	0.6
III	9.9	11.1	1.2
IV	9.9	12	2.1
Průměr	9.9	11.1	1.2



Obr. 3: Měření hluku z komunikace I/43 (ul. Sportovní, Brno), vegetační pás v termínu 26. 2. 2020. Měření provedlo Centrum dopravního výzkumu v. v. i., Brno.



Obr. 4: Měření hluku z komunikace I/43 (ul. Sportovní, Brno), vegetační pás v termínu 17. 6. 2020. Měření provedlo Centrum dopravního výzkumu v. v. i., Brno.



▶ ▶ Víte, že

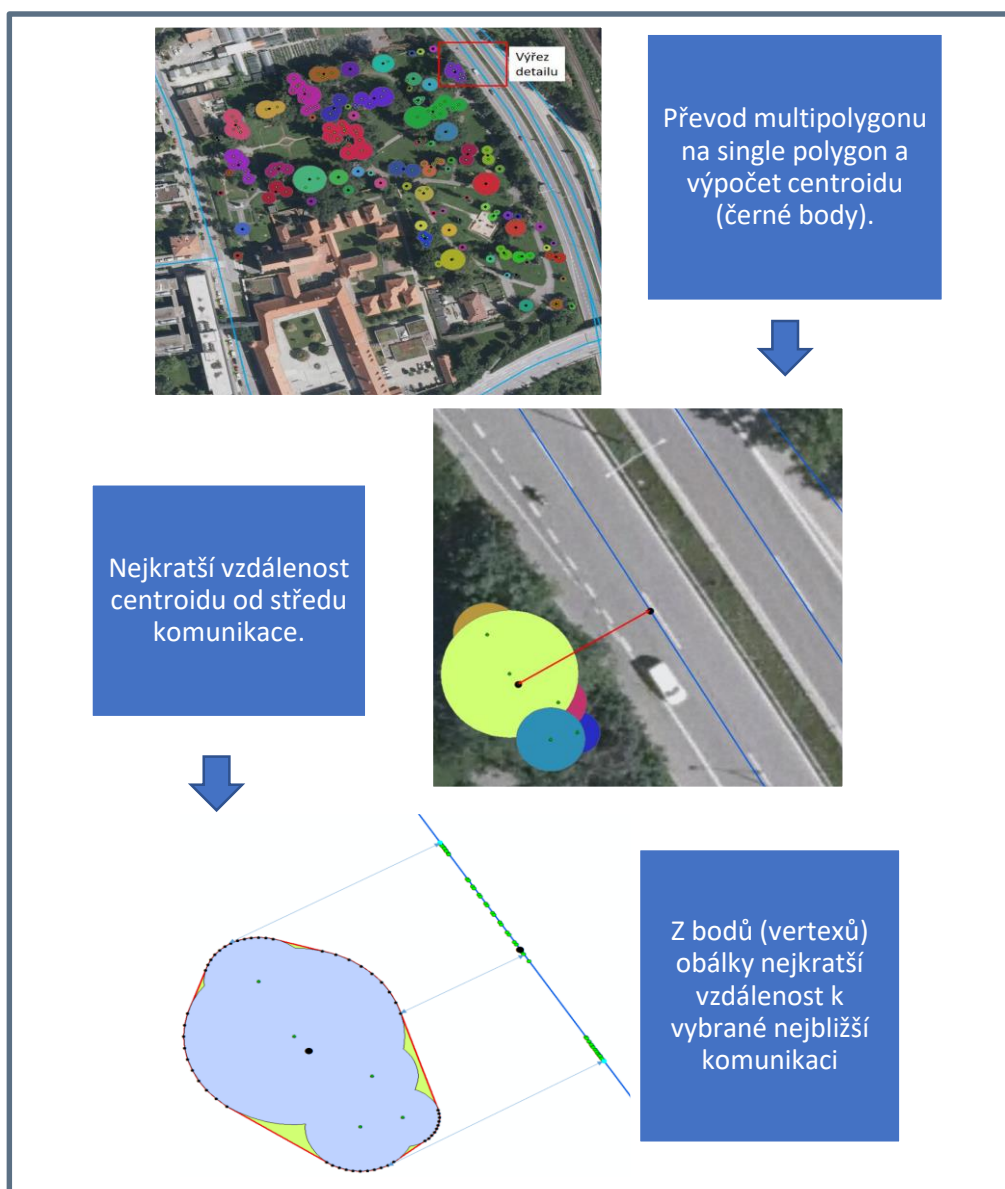
útlum hluku vegetací z liniového dopravního zdroje je v horizontálním směru výrazně ovlivněn geometrickým uspořádáním vegetace v prostoru následovně:

- ▶ Potenciál vegetace pro útlum hluku výrazně vzrůstá v případě pásového/shlukového uspořádání vegetace a s její blízkostí od zdroje (komunikace).
- ▶ S rostoucí hustotou vegetace její potenciál roste.
- ▶ S rostoucí vzdáleností od komunikace potenciál vegetace pro útlum hluku klesá.
- ▶ S rostoucí výškou nasazení koruny potenciál klesá.

Základní rovnice pro výpočet útlumu hluku z liniového zdroje, kde d_1 , d_2 jsou vzdálenosti dané geometrií hodnoceného polygonu, hodnota mocnitele x je závislá na hustotě listoví porostu:

$$A = 10 * \log_{10}(d_1/d_2)^x$$

► ► **Víte, že** útlum hluku je závislý i na shlukovosti vegetace a velikosti a vzdálenosti objektu? Na schéma Obr. 5 můžeme sledovat postup takovýchto výpočtů.



Obr.5: Schéma procesu zkoumání mapových vrstev a průmětů korun stromů



4 Regulace teploty a mikroklimatu sídelní zelení

Druhou z funkcí vegetace v městské zeleni je funkce regulace teploty a mikroklimatu. Tato funkce je v městském prostředí sledována, počítána a hodnocena na základě procesu evapotranspirace. Pro pochopení vztahů a vstupních veličin je tedy třeba se seznámit nejprve s tímto pojmem.

4.1 Základní definice

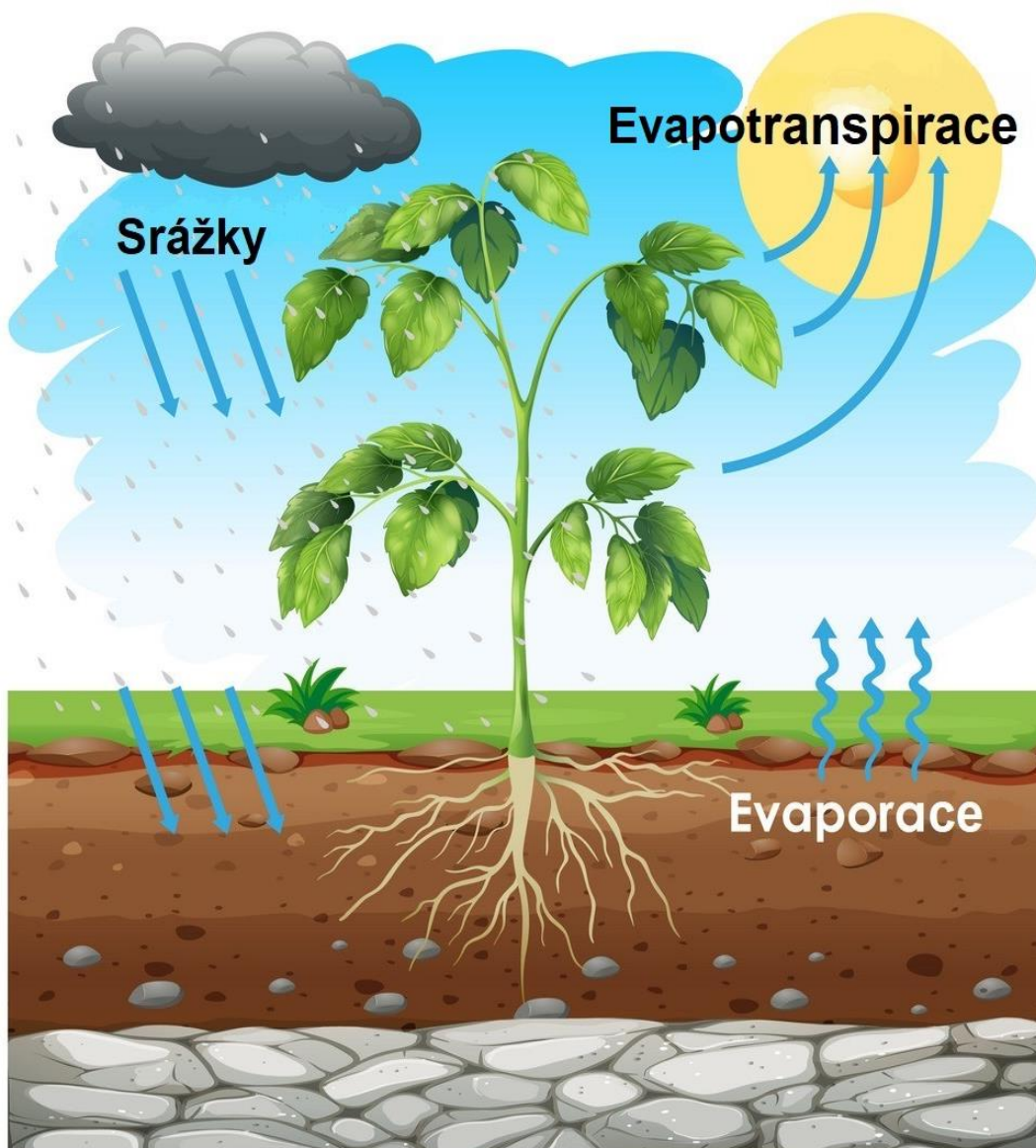
► Evapotranspirace

je proces výparu ze zemského povrchu do atmosféry, týkající se daného území, v tomto případě tedy zkoumané části městské zeleně. Tento celkový výpar se skládá z fyzikálního výparu – **evaporace**, a fyziologického výparu – **transpirace** (viz Obr.6).

Evaporace zahrnuje výpar z půdy, vodních ploch, z vody zachycené na vegetaci po atmosférických srážkách, případně z dalších přírodních, nebo umělých ploch na povrchu Země. Transpirace je výdej vody vegetací zejména listy, případně dalšími orgány rostlin. Rychlost transpirace je dána dostupností vody v půdě, denní fází, okamžitým stavem atmosféry (sytnostním doplňkem, teplotou, rychlostí větru), druhem rostliny, aktuální fenologickou fází a zdravotním stavem rostliny.

► ► **Víte, že evapotranspirace z povrchu rostlin má dvě základní složky:**
intercepci – evaporační složku (vodu zadrženou na těle rostliny fyzikálními vazbami) a
vlastní fyziologický výpar- transpirační složku (dominantně transpirace, dýchání – respirace, gutace atd.)

4.2 Schéma vzájemného vztahu evaporace a transpirace



$$\text{Evapotranspirace} = \text{Evaporace} + \text{Transpirace}$$

Obr.6: Demonstrace vztahu evaporace a transpirace

4.3 Chladicí efekt sídelní zeleně



► ► **Víte, že** při výparu vody, tedy při změně skupenství vody z kapalného na plynné dochází ke spotřebovávání skupenského tepla výparného, které činí 2,51 MJ kg⁻¹ (při teplotě 0 °C)? Tím dochází k ochlazování povrchu, ze kterého se voda vypařuje (v případě stromů listy, jehlice, šupiny), a současně také může docházet k ochlazování vzduchu proudícího okolo povrchu s výparem.

Regulace teploty v městském prostředí je sledována, počítána a hodnocena na základě procesu evapotranspirace. Jedná se o **značně složitý výpočetní mechanismus** několika na sebe navazujících početních operací v daném algoritmu. Pro výpočet chladicího efektu městské zeleně (trávníků, stromů a keřů) byl použitý tzv. **evapotranspirační model**. Podle této metodiky lze chladicí efekt zeleně stanovit následujícím vztahem:

$$LE = \frac{s(R_n - G) + r c_p \frac{VPD}{r_a}}{s + g \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)},$$

kde LE je množství latentního tepla, které představuje chladicí výkon zeleně, vztahený na metr čtvereční plochy, pokrytý městskou zelení. Tento vztah přímo závisí na tepelné bilanci porostu (dané radiačním tepelným tokem, tokem tepla do půdy a tepelným tokem způsobeným prouděním vzduchu) a nepřímo na poměru odporu vegetace ztrácet vodu a odporu hraniční vrstvy vzduchu kolem listů vegetace.



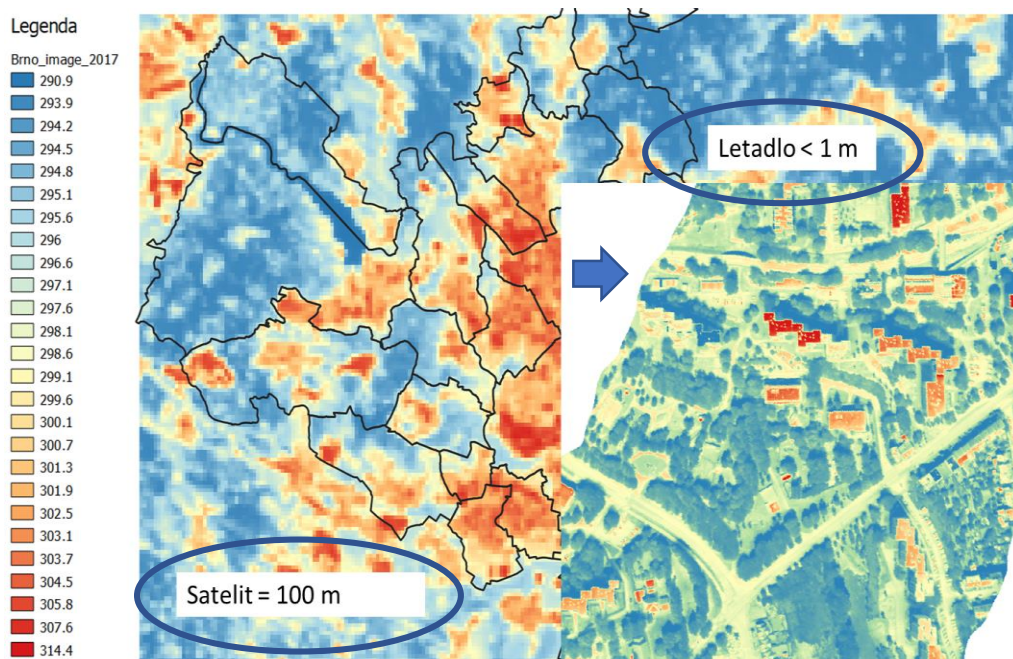
Tento model je závislý na velkém množství veličin, jež jsou získány další sérií výpočtů. Pro výsledné zjednodušení problematiky lze zmínit, že pro komplexní výpočet chladicího efektu městské zeleně je rozhodující její:

- ▶ zeměpisná šířka
- ▶ nadmořská výška
- ▶ relativní vlhkost vzduchu
- ▶ den v roce (vegetační sezóně)
- ▶ albedo (míra odrazivosti tělesa nebo jeho povrchu)
- ▶ tlak vzduchu
- ▶ aktuální počasí (míra oblačnosti)
- ▶ rychlost vanoucího větru
- ▶ druh rostliny (typ listů)
- ▶ odpor koruny
- ▶ typ fotosyntézy (C4 - trávy/ C3 - dřeviny)

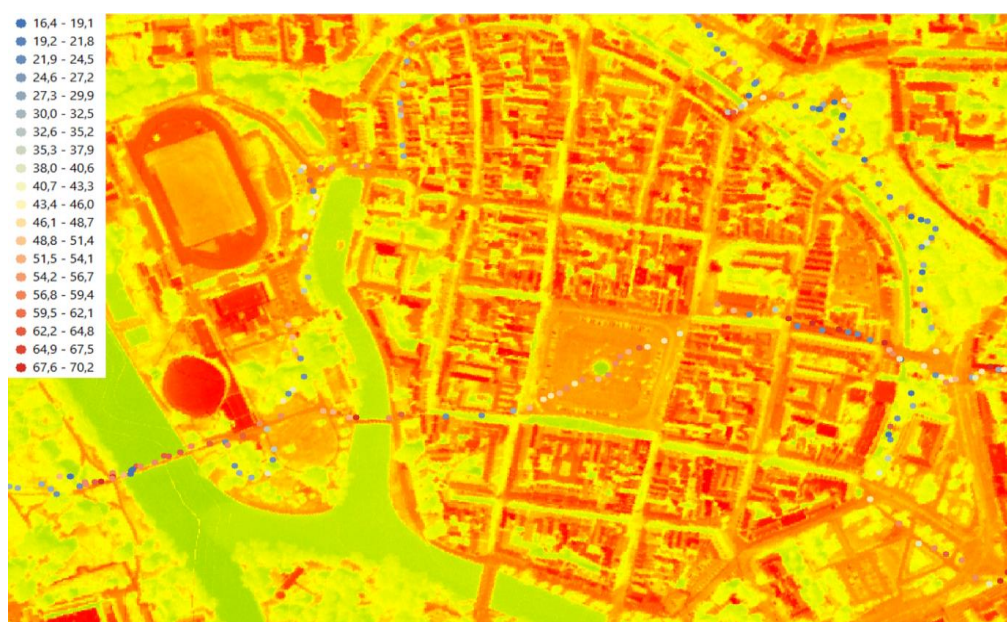
4.4 Terénní měření

Měření teplotních charakteristik území může probíhat na třech úrovních, co se měřítko týče:

- ▶ ze satelitu (s přesností < 100 m), příklad na Obr.7
- ▶ z letadla (s přesností na jednotky m) , příklad na Obr. 7 a Obr.8
- ▶ pozemním šetřením (s přesností < cm), příklad na Obr.8- Obr.11



Obr.7: Srovnání satelitního a leteckého snímku



Obr.8: Letecký termosnímek znázorňující též místa měřená pozemně



Obr.9 a Obr.10: Srovnání fotografie městské vegetace se snímkem z termokamery.



Obr.11: Měření teploty v ulicích soustavou teploměrů s GPS záznamem polohy.

► Termokamera (termovize)

umožňuje bezdotykové měření teploty. Její princip vychází ze skutečnosti, že všechna tělesa vyzařují elektromagnetické záření. Jeho intenzita závisí na teplotě tělesa a jeho povrchu. Konstrukce termokamery je analogická ke konstrukci videokamery, resp. digitálního fotoaparátu. Objektiv zobrazuje dopadající tepelné záření na čidlo, které vyhodnotí jeho intenzitu. Tyto hodnoty jsou následně digitalizovány a převedeny do obrazové podoby, na tzv. termogram. Termogram podává informaci o povrchovém rozložení teploty měřeného tělesa.



5. Ukládání uhlíku (CO_2) v biomase vegetace

Třetí z funkcí vegetace v městské zeleni je funkce ukládání uhlíku (CO_2) v biomase. Pro pochopení této funkce je nezbytné se seznámit s několika pojmy, jako biomasa nebo sekvestrace uhlíku.

5.1 Základní definice

► Biomasa

Jako biomasu lze obecně chápat jako jakoukoliv hmotu, ze které jsou tvořena těla všech živých organismů. Nejčastěji se však tímto pojmem označují zemědělské suroviny získané pro energetické využití.

Může se jednat o cíleně vypěstované byliny (např. šťovík), rychle rostoucí dřeviny (např. topol) či plodiny (např. řepka), anebo o odpadní suroviny (např. sláma, dřevní štěpka). Biomasu je možné využít pro přímé spalování a výrobu tepla, resp. elektřiny při spalování v elektrárnách, nebo je možné ji využít jako výchozí surovinu pro další obnovitelné zdroje energie. Typickým příkladem mohou být bioplyn nebo kapalná biopaliva.

► Sekvestrace uhlíku

je přijímání uhlíku z atmosféry ve formě oxidu uhličitého (CO_2) v procesu fotosyntézy a jeho následném dlouhodobém vázání v biomase (tělech rostlin) a v půdě. Velkou roli v sekvestraci uhlíku v suchozemských ekosystémech hrají stromy, které dokážou sekvestrovat uhlík v závislosti na druhu po dobu desítek až stovek let. Stanovení množství uhlíku sekvestrovaného ve stromech obvykle vychází ze znalostí o množství biomasy daného stromu a obsahu uhlíku v rostlinné biomase. Ze známých parametrů stromů (výčetní tloušťka a výška) ve dvou různých časech lze pomocí známých **alometrických rovnic** vypočítat biomasu jednotlivých stromů. Ze změny biomasy a ze známého podílu obsahu uhlíku v biomase stromů pak můžeme vypočítat množství sekvestrovaného uhlíku za dané období. Schematické znázornění sekvestrace uhlíku můžeme pozorovat na Obr.12.



5.2 Zjištění uloženého uhlíku v biomase

► Pro určení celkové biomasy (hmotnost živých částí rostliny po jejich vysušení) jednotlivých stromů bylo využito alometrických rovnic publikovaných v rozsáhlé přehledové studii.

Z celkové zjištěné hodnoty biomasy je pak nutné spočítat celkové množství uhlíku, tento odhad závisí na typu dřeviny. Obsah uhlíku v dřevní biomase je závislý na poměru zastoupení jednotlivých organických sloučenin ve dřevě.

Z důvodu, že neexistují alometrické rovnice pro všechny druhy dřevin, které jsou ve městech středoevropského regionu zastoupeny, byly vytvořeny čtyři skupiny dřevin:

1. listnaté krátkověké
2. listnaté dlouhověké
3. jehličnaté s tenčími letokruhy (pomalu rostoucí)
4. jehličnaté se silnějšími letokruhy (rychle rostoucí)

Do těchto skupin byly jednotlivé druhy zařazeny dle rychlosti růstu. Ke každé skupině byly vybrány všechny odpovídající alometrické vztahy určující množství jejich biomasy celkově, případně v jednotlivých částech rostlinného těla:

- nadzemní biomasa (AB)
- kmen s kůrou (ST)
- koruna (BR)
- kořeny (RT)

a v případě kategorie jehličnatých stromů s tenčími letokruhy i celková nadzemní biomasa dohromady s kořeny (TB). Rovnice byly vybírány podle uvedených koeficientů determinace a šířky rozsahu parametrů:

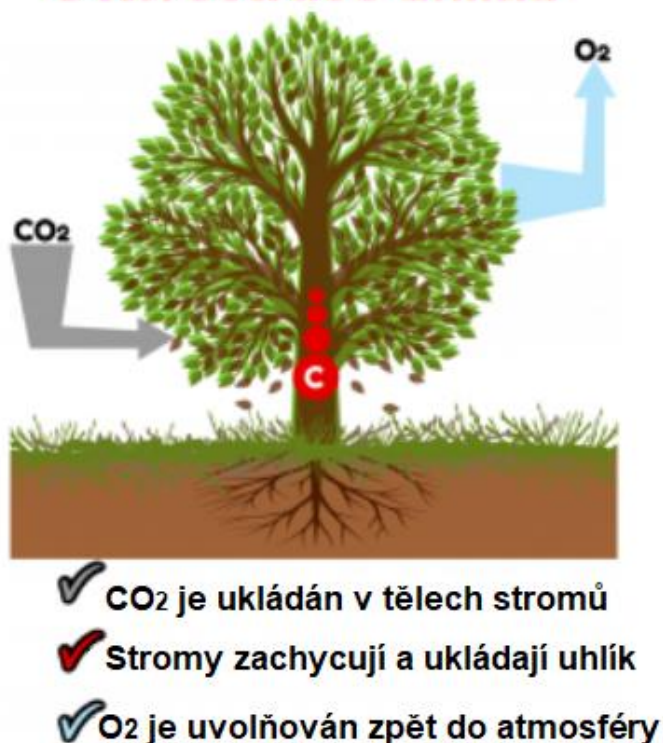
- průměr kmene ve výčetní výšce (D)
- výška stromu (H), pro které byly tyto vztahy stanoveny.

V případě použití více různých alometrických vztahů pro tentýž výpočet, jsou použity všechny takto vypočítané hodnoty a z nich je vypočítán vážený průměr. Celková biomasa je pak stanovena jako součet biomas jednotlivých částí těla stromu (kmen, větve, kořeny atd.).

► ► **Víte, že** kromě keřů a stromů jsou důležité z hlediska městské zeleně i trávníky? Ve městech je lze zařadit do dvou skupin na základě intenzity jejich ošetřování, které se promítá do jejich druhového složení a množství biomasy:

extenzivněji ošetřované plochy trávníků se svým charakterem blíží **lučním porostům** s vyšším zastoupením bylin, zatímco **intenzivním** parkovým trávníkům dominují druhy travin **odolné sešlapu**. Tato společenstva mohou během roku vytvořit značné množství biomasy – **5 až 12 t/ha/rok**. Jejich nadzemní biomasa je ale snadno rozložitelná, v důsledku čehož se jejich schopnost dlouhodobě zadržovat uhlík omezuje zejména na akumulaci uhlíku v půdě. Odhaduje se, že množství uhlíku, které se za rok akumuluje v půdě pod travním porostem, odpovídá zhruba 10 % této biomasy.

Sekvestrace uhlíku



Obr.12: Schematické znázornění sekvestrace uhlíku



6 Záchyt suspendovaných částic PM10, ozonu a oxidů dusíku povrchem vegetace

Čtvrtou z funkcí vegetace v městské zeleni je záchyt suspendovaných částic PM10, ozonu, oxidů dusíku a oxidu siřičitého povrchem vegetace.

Znečištění ovzduší suspendovanými částicemi frakcí PM10 a PM2,5 zůstává jedním z hlavních problémů, které je třeba řešit při sledování kvality ovzduší. Překračování imisních limitů PM10 a PM2,5 se stále zejména v městech významným způsobem podílí na vymezování oblastí s nadlimitním znečištěním ovzduší. Lepší kvality ovzduší může být dosaženo mitigačními a adaptačními opatřeními.

► ► **Víte, že** mitigační opatření znamenají přímé snižování emisí z jejich zdrojů? K nejdůležitějším adaptačním opatřením, která mohou přispívat k čistotě ovzduší a zároveň ovlivňovat lokální mikroklimatické podmínky, patří výsadba městské zeleně, zejména dřevin.

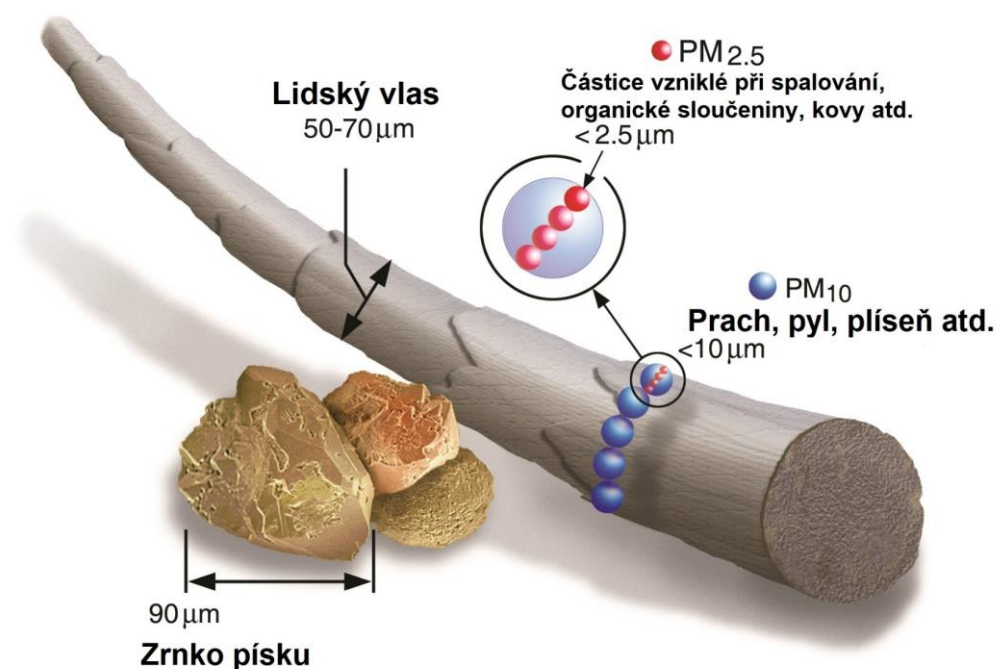
Zeleň zlepšuje kvalitu ovzduší záchytem znečišťujících látek z atmosféry, mimo jiné i suspendovaných částic menších než 10 μm (PM10). Tyto částice představují významné zdravotní riziko zejména z důvodu schopnosti proniknout hluboko do plicních cest a uvolňovat tam volné radikály způsobující nejruznější záněty.

6.1 Základní definice

► Částice PM10

Zkratka PM je zkratkou anglického výrazu particulate matter, doslova částicová hmota, česky překládána jako suspendované částice. Obecně se jedná o směs různorodých částic pevného a kapalného skupenství suspendovaných v ovzduší. Někdy se také používá výraz prachové částice, aerosoly, či jednoduše prach.

Koeficienty za zkratkou PM značí velikost částic, konkrétně jejich prahovou hodnotu maximálního aerodynamického průměru. PM10 tedy značí soubor suspendovaných částic s maximálním aerodynamickým průměrem 10 μm , PM2,5 značí soubor částic s maximálním aerodynamickým průměrem 2,5 μm . Odtud tedy vyplývá, že například všechny částice PM2,5 jsou zároveň částicemi PM10, nikoliv však naopak (ne všechny PM10 částice jsou i částicemi PM2,5). Pro srovnání lze uvést, že například lidský vlas má průměr přibližně 70 μm . Detailnější srovnání viz Obr.13.



Obr.13: Velikostní srovnání částic PM10 s lidským vlasem, zrnkem písku aj.



► Ozon (O_3)

je plynná tříatomová molekula kyslíku, označována jako sekundární znečišťující látka v ovzduší. Nemá totiž vlastní významný zdroj emisí, ale vzniká v ovzduší celou řadou chemických reakcí z tzv. prekursorů, kterými jsou oxidy dusíku a těkavé organické látky (VOC), za účinku slunečního záření a spolupůsobení O_2 . Koncentrace ozonu roste se zvyšující se teplotou. V noci i ve dne dochází k rozkladu molekul ozonu chemickými reakcemi s redukcujícími složkami ovzduší. Chemické reakce vedoucí ke vzniku ozonu mají za následek roční chod ozonu s nejvyššími koncentracemi na jaře a v létě. Nejnižší koncentrace ozonu jsou pozorovány v zimě.

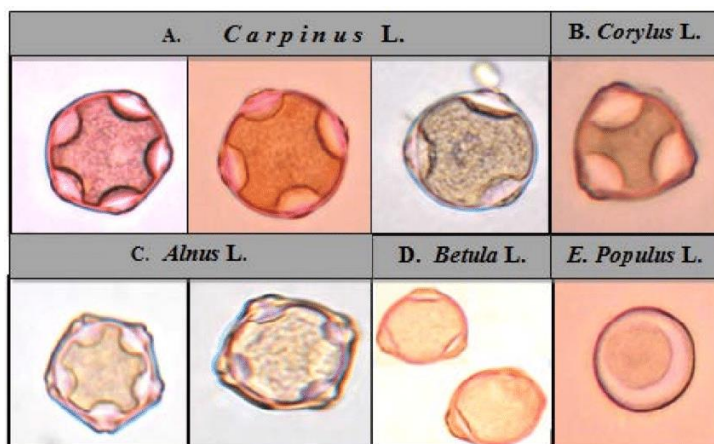
6.2 Mechanismus zachytu částic

Vegetace odstraňuje suspendované částice z ovzduší především zachytem na povrchu listů. Množství zachycených částic přitom závisí na velikosti, respektive hmotnosti suspendovaných částic a rychlosti proudění vzduchu. Po sedimentaci na listy se mohou jemné částice menší než $1\ \mu m$ dále infiltrovat přes listové průduchy do mezibuněčných prostorů, kde mohou být dále absorbovány. Většina zachycených částic však zůstává usazena na povrchu vegetace. Zachycené částice jsou často následně resuspendovány do atmosféry, vymyty srážkami nebo deponovány na zem při opadu listů. V důsledku toho může být vegetace pouze dočasným retenčním místem suspendovaných částic.

Kromě přímého zachytu na površích ovlivňuje městská vegetace koncentraci suspendovaných částic v ovzduší i nepřímo změnou atmosférického prostředí ve městech. Hlavním mechanismem je zejména snížení rychlosti proudění vzduchu. Vegetace slouží jako efektivní větrolam, kdy na závětrné straně dochází z důvodu poklesu rychlosti proudění k depozici suspendovaných částic na zem a celkovému snížení jejich koncentrace v ovzduší. Vegetace dále modifikuje i místní teplotu vzduchu. Nižší denní teploty jsou dány zejména omezeným množstvím procházejícího slunečního záření skrz korunový zápoj a evapotranspirací vegetace. Snížená teplota vzduchu způsobená živou vegetací může snížit koncentraci PM_{10} , protože emise většiny částic nebo jejich prekurzorů je závislá na teplotě.



► ► **Víte, že** i přes tyto pozitivní efekty na snížení koncentrace PM10 v ovzduší může sama vegetace být zdrojem suspendovaných částic? Jejím produktem jsou pylová zrna (Viz Obr.14 a Obr.15), která však v obvyklých případech přesahují velikost částic PM10 a jsou tak zdravotně méně riziková. Přesto se však obecně předpokládá, že převládající je pozitivní efekt vegetace na čistotu ovzduší.



Obr.14: Morfologické charakteristiky pylových zrn vybraných druhů dřevin:
A. Habru, B. Lísky, C. Olše, D. Břízy a E. Topolu, (researchgate.net).

Vliv vegetace na zachyt suspendovaných částic závisí zejména na morfologických vlastnostech zeleně (vlastnostech týkajících se vnější stavby). Důležité jsou přitom tvar a rozložení listů (jehlic), tak jako drsnost povrchu. Rozhodující nejsou pouze vlastnosti rostlinných orgánů, ale i celková struktura porostu, například výška, zápoj a prostorové uspořádání větvení. Obecně platí, že čím větší povrch aktivní zelené hmoty, tím větší zachyt částic. Z tohoto faktu vyplývá, že vzrostlé stromy jsou oproti nízké vegetaci, tvořené jen bylinným patrem, účinnější. Celkově tak mohou oblasti s větším zastoupením stromů v městském prostředí, jako například v parcích a zahradách, dosahovat až čtyřikrát příznivější kvality ovzduší oproti okolí. Se změnami fenofází a jím odpovídajícím změnám vlastností vegetace během roku, vykazuje i zachyt částic vegetací značnou sezónní variabilitu. Experimentální pokusy ukázaly významně vyšší zachyt částic v průběhu roku u neopadavých druhů stromů (v našich zeměpisných šířkách zastoupených převážně jehličnany), oproti stromům opadavým (převážně druhy listnatých dřevin), u kterých po opadu listů mimo vegetační sezonu schopnost zachytu částic výrazně klesá.



► ► **Víte, že** redukční efekt mohou představovat i **ozeleněné stěny** výškových budov, tzv. **vertikální zahrady**? Často se totiž v ulicích hustě zastavěného městského prostředí může vyskytnout jev, při kterém je proudění vzduchu zpomaleno bočními stěnami budov, čímž dochází k větší koncentraci polétavého prachu v meziprostoru. Strategické umístění těchto zelených stěn však může efektivně toto znečištění zachytávat. Podobně příznivý dopad může způsobit i výsadba **vegetace na střechách budov**.



Obr.15: Vyprášený pyl kryptomerie japonské (*Cryptomeria japonica*)



6.3 Výpočet záchytu částic a plynů povrchem vegetace

Modely záchytu suspendovaných částic PM10 a plynů (O_3 , NO_x , SO_2) povrchem vegetace vychází hlavně z časových řad pozemně měřených dat (v různých meteorologických podmínkách zjišťujeme koncentraci znečišťujících látek, informaci o vegetaci atd.). Při volbě nejvhodnějšího modelu je nutné vycházet jak z cílů hodnocení, tak z dostupnosti dat pro naplnění modelu. Bylo cílem zhodnotit záchyt částic a plynů plošnými a individuálními prvky veřejné zeleně a využít k tomu data dostupná z databází a pasportů městské zeleně a veřejně dostupných dat o kvalitě ovzduší a meteorologických situacích.

Z důvodu zobecnění a přenositelnosti byl zvolen a zdrojům dat uzpůsoben depoziční model pro suspendované částice a depoziční model pro plyny. Jedná se o řadu složitějších výpočtů, navazujících v daném algoritmu. Základní výpočet se však týká kvantifikace záchytu znečišťující látky vegetací (Q) během určitého časového období a počítá se podle vztahu:

$$Q = LAI * F * T$$

kde

Q je množství plynů a částic zachycených vegetací v určité oblasti a určitém časovém období [$g\ m^{-2}$]

F je depoziční tok plynů a částic [$g\ m^{-2}\ s^{-1}$]

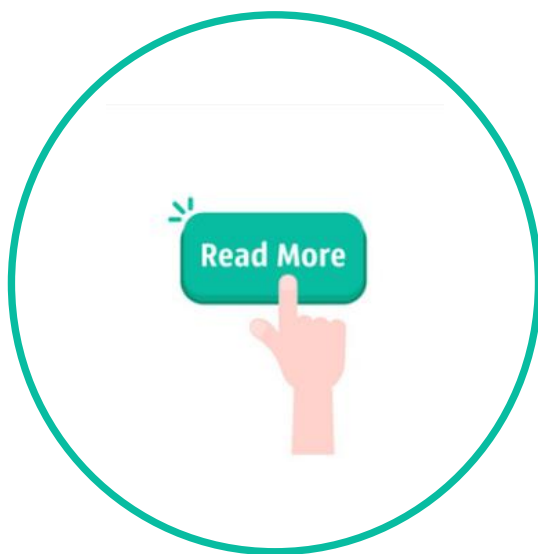
LAI je index listové plochy [$m^2\ m^{-2}$] a

T je časové období (s).

► ► **Víte, že** i drsnost povrchu listů jednotlivých druhů dřevin hraje pro stanovení tohoto výpočtu roli? Jedná se o tzv. koeficient drsnosti povrchu a je rozdílný u listnatých, jehličnatých a travních porostů.

► ► Zaujala vás některá témata? Chcete se o nich dozvědět více? Nebo vás prostě jen zajímá detailnější průběh výzkumu?

Výborně! Pak zde máte několik užitečných odkazů, kde si o této problematice můžete přečíst více.



Odkazy:

Webové stránky projektu vč. sekce „Výstupy“ s materiály ke stažení a sekce „Kontakty“:

<http://tekob.czechglobe.cz/>

Mapový portál CzechGlobe s ukázkami dat nejen za městský ekosystém:

<http://mapserver.czechglobe.cz/>

Webové stránky oddělení DPZ vč. sekce „Aplikované výstupy“, kde je zveřejněna metodika o ekosystémových službách:

<https://www.czechglobe.cz/cs/struktura-ustavu/vyzkumny-sektor/ii-sekce-ekosystemovych-analyz/oddeleni-dalkoveho-pruzkumu-zeme/>

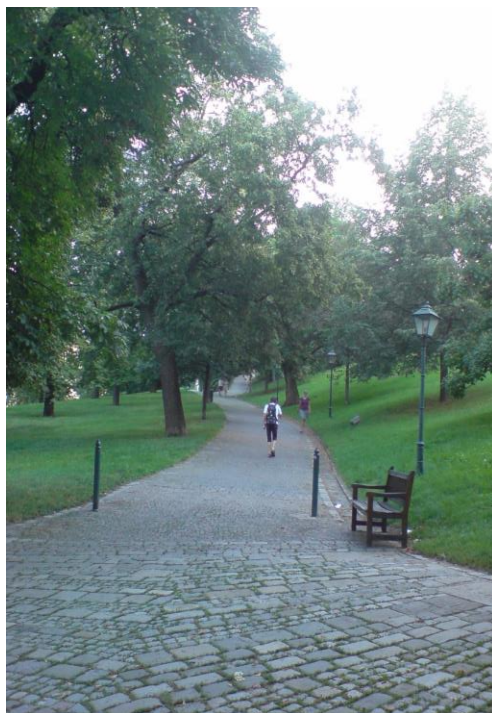


7 Výběr dřevin potenciálně vhodných pro výsadbu do sídelní zeleně

Schopnost stromů přežít nehostinné podmínky města je závislá na mnoha faktorech, mezi které můžeme zařadit dostupnost vody v půdě a její kolísání v průběhu roku, skladba půdy a její pH (ve městech ovlivněné navážkou, absencí humusové vrstvy a nedostatkem živin), kontaminace půdy (například solemi, vápníkem ze stavebních sutí, psími exkrementy, herbicidy, těžkými kovy, únikem plynů z potrubí nebo oleji a pohonnými hmotami), klima, znečištění ovzduší, zemní práce v okolí stromů, vandalismus či poškození v důsledku blízkosti vytižených komunikací.

7.1 Význam sídelní zeleně

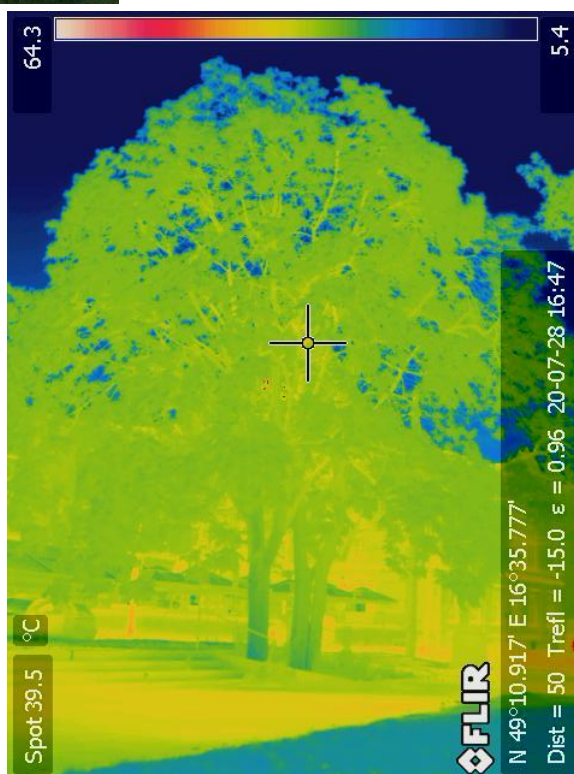
Význam městské zeleně lze rozdělit do 2 kategorií: přínosy mechanické a fyzikální podstaty. Obě kategorie souvisí s funkcí **zadržování vody v půdě**. Co se **mechanické** podstaty týče, hovoříme pak např. o poskytování stínu, zachytu částic a různých typů vlnění (vzduchu- větrolamy, mechanického- tlumení hluku). Co se **fyzikální** podstaty týče, pak mluvíme o výhodách spojených především s aktivním vedením vody v pletivech rostlin. Při převodu vody ze skupenství kapalného do skupenství plynného tak spotřebovávají značné množství (sluneční) energie, které by se jinak přeměnilo jen na teplo. V neposlední řadě lze zmínit význam sociální a estetický (Viz Obr.16)



Obr.16: Ukázka výsadby městské zeleně, Brno, Špilberk.



► ► **Víte, že** stromy v městském prostředí ovlivňují jeho mikroklima a že strom funguje jako taková mikroklimatizace? Na srovnání Obr.17 a Obr.18 (snímku z termokamery) můžeme sledovat zřetelné rozdíly v teplotách v bezprostřední blízkosti vegetace.

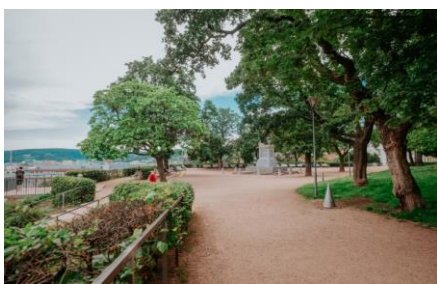


Obr. 17 a 18: Srovnání fotografie městské zeleně v Brně na Mendlově náměstí se snímkem z termokamery.

7.2 Výběr vhodných dřevin pro výsadbu do sídelní zeleně



Obr.19: Brno-Střed (kambrno.cz)



Obr.20: Brno, Denisovy sady (kambrno.cz)



Obr.21: Brno, ul. Žižkova (kambrno.cz)



Obr.22: Ukázka možné výsadby ve vnitroblocích kancelářů, Brno, Vlněna (kambrno.cz)

► Výběr druhů stromů pro výsadbu v městské zeleni je značně komplikovaný. Je třeba si uvědomit, že prostředí, do kterého má být vybraný strom zasazen je pro živé organismy velmi nehostinné a stresující. Emise, kontaminace půdy, omezené půdní podmínky, nedostatek vody, vyšší teploty, omezené světelné podmínky a mnohé další faktory tak růst živých organismů značně komplikují.

► Vždy je důležité hledat strom s ohledem na dané konkrétní místo, kam má být vysazen. Je nutné tedy zohlednit přímo na potenciálním místě výsadby světelné podmínky, množství využitelné půdy, výšky okolních budov, vzdálenost od vytížených komunikací atd.

► Důležité je brát v potaz i vlastnosti a nároky daného druhu, jako výslednou výšku v dospělosti, tvar koruny (s ohledem na to, zda se jedná o solitér, alejovou výsadbu či skupinovou výsadbu), rychlost růstu, možné poškozování inženýrských sítí, budov, alergenů, jedovatost atd.

► Ukázky ať už vizualizací či reálných fotografií můžeme vidět na Obr.19-22.



Obr.23: Brno- Střed (mezistromy.cz)

Při výběru druhů stromů hodících se pro výsadby v městské zeleni je třeba uvažovat několik aspektů. Je vhodné při výběru preferovat druhy tolerující dlouhodobě zvýšenou teplotu, vhodné jsou tak druhy z teplejších a aridnějších oblastí. V současné době je k dispozici velké množství kultivarů lip, jeřábů, javorů či jasanů. Mimo klasické opadavé listnaté stromy je možné výběr zacílit i na ovocné dřeviny jako jabloně, třešně či hrušně, které sice na jaře bohatě kvetou, ale téměř neplodí. Eliminují tak problém s opadem plodů a vyšší nároky na údržbu ulic.

Použití a výběr vhodné druhové skladby dřevin a stanoviště jsou velmi podstatné nejen pro dřeviny a jejich prosperitu na daném stanovišti do budoucna, ale také pro plnění její funkce v městské výsadbě. Na stanoviště je nejlepší vysazovat původní druhy dřevin, ne vždy lze ale tuto zásadu dodržet. Velké množství našich původních dřevin není schopno snést nehostinné podmínky měst. Proto je důležité při výběru dřevin hledat kompromis mezi potřebou výsadby zeleně a daného místa. Často se proto vysazují takové kultivary dřevin, které snesou extrémní podmínky městských prostorů, jako jsou již zmiňované druhy teplejších a aridnějších oblastí.

Je třeba brát v potaz, že ať bude místo pro výsadbu stromů sebelepší, stále na stromy působí mnoho negativních vlivů.



7.3 Příklady významně zastoupených druhů stromů v sídelní zeleni

- ▶ Lípa velkolistá (*Tilia platyphyllos*)
- ▶ Jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*)
- ▶ Dub letní (*Quercus robur*)
- ▶ Javor babyka (*Acer campestre*)
- ▶ Jírovec maďal (*Aesculus hippocastanum*)
- ▶ Buk lesní (*Fagus sylvatica*)
- ▶ Borovice černá (*Pinus nigra*)
- ▶ Smrk pichlavý (*Picea pungens*)

Lípa velkolistá (*Tilia platyphyllos*)

- ▶ čeleď : slézovité (*Malvaceae*)
- ▶ domácí druh preferující teplejší stanoviště s těžišťem výskytu ve střední a jižní Evropě
- ▶ má rovný silný kmen, hustou korunu a dorůstá značných rozměrů
- ▶ ze začátku roste pomaleji, po desátém roku růst zrychluje
- ▶ plodem jsou tvrdé žebrované oříšky, které zůstávají přes zimu na stromě, dekorativní květy viz Obr.24
- ▶ velmi dobře snáší seřezávání či mechanické poškození větví díky výborné výmladnosti a regenerační schopnosti
- ▶ výborná medonosná dřevina a častá jarní pastva včel
- ▶ odolná dřevina, snese mělké a vysychavé půdy
- ▶ dožívá se vysokého věku jako většina lip
- ▶ zvládá poškození jak kořenů, tak i větví

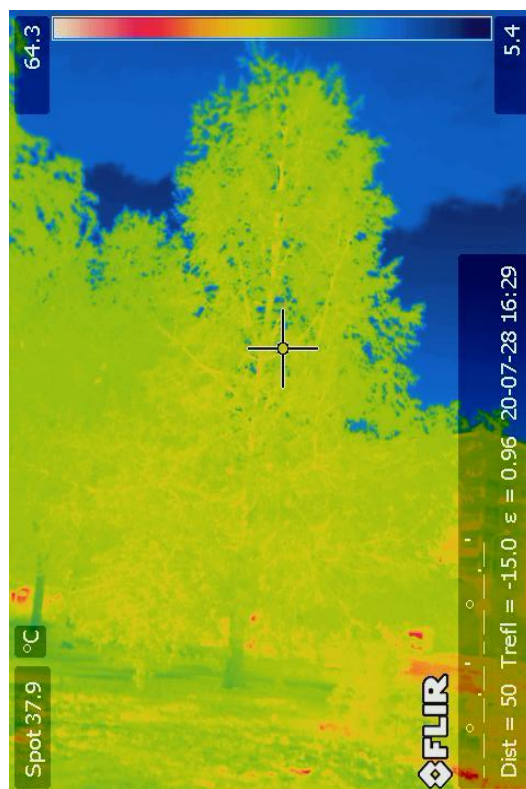


Obr.24: Květ lípy (web2.mendelu.cz)



Obr.25: Lípa v sídelní zástavbě (web2.mendelu.cz)

- ▶ snáší zastínění i intenzivní řez
- ▶ špatně toleruje zasolení půdy
- ▶ vhodná jako parková a alejová dřevina (viz Obr.25)
- ▶ srovnání snímků z termokamery na Obr.26 a Obr.27



Obr. 26 a 27: Fotografie lípy velkolisté v městské zeleni ve srovnání se snímkem z termokamery.

Jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*)

- ▶ čeleď: růžovité (*Rosaceae*)
- ▶ domácí světlomilná dřevina
- ▶ strom menšího vzrůstu se štíhlou korunou
- ▶ u báze kmene se mohou vyskytovat výmladky
- ▶ dřevina odolná vůči klimatickým extrémům
- ▶ druh je nenáročný na množství vody i na druh či typ půdy
- ▶ plodem jsou drobné červené malvice (jeřabiny), viz Obr.28
- ▶ dekorativní vzhled, na podzim listí zbarvuje do zářivě červené barvy
- ▶ jarní pastva pro včely
- ▶ jeřabiny jsou cenný zdrojem potravy pro ptactvo a zvěř



Obr.28: Plody jeřabiny (web2.mendelu.cz)



Obr.29: Jeřáb v sídelní výsadbě (web2.mendelu.cz)

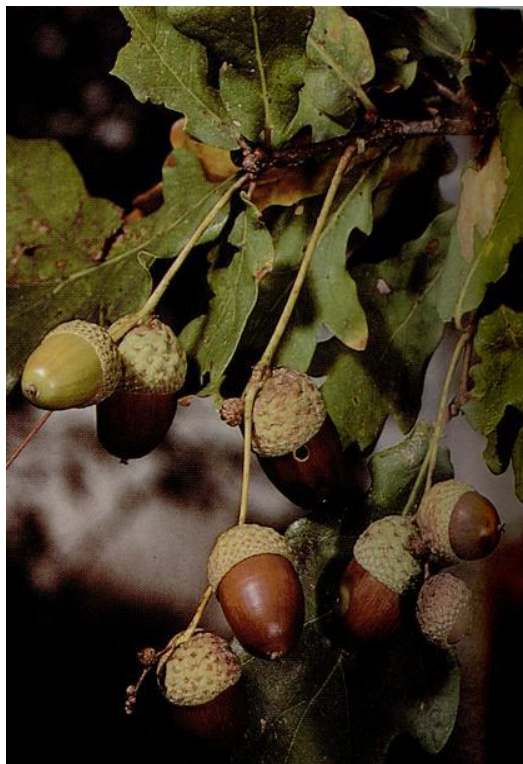
- ▶ řídká a štíhlá koruna se hodí třeba do uličních výsadeb (viz Obr.29)
- ▶ světlomilná dřevina, v mládí snášející zástin, možné uplatnění také ve skupinových výsadbách
- ▶ velké ekologické rozpětí, co se týče potřeby vody
- ▶ dobře odolává náporům větru a není náchylný na vývraty

Dub letní (*Quercus robur*)

- ▶ čeleď: bukovité (*Fagaceae*)
- ▶ křemelák
- ▶ domácí druh nižších poloh
- ▶ strom velkých rozměrů (až 40m) se silným kmenem a košatou korunou (viz obr.30)
- ▶ dožívá se vysokého věku (běžně až 400-500 let)
- ▶ značně světlomilná dřevina
- ▶ mohutná kořenová soustava starších exemplářů sahá daleko od kmene
- ▶ plodem jsou dekorativní žaludy, viz Obr.31
- ▶ odolný proti větru
- ▶ daleko sahajícím kořenovým systémem si zpřístupní vodu i z větších hloubek půdy



Obr.30: Celkový habitus (web2.mendelu.cz)



Obr.31: Plody žaludy (web2.mendelu.cz)

- ▶ do jisté míry odolává i zasolení
- ▶ značně lhostejný ke klimatickým podmínkám s výjimkou pozdních mrazů
- ▶ odolný vůči znečištěnému ovzduší a zvládá podmínky ve velkých městech
- ▶ náročný na prostor
- ▶ oblíbený druh parků a zahrad
- ▶ náročný na půdu, upřednostňuje hlubší a hlinité půdy

Javor babyka (*Acer campestre*)

- ▶ čeleď: mýdelníkovité (*Sapindaceae*)
- ▶ domácí druh nížin a teplejších oblastí
- ▶ středně velký strom (kolem 15m), často se vyskytující i jako keř
- ▶ plodem je dvounažka (viz Obr.32)
- ▶ růst je zvláště v prvních letech velmi pozvolný
- ▶ dřevina snášející zástin
- ▶ odolává znečištění prostředí a nepříznivým vlivům městského prostředí
- ▶ pro svůj menší vzrůst a drobnou korunu je vhodný jako alejový stromek nebo strom do ulic



Obr.33: Javory v uliční výsadbě (web2.mendelu.cz)



Obr.32: Plod dvounažky javoru (web2.mendelu.cz)

- ▶ velmi dobře odolává řezu, proto se využívá často i v živých plotech
- ▶ medonosná dřevina
- ▶ odolný vůči mrazu
- ▶ dobře snáší horká a suchá léta v městském prostředí
- ▶ na podzim se barví výrazně žlutě
- ▶ zvládá i výsadbu v polostinných ulicích, viz Obr.33

Jírovec maďal (*Aesculus hippocastanum*)

- ▶ čeleď: mýdelníkovité (*Sapindaceae*)
- ▶ plodem je kaštan, ukrytý v trnité tobolce
- ▶ pochází z oblasti Balkánu
- ▶ košatá koruna (viz Obr.34)
- ▶ snáší i mírné zastínění
- ▶ na podzim se sytě žlutě barví
- ▶ nápadné květy uspořádány až v 30 cm dlouhých latách (viz Obr.35)
- ▶ klimaticky odolný druh
- ▶ srovnání snímků z termokamery je znázorněno na Obr.36 a Obr.37

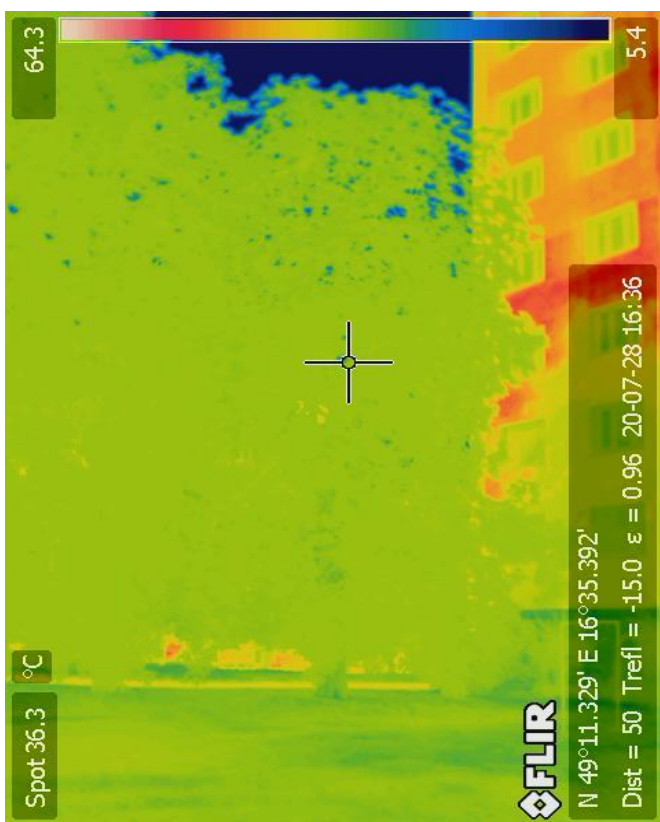


Obr.34: Květ jírovce (flickr.com)



Obr.35: Celkový habitus jírovce (biolib.cz)

- ▶ oblíbená parková dřevina
- ▶ dobře snáší městské prostředí, ale je citlivější k výfukovým plynům
- ▶ často vysazován soliterně v parcích ale i ve stromořadích
- ▶ dekorativní výraznými svícny květů, kaštany, ale také velkými listy
- ▶ existuje i několik sterilních kultivarů, které se dají využít pro uliční výsadby (netvoří totiž plody a neznečišťují tak ulice)



Obr. 36 a 37: Fotografie jírovce maďalu v sídelní zeleni ve srovnání se snímkem z termokamery.

Buk lesní (*Fagus sylvatica*)

- ▶ čeleď: bukovité (*Fagaceae*)
- ▶ domácí druh výše položených oblastí
- ▶ plodem jsou tříhranné nažky-bukvice (viz Obr.38)
- ▶ v mládí je často ohrožován mrazy
- ▶ strom velkých rozměrů se silným rovným kmenem (viz Obr.39)
- ▶ dožívá se vysokého věku (běžně 200-400 let)
- ▶ snáší sestřih a tvarování, proto se dá využít i do živých plotů
- ▶ vyžaduje dostatek vody a zvláště v letních měsících musí mít vyšší relativní vlhkost vzduchu
- ▶ středně odolný vůči znečištěnému ovzduší



Obr.38: Bukvice, web2.mendelu.cz



Obr.39: Celkový habitus buku, garden-en.com

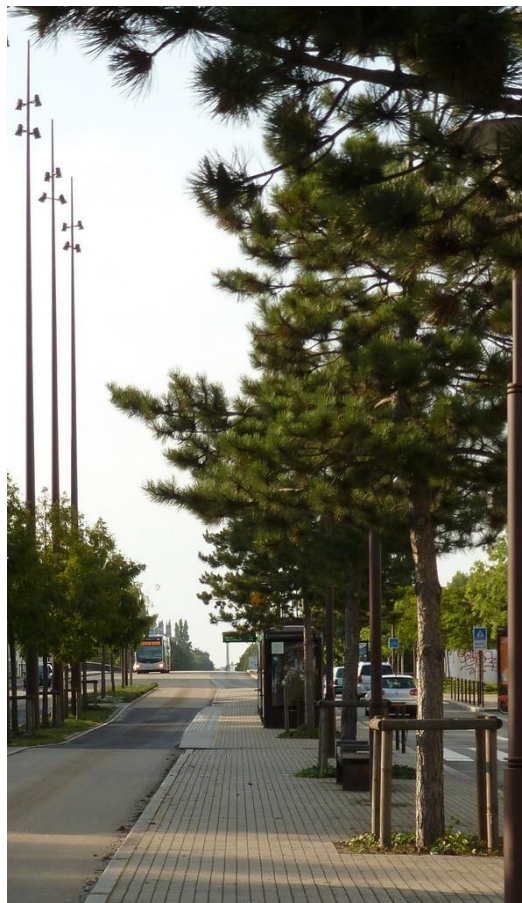
- ▶ dřevina snášejší i značné zastínění
- ▶ na podzim se barví do zlato hnědých tónů
- ▶ časté použití jako solitérní parková dřevina
- ▶ vyšlechtěna řada kultivarů, včetně převislých i s užší korunou, které jsou vhodnější do menších prostor

Borovice černá (*Pinus nigra*)

- ▶ čeleď: borovicovité (*Pinaceae*)
- ▶ statný strom pocházející z jižní Evropy
- ▶ světlomilná dřevina
- ▶ dlouhé tmavě zelené jehlice, které jsou ve svazečku po dvou
- ▶ růst je zvláště v prvních letech velmi pozvolný
- ▶ snáší mělké vysychavé půdy teplejších oblastí
- ▶ ve své domovině dobře snáší klimatické extrémy, hůře se však přizpůsobuje chladnějším oblastem
- ▶ dekorativní samičí šištice (viz Obr.38)
- ▶ zvládá růst i v půdách chudých na živiny
- ▶ srovnání snímků z termokamery je znázorněno na Obr.42 a Obr.43



Obr.40: Samičí šištice (web2.mendelu.cz)



Obr.41: Borovice v sídelní výsadbě (landscapeplants.oregonstate.edu)

- ▶ snáší znečištěné ovzduší v průmyslových oblastech
- ▶ nenáročná na vláhu
- ▶ existuje množství kultivarů, které jsou menších rozměrů a hodí se tak více pro účely městské zeleně
- ▶ oblíbená dřevina v sadovnictví a při parkové výsadbě (viz Obr.39)



Obr. 42 a 43: Fotografie borovice černé spolu s dalšími listnatými dřevinami v sídelní zeleni ve srovnání se snímkem z termokamery.

Smrk pichlavý (*Picea pungens*)

- ▶ čeleď: borovicovité (*Pinaceae*)
- ▶ pochází se Severní Ameriky
- ▶ vždyzelený nenáročný strom
- ▶ v domovině až 50m vysoký, některé kultivary jsou však vyšlechtěny do menších výšek
- ▶ tvrdé pichlavé jehlice s různým zbarvením, někdy až do stříbrna
- ▶ plodem je šišky, která na stromě setrvává až do následujícího roku (viz Obr. 44)
- ▶ typická pomalu rostoucí dřevina
- ▶ silně světlomilný druh, nesnese sebemenší zástin (viz Obr.45)
- ▶ nenáročný na půdní podmínky



Obr.44: Samičí šištice smrku (biolib.cz)



Obr.45: Habitus smrku (balconygardenweb.com)

- ▶ oblíbený zahradnický druh
- ▶ snáší i intenzivní řez
- ▶ vyšlechtěno množství kultivarů
- ▶ vhodný do městských výsadeb, často je ale ořezáván pro ozdobné větve
- ▶ odolný v městském prostředí a tolerantní k průmyslovým exhalacím

7.4 Kategorizace vybraných druhů dřevin podle rezistence k suchu

► ► **Víte že,** každý druh dřeviny je řazen do jedné ze tří skupin, na základě rezistence k suchu (R1 – nízká, R2 – střední, R3 – vysoká)? Sedm vybraných druhů tedy přísluší do následujících kategorií:

Lípa velkolistá (<i>Tilia platyphyllos</i>)	R2
Jeřáb ptačí (<i>Sorbus aucuparia</i>)	R2
Dub letní (<i>Quercus robur</i>)	R2
Javor babyka (<i>Acer campestre</i>)	R2
Jírovec maďal (<i>Aesculus hippocastanum</i>)	R2
Buk lesní (<i>Fagus sylvatica</i>)	R2
Borovice černá (<i>Pinus nigra</i>)	R1
Smrk pichlavý (<i>Picea pungens</i>)	R2

8 Zdroje

8.1 Literární zdroje

ANDREN, O., Balandreau, J. (1999) Biodiversity and soil functioning – from black box to can of worms? *Applied ecology* 13: 105 – 108.

BAROŠ, A., Čížek, M., Frantík, D. et al., 2015. Adaptace na změnu klimatu ve městech: pomocí přírodě blízkých opatření. Plzeň: Útvar koncepce a rozvoje města Plzně.
ISBN 978-80-260-9309-1

BENDOR, T., K., et al., 2017. A research agenda for ecosystem services in American environmental and land use planning. *Cities* [online],, 60: 260-271 [cit.6.12.2016].
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cities.2016.09.006>

BIRMILLI, W., Hoffmann, T., 2006. Environmental Pollutants: Particulate and Dust Pollution, Inorganic and Organic Compounds, in: *Encyclopedia of Respiratory Medicine, Four-Volume Set*. pp. 110–120.
<https://doi.org/10.1016/B0-12-370879-6/00133-2>

CAVANAGH, J.A.E., Zawar-Reza, P., Wilson, J.G., 2009. Spatial attenuation of ambient particulate matter air pollution within an urbanised native forest patch. *Urban Forestry & Urban Greening* 8, 21–30.
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2008.10.002>

CORVALÁN, C., Hales, S., McMichael, A.J., 2005. Millennium Ecosystem Assessment (Program), World Health Organization (Eds.). *Ecosystems and human well-being: health synthesis, Millennium ecosystem assessment*. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

CURRIE, B.A., Bass, B., 2008. Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model. *Urban Ecosystems* 11, 409–422.
<https://doi.org/10.1007/s11252-008-0054-y>

ESCOBEDO, F.J., Nowak, D.J., 2009. Spatial heterogeneity and air pollution removal by an urban forest. *Landscape and Urban Planning* 90, 102–110.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.10.021>

FANG, G.C., Wu, Y.S., Chang, C.N., Chang, K.F., Yang, D.G., 1999. Modeling dry deposition of total particle mass in trafficked and rural sites of central Taiwan. *Environment International* 25, 625–633.
[https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(99\)00021-5](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(99)00021-5)

FOWLER, D., Cape, J.N., Unsworth, M.H., Mayer, H., Crowther, J.M., Jarvis, P.G., Gardiner, B., Shuttleworth, W.J., Jarvis, P.G., Monteith, J.L., Shuttleworth, W.J., Unsworth, M.H., 1989. Deposition of atmospheric pollutants on forests. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences* 324, 247–265.
<https://doi.org/10.1098/rstb.1989.0047>



FREER-SMITH, P.H., Beckett, K.P., Taylor, G., 2005. Deposition velocities to *Sorbus aria*, *Acer campestre*, *Populus deltoides* × *trichocarpa* 'Beaupré', *Pinus nigra* and × *Cupressocyparis leylandii* for coarse, fine and ultra-fine particles in the urban environment. *Environmental Pollution* 133, 157–167.

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.03.031>

GHEORGHE, I.F., Ion, B., 2011. The Effects of Air Pollutants on Vegetation and the Role of Vegetation in Reducing Atmospheric Pollution, in: Khallaf, M.K. (Ed.), *The Impact of Air Pollution on Health, Economy, Environment and Agricultural Sources*. InTech, pp. 241–280.

Hicks, B.B., Baldocchi, D.D., Meyers, T.P., Hosker, R.P., Matt, D.R., 1987. A preliminary multiple resistance routine for deriving dry deposition velocities from measured quantities. *Water Air Soil Pollut* 36, 311–330.

<https://doi.org/10.1007/BF00229675>

JANHÄLL, S., 2015. Review on urban vegetation and particle air pollution – Deposition and dispersion. *Atmospheric Environment* 105, 130–137.

<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.01.052>

JENNINGS, V., Larson, L., Yun, J., 2016. Advancing Sustainability through Urban Green Space: Cultural Ecosystem Services, Equity, and Social Determinants of Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 13, 196.

<https://doi.org/10.3390/ijerph13020196>

KOLAŘÍK, Jaroslav a kol. *Péče o dřeviny rostoucí mimo les, I. díl. Vlašim: ČSOP Vlašim, 2003, 2. vyd., 261 s.*

ISBN 80-86327-36-1

LEEMANS, R., Groot, R.S. 2003. *Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and human well-being: a framework for assessment*. Island Press (Millennium assessment contribution). ISBN 9781559634021 – 245

NERUDA, J., Nevrla P., Ladra D., 2014. *Technika pro arboristy: učební text pro předměty Technika pro arboristy, Stromolezení*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 222 s.

ISBN 978-80-7375-948-3

NOWAK, D.J., 1994. *Air Pollution Removal by Chicago's Urban Forest (No. 186), Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project*. USDA Forest Service.

NOWAK, D.J., Crane, D.E., Stevens, J.C., 2006. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening* 4, 115–123.

<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.01.007>

NOWAK, D., Heisler, G., 2010. *Air quality effects of urban trees and parks*. Research Series Monograph. Ashburn, VA: National Recreation and Parks Association Research Series Monograph. 44 p. 1–44.

PEJCHAL, M., 2001. Výběr stromů pro ulice a zpevněné plochy městských sídel. In *Strom pro život – život pro strom III. Mělník: Společnost pro zahradní a krajinářskou tvorbu a Sekce pro dřeviny – Česká arboristická skupina*, s. 38–44.

PETRŮ, J., 2001. K historii stromu ve městě. In Strom pro život – život pro strom III. Mělník: Společnost pro zahradní a krajinářskou tvorbu a Sekce pro dřeviny – Česká arboristická skupina, s. 14.

PERCY, S., Lubchenco J. 2005. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends. Island Press, Washington, DC.

POWE, N.A., Willis, K.G., 2004. Mortality and morbidity benefits of air pollution (SO₂ and PM₁₀) absorption attributable to woodland in Britain. Journal of Environmental Management 70, 119–128.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2003.11.003>

ROHR, Ch., 2001. Městská zeleň neboli „Urban Forest“. In Strom pro život – život pro strom III. Mělník: Společnost pro zahradní a krajinářskou tvorbu a Sekce pro dřeviny – Česká arboristická skupina, s. 15-19.

SEJÁK J., Cudlín P., Pokorný J., Zapletal M., Petříček, V., 2010. Hodnocení funkcí a služeb ekosystémů České republiky. Fakulta životního prostředí UJEP Ústí nad Labem ISBN 978-80-7414-235-2

SIMPSON, M.G., 2019. Plant systematics (Third edition), Academic Press. ISBN: 9780128126288

TALLIS, M., Taylor, G., Sinnett, D., Freer-Smith, P., 2011. Estimating the removal of atmospheric particulate pollution by the urban tree canopy of London, under current and future environments. Landscape and Urban Planning 103, 129–138.

<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.07.003>

UNEP-WCMC (2011). Developing ecosystem service indicators: experiences and lessons learned from sub-global assessments and other initiatives. CBD Technical Series No. 58. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity

ÚRADNÍČEK, L., 2004. Lesnická dendrologie II (Angiospermae), Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta. ISBN: 80-7157760-X

ÚRADNÍČEK, L., 2018. Lesnická dendrologie I (Gymnospermae), Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta. ISBN: 978-80-7157-643-3

VAČKÁŘ, D., Frélichová J., Lorencová E., Pártl A., Harmáčková Z., Loučková B., 2014. Metodologický rámec integrovaného hodnocení ekosystémových služeb v České republice. Certifikovaná metodika. Centrum výzkumu globální změny Akademie věd ČR, v.v.i.

VOJÁČKOVÁ, B., 2013. Arboristika. In Základy Arboristiky. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, s. 70-73



WESELY, M.L., 1989. Parametrization of surface resistances to gaseous dry deposition in regional-scale numerical models. *Atmospheric environment* 23, 1293-1304.

WILKERSON, M.L., Mitchell, M.G.E., Shanahan, D., Wilson, K.A., Ives, C.D., Lovelock, C.E., Rhodes, J.R., 2018. The role of socio-economic factors in planning and managing urban ecosystem services. *Ecosystem Services* 31, 102–110.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.02.017>

ZEMEK, F., a kol., 2021. Hodnocení ekosystémových služeb veřejné sídelní zeleně, certifikovaná metodika. Ústav výzkumu globální změny AV ČR v. v. i. ISBN 978-80-87902-31-8

8 Zdroje

8.2 Internetové zdroje

Biolib [online]. [cit. 11.1.2022]. Dostupné z:

<https://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id104055/?taxonid=2378&type=1>

Botany [online]. [cit. 9.1.2022]. Dostupné z:

<https://botany.cz/>

České vysoké učení technické v Praze, Katedra technických zařízení budov. [online]. [cit. 20.1.2022]. Dostupné z:

http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/tz31/zadani/tz31-u1-sireni_hluku.pdf

Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 11.1.2022]. Dostupné z:

https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/19groc/gr19cz/04_1_PM_v1.pdf

Český hydrometeorologický ústav Brno. [online]. [cit. 14.1.2022]. Dostupné z:

<https://chmibrno.org/blog/2018/12/01/suspendovane-castice-pm-otazky-a-odpovedi/>

Fakulta životního prostředí, Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem. [online]. [cit. 11.12.2021]. Dostupné z:

<http://fzp.ujep.cz/projekty/HodnoceniFunkciASluzebEkosystemuCR.pdf>

Flickr. [online]. [cit. 11.12.2021]. Dostupné z:

<https://www.flickr.com/photos/dogmarten28/27369709577>

Fyzweb. [online]. [cit. 16.1.2022]. Dostupné z:

https://fyzweb.cz/materialy/vlachovice/2013/materialy/tesar/c-tesar-termokamera_ve_fyzice.pdf

Garden EN. [online]. [cit. 10.1.2022]. Dostupné z:

<https://www.garden-en.com/ei/en/00332-01-red-beech/>

Garden Balcony Web. [online]. [cit. 22.12.2021]. Dostupné z:

<https://balconygardenweb.com/planting-blue-spruce-blue-spruce-care-and-growing-guide/>

Gardeningknowhow [online]. [cit. 1.1.2022]. Dostupné z:

<https://www.gardeningknowhow.com/ornamental/trees/oak/water-oak-tree-care.htm>

HYDAP Czechglobe. [online]. [cit. 7.1.2022]. Dostupné z:

<http://hydap.czechglobe.cz/cs/o-projektu>

Kancelář architekta města Brna. [online]. [cit. 22.1.2022]. Dostupné z:

<https://kambrno.cz/>

Mapserver CzechGlobe. [online]. [cit. 1.12.2021]. Dostupné z:

<https://mapserver.czechglobe.cz/mapa>

Mezi stromy. [online]. [cit. 1.1.2022]. Dostupné z:

<https://www.mezistromy.cz/les-a-stromy/mestska-zelen>

Ministerstvo životního prostředí České republiky [online]. [cit. 10.12.2021]. Dostupné z:

[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/vestnik_2017/\\$FILE/SOTPR_Priloha_Vestnik_Kveten_1706_09.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/vestnik_2017/$FILE/SOTPR_Priloha_Vestnik_Kveten_1706_09.pdf)

Ministerstvo zemědělství České republiky [online]. [cit. 10.12.2021]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/obnovitelne-zdroje-energie/biomasa/>

Ministerstvo zdravotnictví České republiky [online]. [cit. 10.12.2021]. Dostupné z: <https://www.mzcr.cz/hlukove-mapy/>

Oregon State University. [online]. [cit. 19.1.2022]. Dostupné z: <https://landscapeplants.oregonstate.edu/plants/pinus-nigra>

United States Environmental Protection Agency. [online]. [cit. 17.1.2022]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>

Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i., Oddělení společenského rozměru globální změny [online]. [cit. 13.12.2021]. Dostupné z: <http://www.ecosystems-services.cz/userfiles/page/246/72fc39cc8d8e7f501934794636059d8c.pdf>

Státní zdravotní ústav [online]. [cit. 3.1.2022]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/co-je-to-hluk-a-jak-se-meri>

Portál životního prostředí hlavního města Prahy. [online]. [cit. 6.1.2022]. Dostupné z: https://portalzp.praha.eu/jnp/cz/hluk/hlukove_mapovani/index.xhtml

The World Bank Data. [online]. [cit. 11.1.2022]. Dostupné z: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?locations=CZ>

UK National Ecosystem Assessment. [online]. [cit. 1.1.2022]. Dostupné z: <http://uknea.unep-wcmc.org/EcosystemAssessmentConcepts/tabid/98/Default.aspx>

Researchgate. [online]. [cit. 9.1.2022]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Morphological-characteristics-of-pollen-grains-A-Carpinus-L-B-Corylus-L-CAlnus_fig1_338823256

Vectorstock. [online]. [cit. 7.1.2022]. Dostupné z: <https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/modern-city-view-cityscape-and-park-vector-13429026>

Washington State Democrats. [online]. [cit. 10.1.2022]. Dostupné z: <https://housedemocrats.wa.gov/ramos/2020/03/09/legislative-news-legislature-passes-ramos-bipartisan-carbon-sequestration-bill/>

Web2 Mendelu. [online]. [cit. 30.11.2021- 20.1.2022]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/systematika/ucebni_text/system/
https://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/systematika/ucebni_text/system/krytosemenne/dvodelozne/lipovite/fotky/Tilia_platyphyllos_kvety_HS.jpg
https://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/systematika/ucebni_text/system/krytosemenne/dvodelozne/ruzovite/fotky/Sorbus_aucuparia_plody_HS.jpg
https://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/systematika/ucebni_text/system/krytosemenne/dvodelozne/bukovite/fotky/Quercus_robur_plody_FL.jpg
https://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/systematika/ucebni_text/system/krytosemenne/dvodelozne/javorovite/fotky/Acer_platanoides_plody_HS.jpg
https://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/systematika/ucebni_text/system/krytosemenne/dvodelozne/bukovite/fotky/Fagus_sylvatica_plody_HS.jpg