

Zielona instalacja – roślinność filtrująca powietrze w budynku – interdyscyplinarne badania studenckie



dr hab. inż. arch.
KATARZYNA UJMA-WĄSOWICZ,
PROF. PŚ
Politechnika Śląska
Wydział Architektury
ORCID: 0000-0002-3190-530X



dr hab. inż.
WIOLETTA PRYZYTAŚ, PROF. PŚ
Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
ORCID: 0000-0002-7403-2043



dr hab. inż.
EWA ZABŁOCKA-GODLEWSKA,
PROF. PŚ
Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
ORCID: 0000-0002-4212-8913



PAWEŁ ALEKSY
Politechnika Śląska
Wydział Architektury
ORCID: 0000-0001-8843-5401



PATRYCJA BARAN
Politechnika Śląska
Wydział Architektury
ORCID: 0000-0002-2074-2330



OLIWIA KOKOT
Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
ORCID: 0000-0003-4744-5704



AGNIESZKA STAWINOĞA
Politechnika Śląska
Wydział Architektury
ORCID: 0000-0002-8417-8409



ANNA SZUMILAK
Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
ORCID: 0000-0001-8266-3374

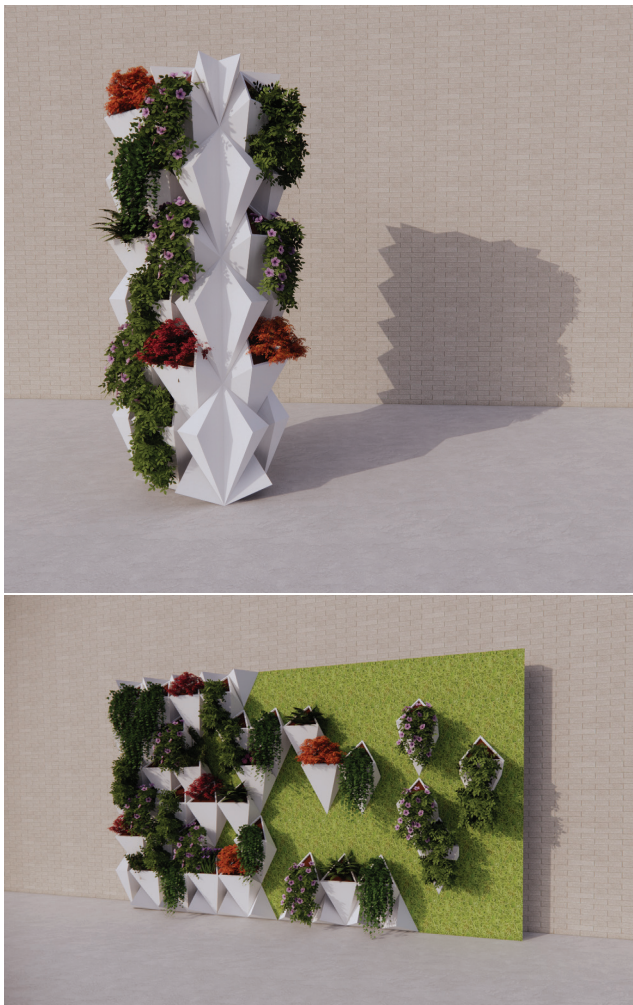


SZYMON ŚWIDORSKI
Politechnika Śląska
Wydział Architektury
ORCID: 0000-0001-8398-8066

Tematem artykułu jest opis interdyscyplinarnych badań zrealizowanych na Politechnice Śląskiej w ramach zajęć Project Based Learning, gdzie studenci z Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki oraz z Wydziału Architektury przy merytorycznym wsparciu uczestniczących w projekcie nauczycieli akademickich opracowywali prototyp nowej pod względem designu i doboru roślin zielonej instalacji, której celem jest dbałość o zdrowe powietrze w pomieszczeniach biurowych.

Wprowadzenie

Współcześnie praca znaczącej części społeczeństwa ma charakter biurowy. W przestrzeniach gabinetowych (indywidualnych lub wieloosobowych) spędza się znaczną część dnia, w związku z czym coraz większą wagę przywiązuje się do podnoszenia jakości użytkowania tychże pomieszczeń. Jednym z istotnych czynników wpływających na komfort pracy i przebywania w biurze jest panujący w nim mikroklimat. Wychodząc z założenia, że nie w każdej tego typu przestrzeni jest (czy powinna być) montowana wentylacja mechaniczna lub jej szczególnie rodzaj, jakim jest klimatyzacja, podjęto w ramach projektu przeprowadzonego na Politechnice Śląskiej w semestrze zimowym roku akademickiego 2021/2022 metodą Project Based Learning (PBL) [1] próbę opracowania prototypu zielonej instalacji, mającej



Rys. 1. Konceptcja nr 1 modułu zielonej instalacji

na celu z jednej strony poprawę jakości powietrza w pomieszczeniu, a z drugiej charakteryzującej się oryginalną pod względem designu formą. Projekt został wykonany we współpracy studentów i nauczycieli akademickich z Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki oraz Wydziału Architektury.

Założenia badawczo-projektowe oraz metodyka pracy

Prace badawczo-projektowe zostały poprzedzone przez studia literaturowe, w których rozpoznano współczesne rozwiązania „ścianek” filtrujących powietrze w przestrzeniach biurowych i innych [2], [3], [4], [5]. Obecnie zdecydowanie więcej informacji można znaleźć na temat zielonych ścian stosowanych na zewnątrz niż na temat tych projektowanych wewnątrz budynku. Sposób kształtowania zielonych ścian wewnętrznych oraz zewnętrznych różni się od siebie ze względu na różne uwarunkowania i istniejące już systemy. Również zestawy roślin stosowanych do wertykalnych ogrodów projektowanych wewnątrz oraz na zewnątrz budynku różnią się od siebie. Działania grupy badawczej w podziale na swoje kompetencje polegały na analizowaniu temperatury i wilgotności powietrza w pomieszczeniach, stanu roślin, liczebności oraz różnorodności mikroorganizmów z grupy bakterii i grzybów pleśniowych [6] (studentki Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki), a także na zaprojektowaniu oryginalnego designu dla zielonej – filtrującej powietrze instalacji (studenci Wydziału Architektury). Istotnym elementem projektu były spotkania fokusowe, „burze mózgów”, prototypowanie na rzeczywistych modelach 3D.

W wyniku prowadzonych prac rozwiązano następujące zagadnienia badawcze:



Rys. 2. Konceptcja nr 2 modułu zielonej instalacji

- opracowano zestaw roślin (dla pojedynczej instalacji) odpowiadający na przyjęte założenia w projekcie, w tym określono stabilny dla wszystkich roślin sposób poboru wody czy dostarczenie światła dziennego;
- wstępnie opracowano technologię umożliwiającą montaż i obsługę biologicznie czynnej instalacji w pomieszczeniach zamkniętych;
- opracowano warianty funkcjonalnego sytuowania multiplikowanej instalacji w pomieszczeniach/przestrzeniach biurowych.

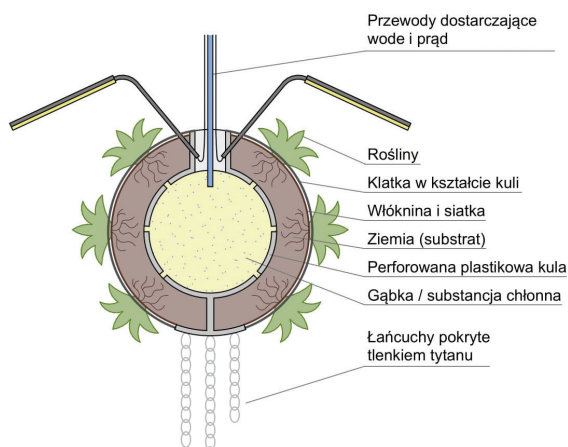
Proces projektowy

Po przeanalizowaniu literatury przedmiotu, obejmującej tematykę zielonych ścian i przesuwanych modułów z roślinami, sporządzono zestawienie ich wad (np. ograniczona możliwość lokalizacji, brak możliwości adaptacji podczas zmian) i zalet (np. poprawa klimatu wnętrza, zintegrowany system nawadniania), by następnie przystąpić do studium projektowego. Proces ten podzielono na 3 etapy. Na pierwszym każdy z uczestników projektu miał za zadanie indywidualnie opracowanie koncepcji, następnie po fazie konsultacji stworzono zespoły robocze w celu dopracowania wytypowanych pomysłów (rys. 1. i 2.).

Finalnie na dalszym etapie zdecydowano się rozwijać koncepcję nr 2. W następnej kolejności przystąpiono do opracowania szczegółów technicznych oraz materiałowych wskazanego rozwiązania.

Zaprojektowany moduł miał 40 cm średnicy oraz wagę ok. 4,5 kg (ostateczna waga kuli zależała od użytego substratu oraz jego wilgotności).

Zaprojektowana instalacja została wyposażona w jednostkę centralną z przyłączeniem do wody oraz prądu. Z niej wychodzą dostarczające wodę, energię i nawóz przewody poprowadzone w zamontowa-



Rys. 3. Przekrój przez zieloną instalację

nym, na suficie pomieszczenia lub na ścianie, systemie szynowym wiszących zielonych kul. Każda kula, ze względu na system nawadniania oraz montowane od góry oświetlenie (dostarczenie światła o długości fal 480, 550 i 700 nm), byłaby samowystarczalna i nie byłoby konieczności lokalizowania jej w pobliżu okien. Ze względu na system szynowy kule będzie można dowolnie przesuwać (rys. 3. i 4).

Docelowo wiszące kule będą mogły być zainstalowane w przestrzeni podsufitowej nad stołami i biurkami (rys. 5.) albo na ścianach (rys. 6.).

Budowa prototypu

Do przeprowadzania badań mikrobiologicznych niezbędny był rzeczywisty model instalacji w skali 1:1. Ze względu na ograniczenia sprzętowe, finansowe oraz lokalizacyjne system wiszący został zastąpiony stojącym, a moduł został pomniejszony z 40 cm na 30 cm średnicy. W tym celu wprowadzano do wnętrza kulistej instalacji drewniany drążek umocowany na stabilnej podstawie. Ze wskazanych przyczyn zrezygnowano również z automatycznego systemu nawadniania, zastępując go podlewaniem ręcznym. Przed rozpoczęciem budowy pro-



Rys. 4. Przykładowa zielona instalacja

otypu opracowano dwa systemy nawadniania: nr 1 wężykowy oraz nr 2 centralny – rozsączeniowy (stożkowy). Tym samym zbudowano dwie instalacje (rys. 7.), by następnie umiejscowić je w pomieszczeniu, w którym przeprowadzono badania mikrobiologiczne.

Badania mikrobiologiczne

Aby zapewnić możliwie najlepszy wybór roślin do projektowanej instalacji, w ramach procesu badawczego przeprowadzono studia literaturowe dotyczące ich właściwości, w tym ich możliwości wzrostu, odporności na choroby i wpływu na jakość powietrza [7], [8]. Ze względu na nietypową formę ich ulokowania priorytetem było, aby charakteryzowały się one odpornością na kooperację z innymi gatunkami, a także miały małe wymagania stanowiskowe oraz glebowe. Dodatkowy czynnik, który przyczynił się w poszukiwaniach, to możliwość oczyszczania powietrza z formaldehydu, benzenu i ksylenów, których zawartość w pomieszczeniach biurowych jest zwiększona. Finalnie do prototypu dobrano następujące gatunki roślin: epipremnum, trzykrotkę, sansewierię, zielistkę, paproć, zroslichę oraz skrzydłokwiat. Pro-



Rys. 5. Przykład aranżacji instalacji w przestrzeni podsufitowej

Tab. 1. Zmiany liczebności mikroorganizmów w powietrzu pomieszczeń w porównaniu do tła sprzed montażu prototypów (gdzie: > nieznacznie większe; >> dużo większe (co najmniej dwukrotnie); < nieznacznie mniejsze; << znacząco mniejsze (co najmniej o połowę)

Typy oraz liczebność mikroorganizmów		Pomiar (w kolejnych tygodniach)				
		1	2	3	4	5
Bakterie psychrofilne	85 [cfu/m ³]	>>	<	<	<	<
Bakterie mezofilne	286 [cfu/m ³]	>>	<	<<	<<	<
Grzyby pleśniowe	71 [cfu/m ³]	<<	<<	<	<<	>>

Wychodząc z założenia, że nie w każdej tego typu przestrzeni jest (czy powinna być) montowana wentylacja mechaniczna lub jej szczególny rodzaj, jakim jest klimatyzacja, podjęto próbę opracowania prototypu zielonej instalacji.

Projekt opierał się na stworzeniu koncepcji zielonej instalacji i jej wpływu na liczbę mikroorganizmów w powietrzu, stąd też pominięto dokładną charakterystykę licznych roślin wybranych do jej stworzenia. Następnym etapem było wykonanie badań mających na celu sprawdzenie, jak obsadzona kula będzie wpływać na mikrobiologiczną jakość powietrza w pomieszczeniu o kubaturze 257,7 m³ (pow. 77,4 m² i wys. 3,33 m). Do poboru powietrza wykorzystano aparat Airdeal 3P, który ustawiono na wysokości 90 cm nad podłogą pośrodku pomieszczenia. Objętość pobieranego powietrza zoptymalizowano podczas pierwszego pomiaru na podstawie wyników dla kilku pobieranych objętości, by liczebność mikroorganizmów na płytkach mieściła się w zakresie 10–100 kolonii. Warunki, w których zostały przeprowadzone badania, nie były przez cały okres trwania projektu jednolite, co z jednej strony mogło zakłócać stabilność badań, jednak z drugiej dawały namiastkę potencjalnych niedogodności: pomieszczenie było użytkowane sporadycznie, co powodowało, że co jakiś czas następowała w nim zmiana temperatury oraz wilgotności. Tabela 1. przedstawia wyniki po-

miarów, ukazujące zmiany liczebności mikroorganizmów w powietrzu przez pięć następujących po sobie tygodni w okresie grudzień–styczeń. Na rozbieżności pomiędzy pomiarami, szczególnie pierwszym i ostatnim, wpływ miała liczba osób oraz ich wysoka aktywność w pomieszczeniu bezpośrednio przed wykonaniem tegoż pomiaru, co w konsekwencji doprowadziło do uzyskania zawyżonych wyników. Mimo odnotowanych anomalii można stwierdzić, że wraz z upływem czasu jakość powietrza stabilizowała się, przyjmując wartości zbliżone do wyjściowych, co zobrazowały wyniki pozostałych pomiarów. Ponadto między mikroorganizmami występowały interakcje, a intensywny rozwój bakterii mógł przyhamować rozwój grzybów, czego dowodem jest pomiar 1 i 2.

Pomimo użytkowania pomieszczenia oraz jego dużej kubatury możemy stwierdzić, że rośliny nie przyczyniły się do zwiększenia ilości mikroorganizmów we wnętrzu. Ilość kolonii bakterii i grzybów przez cały okres badań utrzymywała się w granicy błędu, a projektowanie zamkniętego systemu doniczkowego – brak bezpośredniego dostępu do gleby – pozwoliło na ograniczenie obecności grzybów pleśniowych w powietrzu.

Wyniki i wnioski końcowe

Po upływie ok. 1,5 miesiąca eksploatacji prototypów było możliwe określenie wad i zalet poszczególnych systemów nawadniających oraz samego prototypu. Już na etapie sadzenia roślin był zauważalny problem braku sztywności kul, co wymaga modyfikacji np. poprzez zastosowanie dodatkowych obręczy metalowych i wzmocnienia za pomocą metalowej siatki na kształt kuli. Systemem nawadniającym, który sprawdził się lepiej, był system nr 2, w kształcie stożka. Została tak-



Rys. 6. Przykład instalacji przyściennej





Rys. 7. Prototypy instalacji wykonane przez zespół projektowy

że zauważona konieczność zastosowania (w ostatecznej formie instalacji) systemu zabezpieczającego przed wyciekami wody z kuli i usuwającego jej nadmiar. Zastosowanie czujników wilgotności w kulach usprawniłoby nawadnianie. Warte rozważenia byłoby również zamontowanie dodatkowego systemu oświetleniowego od dołu instalacji, a nie tylko od góry, co pozwoliłoby na równomierne doświetlenie wszystkich roślin.

Organizmy żywe należą do wymagających czasu obiektów badawczych. Z tego też powodu uzyskane rezultaty badań mikrobiologicznych jak na okres 5 tygodni są satysfakcjonujące, lecz nie w pełni miarodajne, zwłaszcza że wystąpiły fluktuacje ze względu na różne obciążenie pomieszczenia. Jednakże zaobserwowano, że rośliny nie wpłynęły negatywnie na mikrobiologiczną jakość powietrza, czego dowodem jest częściej zmniejszona bądź utrzymana na podobnym poziomie zawartość bakterii i grzybów. Analizowane rośliny dobrze się rozwijały dzięki właściwemu rozmieszczeniu, co miało związek z dobrem ich pod kątem odpowiednich parametrów. Jednakże efektywniejsze rezultaty badań zostałyby uzyskane w trakcie pełnej adaptacji roślin do nowych warunków rozwoju, dlatego też należałoby w dalszym ciągu prowadzić badania.

Autorzy artykułu mają przekonanie, iż rozwijana koncepcja zielonej instalacji jest obiecująca zarówno pod względem swojej funkcji oczyszczającej powietrze w pomieszczeniach, jak i w sferze estetycznej. Skłania to do kontynuacji badań, które być może w przyszłości zawojują realizację.

Bibliografia:

- [1] Fross K., Ujma-Wąsowicz K., Aleksy P., Baran P., Kaczor K., Owsńska J., Stawinoga A., Świdorski S., 2021, Ścieżka adaptacyjna – projekt toru treningowego z przeszkodami dla osób niewidomych i słabowidzących, „Builder” 6 (287). DOI: 10.5604/01.3001.0014.8657.
- [2] Mercaleo K., Mercaleo D., Greenarte – Zielone Ściany w walce ze smogiem, Greenarte Zielone Ściany w walce ze smogiem | Zielone ściany Greenarte (zielonesciany.pl) [dostęp: 20.02.2022].
- [3] Ksist B., Majcherek M., 2013, Green Walls, czyli zielone ściany jako ekologiczne przegrody budowlane – cz. I, „Inżynier Budownictwa” nr 6/2013, s. 120–122.
- [4] Niezabitowska E., 1997, Projektowanie obiektów biurowych, Wyd. Pol. Śl., Gliwice.
- [5] Winnicka-Jasłowska D., 2000, Ewolucja obiektu biurowego na przestrzeni XX w. jako wynik wzrastających wymagań użytkowników, Politechnika Śląska, Gliwice.
- [6] Wojtyto D., 2018, Środowisko pracy biurowej i nowy obszar zagrożeń spowodowany roślinami niebezpiecznymi, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją.
- [7] Gąska-Jędruch U., Dudzińska M.R., 2009, Zanieczyszczenia mikrobiologiczne w powietrzu wewnętrznym, Politechnika Lubelska.
- [8] Nowak J., 2005, Wpływ roślin ozdobnych na zdrowie człowieka, „Zeszyty problemowe postępów nauk rolniczych”, z. 504, s. 33–42.

DOI: 10.5604/01.3001.0015.8549

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Ujma-Wąsowicz Katarzyna, Przysaś Wioletta, Zablocka-Godlewska Ewa, Aleksy Paweł, Kokot Oliwia, Stawinoga Agnieszka, Szumilak Anna, Świdorski Szymon, 2022, Zielona instalacja – roślinność filtrująca powietrze w budynku – interdyscyplinarne badania studenckie, „Builder” 6 (299). DOI: 10.5604/01.3001.0015.8549

Streszczenie: Jakość powietrza wewnętrznego istotnie wpływa na funkcjonowanie osób korzystających z zamkniętych przestrzeni. Celem badań było stworzenie prototypu zielonej instalacji mającej korzystnie oddziaływać na mikroklimat pomieszczenia dzięki odpowiedniemu doborowi roślin, a także stworzeniu systemu praktycznie bezobsługowego, działającego również przy niedoborach światła dziennego. W ramach studium literaturowego wytypowano szereg roślin z grupy tzw. oczyszczaczy powietrza. W pracy koncepcyjnej stworzono projekt, a następnie dwa prototypy zielonej instalacji w celu sprawdzenia słuszności założeń. Wykonano analizy mikrobiologiczne powietrza w pomieszczeniu ze względu na fakt, że hodowle roślin stanowią dodatkowe źródło mikroorganizmów w powietrzu pomieszczeń.

Słowa kluczowe: rośliny filtrujące, jakość powietrza wewnętrznego, zielona instalacja

Abstract: GREEN INSTALLATION – PLANTS THAT FILTER THE AIR IN A BUILDING – AN INTERDISCIPLINARY STUDENT STUDY.

Indoor air quality significantly affects the functioning of people who use enclosed spaces. The aim of the research was to create a prototype of a green installation which would have a beneficial effect on the microclimate of a room thanks to an appropriate selection of plants, as well as creating a practically maintenance-free system that works even when there is insufficient daylight. The literature study selected a number of plants from the group of so-called air purifiers. Conceptual work created a design and then two prototypes of the green installation to test the validity of the assumptions. Microbiological analyses of the office room air were performed due to the fact that plant cultures are an additional source of microorganisms in room air.

Keywords: filter plants, indoor air quality, green installation