



ZIELONA INFRASTRUKTURA

I JEJ WPŁYW NA REDUKCJĘ ZANIECZYSZCZENIA
POWIETRZA W ŚRODOWISKU MIEJSKIM

PREZENTACJA PROJEKTU CLAIRO

Autorzy: Doc. Ing. Miloš Zapletal, Dr., Mgr. Vít Kašpar, Ing. Pavel Samec, Ph.D., Mgr. Jiří Bílek, Ph.D., Mgr. Karel Doležal, Dr., DSc., Bc. Pavlína Víchová, Ing. Tomáš Balcar, Gabriela Kalužová, Ing. Stanislav Juráň, Ph.D., RNDr. Jan Hladík, Ph.D.

Projekt graficzny i ilustracje: MgA. Anna Janovská, MgA. Aleš Zapletal, Ph.D.

Koordinatorzy projektu Clairó - Clean Air and Climate Adaptation in Ostrava and Other cities:

Miasto statutowe Ostrawa, Kraj Morawsko-Śląski, Wyższa Szkoła Górnicza – Uniwersytet Techniczny w Ostrawie, Uniwersytet Śląski w Opawie, Uniwersytet Palackiego w Ołomuńcu, strona czeska Euroregionu Śląsk Cieszyński - Regionální sdružení územní spolupráce Těšínské Slezskp, SOBIC Smart & Open Base for innovations in European Cities. Projekt jest współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach inicjatywy Urban Innovative Actions.



CLEAR AIR AND CLIMATE
ADAPTATION IN OSTRAVA
AND OTHER CITIES



WWW.CLAIRO.OSTRAVA.CZ



OSTRAVA!!!

VSB TECHNICAL
UNIVERSITY
OF OSTRAVA



Palacký University
Olomouc





I ZAŁOŻENIA OGÓLNE

ZIELONA INFRASTRUKTURA

- sieć wysokiej jakości obszarów naturalnych i półnaturalnych z innymi cechami środowiskowymi
- struktura przestrzenna, która zapewnia ludziom korzyści płynące z natury, ma na celu wzmocnienie zdolności przyrody do dostarczania większej ilości dóbr i usług ekosystemowych, takich jak czyste powietrze lub czysta woda
- pomaga poprawić stan środowiska w mieście w okresie zmian klimatycznych, łagodzi powódzie, zwiększa sekwestrację dwutlenku węgla lub zapobiega erozji gleby
- składa się z różnych elementów środowiskowych, np. żywopłoty, miedze lub zielone dachy, aż po całe funkcjonalne ekosystemy, takie jak nienaruszone tereny zalewowe, lasy, bagna lub wody płynące

KOMPONENTY ZIELENEJ INFRASTRUKTURY



USŁUGI ŚWIADCZONE PRZEZ ZIELONĄ INFRASTRUKTURĘ

- **Usługi pomocnicze:** tworzenie gleby, obieg składników odżywczych, produkcja pierwotna
- **Usługi zaopatrujące:** dostarczanie żywności, wody pitnej, drewna oraz włókien, leków naturalnych i innych substancji biochemicznych
- **Usługi regulacyjne:** regulacja składu powietrza, regulacja klimatu, regulacja obiegu wody, oczyszczanie wody oraz usuwanie i przekształcanie odpadów, regulacja występowania chorób, zapylenie itp.
- **Usługi kulturowe:** duchowe i religijne, estetyczne, inspiracja i edukacja, rekreacja

USŁUGI ŚWIADCZONE PRZEZ ZIELONĄ INFRASTRUKTURĘ

- **Zdrowie obywateli:** poprawa jakości powietrza, filtrowanie substancji szkodliwych, wytwarzanie tlenu i tłumienie hałasu
- **Odporność miast:** lepsze przystosowanie się do zmian klimatu oraz wzrostu częstotliwości i intensywności występowania skrajnych temperatur
- **Zwiększanie biodywersyfikacji:** zachowanie i rozwój szeregu gatunków zwierząt i roślin żyjących w miastach
- **Jakość życia mieszkańców:** w zielonych miastach ludzie są bardziej aktywni i zadowoleni

USŁUGI ŚWIADCZONE PRZEZ ZIELONĄ INFRASTRUKTURĘ

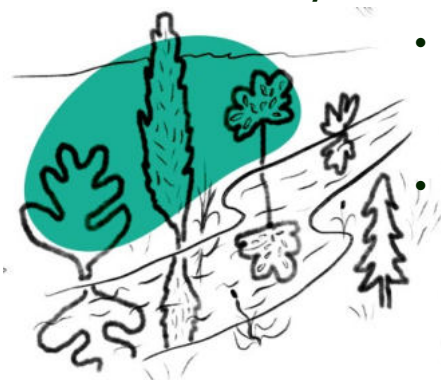
- **Redukcja stresu:** poprawa koncentracji, pamięci i zdolności uczenia się, przyspieszenie regeneracji
- **Atrakcyjność otoczenia:** zielone miasta przyciągają inwestorów i grupy ludzi, którzy charakteryzują się często dużą aktywnością, przedsiębiorczością i wykształceniem
- **Wzrost gospodarczy:** nowe miejsca pracy, większa wartość nieruchomości i gruntów
- **Wzmocnienie społeczności:** pogłębianie stosunków sąsiedzkich, niższy wskaźnik przestępczości



W JAKI SPOSÓB ZIELONA INFRASTRUKTURA WPŁYWA NA JAKOŚĆ POWIETRZA?

BEZPOŚREDNIO

- Usuwa zanieczyszczenia powietrza za pośrednictwem szaty roślinnej



- Liście wychwytyją cząsteczki PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_{10}
- Aparaty szparkowe wchłaniają zanieczyszczenia gazowe (ozon, tlenki azotu)

POŚREDNIO

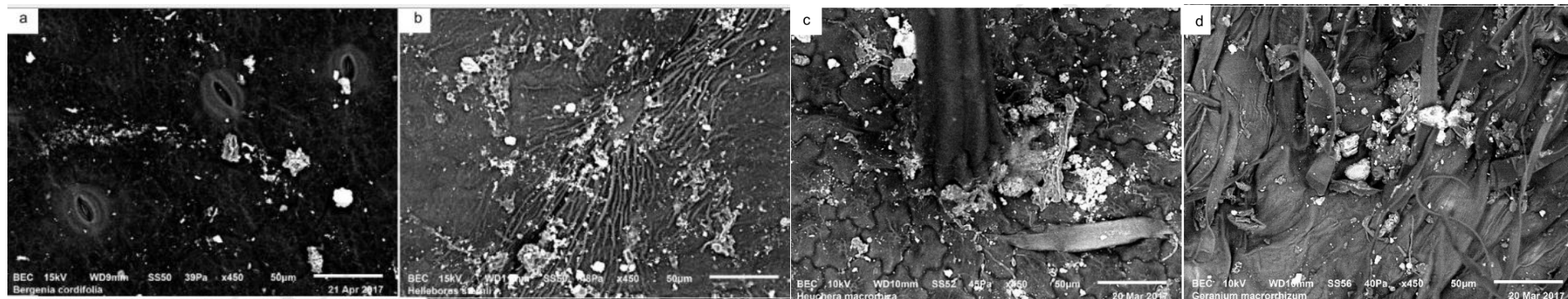
- Roślinność zapewnia cień i zwiększa ewapotranspirację



- Obniżenie temperatury otoczenia blisko powierzchni (wartości maksymalne w okresie letnim)
- Redukcja reakcji fotochemicznych prowadzących do powstawania ozonu

WYCHWYTYWANIE CZĄSTECZEK ZAWIESZONYCH NA POWIERZCHNI LIŚCIA

Przykład wychwytywania cząsteczek (białe grudki) zawieszonych na powierzchni blaszki liściowej. Obrazy wykonane przy pomocy mikroskopu elektronowego.



JAKIE CZYNNIKI WPŁYWAJĄ NA EFEKTYWNOŚĆ WYCHWYTYWANIA PRZEZ ROŚLINNOŚĆ?

MIKROSKOPOWE

- kształt i rozmieszczenie aparatu liściowego
- chropowatość powierzchni blaszki liściowej



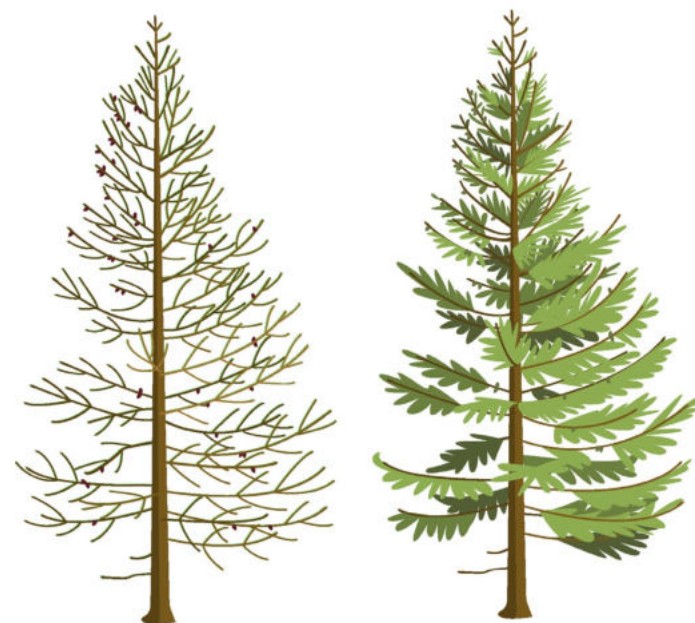
MAKROSKOPOWE

- całkowita struktura drzewostanu
- wysokość, gęstość zwarcia i układ przestrzenny rozgałęzienia
- kompozycja



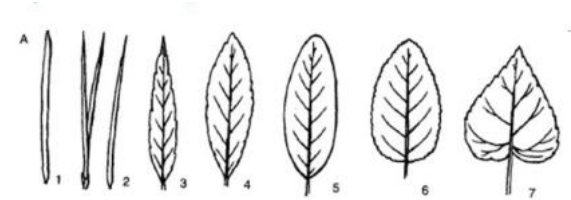
OPADANIE LIŚCI I IGIE

- wyższe wychwytywanie zanieczyszczeń na powierzchni drzew zimozielonych w ciągu roku w porównaniu z opadającymi drzewami liściastymi, w przypadku których zdolność do wychwytu jest ograniczona poza okresem wegetacyjnym
- wybór odpowiedniej fenologii uwzględniającej przebieg lokalnego zanieczyszczenia

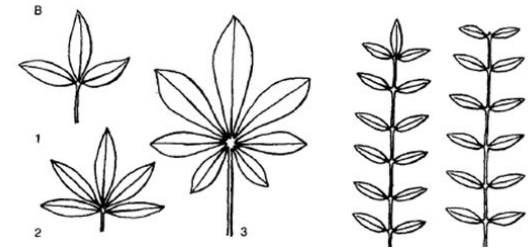


KSZTAŁT I WIELKOŚĆ BLASZKI LIŚCIOWEJLISTU

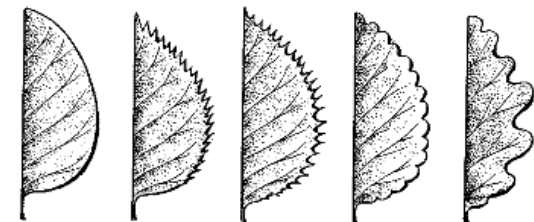
- igły gatunków iglastych wydają się być bardziej skuteczne ze względu na wyższą szybkość depozycji niż aparat liściowy gatunków szerokolistnych
- liście złożone (wrębne, klapowane) wykazują większy potencjał w zakresie wychwytywania niż liście pojedyncze (eliptyczne, okrągłe)
- liście podzielone i pierzaste są na ogół bardziej efektywne niż liście niepodzielone



Liście pojedyncze



Liście złożone



celokrajny pilowity zębany vroubkowany laloćnaty

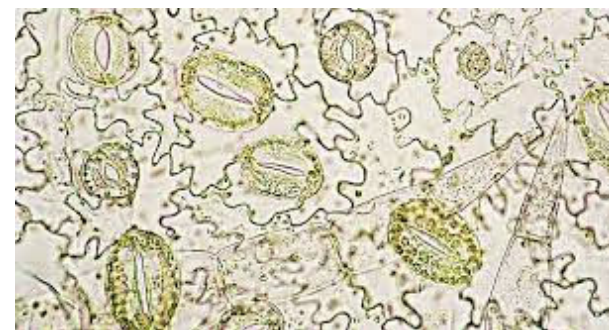
Brzeg blaszek

POWIERZCHNIA BLASZKI LIŚCIOWEJ

- liście o szorstkiej, włoskowatej lub gruczołowej powierzchni są bardziej skuteczne w wychwytywaniu niż liście o gładkiej powierzchni z wyraźną kutykulą
- obecność włosków, wosku epikutynarnego lub wyprofilowanego użyłkowania zwiększa wychwytywanie zanieczyszczeń
- wpływ ma też gęstość i wielkość aparatów szparkowych



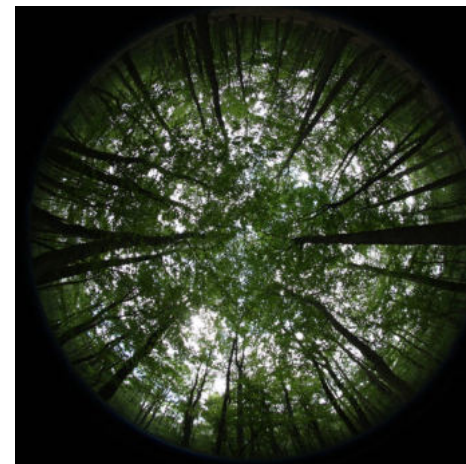
Włoski na powierzchni liścia



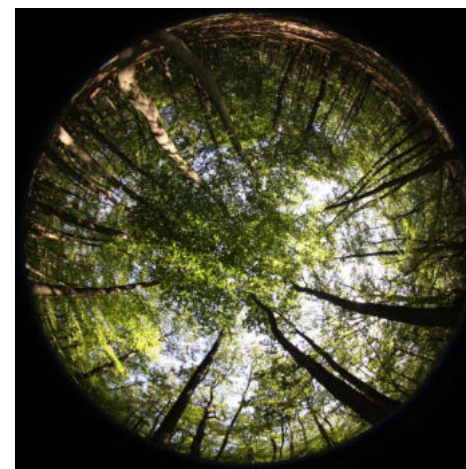
Aparaty szparkowe na powierzchni liścia

POWIERZCHNIA BLASZKI LIŚCIOWEJ

- im większa powierzchnia masy zielonej na jednostkę powierzchni, tym wyższe wychwytywanie zanieczyszczeń
- znaczenie mają nie tylko właściwości organów roślinnych i ich rozmieszczenie, ale także ogólna struktura drzewostanu, czyli wysokość i gęstość zwarcia, kształt korony i układ rozgałęzienia
- szerokie, wysokie i gęste bariery roślinne w kierunku przeważającego przepływu powietrza zmniejszają stężenia zanieczyszczeń w powietrzu



Odmienne zwarcie koron na podstawie zdjęć hemisferycznych



TOLERANCJA NA ZANIECZYSZCZENIA

- wybór gatunków zieleni powinien uwzględniać także warunki topograficzne, glebowe i klimatyczne w danym siedlisku
- wrażliwość poszczególnych gatunków na zanieczyszczenia powietrza w danym miejscu, obciążenia imisyjne z monitoringu
- drzewa liściaste są na ogół bardziej wrażliwe na wyższe stężenia ozonu troposferycznego niż drzewa iglaste
- zasolenie gleb na skutek prac związanych z utrzymaniem dróg (sosna)



Uszkodzenia spowodowane przez ozon przyziemny na blaszce liściowej bzu czarnego (Novotný et al. 2009)

ŹRÓDŁO PYŁU I LOTNYCH ZWIĄZKÓW ORGANICZNYCH VOC

- roślinność może być źródłem zanieczyszczenia
- produkuje ziarna pyłku i lotne związki organiczne (VOC)
- przedstawiciele rzędów *Fagales*, *Lamiales*, *Proteales* i *Pinales*
- gatunki: brzoza (*Betula spp.*), jesion (*Fraxinus spp.*), platan (*Platanus spp.*) lub cyprys (*Cupressus spp.*)



Aleja platanowa w centrum Barcelony. Platan (*Platanus spp.*) to przykład drzewa produkującego VOC i źródła alergenów (Grote et al. 2016.)

DOBÓR GATUNKOWY

- połączenie kilku gatunków > zwiększona odporność, gęstość zwarcia
- połączenie gatunków liściastych i iglastych
- rozważenie wad i zalet poszczególnych gatunków
- działanie niektórych gatunków może być ambiwalentne (np. *Platanus acerifolia*) – z jednej strony gęsta korona, tolerancja na zanieczyszczenia, z drugiej zaś produkcja VOC



Sosna czarna (*Pinus nigra*) to przykład drzewa skutecznie wychwytyjącego zanieczyszczenia powietrza

DOBÓR GATUNKOWY

Nazwa	Aparat asymilacyjny	Teren	Klimat	Wrażliwość na depozycję kwaśną	Wrażliwość na O ₃	Zdolność wychwytywania cząsteczek pyłów
<i>Pinus nigra</i>	zimozielony	górski	podzwrotnikowy	odporny	tolerancyjny	wysoka
<i>Picea abies</i>	zimozielony	górski	borealny	wrażliwy	odporny	średnia
<i>Abies alba</i>	zimozielony	wyżynny	umiarkowany	tolerancyjny	odporny	średnia
<i>Quercus robur</i>	opadający	nizinny	umiarkowany	odporny	odporny	średnia
<i>Quercus petraea</i>	opadający	pagórkowaty	umiarkowany	odporny	odporny	wysoka
<i>Malus sylvestris</i>	opadający	pagórkowaty	umiarkowany	odporny	odporny	średnia
<i>Ulmus minor</i>	opadający	nizinny	śródlądowy	tolerancyjny	tolerancyjny	wysoka
<i>Cornus sanguinea</i>	opadający	pagórkowaty	umiarkowany	tolerancyjny	odporny	średnia
<i>Populus tremula</i>	opadający	pagórkowaty	umiarkowany	odporny	odporny	średnia
<i>Prunus avium</i>	opadający	pagórkowaty	umiarkowany	odporny	odporny	średnia
<i>Juglans regia</i>	opadający	wyżynny	subtropikalny	odporny	tolerancyjny	średnia

DOBÓR GATUNKOWY

Wybrane gatunki drzew o wyższej odporności na zanieczyszczenia powietrza
i skuteczniejszym wychwytywaniu zanieczyszczeń



Malus sylvestris -
Jabłoń dzika



Picea abies -
Świerk pospolity



Pinus nigra -
Sosna czarna



Populus tremula -
Topola osika



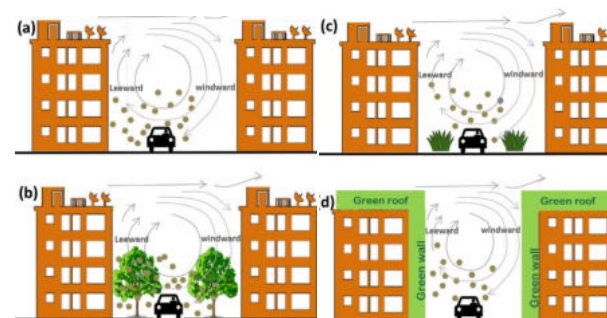
Quercus robur -
Dąb szypułkowy



Ulmus minor -
Wiąz pospolity

KOMPOZYCJA

- mieszanki gatunkowe powinny być zgodne pod względem wzrostu i wymagań
- połączenie kilku pięter drzewostanu uzupełnionych o piętro podszytu i podrosty
- uwzględnienie okolicznej zabudowy, konfiguracji i wysokości budynków
- zapobieganie negatywnym skutkom w kanionie ulicznym



Przepływ i rozproszenie zanieczyszczeń w kanionie ulicznym: (a) kanion uliczny bez roślinności, (b) kanion uliczny z drzewami, (c) kanion uliczny z żywopłotami i (d) kanion uliczny z zielonymi dachami i ścianami (Abhijith et al. 2017).



STUDIUM PRZYPADKU

OSTRAWA - BARTOWICE, RADWANICE

POWIETRZE W AGLOMERACJI OSTRAWSKIEJ

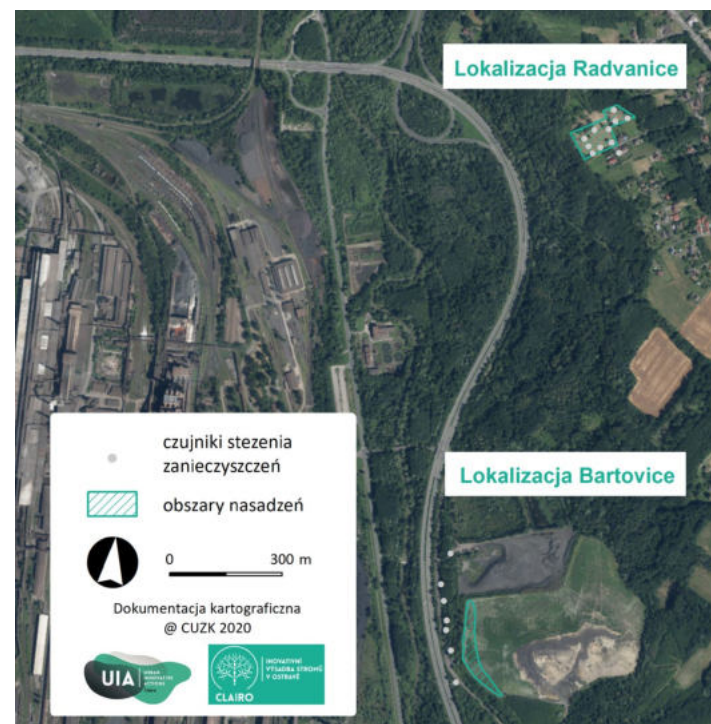
- Kraj Morawsko-Śląski od dawna plasuje się w grupie obszarów o pogarszającej się jakości powietrza i to w kontekście ogólnoeuropejskim. Według wyników zamieszczonych w bazie danych Systemu informacji o jakości powietrza Czeskiego Instytutu Hydrometeorologicznego ISKO ČHMÚ (ČHMÚ 2019) dla zarządzania jakością powietrza, w 2018 roku większość stacji monitoringu w Ostrawie odnotowała przekroczoną wartość rocznego dopuszczalnego limitu dla cząsteczek pyłu zawieszonego PM_{10} i $PM_{2.5}$
- Do obszarów szczególnie zanieczyszczonych w związku z akumulacją dużych źródeł przemysłowych i lokalnego ogrzewania należy południowo-wschodnia część Ostrawy. Jednocześnie ukształtowanie doliny wzdłuż rzeki Ostrawicy warunkuje ograniczone rozproszenie emisji przy bezwietrznej pogodzie

POWIETRZE W AGLOMERACJI OSTRAWSKIEJ

- Głównymi źródłami zanieczyszczenia powietrza w Ostrawie są źródła stacjonarne (przemysł hutniczy i energetyczny), domowe źródła ciepła oraz transport. Czwarty czynnik w przypadku Ostrawy to zanieczyszczenia transgraniczne z pobliskiej aglomeracji przemysłowej Katowic (Polska). Sytuację w Ostrawie pogarszają dodatkowo lokalne warunki klimatyczne i meteorologiczne – czyli występowanie stosunkowo długich okresów bezwietrznych, które prowadzą do długotrwałych inwersji w miesiącach zimowych, powodujących wzrost stężenia zanieczyszczeń niezależnie od spadku emisji

STUDIUM PRZYPADKU BARTOWICE, OSTRAVA – RADWANICE

- Bliskość huty Liberty Ostrava, a.s. w Ostrawie- Kunčicach (ok. 0,5 km na zachód)
- Niedaleka stacja Instytutu Zdrowia odnotowała w 2018 roku średnie roczne stężenie PM10 na poziomie $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (110 % limitu), przez co uplasowała się na 1. miejscu w wykazie stacji z przekroczonym obowiązującym limitem (ČHMÚ 2019)



STUDIUM PRZYPADKU OSTRAWA – RADWANICE

- 1,0 ha
- drzewa rosnące pojedynczo (*Juglans regia*)
- na obrzeżach terenu rozciąga się istniejący drzewostan leśny (*Populus tremula*)
- występowanie piętra runa leśnego



STUDIUM PRZYPADKU OSTRAWA – BARTOWICE

- 0,7 ha
- składowisko odpadów przemysłowych
- brak roślinności





MONITORING OBCIĄŻENIA IMISYJNEGO

Wyższa Szkoła Górnicza – Uniwersytet Techniczny w Ostrawie

ZNACZENIE SIECI CZUJNIKOWEJ

1. czujniki są odpowiednim dodatkowym urządzeniem pomiarowym istniejącej już sieci
2. czujniki nadają się do oceny zanieczyszczeń wychwytywanych przez zieloną infrastrukturę
3. czujniki są znacznie tańsze od stacjonarnych systemów monitorowania
4. czujniki potrafią wykryć "niestandardowe" sytuacje w danej lokalizacji i określić czas
5. czujniki potrafią rejestrować nie tylko stężenia imisyjne poszczególnych zanieczyszczeń (PM_x , NO_x , O_3 itd.), ale również warunki meteorologiczne, które przyczyniają się do wydajności wychwytywania
6. czujniki są łatwe w instalacji i prawie bezobsługowe

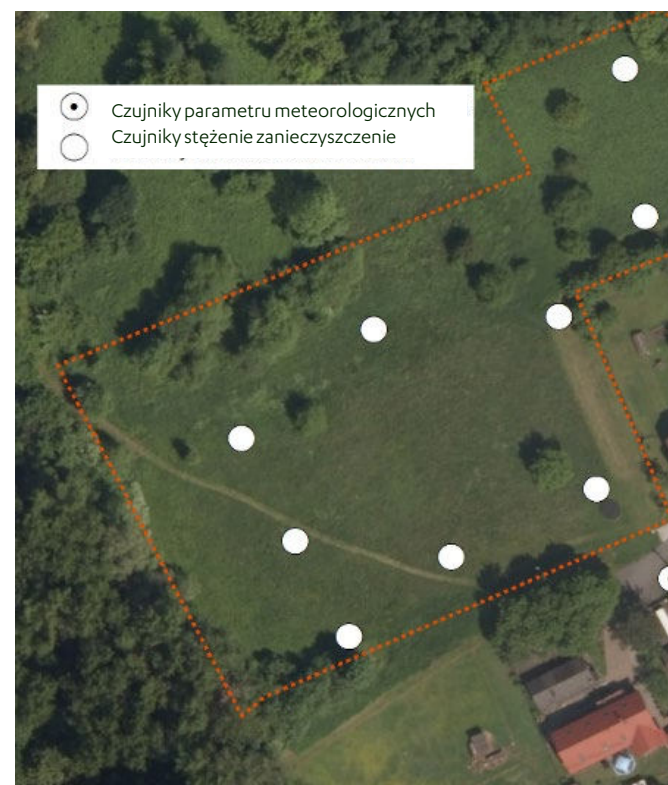
ZNACZENIE SIECI CZUJNIKOWEJ

- 7. czujniki mogą być niezależne od źródła energii dzięki połączeniu z panelem słonecznym
- 8. czujniki różnią się od siebie i należy je wzajemnie skalibrować
- 9. dane z czujników mogą być przenoszone w czasie rzeczywistym do systemu on-line, który służy do szybkiej wizualizacji i ich oceny
- 10. koszty czujników wzrastają jednak w przypadku bezprzewodowej transmisji danych za pośrednictwem mobilnej sieci danych (GPRS)
- 11. ocenione dane uzyskane z czujników pomiarowych powinny być uwzględnione w projekcie tworzenia i rozmieszczenia lokalnej zielonej infrastruktury



MONTAŻ SIECI CZUJNIKOWEJ W WYBRANYCH LOKALIZACJACH

- 19 jednostek czujników i jeden system referencyjny
- montaż przed nasadzeniem zieleni, ocena skuteczności wychwytywania przez nowo nasadzoną zieloną infrastrukturę
- ciągłość pomiarów przez okres co najmniej 8 lat, ocena rozwoju w czasie wraz z rozwojem masy zielonej i udziałem drzewostanu



PARAMETRY CZUJNIKÓW

- jednostka czujnikowa to urządzenie składające się z części pomiarowej o wymiarach 300 x 400 x 220 mm oraz panelu słonecznego o wymiarach 620 x 670 mm
- każdy czujnik jest alternatywnie niezależny od zasilania, zawiera baterię, podłączenie do panelu słonecznego oraz podłączenie do sieci 220V
- urządzenia są instalowane na metalowych rurach na wysokości około 4 metrów



MIERZONE CHARAKTERYSTYKI

STĘŻENIE PM_{10} , O_3 A NO_x

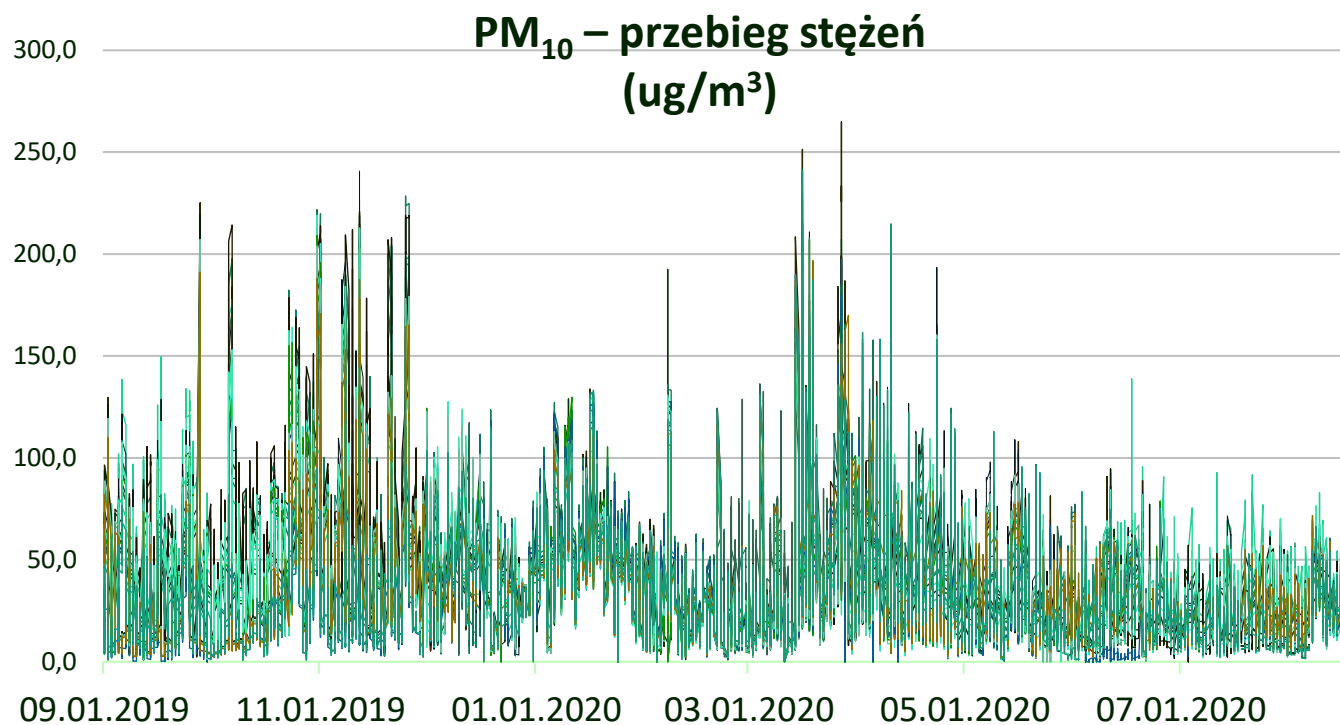
- interwał 15-minutowy
- interpolacja przestrzenna
(ordinary kriging) średnich
miesięcznych w siatce 1 x 1 m

MIERZONE PARAMETRY METEOROLOGICZNE

- promieniowanie globalne ($W \cdot m^{-2}$) T
- temperatura powietrza ($^{\circ}C$)
- prędkość wiatru ($m \cdot s^{-1}$)
- wilgotność względna powietrza (%)

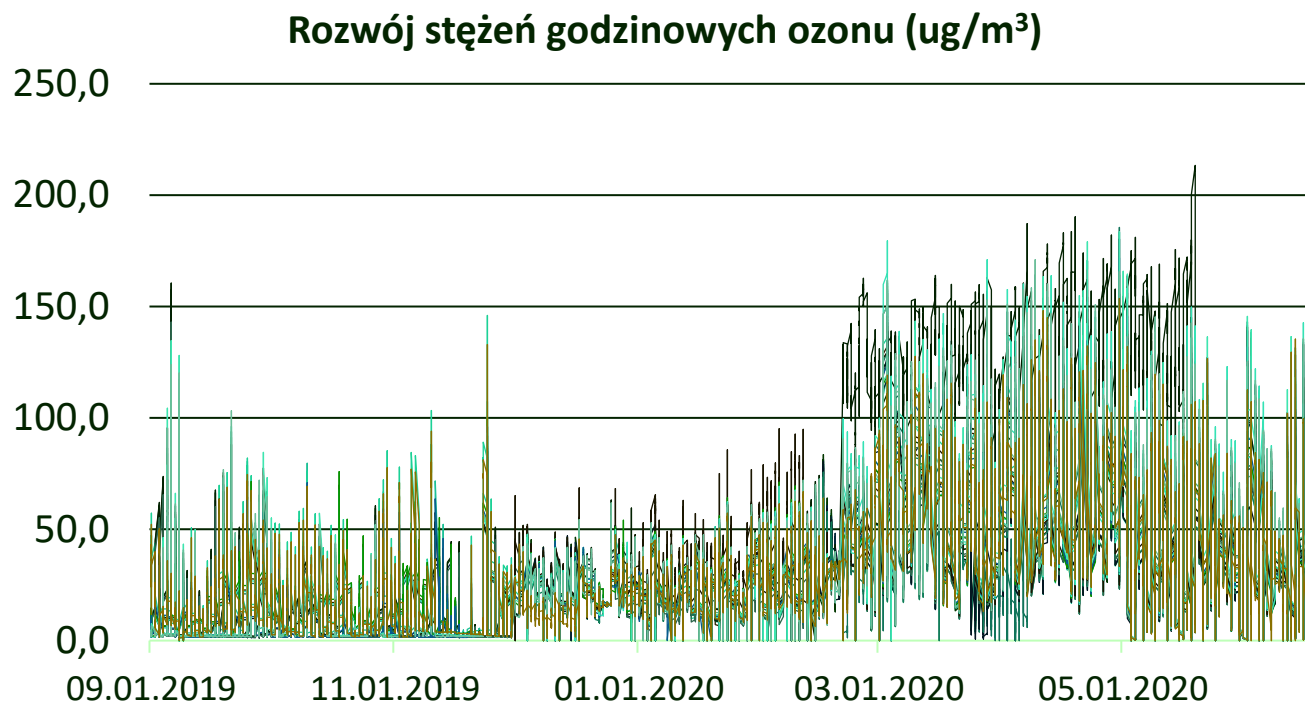


STĘŻENIE PM₁₀



Dotychczasowe wyniki wskazują na bardzo dobrą zgodność ze stacjami referencyjnymi w przypadku PM_x

STĘŻENIE O₃



SYSTEM INFORMACYJNY MONITORINGU IMISJI

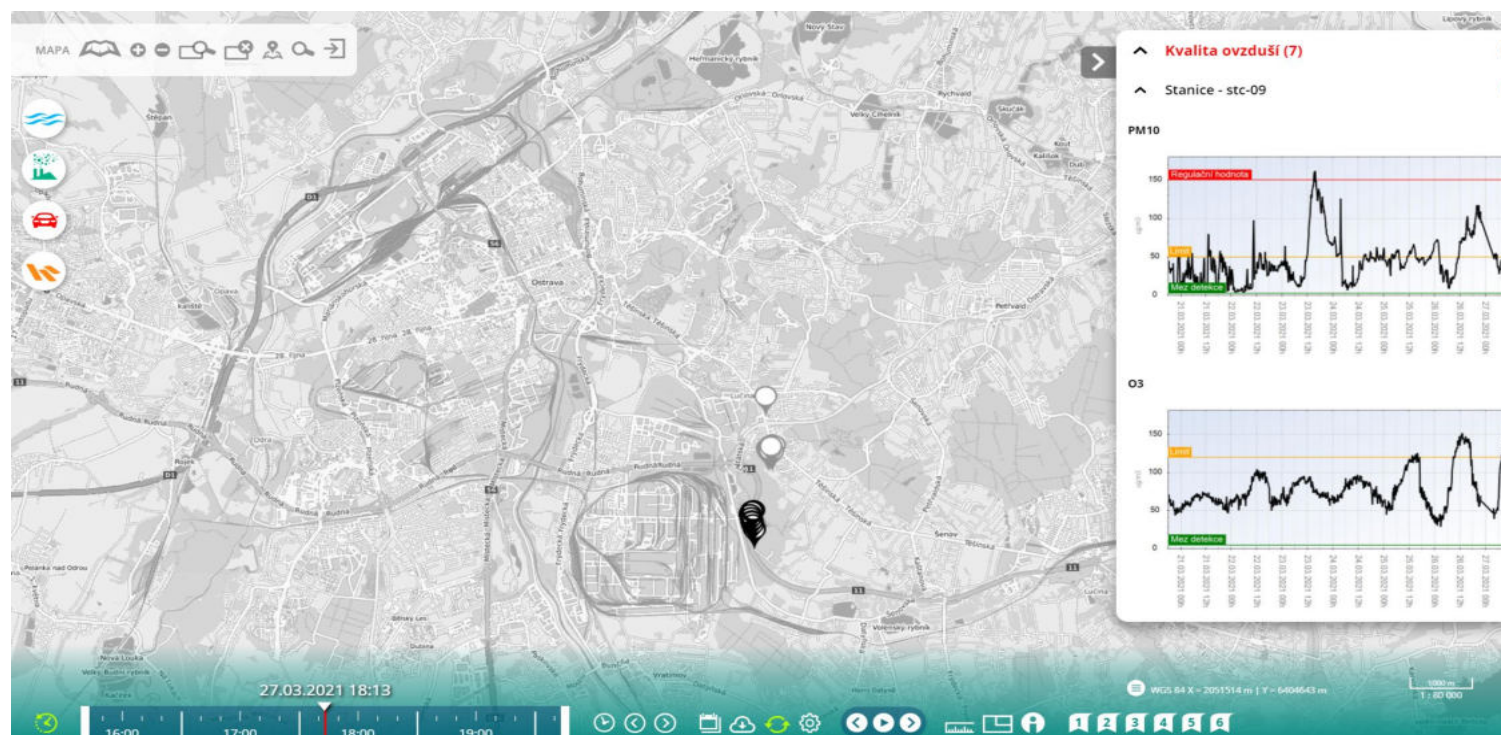
Jednostki czujników są podłączone do jednej wspólnej sieci i dostarczają dane online w sposób bezprzewodowy. Dane są transferowane do istniejącego inteligentnego systemu informatycznego, który umożliwia:

- odczytywanie stężeń krótkookresowych z czujników
- zapisywanie przeniesionych danych w specjalnie strukturyzowanej bazie danych
- przeprowadzanie ich automatycznej kontroli
- przeprowadzanie walidacji w nawiązaniu do pomiarów referencyjnych
- przeprowadzanie oceny ręcznej walidacji danych
- tworzenie mapy stężeń poszczególnych zanieczyszczeń

SYSTEM INFORMACYJNY MONITORINGU IMISJI

- wykonywanie obliczeń modelu na podstawie zmierzonych wskaźników meteorologicznych (prędkość i kierunek wiatru)
- uruchamianie animowanych sekwencji w różnych interwałach (godzina, dzień, miesiąc)
- automatyczne oznaczanie w tabelach miejsca i czasu „niestandardowych” stężeń
- tworzenie eksportu danych do tabeli dla poszczególnych punktów sieci IIS
- zapisywanie danych i mapy w przejrzystym archiwum

SYSTEM INFORMACYJNY MONITORINGU IMISJI



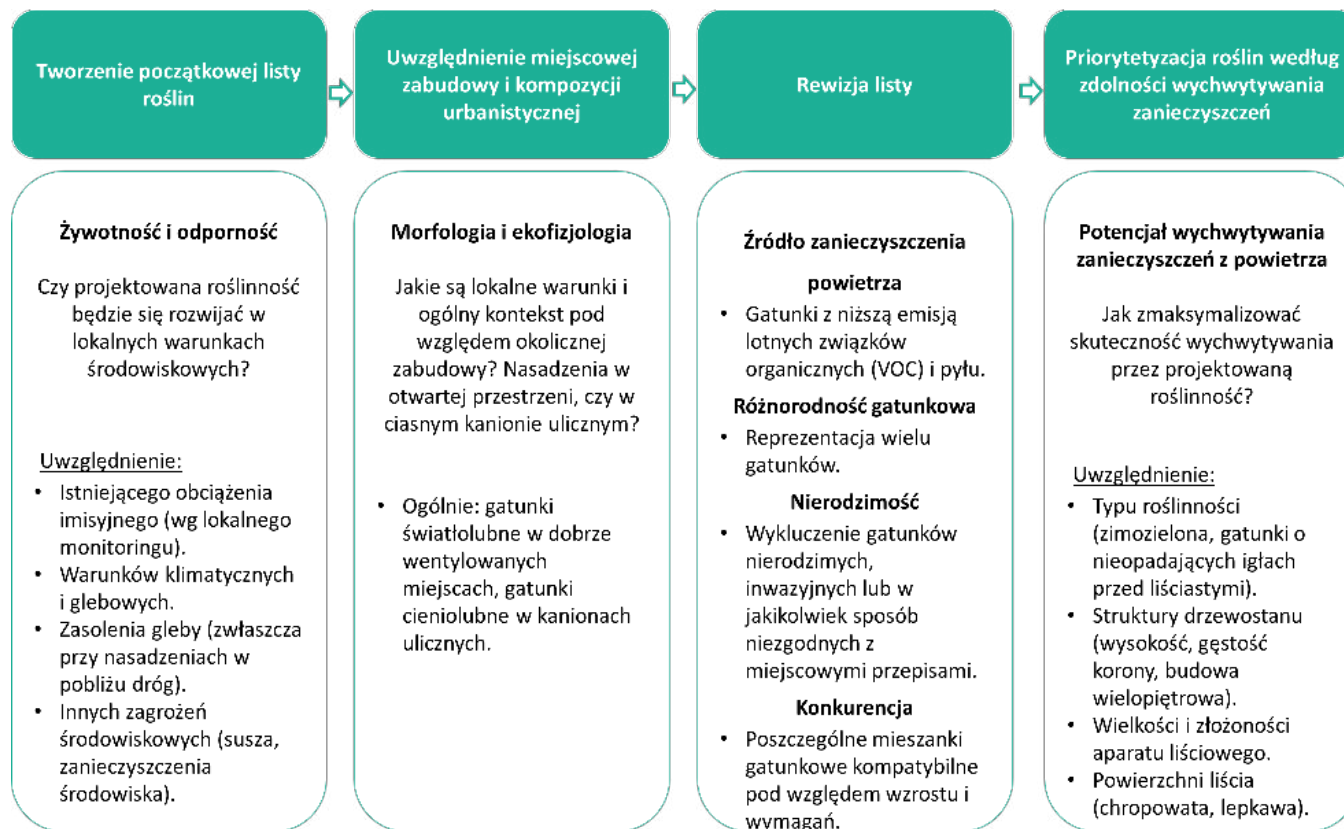
Dane można przeglądać na internetowym portalu mapowym: www.floreon.eu/mapa/ or www.airsens.eu



PROJEKT NASADZEŃ ZIELENI

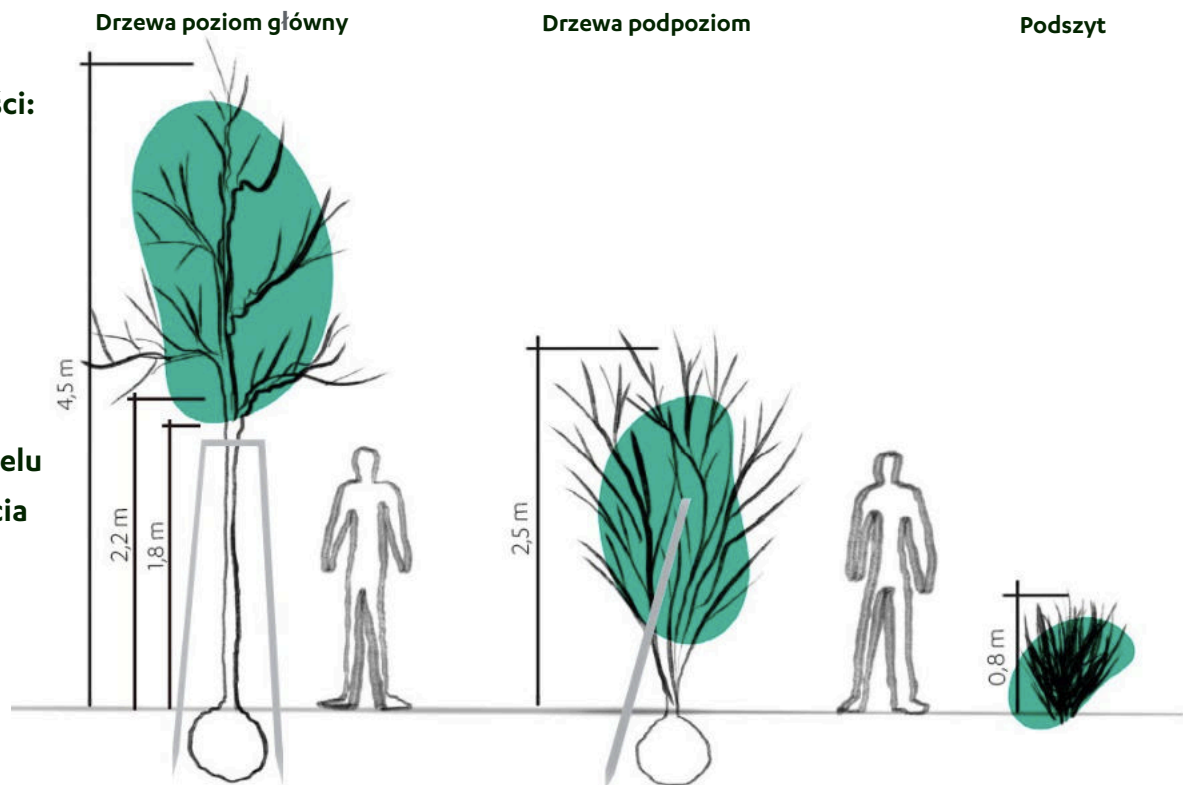
Uniwersytet Śląski w Opawie

PROCES PROJEKTOWANIA NASADZEŃ



NASADZENIA ZIELENI – KOMPOZYCJA

- Preferowane wysokości: 4,5 m dla poziomu głównego, 2,5 m dla drzew wielopniowych podpoziomu i 0,80 m krzewy
- Układ pionowy i poziomy mający na celu maksymalizację zwarcia na dalszym etapie rozwoju



NASADZENIA ZIELENI – REPREZENTACJA GATUNKOWA

Drzewa poziom główny

Abies alba, *Pinus sylvestris*,
Larix decidua, *Quercus cerris*,
Tilia platyphyllos



Drzewa podpoziom

Betula pendula, *Prunus*
mahaleb, *Carpinus betulus*,
Crataegus monogyna,
Sorbus aria



Podszyt

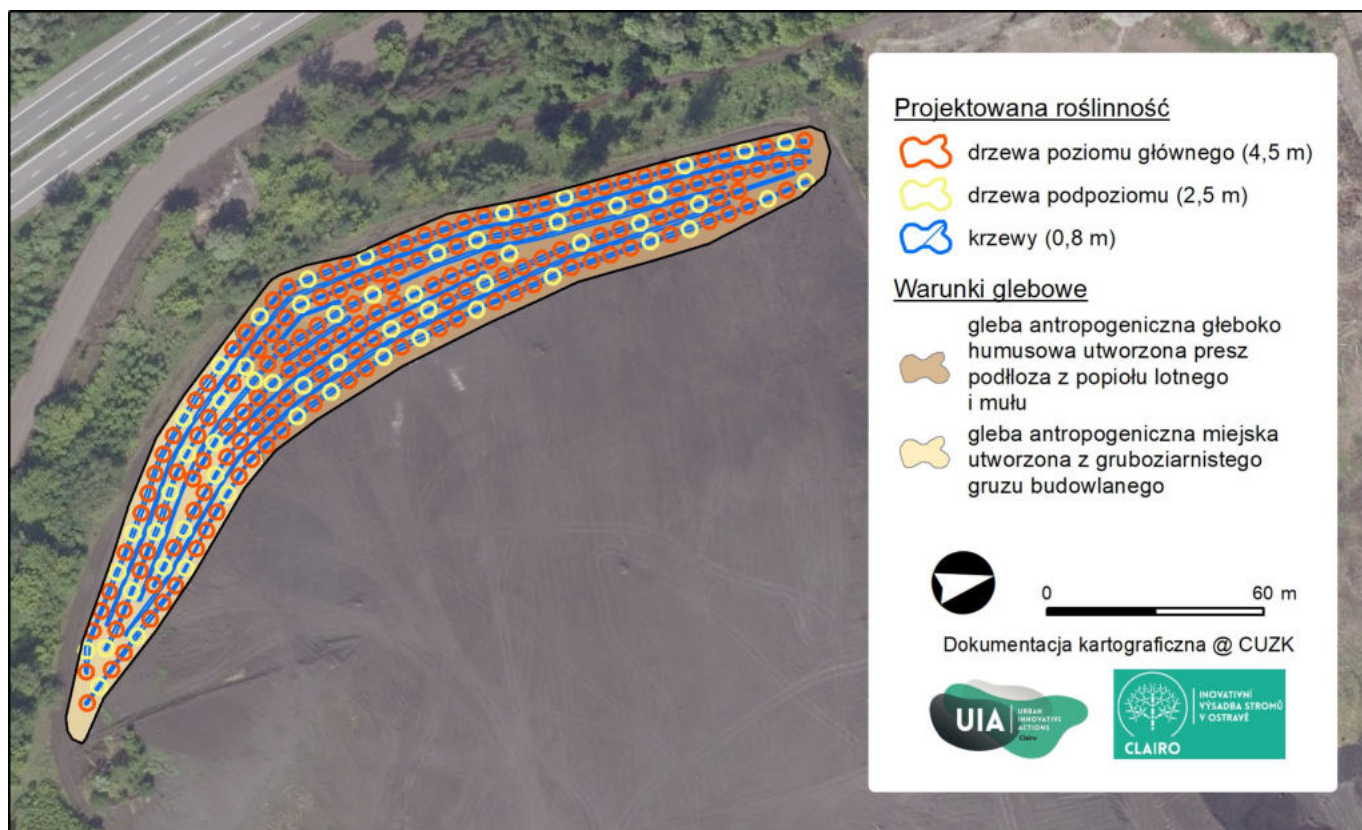
Ribes alpinum, *Sambucus*
racemosa, *Ligustrum vulgare*,
Lonicera xylosteum, *Euonymus*
europaeus, *Viburnum lantana*,
Lonicera xylosteum, *Cornus*
sanguinea



PROJEKT STRUKTURY ZIELENI – RADWANICE



PROJEKT STRUKTURY ZIELENI – BARTOWICE





PIEŁĘGNACJA I NAWOŻENIE ZIELONEJ INFRASTRUKTURY

Uniwersytet Palackiego w Ołomuńcu

WZMOCNIENIE ODPORNOŚCI ROŚLIN

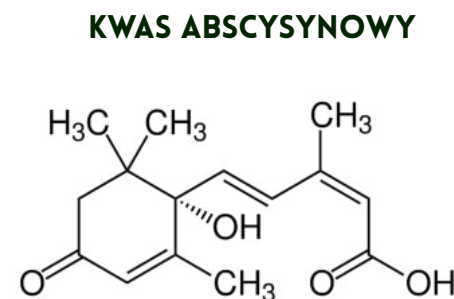
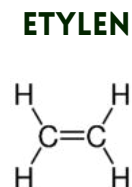
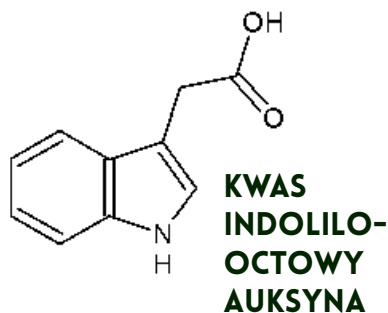
- W celu trwałego zachowania funkcji zielonej infrastruktury konieczna jest również jej dalsza pielęgnacja
- Drzewa i krzewy w lepszym stanie zdrowotnym będą lepiej fotosyntezować, stworzą gęstsze i lepsze pokrycie liściowe, a to z kolei będzie miało pozytywny wpływ na wychwytywanie zanieczyszczeń powietrza
- Zieleń miejska jest zazwyczaj pielęgnowana przy użyciu komercyjnych nawozów nieorganicznych
- Produkty ekologiczne oparte na „inteligentnych nawozach” zawierają biostymulatory oraz fitohormony, które pomagają roślinom przezwyciężać różne formy stresu abiotycznego

HORMONY ROŚLINNE FITOHORMONY

- To substancje, które odgrywają istotną rolę w regulacji wzrostu i rozwoju roślin. Występują naturalnie i działają w niewielkich stężeniach. Powstają w określonych częściach rośliny, skąd są transportowane przez część tykową wiązek przewodzących do miejsca przeznaczenia, gdzie wywołują reakcję fizjologiczną
- Działanie hormonu musi być zawsze poprzedzone związaniem się z określonym receptorem. Funkcja fitohormonów jest niespecyficzna, jeden hormon może wpływać na kilka procesów. Hormony mogą wykazywać działanie wzajemnie synergiczne (współdziałanie) lub antagonistyczne

HORMONY ROŚLINNE FITOHORMONY

Fitohormony są wykorzystywane jako regulatory wzrostu w produkcji roślinnej i biotechnologii roślin; w wysokich stężeniach działają jak herbicydy do zwalczania chwastów. Główne grupy fitohormonów: auksyny, cytokininy, gibereliny, kwas abscysynowy, etylen, brasinosteroidy, jasmonidy, strigolaktony



BIOSTYMULATORY ROŚLINNE

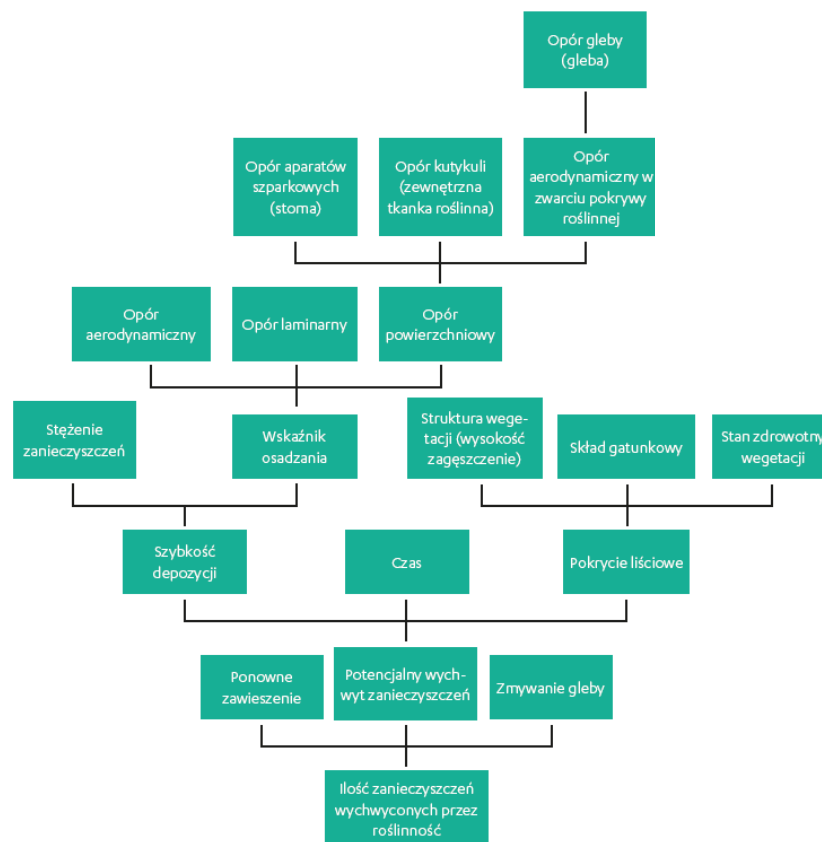
Biostymulatory to substancje biologicznie czynne pozyskiwane z materiałów naturalnych lub odpadowych. Mogą wspierać wzrost roślin i/lub wzmacniać odporność roślin na różne czynniki stresowe. Specyfika biostymulatorów polega na tym, że nie zawierają wysokiego odsetka substancji aktywnych, przez co nie mogą być uważane za typowe nawozy czy środki ochrony roślin. Charakterystyczne dla biostymulatorów jest to, że zawarte w nich składniki aktywne wpływają na metabolizm rośliny i wyzwalają procesy ogólnie poprawiające jej wzrost i stan zdrowia. Dokładny mechanizm działania większości biostymulatorów nie jest jeszcze znany, co otwiera szereg możliwości w obszarze badań naukowych. Biostymulatory mogą zawierać fitohormony, ale termin ten jest najczęściej kojarzony z hydrolizatami białka, ekstraktami z wodorostów morskich i kwasami humusowymi.



MODELOWANIE WYCHWYTU

Uniwersytet Śląski w Opawie

MODELOWANIE WYCHWYTU PRZÉZ ROŚLINNOŚĆ



MODELOWANIE WYCHWYTU PM_{10} , O_3 I NO_x

$$Q = LAI \times F \times T$$

- Q to ilość gazów i cząsteczek wychwyconych przez roślinność w określonym obszarze i czasie ($g\ m^{-2}$)
- F to szybkość depozycji gazów i cząsteczek ($g\ m^2\ s^{-1}$)
- LAI to wskaźnik pokrycia liściowego ($m^2\ m^{-2}$), T to okres czasu (s)

$$F = V_d(z) \times c(z)$$

- V_d to szybkość depozycji składnika ($m\ s^{-1}$)
- $c(z)$ to stężenie składnika na wysokości z nad ziemią ($g\ m^{-3}$)

MODELOWANIE WYCHWYTU PM_{10} , O_3 I NO_x

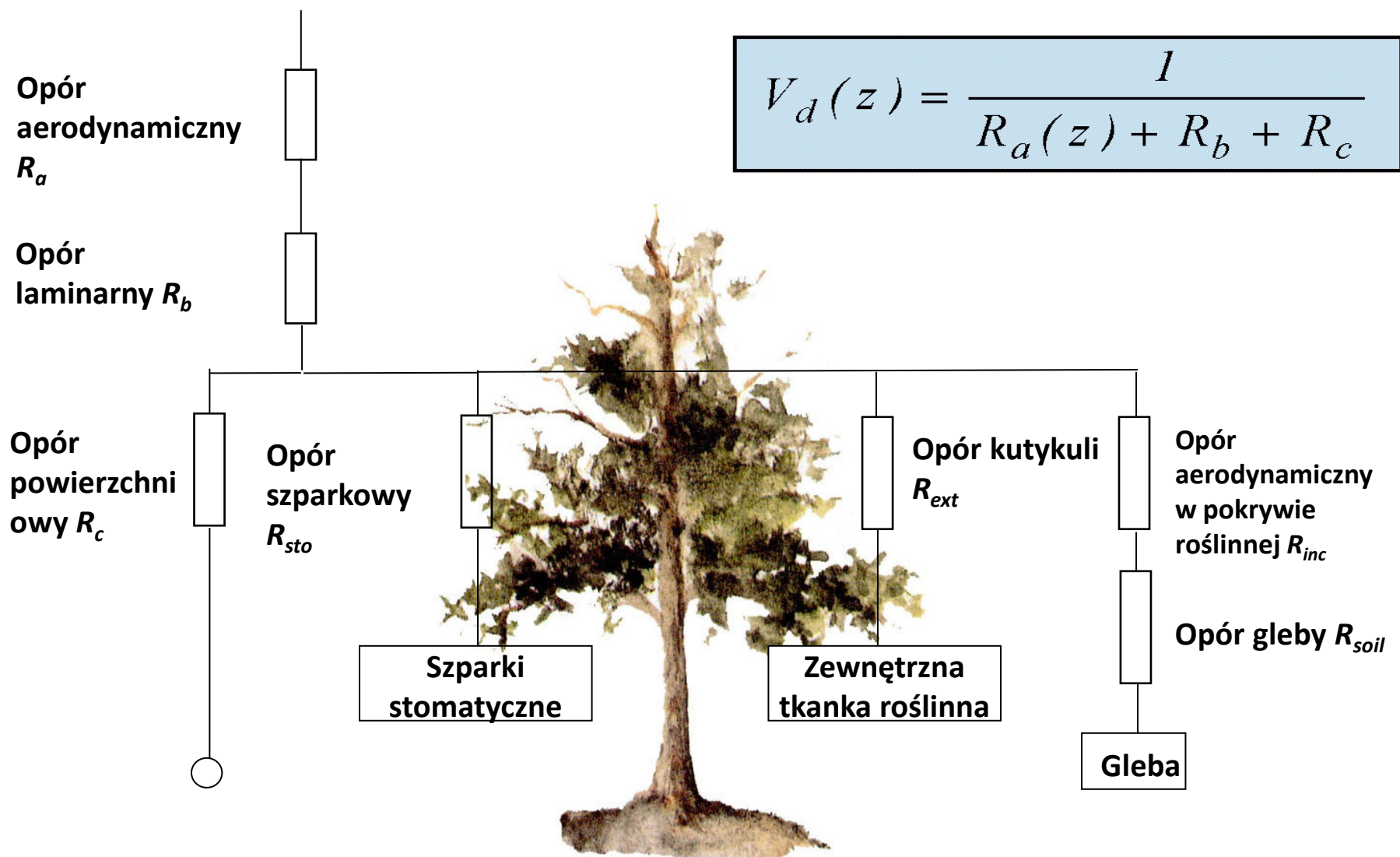
- Przepływ depozycji gazów i cząsteczek (F) na powierzchnię receptorów jest determinowany z jednej strony ich stężeniem w powietrzu i turbulencyjnymi procesami transportu w atmosferycznej warstwie granicznej, a z drugiej strony ich właściwościami chemicznymi i fizycznymi oraz zdolnością powierzchni do wychwytywania lub pochłaniania takich gazów i cząsteczek

MODEL REZYSTANCYJNY DO OBLICZANIA SZYBKOŚCI DEPOZYCJI V_d

Szybkość depozycji V_d może być wyrażona jako wartość odwrotna sumy trzech oporów (trzy fazy przenoszenia składnika gazowego):

- **Opór aerodynamiczny R_a**
- **Opór laminarny R_b**
- **Opór powierzchniowy R_c**

Stężenie składnika gazowego



MODELOWANIE WYCHWYTU PRZEZ ROŚLINNOŚĆ W LOKALIZACJI RADWANICE – PM₁₀

Wychwyt PM₁₀ (g) w stanie przed nasadzeniem (po lewej) i po nasadzeniu projektowanej roślinności (po prawej) w siatce 1 x 1 m w lokalizacji Radwanice. Modelowanie prowadzono przez okres dwóch miesięcy (pod koniec okresu wegetacyjnego)



MODELOWANIE WYCHWYTU PRZEZ ROŚLINNOŚĆ W LOKALIZACJI RADWANICE – O₃

Wychwyt O₃ (g) w stanie przed nasadzeniem (po lewej) i po nasadzeniu projektowanej roślinności (po prawej) w siatce 1 x 1 m w lokalizacji Radwanice. Modelowanie prowadzono przez okres dwóch miesięcy (pod koniec okresu wegetacyjnego)



MODELOWANIE WYCHWYTU PRZEZ ROŚLINNOŚĆ W LOKALIZACJI RADWANICE – NO_x

Wychwyt NO_x (g) w stanie przed nasadzeniem (po lewej) i po nasadzeniu projektowanej roślinności (po prawej) w siatce 1 x 1 m w lokalizacji Radwanice. Modelowanie prowadzono przez okres dwóch miesięcy (pod koniec okresu wegetacyjnego)



MODELOWANIE WYCHWYTU PRZEZ ROŚLINNOŚĆ W LOKALIZACJI BARTOWICE – PM₁₀

Wychwyt PM₁₀ (g) w stanie po nasadzeniu projektowanej roślinności w siatce 1 x 1 m w lokalizacji Bartowice. Modelowanie prowadzono przez okres dwóch miesięcy (pod koniec okresu wegetacyjnego). W stanie przed nasadzeniem nie przewiduje się żadnych znaczących wychwytów zanieczyszczeń ze względu na brak istniejącej zieleni



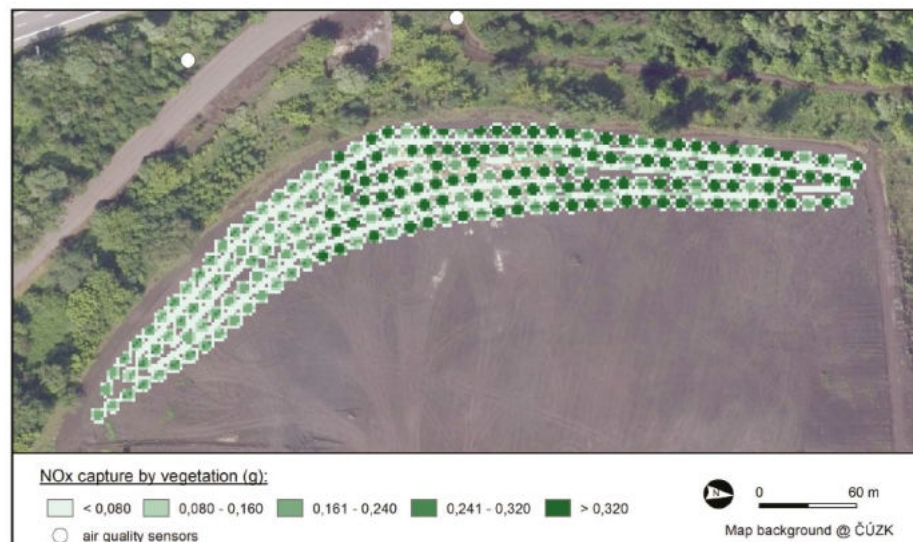
MODELOWANIE WYCHWYTU PRZEZ ROŚLINNOŚĆ W LOKALIZACJI BARTOWICE – O₃

Wychwyt O₃ (g) w stanie po nasadzeniu projektowanej roślinności w siatce 1 x 1 m w lokalizacji Bartowice. Modelowanie prowadzono przez okres dwóch miesięcy (pod koniec okresu wegetacyjnego). W stanie przed nasadzeniem nie przewiduje się żadnych znaczących wychwytów zanieczyszczeń ze względu na brak istniejącej zieleni

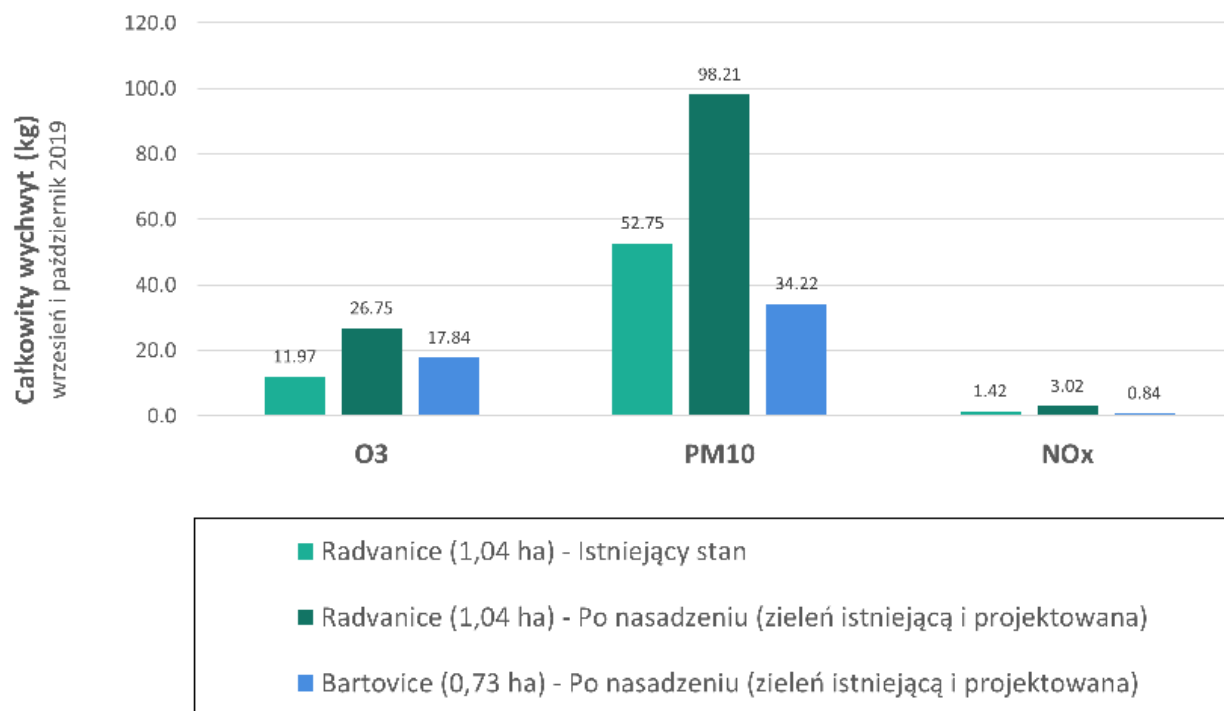


MODELOWANIE WYCHWYTU PRZEZ ROŚLINNOŚĆ W LOKALIZACJI BARTOWICE – NO_x

Wychwyt NO_x (g) w stanie po nasadzeniu projektowanej roślinności w siatce 1 x 1 m w lokalizacji Bartowice. Modelowanie prowadzono przez okres dwóch miesięcy (pod koniec okresu wegetacyjnego). W stanie przed nasadzeniem nie przewiduje się żadnych znaczących wychwyty zanieczyszczeń ze względu na brak istniejącej zieleni



WPŁYW NOWO NASADZONEJ ZIELENI NA WYCHWYTYWANIE ZANIECZYSZCZEŃ





PRZEKAZYWANIE KNOW-HOW I ANKIETY PUBLICZNE

**SOBIC Smart & Open Base for Innovations in European Cities
i Regionální sdružení územní spolupráce Těšínské Slezsko**

PRZEKAZYWANIE DOŚWIADCZEŃ

- Metody i doświadczenia zdobyte podczas projektu są przekazywane również innym miastom partnerskim (np. Opawa, Trzynieć, Karwina) w Kraju Morawsko-Śląskim. Wyniki są udostępniane nie tylko specjalistom, ale także opinii publicznej w Republice Czeskiej i na świecie
- Przekazywanie know-how związanego z zieloną infrastrukturą w miastach oraz jej nasadzaniem, w aspekcie poprawy jakości powietrza i adaptacji do zmian klimatu, odbywa się także za pośrednictwem warsztatów dla przedstawicieli miast, ekspertów akademickich, uczniów szkół podstawowych i średnich oraz studentów uczelni wyższych

BADANIA OPINII PUBLICZNEJ – METODYKA

- Badania ankietowe zostały przeprowadzone w Kraju Morawsko-Śląskim w latach 2019 i 2020 na podstawie ekskluzywnych badań ilościowych z wykorzystaniem techniki standaryzowanych wywiadów bezpośrednich w domu.



BADANIA OPINII PUBLICZNEJ – METODYKA

- Okres gromadzenia danych: 15. 10. 2019–10. 11. 2019 i 5 .10. 2020–31. 10. 2020
- Zbiorowością badaną byli mieszkańcy aglomeracji ostrawskiej w wieku powyżej 18 lat
- Próbę badawczą stanowiło 1207 respondentów (605 w 2020 r. + 602 w 2019 r.) z wybranych miast i gmin aglomeracji ostrawskiej, konkretnie z miast (i okolicznych małych gmin):
- Bogumin (64), Czeski Cieszyn (75), Frydek-Mistek (112), Hawierzów (141), Hluczyn (20), Jabłonków (15), Karwina (112), Opawa (80), Orłowa (20), Ostrawa (476), Trzyniec (93)
- Strukturę respondentów można zróżnicować według płci (mężczyźni/kobiety), wieku (kategorie 1/-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60+lat) i wykształcenia (podstawowe, zawodowe, średnie, wyższe) i innych parametrów

BADANIA OPINII PUBLICZNEJ – WNIOSKI

NAJWAŻNIEJSZE WNIOSKI:

- Prawie 30% mieszkańców regionu jest przekonanych, że w ciągu ostatnich 10 lat sytuacja związana z jakością powietrza uległa pogorszeniu, co jednak wcale nie odpowiada rzeczywistym wynikom pomiarów jakości powietrza.
- Prawie połowa populacji jest raczej lub zdecydowanie niezadowolona z jakości powietrza.
- Temat zieleni w mieście jest pozytywnie postrzegany przez zdecydowaną większość respondentów. Ponad trzy czwarte z nich z zadowoleniem przyjęłoby nowe rozwiązania w swojej okolicy, takie jak zielone fasady, dachy itp. Prawie połowa mieszkańców byłaby skłonna wesprzeć finansowo gminę w nasadzaniu zieleni lub innej formy ochrony powietrza.

BADANIA OPINII PUBLICZNEJ – WNIOSKI

- Ponad połowa respondentów deklaruje chęć osobistego wkładu w poprawę powietrza i środowiska w swoim regionie. Najczęściej poprzez wspieranie nasadzeń zieleni (90%) i niespalanie odpadów domowych (w tym liści, trawy, papieru), ale także poprzez wykorzystanie zrównoważonych form transportu.
- Kwestie związane z czystym powietrzem i zielenią w miastach są ważne zwłaszcza dla wykształconej i młodszej części społeczeństwa, co jest istotnym przesłaniem dla miast borykających się z odpływem głównie tej grupy ludności. Mimo że w naszym regionie mamy do czynienia z takim odpływem, możemy jednak wykorzystać uniwersytecki charakter miast (Ostrawa, Opawa, Karwina), ponieważ to właśnie młodzi i lepiej wykształceni ludzie stają się później liderami ideowymi i politycznymi.

ZAKOŃCZENIE

ZAKOŃCZENIE

1. Zielona infrastruktura przyczynia się do poprawy jakości powietrza w środowisku miejskim poprzez usuwanie cząsteczek pyłu zawieszonego i innych zanieczyszczeń zatrzymanych na powierzchni liści i igieł. Część wychwyconych zanieczyszczeń może zostać przefiltrowana do przestrzeni międzykomórkowych przez aparaty szparkowe liści, jednak większość z nich pozostaje na powierzchni liści, skąd zostaje następnie ponownie zawieszona w atmosferze lub wypłukana przez opady.
2. Ważnymi aspektami mającymi wpływ na jakość i wydajność zielonej infrastruktury w wychwytywaniu pyłów zawieszonych (PM_x), ozonu przyziemnego (O_3) i tlenków azotu (NO_x) są zarówno właściwości organów roślinnych i ich rozmieszczenie, jak również ogólna struktura drzewostanu, jego wysokość i gęstość.

ZAKOŃCZENIE

3. Aby monitorować wpływ zielonej infrastruktury na jakość lokalnego stanu powietrza, należy umieścić w pobliżu sieć czujnikową. Ze względu na prostą instalację i obsługę jest ona źródłem dodatkowych pomiarów, dzięki którym można wykryć również sytuacje „nietypowe”, w tym czas konkretnych zdarzeń.
4. Przy tworzeniu zielonej infrastruktury na terenach przemysłowych o podwyższonych stężeniach substancji zanieczyszczających powietrze należy uwzględnić przede wszystkim gatunki o podwyższonej odporności na zanieczyszczenia powietrza. Zwłaszcza w przypadku wysokich stężeń ozonu przyziemnego powinno się wybierać gatunki odporne na tego typu zanieczyszczenia.

ZAKOŃCZENIE

5. Stosowanie nawozów ekologicznych zawierających biostymulatory i fitohormony, które pomagają roślinom w przezwyciężaniu różnych form stresu abiotycznego, może zapewnić długą żywotność istniejącej i nowo nasadzonej zielonej infrastruktury nawet w silnie zanieczyszczonym środowisku przemysłowym.
6. Po nasadzeniu proponowanej roślinności można spodziewać się na podstawie modelowanych wyników znacznego zwiększenia wychwytywania zanieczyszczeń, i to ponad dwukrotnie w porównaniu ze stanem obecnym, co istotnie wpłynie na ogólną poprawę stanu powietrza w danej lokalizacji.
7. Metodologia umożliwia kwantyfikację wychwytywania cząsteczek, ozonu przyziemnego i tlenków azotu przez zielen miejską w skali lokalnej, uwzględniającą rzeczywiste cechy strukturalne lokalnej roślinności.

DZIĘKUJEMY ZA UWAGĘ



LITERATURA

- Abhijith, K. V, Kumar, P., Gallagher, J., McNabola, A., Baldauf, R., Pilla, F., Broderick, B., Di, S., Pulvirenti, B., 2017. Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments e A review. *Atmos. Environ.* 162, 71–86.
- Barwise, Y., Kumar, P., 2020. Designing vegetation barriers for urban air pollution abatement: a practical review for appropriate plant species selection. *npj Clim Atmos Sci*, 3 (12), 1-19.
- ČHMÚ, 2019. Roczne zestawienie tabelaryczne. Zanieczyszczenie powietrza i depozycja atmosferyczna w danych, Republika Czeska. Online: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2019_enh/index_CZ.html.
- European Commission, 2013. Building a Green Infrastructure for Europe. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 24.
- Grote, R., Samson, R., Alonso, R., Amorim, J. H., Cariñanos, P., Churkina, G., Fares, S., Thiec, D. L., Niinemets, Ü., Mikkelsen, T. N., Paoletti, E., Tiwary, A., Calfapietra, C., 2016. Functional traits of urban trees: air pollution mitigation potential.
- Janhäll, S., 2015. Review on urban vegetation and particle air pollution - Deposition and dispersion. *Atmospheric Environment*, 105, 130-137.

LITERATURA

- Mendelu, 2020. Morfologie listu. Online: https://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/obecna_botanika/texty-organologie-morfologie.html.
- Novotný, R., Buriánek, V., Šrámek, V., 2009. Metodika hodnocení viditelného poškození vegetace vyvolaného účinky přízemního ozonu : Recenzovaná metodika.
- Nowak, D. J., 1994. Air pollution removal by Chicago's urban forest. In McPher, E. G., Nowak, D. J., Rowntree, R. A. (Eds.), Chicago's urban forest ecosystem: Results of the Chicago urban forest climate project. US Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. 63-82.
- Weerakkody, U., Dover, J.W., Mitchell, P., Reiling, K., 2018. Evaluating the impact of individual leaf traits on atmospheric particulate matter accumulation using natural and synthetic leaves. Urban For. Urban Green. 30, 98–107.
- Zapletal, M., 2001. Atmospheric deposition of nitrogen and sulphur compounds in the Czech Republic. The ScientificWorld 1, 1 – 10, 2001.
- Zapletal, M., Cudlín, P., Chroust, P., Urban, O., Pokorný, R., Edwards-Jonášová, M., Czerný, R., Janouš, D., Taufarová, T., Večeřa, Z., Mikuška, P., Paoletti, E., 2011. Ozone flux over a Norway spruce forest and correlation with Net Ecosystem Production. Environmental Pollution, 159, 1024-1034.



MATERIAŁ OBRAZOWY

- Fotografia botaniczna, 2020. Wytwory skórki roślin – włoski i emergencje.
Online: <http://www.botanickafotogalerie.cz/novinky.php?lng=czlatName=Pinus>
- Mendelu, 2020. Morfologia liścia. Online: https://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/obecna_botanika/texty-organologie-morfologie.html.
- Zdjęcia drzew zostały zaczerpnięte ze strony <https://commons.wikimedia.org/>: Pinus nigra – sosna czarna. AnamoneProjectors. Creative Commons Attribution-Share Alike 2.0 Generic.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pinus_nigra1.jpg
- Picea abies – świerk pospolity. Wilhelm Zimmerling PAR. Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ruhland,_Fichtestr._7,_Gew%C3%B6hnliche_Fichte,_Vorwinter,_01.jpg
- Quercus robur – dąb szypułkowy. Czeva. Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sedleck%C3%BD_dub_01.jpg





MATERIAŁ OBRAZOWY

- *Malus sylvestris* – jabłoń dzika. Daderot. Creative Commons CC0 1.0 Universal Public Domain Dedication. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Malus_sylvestris_-_Botanical_Garden_in_Kaisaniemi,_Helsinki_-DSC03467.JPG
- *Ulmus minor* – wiąz pospolity. Eric Collin. Original uploader was Ptelea at en.wikipedia. GNU Free Documentation License. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blismes_elm_2007.jpg
- *Populus tremula* - topola osika. Zeynel Cebeci. Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Populus_tremula_-_Eurasian_Aspen_01.jpg

