Inovativní návrh zeleně

Innovative greenery project

INOVATIVNÍ NÁVRH ZELENĚ

(Innovative greenery project – O 5.1.1)

Zpracovali:

doc. Ing. Miloš ZAPLETAL; Dr., Ing. Pavel SAMEC, Ph.D.;

Mgr. Vít KAŠPAR; Bc. Pavlína VÍCHOVÁ

Slezská univerzita v Opavě, Fyzikální ústav

Mgr. Karel DOLEŽAL, Dr., DSc.

Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, CRH - Odd. chemické biologie a genetiky

Mgr. Jiří BÍLEK, Ph.D.

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Institut environmentálních technologií

Obsah

1. Úvod 3
2. Východiska 3
3. Principy inovativní výsadby zeleně 7
   3.1 Výběr druhů 7
   3.2 Kompozice 10
   3.3 Inovativní ošetření výsadby 20
   3.4 Monitoring záchytu škodlivin 24
4. Závěr 34
5. Literatura 35

1. Úvod

Ostrava, třetí největší město České republiky, je metropolí Moravskoslezského kraje, který leží na severovýchodě země a je rovněž důležitou součástí středo-východoevropské průmyslové aglomerace s téměř 5 miliony obyvatel žijících ve vzdálenosti 100 km v české, polské a slovenské části aglomerace.

Od založení prvních železáren v roce 1828 se Ostrava stala významným průmyslovým centrem země, nicméně rozsah industrializace a koncentrace těžkého průmyslu ve druhé polovině 20. století překročil hranici únosnosti a způsobil vážné škody na životním prostředí, včetně enormního znečištění ovzduší. Přes restrukturalizaci odvětví a četných účinných opatření přijatých ke zlepšení situace (výsledkem bylo téměř 90% znečištění), zůstává kvalita ovzduší jedním z největších environmentálních problémů města a město patří k nejvíce znečištěným v Evropě.

Dlouhodobě přetrvávající nižší kvalita ovzduší vede město i region k implementaci různorodých opatření na zlepšení situace. Projekt CLAIRO umožňuje propojení výzkumných aktivit tří nejvýznamnějších regionálních univerzit za spolupráce veřejných a neziskových institucí a rovněž zapojení veřejnosti za účelem přenosu inovativních přístupů do rozvoje města.

2. Východiska

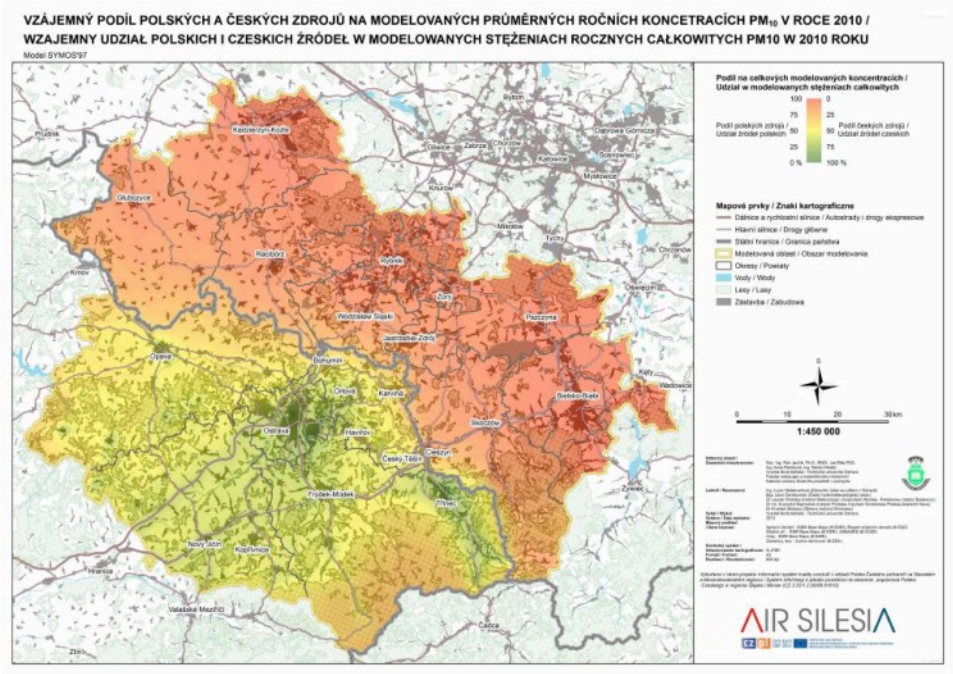
Podle výsledků uvedených v databázi ISKO ČHMÚ pro řízení kvality ovzduší docházelo do roku 2014 u suspendovaných částic PM_{10} a $PM_{2,5}$ k překračování platných imisních limitů na většině monitorovacích stanic v Ostravě. Překročena byla hodnota ročního imisního limitu 40 $\mu g/m^3$, limit 50 ug/m^3 pro denní koncentraci PM_{10} byl překročen více než 35x na většině ostravských stanic již dubnu. V roce 2018 byla průměrná roční koncentrace na stanici Ostrava Radvanice ZU (ISKO 1650) 44 ug/m^3 (110 % limitu) a stanice se umístila na 1. místě v přehledu stanic s překročením platného limitu PM_{10}. U $PM_{2,5}$ byla naměřena průměrná roční koncentrace 36,8 ug/m^3 (148 % limitu). Denní limit byl na stanici ISKO 1650 překročen 89x a na stanici ISKO 1940 (Radvanice OZO) 70x. (Tabelární ročenka ISKO ČHMÚ 2019)

Nejzávažnější škodlivinou v oblasti je benzo(a)pyren, který může poškodit zdraví. Roční limitní koncentrace je 1 ng a na obou stanicích v Radvanicích je trvale překračována. V roce 2018 byla na stanici ISKO 1650 - 7,7 ng/m^3 a na stanici ISK0 1940 - 4,7 ng/m^3. Tato situace se dlouhodobě nemění a představuje zvýšené zdravotní riziko.

Jihovýchodní část Ostravy patří mezi imisně nejhorší lokality v ČR, souvisí to s kumulací průmyslových zdrojů a lokálního vytápění. Zároveň tvar údolí umožňuje zadržení emisí v lokalitě, pokud neproudí vítr.

Vzhledem k závažnosti tohoto problému je kvalita ovzduší pro město Ostravu přirozeně klíčovou prioritou.

Mezinárodní studie Air Silesia, Air Boarder, Air Region prokázaly, že hlavními zdroji znečištění ovzduší v Ostravě jsou stacionární zdroje (hutní výroba a výroba energie), zdroje vytápění domácností a doprava. V případě Ostravy je čtvrtým hlavním faktorem přeshraniční znečištění z nedaleké průmyslové aglomerace Katowice (Polsko). Situaci v Ostravě zhoršují místní klimatické / meteorologické podmínky – konkrétně výskyt relativně dlouhých období bez větru, které vedou k zdlouhavým inverzím v zimních měsících, které zvyšují koncentrace znečišťující látky bez ohledu na pokles emisí.



Vliv zdrojů znečišťování ovzduší na česko-polské hranici – model pro PM_{10}, zdroj: AIR SILESIA Interreg V-A, VŠB TU Ostrava

Studie prokázaly, že dochází k jasné transmisi na území sousedního státu. Většinou v létě proudí znečištění do Polka a v zimě do Česka. Množství vyměněného znečištění je podobné, v zimě však dochází k výrazné kumulaci v čase a díky tomu mohou vznikat významné smogové epizody.

Řešené území se nachází na dvou vybraných lokalitách v katastrálních územích městských částí Radvanice (715018) a Bartovice (715085) v ostravské aglomeraci, jakožto v nejvíce postižených lokalitách, co se koncentrací škodlivin v ovzduší týká.

Lokalita Radvanice je sestavena ze čtyř sousedících parcel orné půdy 2601, 2626, 2631 a 2632. Toto řešené území různorodější a z pohledu druhové pestrosti bohatější. Roztroušeně se zde nacházejí solitérně rostoucí dřeviny a menší porosty. Do okrajů řešeného území zasahují stávající lesní porosty. Na této lokalitě je oproti Bartovicím zastoupeno i bylinné patro. Území je podstatně vlhčí, což se projevuje výskytem vlhkomilných

druhů dřevin především v okolních porostech. Jedná se například o vrby a olše. Nachází se zde několik technických prvků zajišťující monitoring kvality ovzduší. Celková rozloha v Radvanicích je 12 175,5 m^2.

Lokalita v Bartovicích je představována západním až jihozápadním okrajem deponie průmyslových odpadů na parcele 1217. Na tomto řešeném území se v současné době nenachází žádné technické ani vegetační prvky. Jedná se tedy o naprosto prázdnou plochu. V těsné blízkosti východně od řešeného území jsou již realizovány nové výsadby dřevinných vegetačních prvků, západně vede polní cesta. Celková rozloha v Bartovicích dosahuje 8 000 m^2.

Kromě obecných zásad tvorby zelené infrastruktury vycházející z lokální půdní asociace a původnosti druhů v místním regionu, by měla zelená infrastruktura zohledňovat i maximální mitigaci znečištění ovzduší a záchyt polutantů.

Primárně vegetace odstraňuje suspendované částice a jiné polutanty záchytem na povrchu listů (Cavanagh et al., 2006). Množství sedimentovaných částic přitom mj. závisí na velikosti, resp. hmotnosti suspendovaných částic a rychlosti proudění (Janhäll, 2015). Po sedimentaci na listech se mohou jemné částice menší než 1 µm dále infiltrovat přes listová stomata do mezibuněčných prostorů, kde mohou být dále absorbovány. Většina zachycených částic však zůstává zachována na povrchu vegetace. Zachycené částice jsou často následně resuspendovány do atmosféry, vymyty srážkami nebo deponovány na zem při opadu list (Nowak et al., 2006).

Kromě toho ovlivňuje městská vegetace koncentraci suspendovaných částic v ovzduší i nepřímo změnou atmosférického prostředí ve městech. Hlavní mechanismem je zejména snížení rychlosti proudění vzduchu (Froelich, Schmid. 2006). Vegetace slouží jako efektivní větrolam, kdy na závětrné straně dochází kvůli poklesu rychlosti proudění k depozici suspendovaných částic na zem a celkovému snížení jejich koncentrace v ovzduší (Raupach et al. 2001). Vegetace dále modifikuje i místní tepelné podmínky. Lokální snížení denních teplot je dáno zejména omezeným množstvím procházejícího slunečního záření skrz korunový zápoj a zvýšenou evapotranspirací (Löfvenius 1993). Teplot vzduchu je přitom prekurzorem mnoha polutantů, její snížení má vliv tedy vliv i snížení koncentrací polutantů v ovzduší.

Oba mechanismy snížení znečištění ovzduší jsou podmíněny strukturou porostu. Důležitými aspekty jsou přitom tvar a rozložení listů a jehlic, tak jako drsnost na jejich povrchu (Florentina and Io, 2012). Rozhodující nejsou pouze vlastnosti rostlinných orgánů a jejich uspořádání, ale i celková struktura porostu, jako výška a hustota zápoje, tvar koruny a prostorové uspořádání větvení (Litschke a Kuttler, 2008). Obecně platí, že čím větší povrch zelené hmoty na jednotku plochy, tím větší záchyt polutantů. V důsledku toto jsou vzrostlé dřeviny s hustým několikapatrovým zápojem oproti nízké vegetaci, tvořenou jen bylinným patrem, výrazně účinnější (Lovett 1994; Powe a Willis, 2004, Nowak a Heisler, 2010).

Důležitým faktorem zeleně je i roční variability její strukturních vlastností během roku. Experimentální pokusy ukázaly významně vyšší záchyt polutantů na povrchu stálezelených dřevin v průběhu roku, oproti opadavým dřevinám, u kterých je mimo vegetační sezónu jejich schopnost záchytu limitována (Freer-Smith et al., 2005).

Významný redukční efekt mohou představovat i ozeleněné stěny výškových budov, tzv. vertikální zahrady (Pugh et al., 2012). Často se totiž v ulicích hustě zastavěného městského prostředí může vyskytnout jev, při kterém je proudění vzduchu zpomaleno bočními stěnami budov, čím dochází k větší koncentraci polétavého prachu v meziprostoru. Strategické umístění těchto zeleněných stěn však může efektivně toto znečištění zachytávat. Podobně příznivý dopad může způsobit i výsadba vegetace na střechách budov (Currie and Bass, 2008).

3. Principy inovativní výsadby zeleně

3.1 Výběr druhů

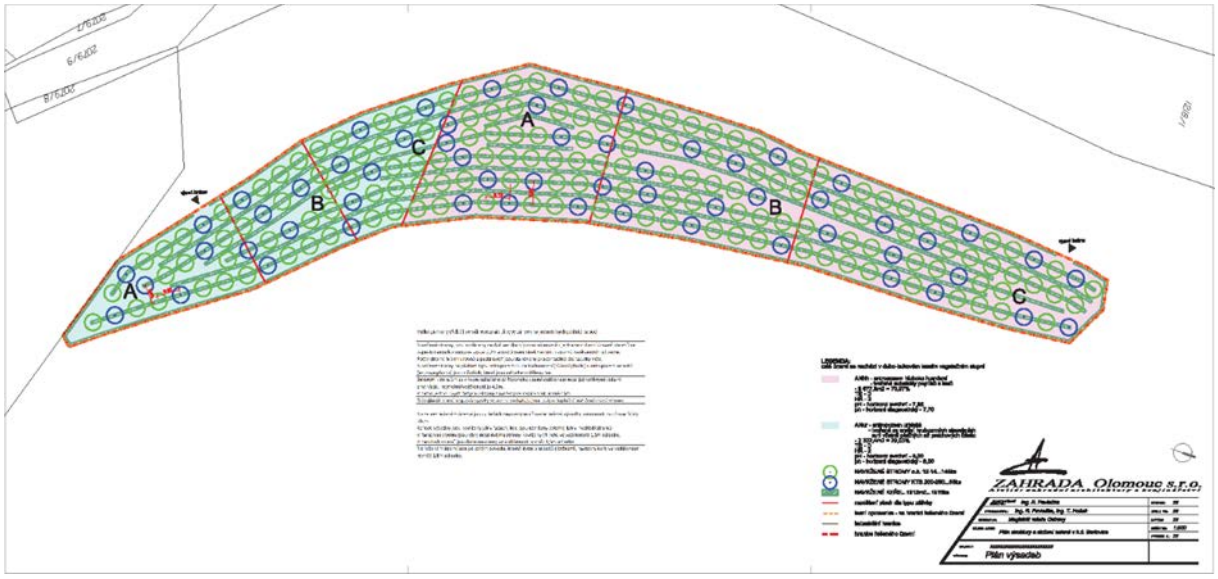
Výběr rostlinných druhů zeleně probíhal na základě dostupných vědeckých materiálů o výsadbě zelené infrastruktury v sídelních oblastech. Struktura vysazované zeleně byla navržena pro sledování funkce filtrace ovzduší a odolnosti v průmyslově zatížených oblastech. Splnění cílů experimentu spočívalo v návrhu souvisle zapojeného diferencovaného společenstva dřevin. Návrh pěstování souvisle zapojeného dřevinného společenstva bylo převzato podle kritérií lesního hospodářství. Využita byla kritéria stanovištní diferenciace, návrhu směsí dřevin a hustoty výsadby.

Návrh struktury společenstva dřevin byl zaměřen na stanovištně odpovídající dřeviny ve směsích s podobnými ekologickými nároky včetně patrovitosti, poskytnutí ekologického krytu a zefektivnění filtrace ovzduší. Ekologický kryt a maximalizace záchytu znečišťujících látek bude zajišťován prostřednictvím pěstování dřevin v souvislém zápoji.

Parametry kompozice druhového složení byly stanoveny s ohledem na ekologické vazby jednotlivých druhů a jejich nároky na dané stanoviště, které bylo charakterizováno půdním rozborem. Jednotlivé druhové směsi jsou růstově a nárokově kompatibilní – jednotlivá patra si nekonkurují růstem a agresivitou a podrost snáší přistínění. Uspořádání druhů vůči sobě nehraje žádnou významnou roli, nicméně pro plošné pravidelnější rozložení se bude sázet podle přesného výsadbového schématu. Rozložení vyšších dřevin oproti podrostním dřevinám a jejich pravidelnější rozmístění na ploše zajišťuje dobrou účinnost zachytávání exhalací.

Experimentální šetření je prostředkem k ověření funkcí zeleně v oblasti výsadby před celoplošným zavedením. Rozsah experimentu je uzpůsoben převládajícím růstovým podmínkám včetně environmentálních zátěží v oblasti plánované výsadby (obr. 1). Pro statisticky dostatečně pravděpodobné ověření je nezbytné dosáhnout souvisle zapojeného porostu. Experiment probíhá jako srovnání výchozího stavu bez dostatečně funkční zelené infrastruktury se změnou po dosažení růstově vyrovnaných stádiích v několika variantách druhové směsi a struktury (obr. 2).

Obr. 1. Plán výsadby dřevin na experimentální lokalitě městském obvodu Ostrava-Radvanice je situován do zachovaných stanovištích podmínek typických pro širší region Ostravské pánve, kde navrhovaná skladba porostů sestává z geograficky původních druhů.



Obr. 2. Plán výsadby dřevin na experimentální lokalitě městském obvodu Ostrava – Bartovice je situován na antropogenní tvary z odpadových hmot, kde navrhovaná skladba porostů je založena na srovnání směsí nepůvodních odolných druhů a geograficky původních pionýrských druhů.

Postup návrhu struktury zeleně I zahrnuje kritéria sadebního materiálu, alelopatie a doplňování kultur:

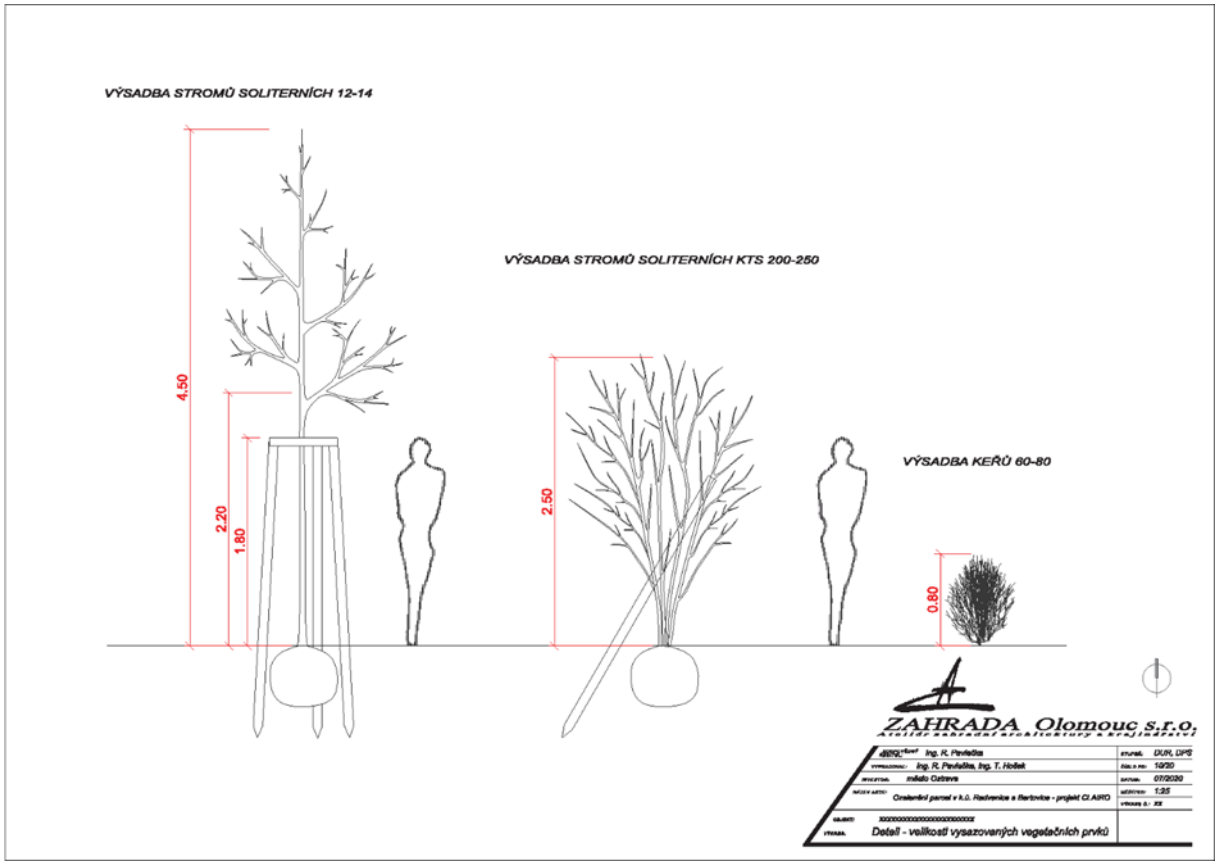
• Sadební materiál je vysazován v podobě charakterizované územně příslušnými normami. K výsadbě jsou využívány výpěstky s balem.

• Preferovány jsou nešlechtěné formy rostlin s výjimkou experimentu srovnávajícího původní a nepůvodní rostlinné formy. Domácí rostlinné druhy jsou výhradně vybírány z geograficky původních nešlechtěných populací pro zachování genofondu. Šlechtěné formy jsou přípustné pouze v případě nedostupnosti nešlechtěných forem u navržených nepůvodních druhů.

• Upřednostnění sadebního materiálu pěstovaného ve stanovištně odpovídajících podmínkách. Přenos reprodukčního materiálu je přípustný jen v souladu s mezinárodním právem nebo národními zákony.

• Rozlišení stromových pater a keřového patra. Stromová patra jsou rozdělena na hlavní úroveň a podúroveň.

• Upřednostnění stromů vysokých do 4 m pro hlavní úroveň a do 3 m pro podúroveň. Pokud kterýkoli druh stromu požadované výšky není na trhu dostupný v dostatečném počtu anebo v případě nutnosti vylepšení kultury po náhlém úhynu více než 20 % jedinců, zbývající část typu stanoviště bude osázena odrostky nebo poloodrostky všech dřevin stejných druhů v přizpůsobeném sponu (obr. 3). V případě nedostupnosti dostatečného počtu stromů budou dodané stromy rovnoměrně vysázeny do každého vymezeného polygonu varianty ošetření zeleně a zbývající plochy doplněny (polo)odrostky. U keřů není doplňování uhynulých jedinců uvažováno.



Obr. 3. Preferované výšky vysazovaných výpěstku stromů a keřů pro experimentální šetření v antropogenně narušených podmínkách průmyslových oblastí.

Upřednostnění druhů se zvýšenou odolností vůči znečištění ovzduší. Odolnost dřevin byla zjednodušena na klasifikaci míry snášenlivosti zátěže depozice síry a dusíku, troposférického ozonu a pevných prachových částic. V průmyslových oblastech se zvýšenými koncentracemi troposférického ozonu je nutné při návrhu tvorby zelené infrastruktury dbát i na citlivost navrhované zeleně vůči tomuto znečištění. Hodnocení citlivosti vegetace vůči troposférickému ozonu vychází z Metodiky hodnocení viditelného poškození vegetace vyvolaného účinky přízemního ozonu (Novotný et al., 2009). Preference jehličnatých neopadavých druhů dřevin, které mohou zachytávat znečištění celoročně.

Výběr druhů byl podmíněn maximalizací listové plochy, na které probíhá filtrace ovzduší. Upřednostněny byly druhy s hustě větvenou korunou a velkým objemem zelené hmoty, které byly doplněny jehličnatými neopadavými druhy dřevin, které mohou zachytávat znečištění celoročně.

3.2 Kompozice

Parametry kompozice druhového složení byly stanoveny s ohledem na ekologické vazby jednotlivých druhů a jejich nároky na dané stanoviště, které bylo charakterizováno půdním rozborem.

Jednotlivé druhové směsi jsou růstově a nárokově kompatibilní – jednotlivá patra si nekonkurují růstem a agresivitou a podrost snáší přistínění. Uspořádání druhů vůči sobě nehraje žádnou významnou roli, nicméně pro plošné pravidelnější rozložení se bude sázet podle přesného výsadbového schématu. Rozložení vyšších dřevin oproti podrostním dřevinám a jejich pravidelnější rozmístění na ploše zajišťuje dobrou účinnost zachytávání exhalací.

Kompoziční složení navrhované zeleně spočívalo v prostorové diferenciaci vícepatrového zastoupení společenstev stromů a keřů. Výběr zahrnoval kritéria:

1) Rozlišení dvou stromových pater a keřového patra za účelem maximalizace hustoty zápoje v místech s nejvyšším dosahovaným znečištěním. Stromová patra jsou rozdělena na hlavní úroveň a podúroveň.

2) Upřednostnění stromů vysokých do 4 m pro hlavní úroveň a do 3 m pro podúroveň.

3) Minimální rozestupy mezi stromy při uvážení jejich prostorových nároků ve vzrostlém stavu. Návrh výsevu probíhal v rovnoměrně pravidelné sítě (ideálně hexagonální).

Viz také 3.1 Výběr druhů a obr.1, 2, 3.

Pro výzkum je hlavním přínosem, že může zkoumané veličiny porovnávat na rozdílných typech druhově odlišných porostů.

Navržené řešení je aplikovatelné na dalších plochách, které mají podobné půdní vlastnosti.

Hlavní přínos zvolené kompozice je přiměřená odolnost druhových směsí vůči suchu a účinnost pro zachytávání prachových částic během celého roku díky příměsi jehličnatých dřevin.

Jedním z mnoha přínosů městské zeleně je její schopnost odebírat z ovzduší škodlivé látky a tím zmírňovat zdravotní problémy, které tyto látky při vyšších koncentracích způsobují. Jedná se zejména o ozon, oxidy dusíku (NO_x) a prachové částice (PM_x), jež mají negativní vliv na lidské zdraví a zatěžují životní prostředí.

Městská zeleň má velký vliv na zlepšení kvality ovzduší, což potvrzují mimo jinými např. Nowak (1994) či Beckett et al. (2000). Vliv vegetace na záchyt suspendovaných částic závisí na jejích vlastnostech. Důležitým aspektem jsou přitom tvar a rozložení listů a jehlic, tak jako drsnost na povrchu (Florentina and Io, 2012). Rozhodující nejsou pouze vlastnosti rostlinných orgánů, ale i celková struktura porostu, například výška, zápoj a prostorové uspořádání větvení (Litschke a Kuttler, 2008). Obecně platí, že čím větší povrch zelené hmoty, tím větší záchyt škodlivých látek. V důsledku toho jsou vzrostlé stromy oproti nízké vegetaci, tvořenou jen bylinným patrem, účinnější (Lovett 1994; Powe a Willis, 2004). Kiss et al. (2015) zjistil, že se průměrná hodnota zachycení souboru znečišťujících látek jedním stromem pohybuje mezi 200–400 g/rok. Celkově mohou oblasti s větším zastoupením stromů v městském prostředí, jako například v parcích a zahradách, dosahovat až čtyřikrát příznivější kvality ovzduší oproti okolí (Nowak a Heisler, 2010). Tak jak se mění vlastnosti vegetace během roku, vykazuje i záchyt částic vegetací značnou sezónní variabilitu. Experimentální pokusy ukázaly významně vyšší záchyt částic jehličnatými stromy v průběhu roku, oproti stromům listnatým, u nichž po opadání listů mimo vegetační sezonu výrazně klesá schopnost záchytu částic (Freer-Smith et al., 2005).

Byla vyhodnocena schopnost záchytu látek znečišťujících ovzduší na příkladu O_3, NO_x a PM_{10} u stávající a navrhované urbánní zeleně různých typů a různého umístění za využití modelových ploch na území města Ostravy. Odlišné typy vegetace mají podle provedeného dendrometrického šetření (výška, střední průmět koruny) a zjištěného druhového zastoupení a zdravotního stavu rozdílný index listové plochy (LAI). Byla provedena podrobná inventarizace vegetace a byly aproximovány hodnoty LAI a výšky porostu v malém detailu. Díky tomu bylo možné modelovat záchyt stávající a navrhovanou zelení na obou lokalitách (Radvanice, Bartovice) v podrobné síti 1 x 1 m.

Současná vegetace

Pozemní průzkum stávající vegetace byl na zájmové lokalitě A – Radvanice proveden v srpnu a září 2019. Na lokalitě B – Bartovice bylo po terénním průzkumu shledáno, že se na dané ploše nenachází žádná vegetace, která by měla výrazný vliv na záchyt látek znečišťujících ovzduší, a proto byl výsledný záchyt ve stavu současné vegetace stanoven jako nulový.

Průzkum vegetace byl na lokalitě A – Radvanice rozdělen do biotopů travo-bylinných společenstev a výskytů dřevin. Travo-bylinná společenstva byla tvořena druhy Arrhenatherum elatius and Poa trivialis a dosahovala průměrné výšky 0,3 metru nad povrch. Výskyty dřevin byly inventarizovány jako osamoceně rostoucí stromy či keře (solitér) nebo shluky více dřevin (společenstvo). Osamoceně rostoucí dřeviny byly rozpoznány pomocí morfologických znaků dle San-Miguel-Ayanz et al. (2016). U všech dřevin byl zjištěn taxon, pomocí digitálního výškoměru s ultrazvukovým dálkoměrem změřena výška (h), dále pak střední průmět koruny (dk) a klasifikován zdravotní stav na základě nespecifických symptomů poškození kmene, koruny, růstových poruch větvení a výskytů dřevokazných hub nebo hnilob (Korf 1972; Kandler a Innes 1995). Shluky dřevin byly charakterizovány pomocí střední výšky porostu, průměru korun a četnosti výskytů nespecifických poškození (Keller et al. 1997). Průmět korun zapojených společenstev dřevin byl odečten jako nejdelší osa shluku. Zjištěné charakteristiky stávající vegetace na základě pozemní inventarizace shrnuje Tab. 1.

Tab. 1. Přehledová tabulka charakteristik dřevin na základě pozemní inventarizace, lokalita A – Radvanice.

Identifikační číslo	Výskyt	Taxon (dominantní)	Výška koruny (m)	Střední průměr koruny (m)	Poškození (%)
1	solitér	*Salix caprea*	12	7	26 – 50
2	solitér	*Crataegus monogyna*	6	4	11 – 25
3	solitér	*Juglans regia*	8	7	1 – 10
4	solitér	*Juglans regia*	13	10	1 – 10
5	společenstvo	*Juglans regia*	12	13	11 – 25
6	společenstvo	*Crataegus monogyna*	10	7	11 – 25
7	solitér	*Juglans regia*	11	10	1 – 10
8	solitér	*Juglans regia*	9	6	1 – 10
9	solitér	*Crataegus monogyna*	8	6	1 – 10
10	solitér	*Acer negundo*	11	7	1 – 10
11	společenstvo	*Salix caprea*	14	20	1 – 10
12	společenstvo	*Alnus glutinosa*	30	20	26 – 50
13	společenstvo	*Fraxinus sp.*	25	14	26 – 50
14	společenstvo	*Alnus glutinosa*	22	4	11 – 25
15	společenstvo	*Acer negudo*	10	3	1 – 10

16	společenstvo	*Salix caprea*	13	33	1 – 10
17	společenstvo	*Populus tremula*	25	11	11 – 25
18	společenstvo	*Populus tremula*	25	5	11 – 25
19	společenstvo	*Salix Fragilis*	20	6	11 – 25

Jednotlivé dřevin byly polohovány na základě vektorizace leteckého ortofoto snímku v rozlišení 0,2 metrů, pořízeného v roce 2018 Českým úřádem zeměměřickým a katastálním. Jejich polohu v rámci lokality A – Radvanice znázorňuje obr. 4.

Obr. 4. Přehledová mapa stávající vegetace v zájmové lokalitě A – Radvanice. Podklad tvoří ortofotomapa z roku 2018 distribuovaná Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním. Čísla odpovídají identifikačním číslům v Tab. 1.

Navrhovaná vegetace

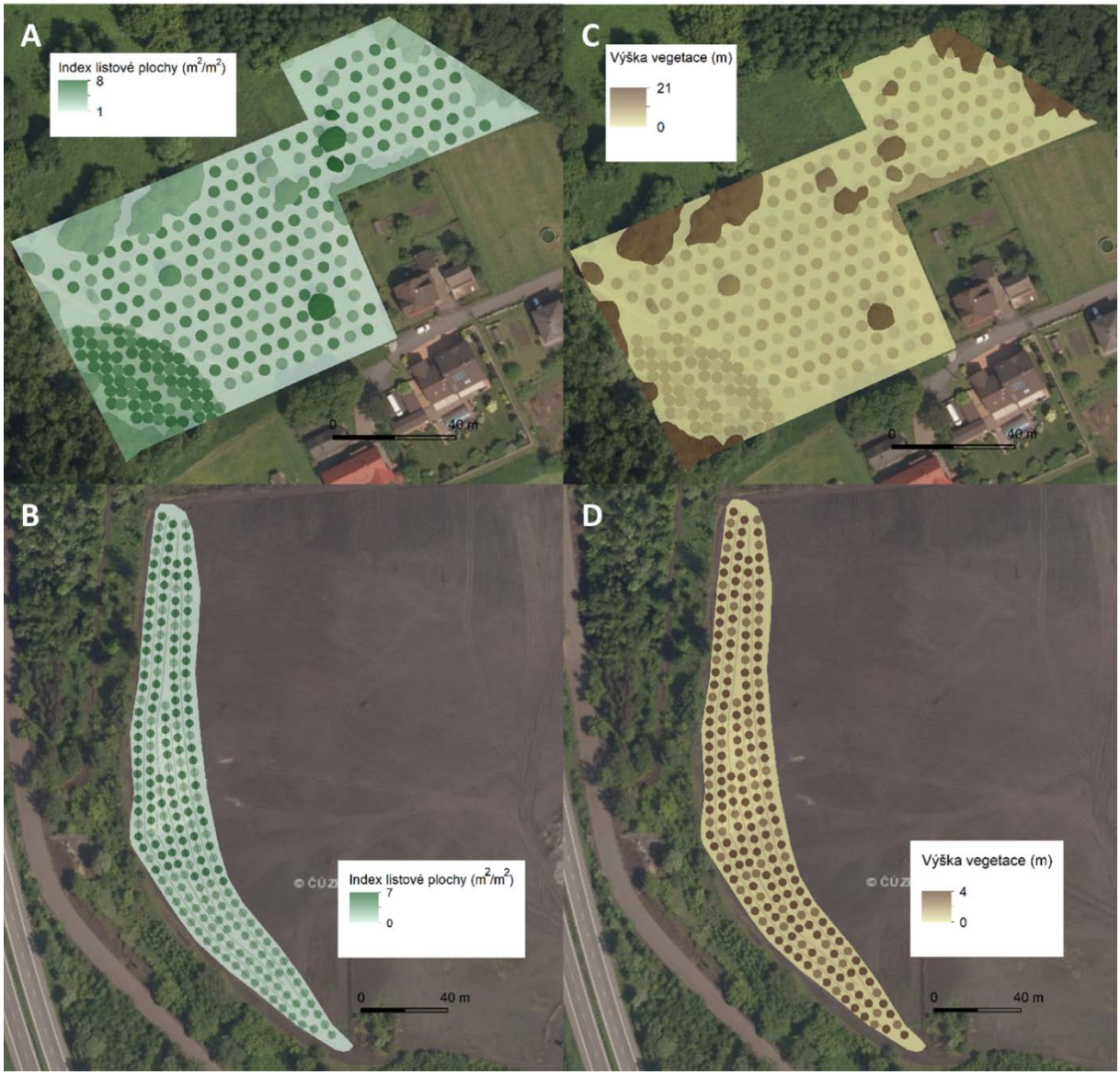
Stanovení charakteristik navrhované vegetace vycházelo z předpokládaných atributů a druhového složení uvedeného v podkladové dokumentaci plánu výsadby. Byly rozlišeny atributy: výška navrhované výsadby, druhové složení a střední průmět koruny. Zdravotní stav byl u nově vysazované výsadby předpokládán jako výborný, tj. bez poškození. Výška vegetace byla určena 4,5 metry pro solitérní dřeviny hlavní vertikální úrovně, 2,5 metry pro vícekmenné dřeviny podúrovně a 0,80 metru pro keře. Střední průmět koruny byl určen na 4 m.

Prostorové uspořádání výsadby bylo vymezeno na základě výkresů plánu výsadeb, které byly georeferencovány do GIS prostředí pomocí hraničních bodů katastrálních parcel. Jednotlivé vysazované stromy byly vektorizovány a přiděleny jim výše uvedené atributy (Obr. 5 a 6).

Obr. 5. Rozložení navrhované vegetace v lokalitě A – Radvanice, vektorizované na základě dokumentace plánu výsadby. Podklad je tvořen leteckým ortofoto snímkem z roku 2018.

Obr. 6. Rozložení navrhované vegetace v lokalitě B – Bartovice, vektorizované na základě dokumentace plánu výsadby. Podklad je tvořen leteckým ortofoto snímkem z roku 2018.

Na základě těchto atributů byly podobně jako v případě současné zeleně stanoveny pro navrhovanou vegetaci vstupní parametry LAI a výška porostu. V místech vysázení keřů byla hodnota LAI stanovena rovna 1,5. V místech s bylinným, keřovým a stromovým patrem, byly všechny hodnoty LAI sčítány. V případě parametru výšky porostu byla vzata hodnota nejvyšší výšky vegetace v daném místě. Na závěr byly stanoveny hodnoty LAI pro navrhovanou a současnou vegetaci včetně, a to součtem hodnot LAI v obou stavech. U parametru výšky porostu byla z obou stavů vzata hodnota nejvyšší výšky vegetace v daném místě (Obr. 7).



Obr. 7. Vstupní parametry LAI (Index listové plochy m^2/m^2), (A, B) a výška porostu (m), (C, D) pro navrhovanou a současnou vegetaci (včetně).

Záchyt ozonu, oxidů dusíku a částic PM_{10} vegetací

Kvantifikace záchytu (Q) znečišťující látky stávající a navrhovanou vegetací v daném místě (Radvanice, Bartovice) během určitého časového období (září – říjen 2019) byla vypočtena podle (Janhäll, 2015):

Q=LAIxFxT,

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).

Depoziční tok (F) plynů a částic byl stanoven z naměřených koncentrací těchto složek a z odpovídajících depozičních rychlostí:

F = vd(z)c(z),

kde F je depoziční tok plynů a částic na jednotku plochy (g m^2 s^{-1}), vd je depoziční rychlost složky (m s^{-1}) a c(z) je koncentrace složky ve výšce z nad zemí (g m^{-3}). Koncentrace jednotlivých složek byla naměřena senzory. Depoziční rychlosti plynů a částic byly modelovány pomocí několikanásobného rezistenčního modelu (Zapletal, 2006) z meteorologických dat a charakteristik zeleně.

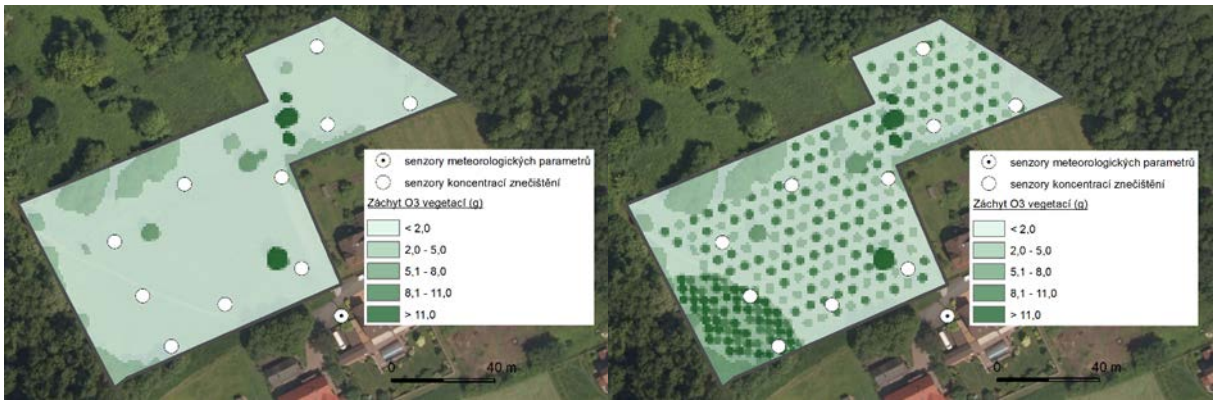
V Tab. 2. Je uvedena celková listová plocha (m^2) a celkový záchyt O_3, NO_x a PM_{10} (kg) současnou vegetací, navrhovanou vegetací a navrhovanou a současnou vegetací včetně na dvou zájmových lokalitách Radvanice, Bartovice v průběhu září a října 2019. Na obr. 8 až 10 je zobrazen záchyt O_3 (g), NO_x a PM_{10} současnou a navrhovanou vegetací (včetně současné) v síti 1 x 1 m na lokalitě A – Radvanice. Na obr. 11 až 13 je zobrazen záchyt O_3 (g), NO_x a PM_{10} současnou a navrhovanou vegetací (včetně současné) v síti 1 x 1 m na lokalitě B – Bartovice.

Tab. 2. Celková listová plocha (m^2) a celkový záchyt O_3, NO_x a PM_{10} (kg) současnou vegetací, navrhovanou vegetací a navrhovanou a současnou vegetací včetně na dvou zájmových lokalitách Radvanice, Bartovice v průběhu září a října 2019.

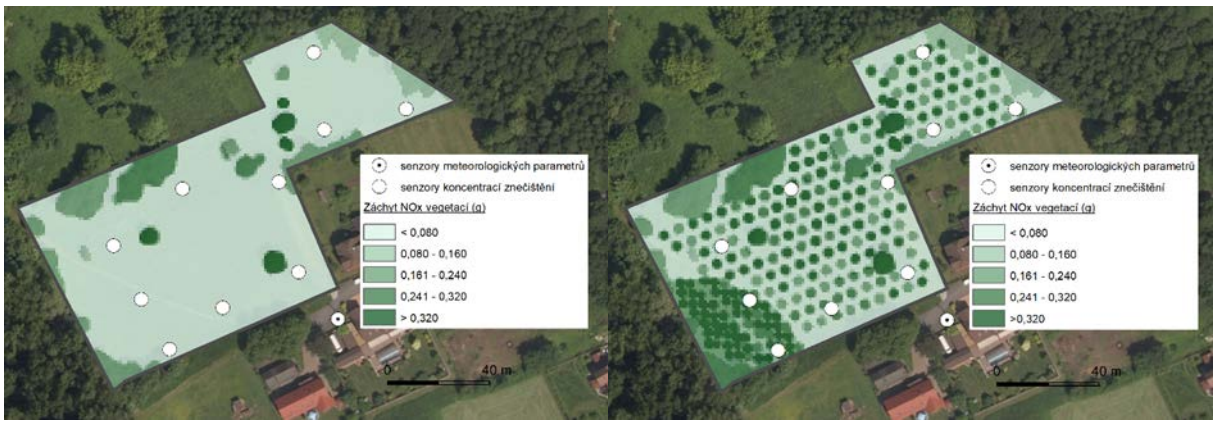
Současná vegetace	Lokalita A - Radvanice		Lokalita B - Bartovice	
	Listová plocha (m^2)	Záchyt (kg)	Listová plocha (m^2)	Záchyt (kg)
O_3	14869	11,9	0	0
NO_x	14869	0,7	0	0
PM_{10}	14869	1,0	0	0

Navrhovaná vegetace	Lokalita A - Radvanice		Lokalita B - Bartovice	
	Listová plocha (m^2)	Záchyt (kg)	Listová plocha (m^2)	Záchyt (kg)
O_3	12044	14,7	12243	17,8
NO_x	12044	0,8	12243	0,8
PM_{10}	12044	1,8	12243	1,3

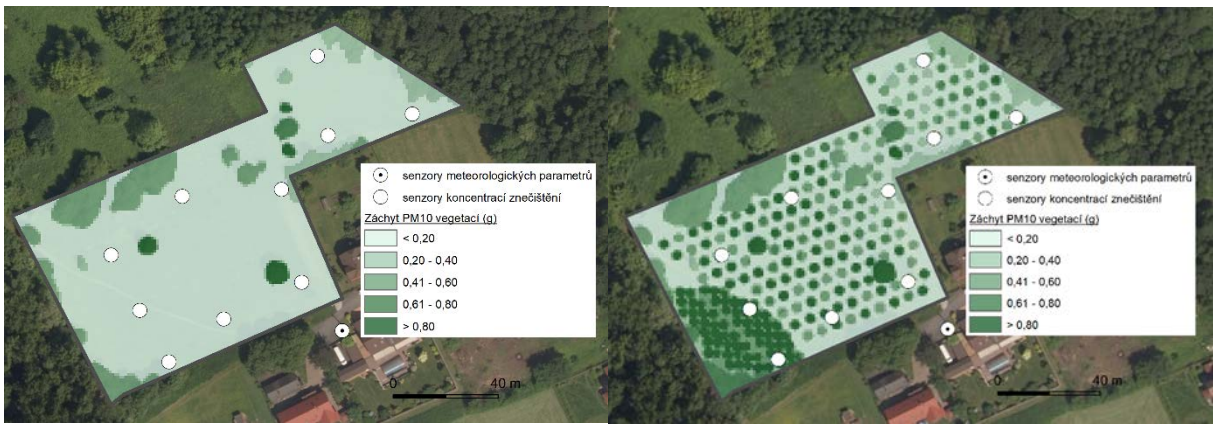
Navrhovaná vegetace a současná vegetace	Lokalita A - Radvanice		Lokalita B – Bartovice	
	Listová plocha (m^2)	Záchyt (kg)	Listová plocha (m^2)	Záchyt (kg)
O_3	26913	26,6	12243	17,8
NO_x	26913	1,5	12243	0,8
PM_{10}	26913	2,8	12243	1,3



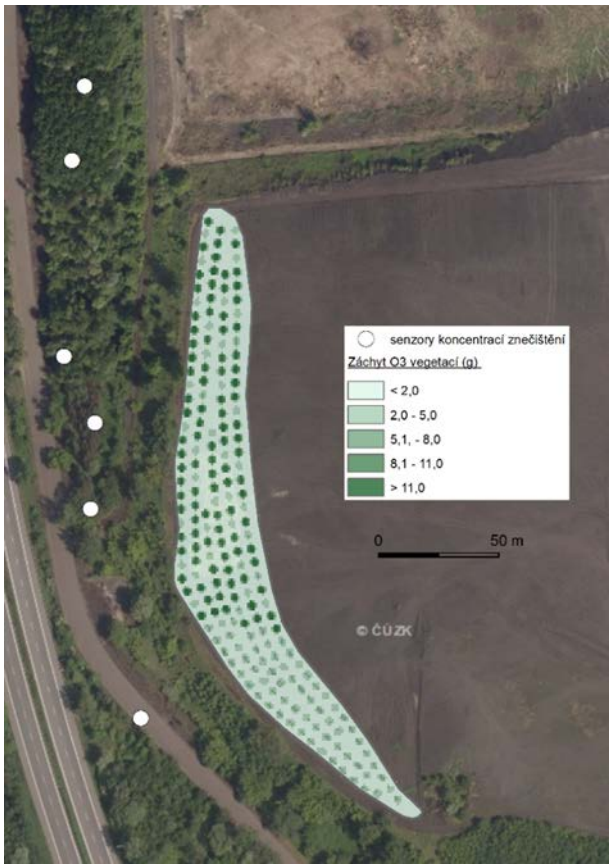
Obr. 8. Záchyt O_3 (g) současnou a navrhovanou vegetací (včetně současné) v síti 1 x 1 m na lokalitě A – Radvanice.



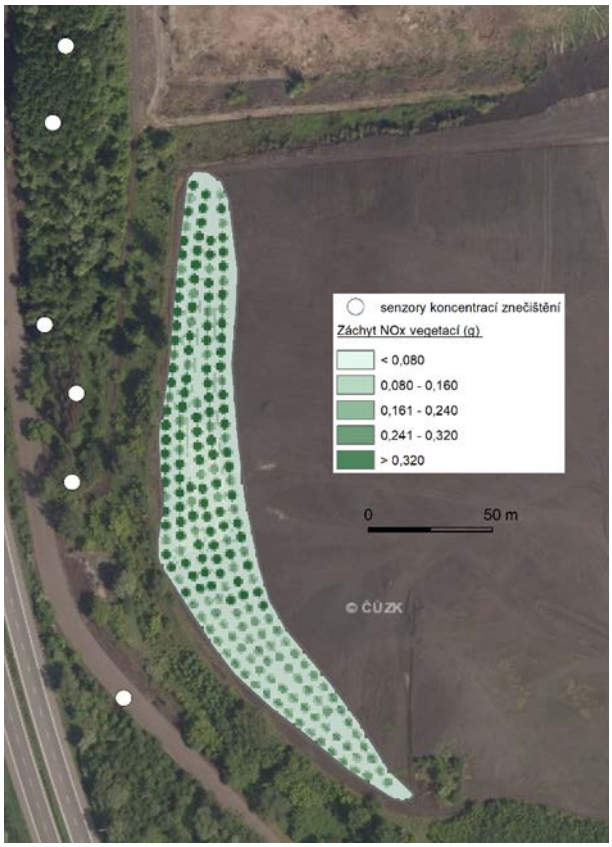
Obr. 9. Záchyt NO_x (g) současnou a navrhovanou vegetací (včetně současné) v síti 1 x 1 m na lokalitě A – Radvanice.



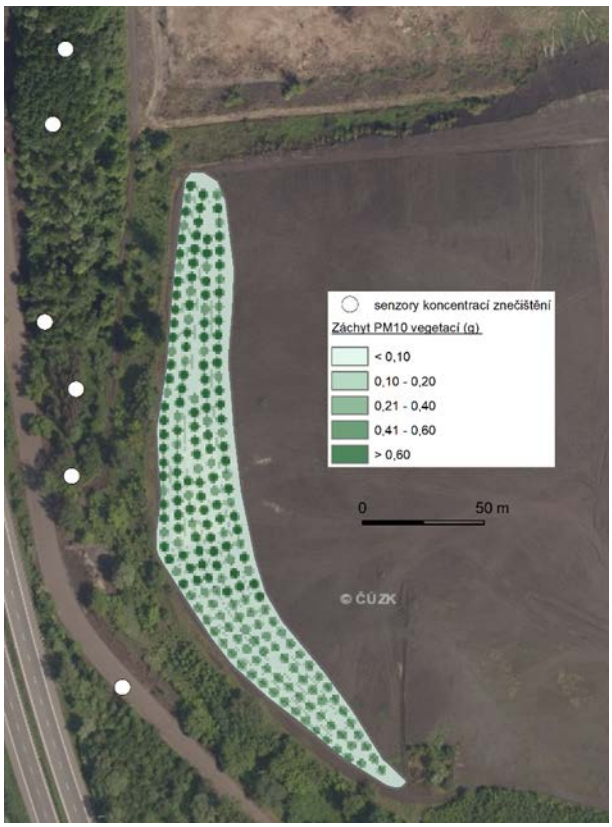
Obr. 10. Záchyt PM_{10} (g) současnou a navrhovanou vegetací (včetně současné) v síti 1 x 1 m na lokalitě A – Radvanice.



Obr. 11. Záchyt O_3 (g) současnou a navrhovanou vegetací (včetně současné) v síti 1 x 1 m na lokalitě B – Bartovice.



Obr. 12. Záchyt NO_x (g) současnou a navrhovanou vegetací (včetně současné) v síti 1 x 1 m na lokalitě B – Bartovice.



Obr. 13. Záchyt PM_{10} (g) současnou a navrhovanou vegetací (včetně současné) v síti 1 x 1 m na lokalitě B – Bartovice.

3.3 Inovativní ošetření výsadby

Jednou z celosvětově největších ekologických výzev je snaha o snížení negativního vlivu intenzivního zemědělství na životní prostředí. Intenzivní chemické ošetření ovlivňuje klíčové ekofyziologické vlastnosti rostlin, symbiózu s mykorhizními houbami a endofytickými mikroorganismy. Použití ekologicky šetrných produktů na bázi "chytrých hnojiv" obsahujících biostimulanty a fytohormony, které pomáhají rostlinách překonat různé formy abiotického stresu, může být inovativním řešením nejen pro nové systémy udržitelné rostlinné výroby ale také například pro ošetření nové výsadby zeleně ve městském prostředí, tedy na lokalitách často vystavených kombinaci různých forem abiotického stresu.

Rostlinné hormony (fytohormony) jsou látky, které mají zásadní postavení v regulaci růstu a vývoje rostlin. Vyskytují se přirozeně a působí v nepatrných koncentracích, tvoří se v určitých částech rostliny, odkud jsou lýkovou částí cévního svazku transportovány na místo určení, kde vyvolávají fyziologickou odezvu. Účinku hormonu musí vždy předcházet vazba na specifický receptor. Funkce fytohormonů je nespecifická, jeden hormon může ovlivňovat více procesů. Ve vzájemném vztahu mohou hormony působit souhlasně – synergicky nebo antagonisticky – protikladně. Fytohormony se využívají jako růstové regulátory v rostlinné výrobě a rostlinných biotechnologiích; ve vysokých koncentracích působí jako herbicidy k hubení plevelů. Hlavní skupiny fytohormonů: auxiny, cytokininy, gibereliny, abscisová kyselina, ethylen, brassinosteroidy, jasmonáty, strigolaktony.

Biostimulanty jsou biologicky aktivní látky získané z přírodních nebo z odpadních materiálů. Mohou podpořit růst rostlin a/nebo posílit obranyschopnost rostlin vůči různým stresovým faktorům. Zvláštnost biostimulantů spočívá v tom, že neobsahují vysoké procento aktivních látek, takže nemohou být považovány za typická hnojiva, ani za prostředky na ochranu rostlin. Typické pro biostimulanty je, že aktivní složky v nich obsažené ovlivňují metabolismus rostliny a spouští v rostlině procesy, které obecně zlepšují její růst a zdravotní stav. Zajímavostí je, že u většiny biostimulantů doposud není znám přesný mechanismus účinku, což otevírá řadu možností pro vědecké bádání. Biostimulanty mohou obsahovat fytohormony, ale tento výraz je nejčastěji spojován s proteinovými hydrolyzáty, výtažky z mořských řas a huminovými kyselinami.

Směs fytohormonů a biostimulantů navržená pro tento projekt je unikátním výsledkem až 20letého výzkumu prováděného v Laboratoři růstových regulátorů, Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého & Ústav experimentální botaniky AV ČR, je předmětem několika mezinárodních patentů, licencovaných českým i zahraničním firmám podnikajícím v oblasti listových hnojiv.

Ošetřující přípravek obsahuje optimální směs biostimulantů s vysokým obsahem aminokyselin, protistresových látek a výtažku z mořských řas omezující případné negativní vlivy vnějšího prostředí, zvláště při přísušku, nebo výrazných výkyvech teplot, a otestovaným na lesních kulturách.

Tento přípravek pak bude použit jako báze pro aplikaci naší aktivní látky, patentovaného cytokininového derivátu.

Na obou lokalitách se nacházejí 2 různé typy půdních podmínek. Tato skutečnost znamená, že každá z lokalit bude rozdělena na šest dílčích částí (3 díly pro každý typ půdy) tak, aby jednotlivé dílčí části mohly být ošetřeny třemi druhy zálivky (klasickou A, komerční na bázi moderních biostimulantů B a inovativní C).

Varianta A bude ošetřena ve stejných termínech jako zbývající varianty, ale jen zálivkou obsahující nějaké běžné komerční anorganické hnojivo, podle zkušeností a výběru firmy, která bude provádět výsadbu.

Varianta B, tedy ošetření komerčním biostimulantem proběhne 2x ročně (v prvním roce červen a srpen-září, v dalších letech duben a srpen–září). Pro projekt Clairo byl vybrán přípravek TS Sentinel (https://www.trisol.farm/pripravky_profi/sentinel.html), TS VIN (https://www.trisol.farm/pripravky_profi/vin.html) nebo obdobným přípravkem jiné firmy obsahujícím optimální směs biostimulantů s vysokým obsahem aminokyselin, protistresových látek a výtažku z mořských řas omezující případné negativní vlivy vnějšího prostředí, zvláště při přísušku, nebo výrazných výkyvech teplot, a otestovaným na lesních kulturách. Použití v dávce 2,5 ml/sazenici, je potřeba před aplikací naředit do cca 2L vody.

Na začátek při výsadbě navrhujeme použít jednorázově TS HG Plant nebo podobný přípravek obsahující huminové kyseliny, protistresové látky a výtažky z mořských řas (https://www.trisol.farm/pripravky_profi/hg-plant.html) v dávce 2g na sazenici (ideálně pro všechny tři varianty, nebo nejméně pro varianty B a C.

Přípravek B pak bude použit jako báze pro aplikaci naší aktivní látky, cytokininového derivátu RR-D (v koncentraci10-5 mol/L), tedy varianta C. Aplikace proběhne ve stejných termínech jako varianta B. Obě

varianty (B a C) budou kompletně připraveny Univerzitou Palackého v Olomouci a minimálně týden před každou aplikací doručeny provádějící firmě.

Všechno ostatní standardní ošetření kultur (zalévání, pletí atd.) by mělo být stejné u všech tří variant – ve stejných termínech, stejná množství atd. a mělo by být pravidelně prováděno firmou, která provede výsadbu tak aby bylo možné zajistit vyhodnocení a srovnání jednotlivých variant ošetření.

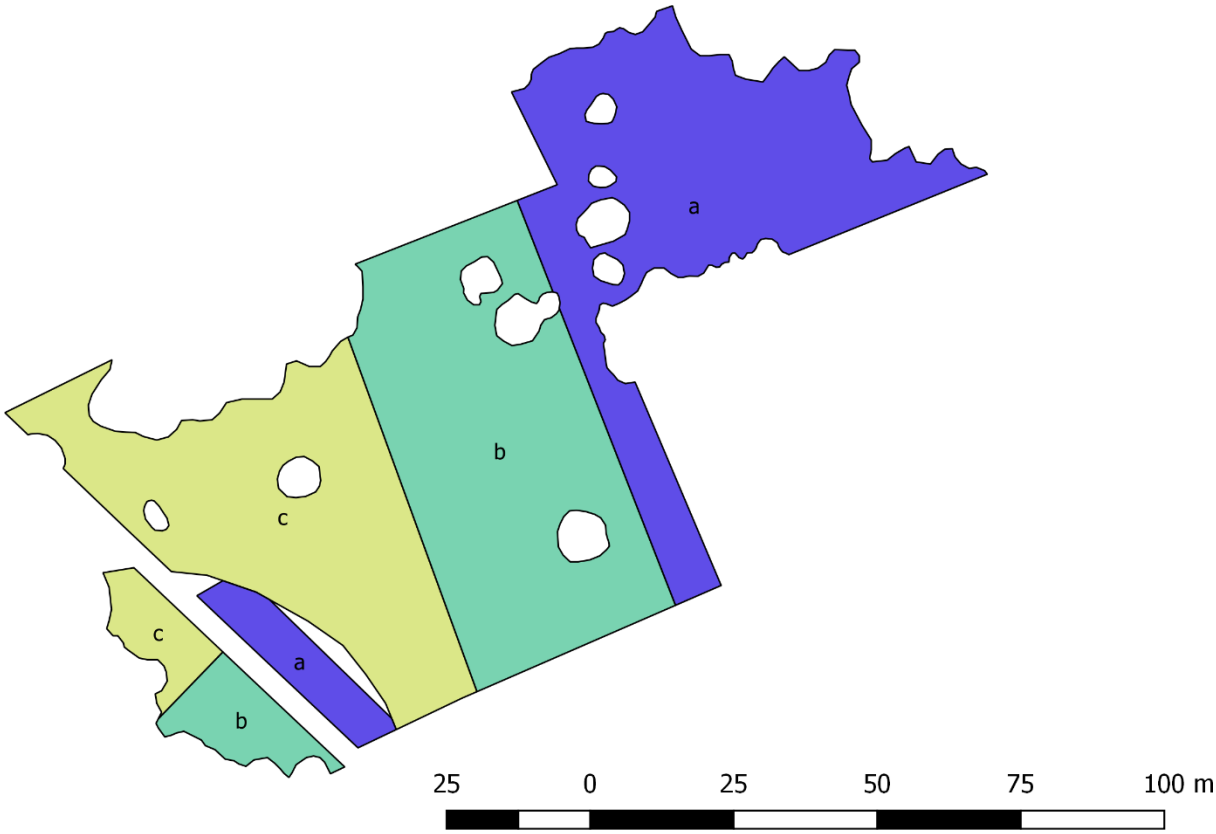
Nejedná se zdaleka o první aplikaci, nicméně využití v projektu Clairo je v některých směrech unikátní, zejména úrovní a kombinací různých typů abiotického stresu na vybraných lokalitách.

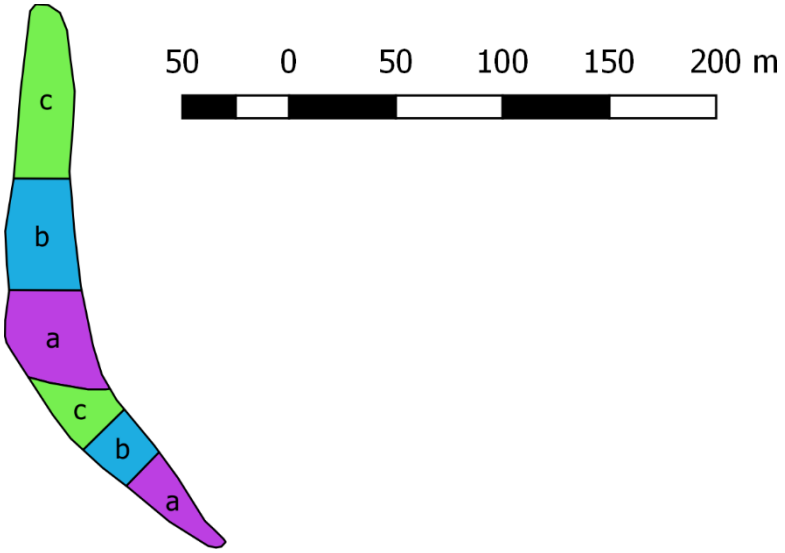
Hlavním předpokladem aplikace inovativního ošetření je zlepšení základních fyziologických parametrů nové výsadby.

Prognóza předpokládá, že stromy a keře v lepším "zdravotním stavu" budou lépe fotosyntetizovat, budou mít více a kvalitnější listové plochy a to následně zcela určitě pozitivně ovlivní záchyt, v minimální míře je, řekněme, důležitou součástí, která významně ovlivní výsledek

Hnojivo je možno aplikovat na jakoukoliv výsadbu v jakémkoliv městě.

V rámci série workshopů, které tvoří součást realizace projektu CLAIRO, budou zástupcům měst představeny všechny zásadní informace, jak využít způsoby inovativního ošetření nové výsadby zeleně ve městském prostředí.





Obr. 14. Návrh rozsahu jednotlivých variant chemického ošetření plánovaných výsadeb na lokalitách Bartovice a Radvanice

3.4 Monitoring záchytu škodlivin

Monitoring ovzduší v lokalitě s plánovanou výsadbou probíhá od 1.9.2019 nepřetržitě do současnosti. Ve sledovaném období do 30.9.2020 je možné pro monitoring uvést následující charakteristiky. Uvedené statistiky vycházejí z primárních – nevalidovaných hodnot.

sen./ látka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
výtěžnost																									
PM_{10}	98,9	99,3	99,2	98,8	99,1	99,4	98,8	99,3	98,6	99,1	99,1	98,9	99,3	99,4	99,4	99,3	99,4	99,1	99,4	23,8	92,6	91,8	93,9	93,6	93,3
NO_2	96,7	96,7	96,7	96,8	96,7	96,9	96,8	96,9	96,7	96,7	96,7	96,7	96,7	97,0	96,7	96,8	96,9	96,7	74,5	78,4	81,2	80,1	77,3	76,5	79,9
O_3	98,0	97,9	98,0	98,0	98,0	97,9	97,4	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	64,2	93,9	93,6	93,3	29,2	29,8	29,8
průměrná koncentrace za měřené období (ug/m^3)																									
PM_{10}	34,0	35,3	35,9	36,3	32,8	34,6	37,5	33,4	38,5	38,5	37,7	36,8	33,9	35,5	27,8	36,3	33,3	33,0	30,7	43,6	30,1	36,9	30,3	32,6	34,0
NO_2	14,6	12,9	13,5	15,0	13,6	13,9	16,2	15,7	13,4	13,3	12,7	14,7	14,9	14,4	13,6	13,9	14,3	16,4	16,2	33,8	32,9	25,5	24,8	25,2	37,6
O_3	45,8	49,8	48,2	48,3	44,6	47,0	45,0	48,8	42,5	43,4	47,7	49,0	50,3	49,4	45,8	52,7	50,7	49,5	42,0	30,3	32,6	34,0	26,0	27,4	28,8
maximální koncentrace za měřené období (ug/m^3)																									
PM_{10}	227,8	218,8	216,7	204,9	225,2	264,8	199,0	219,3	240,7	241,5	198,6	219,0	219,0	209,0	215,0	212,3	207,2	231,5	240,5	138,0	211,0	220,4	203,4	244,9	241,5
NO_2	138,4	157,6	150,0	146,0	115,5	139,4	104,9	160,5	140,3	112,6	143,0	143,9	101,0	107,6	105,9	134,6	123,9	132,9	106,9	108,7	103,7	145,2	142,5	130,3	147,2
O_3	195,1	191,1	181,9	222,6	210,9	174,4	185,6	213,3	180,3	217,2	173,5	164,4	179,5	189,6	177,2	183,6	238,9	222,9	202,5	107,0	108,7	101,8	101,9	103,8	105,8

Výtěžnost měření ze všech senzorů je velmi dobrá, nejhorší je u senzorů NO_2, ale i zde při průměrování 5 min. je dostačující.

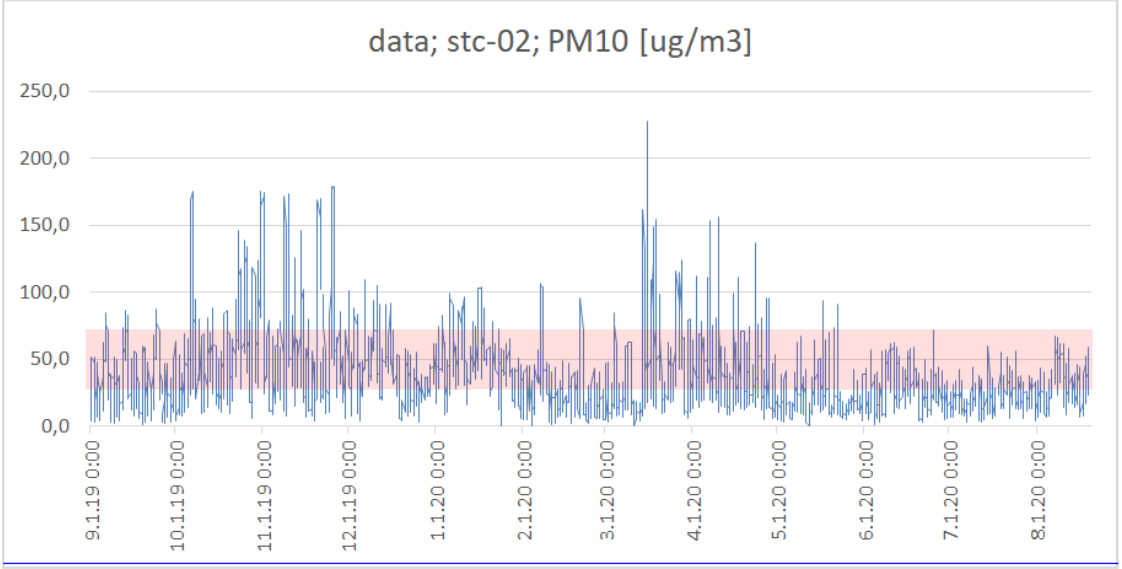
Průměrné koncentrace PM_{10} nepřekračují limit, pouze u 1 senzoru, který může být ovlivněn provozem popílkovníku. Vzhledem k tomu, že se ulice Přední nachází v nejvíce exponované oblasti Ostravy je i tato hodnota velmi optimistická. Koncentrace PM_{10} u všech senzorů v místě plánované výsadby zeleně jsou velmi podobné, což odpovídá blízkosti jejich vzájemného umístění (cca 15 m).

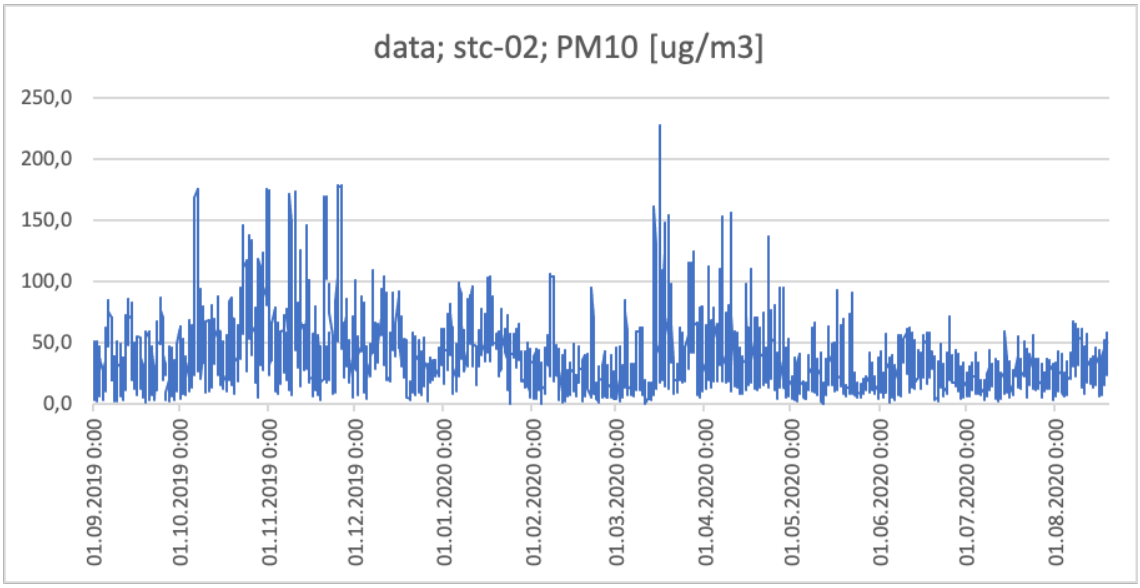
Koncentrace NO_2 a O_3 jsou rovněž velmi příznivé a nedosahují ani 50 % limitu.

Senzory 19–25 byly umístěny ve městech Opava a Třinec a je u nich vidět odlišnost od lokality v Radvanicích. Jsou výrazněji ovlivněny dopravou, NO_2 je cca 2x vyšší než na louce u ulice Přední.

Maximální koncentrace pak ukazují, že dochází ke krátkodobému překročení hodnoty 50 ug/m^3 u PM_{10}, a to až čtyřnásobně. Četnost výskytu takových koncentrací je však nízká a nastávají zejména v topné sezóně. Pro představu je níže vložen graf průběhu hodinových koncentrací v lokalitě ul. Přední. Limit je v grafu znázorněn jako červené pole.

Z grafu. je zřejmé překračování denního limitu 50 ug/m^3 u PM_{10} v listopadu a prosinci 2019 a na přelomu března a dubna 2020.





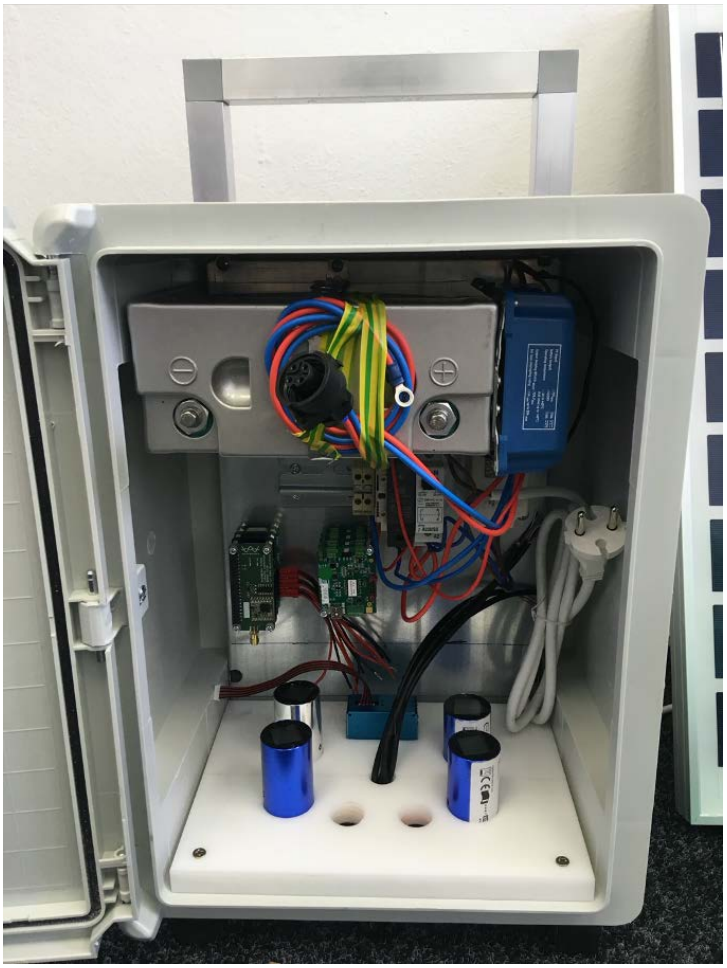
Obr. 15. Graf průběhu hodinových koncentrací PM_{10} za celé období

Přístroje byly vybírány na míru zadání projektu a s ohledem na platné limity znečišťujících látek v ovzduší.

Specifikace přístrojů

Senzorový box – jednotka je zařízení složené z měřící části o rozměrech 300x400x220 mm a solární panel o rozměrech 620 x 670 mm.

Box je alternativně nezávislý na zdroji energie, obsahuje baterii, připojení k solárnímu panelu i připojení síť na 220V. Zařízení určeno k instalaci do výšky 3 - 8 m a je nutné zajistit napájení alespoň přes solární panel (musí být přístup ke slunci).



Senzory poskytují velmi rychlé měření v řádu minut, které jsou přenášeny prostřednictvím rádiové sítě LORA do databáze na VŠB.

Společné parametry senzorů

- variabilní napájení (ze sítě, baterie, nebo solárního panelu), všechny uvedené varianty
- odolné proti povětrnostním vlivům; celý systém koncipován robustně
- komunikace se serverem přes rádiovou síť
- rozsahy použitelnosti senzorů pro imisní měření

Senzory NO_2

- Princip měření: elektrochemický senzor
- Minimální rozsah: 0–250 ppb
- Detekční limit: ≤20 ppb
- Časové rozlišení (frekvence poskytování naměřených dat): ≤1 min

Senzory O_3

- Princip měření: elektrochemický senzor
- Minimální rozsah: 0–5000 ppb
- Detekční limit: ≤40 ppb
- Časové rozlišení (frekvence poskytování naměřených dat): ≤1 min

Senzory PM_x

- Princip měření: optický
- Velikostní rozsah měřených částic: 0,38 – 10 µm
- Minimální počet velikostních kanálů: 8
- Minimální rozsah měření hmotnostní koncentrace: 0 – 500 $\mu g/m^3$
- Detekční limit: ≤1 $\mu g/m^3$

Senzory VOC

- Princip měření: fotoionizační detektor (PID)
- Měřené látky: suma VOC
- Minimální rozsah: 0 – 16 ppm
- Detekční limit (pro isobutylen): ≤10 ppb

Senzorické jednotky jsou zapojeny do jedné společné sítě, a poskytují on-line data bezdrátovým přenosem.

Přenosy dat jsou realizovány do stávajícího inteligentního informačního systému (dále také IIS, který umožňuje:

- komunikaci s měřícími systémy v síti
- online vizualizaci naměřených hodnot

- online zobrazování naměřených dat v grafické i tabelární podobě
- správa databáze hodnot, opravy a úpravy – vše s registrací
- generování map pro GIS ve vrstvách
- vytváření a archivace animací z mapových podkladů

Výše uvedené parametry byly součástí Veřejné zakázky, která byla soutěžena podle "Zákona o veřejných zakázkách...".

Vzhledem k problémům se sítí LORA, byly následně senzorické jednotky doplněny o GPRS přenosy.

K pilotním měření znečištění ovzduší byly vybrány města Třinec, Opava, Frýdek – Místek, Karviná, Havířov a Rychvald. Jejich zapojení probíhá postupně a každému z měst se poskytne po ukončení analytická zpráva z měření.

Dosud měření probíhalo ve městech Třinec a Opava. Monitoring v dalších městech neslouží ke kontrole limitů. Pokud však využijeme například měření oxidů dusíku a ozonu k identifikaci vlivu dopravy, je měření velmi vhodné a umožní vliv dopravy posoudit.

Projekt ověřuje vliv zeleně na snižování znečišťujících látek v ovzduší. Schopnost zeleně snižovat množství prachu v ovzduší je dlouhodobě známa, projekt však řeší výběr vhodné zeleně, způsob její výsadby a speciální ošetřování fytohormony. Zjednodušeně jde o zefektivnění procesu odstraňování prachu a dalších látek výsadbou zeleně, lépe prosperující ve "stresovém" prostředí. Efekt působení zeleně se kontinuálně ověřuje senzorovou technikou, navázanou na referenční analytickou techniku. V testovacích lokalitách u Liberty Ostrava je umístěno 19 senzorových jednotek a 1 referenční systém. Každé spolupracující město bude proměřeno stejnou technologií pomocí 3 senzorových jednotek. Monitoring probíhá postupně před výsadbou a po výsadbě zeleně. Celkem budou senzory měřit přes 8 let. U zeleně je sledován její vliv na koncentrace suspendovaných částic PM_x, oxidů dusíku a přízemního ozónu. Při použití výsledků měření je nutné vzít v úvahu účel měření a charakter použité metodiky a uvědomit si, že monitoring neslouží ke kontrole limitů, nýbrž k porovnávání. Soulad měření senzory a referenčními analyzátory je výborný u PM_x, které jsou nejzávažnější škodlivinou a menší u NO_2 a O_3. Pokud však využijeme měření oxidů dusíku a ozonu k identifikaci např. vlivu dopravy je měření velmi vhodné a umožní vliv dopravy posoudit.

Přesto je možné učinit několik závěrů:

- senzory jsou vhodným doplňkovým měřením, které má jednoduchou instalaci a provoz
- slabým místem jsou stále datové přenosy, které v případě přechodu na GPRS zvyšují náklad
- senzory dokážou odhalit "nestandardní" situace v lokalitě a odhalí čas konkrétních událostí
- senzory se liší od sebe v kusech a je nutné je kontrolovat
- v době monitoringu nedošlo u žádného senzoru ke snížení citlivosti, dá se tedy předpokládat
- stabilita 1 rok a více, při klesající ceně je to výborný závěr
- výsledky musí vždy interpretovat odborník, online jsou k dispozici pouze "nevalidovaná" data
- senzory jsou vhodné pro identifikaci lokálního problému

Zpracování dat

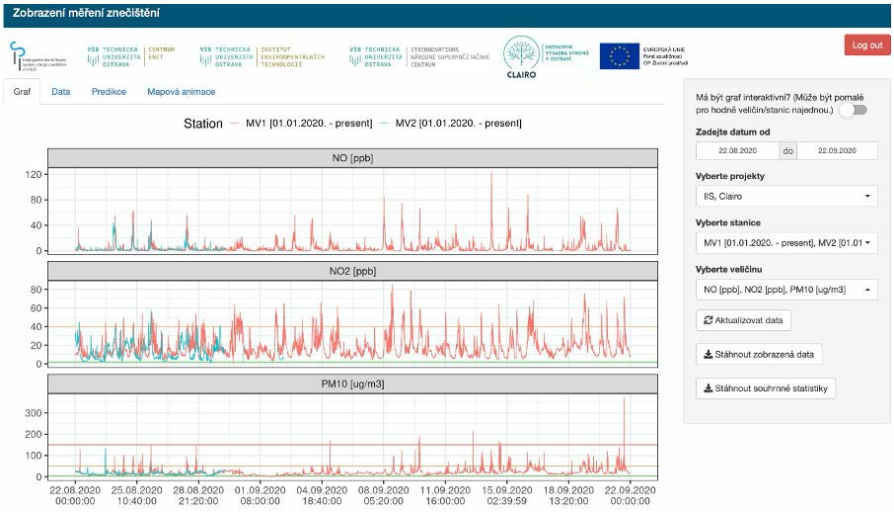
Koncentrace měřených látek se budou pro další zpracování on-line přenášet do databáze Inteligentního identifikačního systému - IIS, který vznikl na VŠB v rámci projektu IIS. Tento systém umí přijmout jakákoliv přenášená data, uložit je do strukturované databáze a dále s nimi pracovat podle zadaných algoritmů.

Data jsou vždy uložena v primárně přeneseném formátu. V případě kontrol kalibrace, umožňuje systém IIS provést validaci naměřených hodnot korekčním faktorem. O tomto existuje v systému záznam. U referenčních metod, které využívají kalibrované přístroje se validace zpravidla neprovádí. Výjimkou může být PM_x stanovené ekvivalentní metodou, jehož korekční faktor se může mírně lišit podle období i místa. Kontrolu prachoměrů gravimetricky provádí VŠB u svých analyzátorů pravidelně.

Systém IIS byl vyvíjen pro zjednodušení identifikace zdrojů znečišťování ovzduší v lokálním měřítku. Do systému se vstupuje prostřednictvím portálu airsens.eu.

Obr.16: Vstup do systému IIS přes portál airsens.eu

Systém IIS umožňuje výběr látek, lokalit a období a provádí základní statistické hodnocení. U naměřených koncentrací provede kontrolu platných měření, spočítá průměry a najde maxima. Naměřené koncentrace zobrazí v grafu. Tyto údaje slouží k úvodní kontrole konzistentnosti dat, případně ke srovnání s jiným měřením.



	Stanice	Veličina	Vzorkování [min]	Všechna pozorování	Validní pozorování	Minimum	Ar. průměr	Geom. průměr	Maximum
1	MV1 [01.01.2020. - present]	NO [ppb]	5	8929	8758	0	4.5	0	124.2
2	MV1 [01.01.2020. - present]	NO2 [ppb]	5	8929	8926	0	17.7	0	85.2
3	MV1 [01.01.2020. - present]	PM10 [ug/m3]	5	8929	8926	1	21.3	16.8	372.3
4	MV2 [01.01.2020. - present]	NO [ppb]	5	8929	2531	0.2	2.8	1.7	45.2
5	MV2 [01.01.2020. - present]	NO2 [ppb]	5	8929	2530	0.4	12.7	9.7	57.8
6	MV2 [01.01.2020. - present]	PM10 [ug/m3]	5	8929	2409	3.3	15.5	14.1	132.9

Showing 1 to 6 of 6 entries

Previous 1 Next

Obr. 17: Základní statistické údaje z měření

Díky krátkodobým koncentracím je možné vyhledat čas i místo "nestandardní, resp. nechtěné" imisní koncentrace. Systém IIS pak označuje podle zadaných pravidel, kde a kdy k překročení (navýšení) nastavené úrovně koncentrace došlo. Systém umožňuje automatickou animaci naměřených koncentrací.

Obr. 18: Výřez mapy s interpolací koncentrací (PM_{10})

Stejným způsobem se zobrazují veškeré statistické charakteristiky za vybrané období. Je možné najít místa s nejvyšší průměrnou koncentrací, s nejvyššími maximy, s nejčastějším překračováním limitu apod.

Výsledkem tohoto procesu je hodnocení, kdy a kde dochází k porušování nastavených pravidel (limit, regulační mez, monitorovací mez, rychlost nárůstu koncentrací, korelace s dalšími atributy, ad.).

4. Závěr

Inovativní projekt výsadby zeleně poskytuje základní principy zakládání zelené infrastruktury v průmyslových oblastech ke zmírňování dopadů environmentální změny prostřednictvím přírodě blízkého managementu. Zelená infrastruktura přispívá ke zlepšení životního prostředí nejvíce chladící, filtrační, protektivní a sociální funkcí. Protože od zelené infrastruktury je v průmyslových oblastech vyžadováno plnění několika užitků zároveň, její pěstování je úspěšné při uplatnění přístupů monitoringu a udržitelného využívání ekosystémů.

Udržitelné pěstování zelené infrastruktury průmyslových oblastí sestává z popisu stavu současných růstových podmínek, návrhu struktury zeleně a diferenciaci péče. Popis současného stavu sestává z charakteristiky růstových podmínek a stavu vegetace. Charakteristika růstových podmínek zahrnuje průzkum geologického podloží, reliéfu a půdních vlastností. Pomocí prostorových vztahů mezi typem podloží, typem reliéfu a půdním typem je odvozena lokální půdní asociace ve vyskytujících se klimatických podmínkách. Půdní asociace tvoří podklad jak pro návrh struktury zeleně, tak pro posouzení ohrožení dopady klimatickou změnou. Charakteristika stavu vegetace zahrnuje inventarizaci druhového složení rostlinných společenstev včetně hodnocení zdravotního stavu.

Návrh struktury zeleně je podmíněn diferenciací funkcí cílového stavu. Zatímco diferenciace nejvíce ovlivní dlouhodobou péči o zelenou infrastrukturu, návrh zahrnuje podklady společné pro všechny její podoby. Společnými podklady jsou klasifikace současného typu vegetace (biotopu) a potenciálního typu vegetace (lesního typu), charakteristika růstových podmínek a růstových nároků dřevin. Klasifikace biotopů je převzata ze systému nadnárodního hodnocení biodiverzity. Klasifikace potenciální vegetace je diferencována podél dominantních biomů, z nichž nejrozšířenějšími v průmyslově rozvinutých oblastech jsou lesní sestávající z lesních typů. Vážený průměr mezi dřevinným zastoupením biotopu a lesního typu vyjadřuje stupeň ekologické stability (SES) jako kritérium pro hodnocení intenzity přestavby stávajícího stavu zeleně i pro posouzení intenzity adaptačních opatření na klimatickou změnu. Charakteristika růstových podmínek je využita k volbě druhové skladby dřevin pomocí srovnání s klasifikací růstových nároků a biogeografie v přehledové databázi. Srovnání mezi růstovými nároky a rozšířením dřevin spočívá v průnicích mezi klasifikacemi environmentálních indikátorů z jednotlivých vlastností růstových podmínek (ekoelementů) a ekovalencí dřevin. Průnik mezi růstovými nároky a biogeografií je nezbytný při hodnocení geografické původnosti navrhované skladby v rámci dodržení předpisů ochrany přírody. Druhová skladba dřevin je prostorově rozmístěna tak, aby korespondovala s postavením druhů v přirozeném společenstvu.

5. Literatura

Currie, B.A., Bass, B., 2008. Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model. Urban Ecosyst. 11, 409–422.

Florentina, I., Io, B., 2012. The Effects of Air Pollutants on Vegetation and the Role of Vegetation in Reducing Atmospheric Pollution, in: The Impact of Air Pollution on Health, Economy, Environment and Agricultural Sources. InTech.

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. Environ. Pollut. 133, 157–167.

Janhäll, S., 2015. Review on urban vegetation and particle air pollution - Deposition and dispersion. Atmos. Environ.

Novotný, R., Buriánek, V., Šrámek, V., 2009. Metodika hodnocení viditelného po š kození vegetace vyvolaného ú č inky p ř ízemního ozonu : recenzovaná metodika / M .... Recenzovaná metodika.

Nowak, D.J., Crane, D.E., Stevens, J.C., 2006. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. Urban For. Urban Green. 4, 115–123.

Pugh, T.A.M., MacKenzie, A.R., Whyatt, J.D., Hewitt, C.N., 2012. Effectiveness of green infrastructure for improvement of air quality in urban street canyons. Environ. Sci. Technol. 46, 7692–7699.

Zapletal, M. (2006). Atmospheric deposition of nitrogen and sulphur in relation to critical loads of nitrogen and acidity in the Czech Republic. J. Forest Sci. 52, 92-100.