



KAJA DEMBIŃSKA, JACEK KUBICA



Zielona infrastruktura miejska

W REGULACJI CZYNNIKÓW FIZYCZNYCH
ŚRODOWISKA PRACY I WYPOCZYNKU

Poradnik



Zielona infrastruktura miejska w regulacji czynników fizycznych środowiska pracy i wypoczynku

Poradnik

Kaja Dembińska, Jacek Kubica



Warszawa 2025



Zrealizowano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.



Projekt nr. IV.PN.05, pt. „Wieloczynnikowa ocena parametrów zielonej infrastruktury miejskiej ze względu na jej potencjalne funkcje moderatora wydajności i zdrowia pracowników”.

Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

Autorzy – inż. Kaja Dembińska, dr inż. Jacek Kubica - Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

Projekt okładki: Jolanta Maj

ISBN: 978-83-7373-474-6

CIOP  **PIB** **75** LAT



© Copyright by Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2025

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czerniakowska 16,
00-701 Warszawa
tel. (22) 623 36 98,
www.ciop.pl

Spis treści

Wprowadzenie	5
1. Redukcja hałasu	7
1.1. Mechanizm tłumienia hałasu przez rośliny	7
1.2. Ogólne zasady projektowania zieleni miejskiej w celu ograniczenia hałasu	8
1.2.1. Układ roślin	9
1.2.2. Gęstość nasadzeń	9
1.2.3. Szerokość pasa zieleni	9
1.2.4. Układ i morfologia liści	10
1.2.5. Ukształtowanie terenu i podłoża	10
1.2.6. Zastosowanie roślin pnących	10
1.3. Rekomendacje projektowe dla różnych obszarów miejskich w zakresie redukcji hałasu	11
1.3.1. Zieleń przydrożna	11
1.3.2. Parki i obszary rekreacyjne	12
1.3.3. Zieleń wokół oraz wewnątrz budynków biurowych i użyteczności publicznej	13
1.3.4. Zieleń na osiedlach mieszkaniowych	13
2.4. Mechanizm regulacji temperatury i wilgotności powietrza przez rośliny	14
2.5. Ogólne zasady projektowania zieleni miejskiej w zakresie regulacji parametrów mikroklimatu	15
2.5.1. Układ roślin	15
2.5.2. Gęstość nasadzeń	15
2.5.3. Szerokość pasów i układ przestrzenny	15
2.5.4. Gatunki o wysokiej transpiracji i powierzchni liści	16
2.5.5. Zieleń wertykalna i dachowa	16
2.6. Rekomendacje projektowe dla różnych obszarów miejskich w zakresie regulacji parametrów mikroklimatu	16
2.6.1. Zieleń przydrożna	16
2.6.2. Parki i obszary rekreacyjne	17
2.6.3. Osiedla mieszkaniowe	17

2.6.4.	Otoczenie budynków biurowych i użyteczności publicznej	17
3.	Regulacja poziomu promieniowania nadfioletowego (UV)	18
3.1.	Mechanizmy redukcji promieniowania UV przez rośliny	18
3.2.	Ogólne zasady projektowania zieleni miejskiej w celu redukcji promieniowania UV	19
3.2.1.	Układ roślin	19
3.2.2.	Gatunki o wysokiej skuteczności w zakresie redukcji UV	19
3.3.	Rekomendacje projektowe dla różnych obszarów miejskich w zakresie promieniowania UV	20
3.3.1.	Zieleń przydrożna	20
3.3.2.	Parki i obszary rekreacyjne	20
3.3.3.	Osiedla mieszkaniowe	20
3.3.4.	Otoczenie budynków biurowych i użyteczności publicznej	20
4.	Preferencje mieszkańców w zakresie rozwoju zielonej infrastruktury miejskiej	21
4.1.	Preferencje w zakresie struktury zielonej infrastruktury miejskiej	21
4.2.	Preferencje w zakresie elementów zielonej infrastruktury miejskiej	24
5.	Polecane gatunki dla różnych obszarów miejskich	32
5.1.	Zieleń przydrożna	32
5.2.	Parki i obszary rekreacyjne	35
5.3.	Zieleń wokół budynków biurowych i użyteczności publicznej	37
5.4.	Zieleń na osiedlach mieszkaniowych	38
	PODSUMOWANIE	42
	BIBLIOGRAFIA	43
	Akty prawne i normy	47



Wprowadzenie

Zielona infrastruktura miejska oddziałuje na szereg czynników fizycznych obecnych w środowisku, które mają wpływ na zdrowie i samopoczucie mieszkańców. Jej różne elementy mogą stanowić zarówno barierę dla niepożądanych czynników fizycznych, jak i źródło czynników, które w pozytywny sposób oddziałują na człowieka, modyfikując subiektywne odbieranie bodźców zmysłowych w środowisku. To stawia przed urbanistami istotne wyzwania – związane z planowaniem zrównoważonych i zdrowych środowisk miejskich, uwzględniających właściwie zaprojektowaną i utrzymaną zieloną infrastrukturę, składającą się z parków, ogrodów miejskich, alejek spacerowych i innych obszarów zielonych. Do tego niezbędne są wskazania dotyczące parametrów zielonej infrastruktury miejskiej, oparte o badania naukowe mające na celu ocenę barierowości lub emisyjności różnych rodzajów roślinności w stosunku do czynników fizycznych występujących w środowisku miejskim.

Poradnik ten obejmuje zagadnienia związane z oddziaływaniem zielonej infrastruktury na wybrane czynniki fizyczne, w tym na ograniczenie hałasu, regulację temperatury i wilgotności oraz ograniczenie narażenia na naturalne promieniowanie nadfioletowe (UV). Dodatkowo, zawiera opis preferencji mieszkańców miast w Polsce w zakresie rozwoju zielonej infrastruktury miejskiej, pochodzący z badania ankietowego przeprowadzonego przez pracowników CIOP-PIB.

Treść publikacji może zatem stanowić wsparcie przy podejmowaniu decyzji projektowych i inwestycyjnych w zakresie zielonej infrastruktury w ośrodkach miejskich. Jej uzupełnieniem jest atlas dobrych praktyk, zawierający szczegółowe informacje dotyczące 50 zalecanych gatunków roślin.

Autorzy



1. Redukcja hałasu

Hałas komunikacyjny w przestrzeniach miejskich jest jednym z najpoważniejszych problemów zdrowotnych i środowiskowych, który wpływa negatywnie na jakość życia i zdrowie mieszkańców. Według danych WHO i Europejskiej Agencji Środowiska (EEA), chroniczna ekspozycja na hałas drogowy w Europie dotyczy milionów osób, narażając je na ryzyko utraty zdrowia. Narażenie na hałas na poziomie 65 dB wywołuje u ludzi stany nerwicowe oraz utrudnienia w regeneracji organów słuchu. Nowe badania sugerują skutki obejmujące układ sercowo-naczyniowy, choroby układu oddechowego, nowotwory, choroby neurodegeneracyjne oraz zaburzenia psychiczne [1]. Hałas może wywoływać stany lękowe i przewlekły stres, wpływać na wydajność pracy oraz pogarszać komfort akustyczny zarówno w miejscach pracy, jak i wypoczynku.

Zieleń miejska, dzięki swojej zdolności do pochłaniania i rozpraszania fal dźwiękowych, jest jednym z kluczowych elementów, które mogą skutecznie tłumić hałas w miastach. Przemysłane projektowanie pasów zieleni z użyciem odpowiednich gatunków roślin i wielowarstwowych układów, może efektywnie zmniejszać poziom hałasu, co poprawia komfort akustyczny oraz przyczynia się do ogólnego dobrostanu mieszkańców i pracowników. Dzięki licznym badaniom naukowym poznano mechanizmy i zasady, które pozwalają maksymalizować efektywność zieleni miejskiej jako bariery dźwiękochłonnej [2-10].

1.1. Mechanizm tłumienia hałasu przez rośliny

Rośliny tłumią hałas dzięki dwóm podstawowym mechanizmom. Są to:

- absorpcja energii dźwiękowej – fale dźwiękowe oddziałują na roślinność poprzez wprawianie liści, gałęzi i pędów w drgania oraz poprzez zwiększenie oporu aerodynamicznego w obrębie koron, co prowadzi do częściowej utraty energii akustycznej za sprawą konwersji na energię cieplną;

- rozpraszanie fal dźwiękowych – nieregularne ułożenie liści i gałęzi oraz nieregularna powierzchnia kory pnia rozpraszają fale dźwiękowe w różnych kierunkach, zmniejszając ich intensywność.

Eksperymenty nad fizycznymi właściwościami liści pokazały, że ich kształt, gęstość oraz struktura ma duże znaczenie dla redukcji hałasu. Gęsto rozmieszczone, skórzaste liście, jak w przypadku żywotnika zachodniego (*Thuja occidentalis*) czy bluszczu pospolitego (*Hedera helix*), zwiększają absorpcję i tłumienie dźwięków nawet o 60% w porównaniu do roślin, które zrzucają liście na zimę. To dowodzi, że odpowiedni dobór gatunków może zwiększyć skuteczność tłumienia hałasu w miastach.

Ponadto jednym z czynników wpływających na efektywność redukcji hałasu przez rośliny jest efekt podłoża. Perforowana gleba ma tendencję do redukcji hałasu w zakresie częstotliwości < 500 Hz i > 1000 Hz.

Efektywność tłumienia hałasu różni się w zależności od gatunku roślin oraz struktury i szerokości nasadzeń:

- drzewa iglaste, które zachowując ulistnienie przez cały rok, zapewniają skuteczną barierę nawet w sezonie zimowym, tłumiąc hałas o 5-8 dB,
- drzewa liściaste skutecznie pochłaniają dźwięki wysokiej częstotliwości, szczególnie w sezonie wegetacyjnym, redukując hałas o około 5-7 dB,
- rośliny okrywowe i krzewy tworzące dolną warstwę zieleni, zwiększają tłumienie hałasu przy poziomie gruntu.

1.2. Ogólne zasady projektowania zieleni miejskiej w celu ograniczenia hałasu

Aby maksymalizować efektywność zieleni w tłumieniu hałasu, wskazane jest zastosowanie następujących zasad projektowania dotyczących struktury i rozmieszczenia roślin.

1.2.1. Układ roślin

Efektywność tłumienia hałasu wzrasta wraz z ilością i rozmieszczeniem warstw roślin. Najlepsze wyniki osiąga się przez zastosowanie nasadzeń wielowarstwowych, które obejmują:

- warstwę wysoką, czyli drzewa o gęstym ulistnieniu, w tym drzewa iglaste, które redukują hałas całorocznie i ze względu na dużą ilość igieł są szczególnie skuteczne w redukcji dźwięków o niskiej częstotliwości, obniżając poziom hałasu o nawet 12 dB na dystansie 30 m;
- warstwę średnią, czyli krzewy, które tłumią dźwięki od podłoża do wysokości kilku metrów;
- warstwę niską i okrywową, czyli rośliny płożące i okrywowe, które wspomagają rozpraszanie dźwięków, zwłaszcza na twardych powierzchniach odbijających;
- warstwę wertykalną, którą mogą tworzyć pnącza.

1.2.2. Gęstość nasadzeń

Im większa jest gęstość roślin, tym skuteczniejsze jest tłumienie hałasu. Zaleca się:

- sadzenie roślin w sposób nieregularny, z zachowaniem zmiennych odległości i pewnego stopnia nieuporządkowania, tak aby utworzyć niejednorodną strukturę sprzyjającą rozpraszaniu fal w różnych kierunkach i o szerokim pasmie częstotliwości;
- projektowanie nasadzeń z zachowaniem odległości zapewniających roślinom przestrzeń do rozwoju koron i systemów korzeniowych.

1.2.3. Szerokość pasa zieleni

Szerokość pasa zieleni jest kluczowa dla tłumienia hałasu. Należy brać pod uwagę, że:

- pasy zieleni przydrożnej o szerokości 10-15 m są skuteczne w redukcji hałasu

o 8-10 dB na dystansie 100 m. Na terenach o dużym natężeniu ruchu zaleca się, aby szerokość zieleni wynosiła co najmniej 15 m, co pozwala osiągnąć lepsze rezultaty;

- układ trzech lub więcej rzędów roślin, gdzie każdy kolejny rząd jest gęstszy i wyższy, zwiększa tłumienie hałasu o dodatkowe 2-3 dB, w porównaniu do pojedynczego pasa drzew.

1.2.4. Układ i morfologia liści

Skuteczność tłumienia hałasu zależy od układu i morfologii liści. W szczególności:

- liście o grubej teksturze (skórzaste lub duże, np. liście dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) efektywniej tłumią hałas niż liście drobne i cienkie;
- rośliny w warunkach dużego nasłonecznienia cechują się nawet dwukrotnie większą grubością liści, co jest głównie wynikiem wydłużonych komórek parenchymy;
- rośliny o liściach szerokich i sztywnych, skutecznie pochłaniają dźwięki o wysokiej częstotliwości.

1.2.5. Ukształtowanie terenu i podłoża

Przy projektowaniu pasów zieleni należy uwzględniać formy terenu. W badaniach wykazano, że

- obecność wałów i nasypów poprawia efekt tłumienia hałasu;
- podłoże z glebą perforowaną (np. trawniki, ściółka leśna) dobrze pochłania dźwięki o niskiej częstotliwości (poniżej 500 Hz).

1.2.6. Zastosowanie roślin pnących

Zastosowaniu roślin pnących w mieście sprzyja ogromna kubatura wysokiej zabudowy w centrach dużych aglomeracji, przy jednocześnie niewielkiej powierzchni gruntu.

Warto zauważyć, że:

- zielen miejska wzbogacona o ekrany dźwiękochłonne pokryte pnączami, tworzy barierę tłumiącą hałas odbity od powierzchni twardych;
- pnącza nie tylko wspomagają pochłanianie hałasu, ale także poprawiają estetykę przestrzeni miejskich.

1.3. Rekomendacje projektowe dla różnych obszarów miejskich w zakresie redukcji hałasu

1.3.1. Zielen przydrożna

- Zielen ma najlepsze właściwości tłumiące dla częstotliwości w pasmach środkowych i wysokich (zwykle od kilkuset Hz w górę), odpowiadającej większości energii hałasu komunikacyjnego, co przemawia na korzyść stosowania zieleni jako ekranu akustycznego [11].
- Zgodnie z zaleceniami projektowymi pasy zieleni przydrożnej powinny mieć szerokość minimum 10-15 m i składać się z warstw drzew iglastych, liściastych oraz krzewów i roślin okrywowych. Drzewa iglaste, posadzone jako warstwa górna, mogą redukować hałas o 7-10 dB dla szerokości 15 m. Dolną warstwę zieleni przydrożnej warto wypełnić krzewami i roślinami okrywowymi, które skutecznie tłumią hałas przy poziomie gruntu. Wysokie krzewy redukują dźwięki o 6-8 dB, zaś niskie krzewy o 2,5-4 dB [12].
- Przyjmuje się, że każdy metr szerokości dorosłego żywopłotu daje spadek poziomu dźwięku o 1 dB [6].
- W przypadku arterii komunikacyjnych z linią tramwajową, ruchem autobusowym i pojazdów mechanicznych pas zieleni powinien wynosić 12 m z chodnikiem o szerokości 8 m pomiędzy dwoma rzędami drzew o gęstym listowiu [6].
- W przypadku arterii z ruchem autobusowym i pojazdów mechanicznych, ale bez ruchu tramwajowego, szerokość pasa zieleni powinna wynosić 10 m (wliczając w to chodnik o szerokości 6 m) [6].

- W przypadku arterii komunikacyjnych o słabym ruchu pojazdów mechanicznych, szerokość pasa zieleni może wynieść 8 m (w tym chodnik o szerokości 4 m) [6].
- W obszarach autostrad sprawdzają się gatunki wyższe (1-2 m) o dużej zdolności rozrastania się w szerz [13].
- W pasach wzdłuż oraz pomiędzy jezdniami lub chodnikami, z uwagi na zasolenie, pierwszy rząd roślin powinien być sadzony przynajmniej 1,7-2 m od jezdni. Godnym polecenia pomysłem jest podniesienie terenu obsadzeń ponad teren jezdni poprzez murek oporowy. Pozwala to na ograniczenie wpływu zasolenia na rośliny [13].
- W odniesieniu do miejsc wąskich w obszarach towarzyszących komunikacji pieszej i rowerowej najbardziej przydatne są krzewy o bardziej rozłożystym pokroju [13].
- Efektywność w tłumieniu fali dźwiękowej pokryw trawiastych jest tym większa, im trawa jest dłuższa, a trawnik ten jest niekoszony [4].
- Jeśli brakuje miejsca na wprowadzenie drzew i krzewów zaleca się wprowadzenie pnączy. Zastosowanie pnączy na ekranach dźwiękochłonnych stanowi barierę odbijającą i tłumiącą dźwięki o wysokiej częstotliwości [14].
- W pasach tramwajowych można stosować rozchodniki, rojniki, tymianek i inne mało wymagające, niskie byliny.

1.3.2. Parki i obszary rekreacyjne

- W przestrzeniach parkowych, gdzie cisza jest kluczowym elementem komfortu, zaleca się stosowanie wielogatunkowych układów roślinnych z dużymi koronami, które skutecznie tłumią dźwięki wysokiej częstotliwości. Takie wielowarstwowe układy pozwalają zmniejszyć hałas w przestrzeni parku nawet o 10 dB, a jednocześnie pozytywnie wpływają na regenerację psychiczną użytkowników parku.
- Nie bez znaczenia jest obecność dźwięków naturalnych, znanej pod pojęciem „ciszy naturalnej”. Wyniki badań jednoznacznie wskazują, że krajobrazy dźwiękowe parków bogatych w odgłosy ptaków i z minimalnym poziomem hałasu ulicznego są postrzegane jako najskuteczniej regenerujące [5]. Należy więc projektować nasadzenia sprzyjające obecności zwierząt, w szczególności ptaków, które mogą

zostać wykorzystane jako miejsce rozrodu czy lęgu, a także realizowania innych potrzeb życiowych, w tym śpiewu, który jest istotny w kontekście uczucia komfortu akustycznego ludzi.

1.3.3. Zieleń wokół oraz wewnątrz budynków biurowych i użyteczności publicznej

- W odniesieniu do otoczenia budynków biurowych, gdzie hałas może negatywnie wpływać na efektywność pracy, zaleca się stosowanie zielonych ścian oraz szerokich pasów zieleni. Drzewa iglaste mogą redukować hałas o 5-8 dB. Zielone ściany pokryte roślinami, na przykład bluszczem pospolitym (*Hedera helix*), dodatkowo tłumią hałas odbity od powierzchni budynków, poprawiając komfort akustyczny w otoczeniu biur oraz tworząc przyjemniejszy mikroklimat.
- W przypadku budynków użyteczności publicznej, biorąc za przykład współczesne centra handlowe, chcąc zapewnić komfort akustyczny ludziom przebywających w przestronnych atriach galerii handlowych, należy szukać materiałów wykończeniowych pochłaniających dźwięki. Do najciekawszych rozwiązań tego typu należą zielone ściany, które łączą walory dźwiękochłonne i wizualne [15].

1.3.4. Zieleń na osiedlach mieszkaniowych

- Na osiedlach mieszkaniowych szczególnie ważna dla komfortu mieszkańców jest ochrona akustyczna. Zaleca się wielowarstwowe pasy zieleni o szerokości 5-10 m wzdłuż dróg wewnętrznych oraz wokół placów zabaw. Drzewa liściaste mogą zmniejszyć poziom hałasu o około 5-7 dB. Dodatkowe zastosowanie drzew iglastych, pozwala na całoroczne tłumienie hałasu o 3-5 dB.
- Wysokość planowanych nasadzeń zależy od kubatury budynków. W stosunku do budynków jednorodzinnych i niskopiętrowych pozytywny wynik tłumienia będą miały niskie rośliny – murawy, łąki, byliny, krzewy, ponieważ decydującym czynnikiem jest w tym przypadku efekt gruntu. Budynki wielopiętrowe natomiast wymagają nasadzeń wielowarstwowych, złożonych z roślin nisko i wysokopiennych, w tym drzew iglastych i liściastych.

2. Regulacja temperatury i wilgotności powietrza

Wysoka temperatura w obszarach miejskich stanowi rosnące zagrożenie dla zdrowia publicznego i komfortu życia mieszkańców. Zabudowane powierzchnie akumulują i oddają ciepło znacznie silniej niż tereny naturalne. W praktyce oznacza to bardziej intensywne i dłużej utrzymujące się fale upałów w centrach miast, większe różnice temperatur między dniem i nocą oraz przenoszenie ciepła do wnętrz budynków. Efekt ten znany jest pod nazwą miejskich wysp ciepła [16]. Skutki zdrowotne obejmują bezpośrednie zagrożenia, takie jak udary cieplne, przegrzanie, odwodnienie, jak również pogorszenie przebiegu chorób przewlekłych układu sercowo-naczyniowego i oddechowego. Podczas najsilniejszych fal upałów obserwuje się wzrost śmiertelności. Do skutków pośrednich należą: spadek wydajności pracy i koncentracji, zaburzenia snu oraz pogorszenie warunków pracy w budynkach pozbawionych systemów klimatyzacji. Do czynników zwiększających ryzyko zagrożeń należą: duża gęstość zabudowy, przewaga materiałów o wysokiej akumulacji ciepłej, mała powierzchnia biologicznie czynna, niska wilgotność gleby oraz takie lokalne źródła ciepła, jak intensywny ruch samochodowy.

2.4. Mechanizm regulacji temperatury i wilgotności powietrza przez rośliny

Obecność zielonej infrastruktury w mieście jest szczególnie ważna z punktu widzenia ww. zagrożeń. Elementy zieleni miejskiej, w tym drzewa, zielone dachy, czy ściany pokryte roślinami odgrywają bardzo istotną rolę w regulacji temperatury w miastach [17-27]. Rośliny wpływają na temperaturę i wilgotność w przestrzeniach miejskich poprzez kilka powiązanych procesów odpowiedzialnych za przepływ energii cieplnej. Są to:

- zacienienie – drzewa oraz inne elementy zieleni w zależności od powierzchni liści, gęstości koron i ułożenia w strukturach warstwowych, blokują promieniowanie słoneczne zmniejszając nagrzewanie powierzchni utwardzonych i budynków;
- ewapotranspiracja – proces parowania wody z liści i gleby pochłania energię cieplną, chłodząc i zwiększając wilgotność względną powietrza, co poprawia komfort cieplny człowieka.

2.5. Ogólne zasady projektowania zieleni miejskiej w zakresie regulacji parametrów mikroklimatu

W celu uzyskania optymalnego efektu regulacji temperatury i wilgotności poprzez zieleni miejską, zaleca się stosowanie następujących zasad przy projektowaniu jej struktury i rozmieszczenia.

2.5.1. Układ roślin

- Należy stosować układy wielowarstwowe, w których warstwy niższe utrzymują wilgoć i chłód przy gruncie, zaś warstwy wyższe dostarczają cienia.
- Preferowane są drzewa z szerokimi koronami o dużej powierzchni liści, czyli struktury o wysokim współczynniku pokrycia liściowego (LAI).

2.5.2. Gęstość nasadzeń

- Gęsty układ pokrywy koronowej zwiększa chłodzenie i wilgotność. Im większa gęstość, tym lepszy efekt chłodzenia i utrzymania wilgoci przy gruncie.
- W miejscach o ograniczonej przestrzeni, należy koncentrować rośliny tam, gdzie możliwy jest rozwój koron.

2.5.3. Szerokość pasów i układ przestrzenny

- Pasy zieleni powinny być wystarczająco szerokie, by cień rzucany przez drzewa faktycznie zasłonił znaczną część nawierzchni eksponowanej na promieniowanie słoneczne.
- Należy unikać zbyt gęstych nasadzeń w wąskich ulicach i w przestrzeniach między budynkami, tak aby nie ograniczać swobodnego przepływu powietrza. Ograniczone przewietrzanie utrudnia eliminację ciepłego powietrza z takich przestrzeni, co powoduje, że noce są cieplejsze i mniej komfortowe. Zachowanie odpowiednich odległości i kierunków przewietrzania wspiera chłodzenie poprzez poprawę cyrkulacji powietrza, a jednocześnie zapewnia cień w ciągu dnia.

2.5.4. Gatunki o wysokiej transpiracji i powierzchni liści

- Należy wybierać gatunki drzew i krzewów o dużym potencjale transpiracji. Rośliny o wysokim potencjale transpiracyjnym charakteryzują się dużą powierzchnią liści, intensywną wymianą gazową i aktywnymi aparatami szparkowymi. W ciągu dnia pobierają wodę z gleby, a następnie oddają ją w postaci pary wodnej, co pochłania ciepło z otoczenia i powoduje lokalne ochłodzenie powietrza.
- W środowisku miejskim ważna jest odporność na okresową suszę. Rośliny powinny utrzymywać funkcje fizjologiczne nawet przy obniżonej dostępności wody. W przeciwnym razie efekt chłodzenia zanika.

2.5.5. Zielen wertykalna i dachowa

- Dachy zielone i zielone ściany stanowią skuteczny sposób na ograniczenie promieniowania na powierzchniach dachów i elewacji, ograniczając nagrzewanie budynków i otoczenia.
- Zielen na dachach może poprawić izolację termiczną budynków, zmniejszyć nagrzewanie wewnątrz latem i ograniczyć zapotrzebowanie na chłodzenie. Pokrycie dachów zielenią może latem znacząco obniżyć temperaturę powietrza nad dachami.

2.6. Rekomendacje projektowe dla różnych obszarów miejskich w zakresie regulacji parametrów mikroklimatu

2.6.1. Zielen przydrożna

- Zaleca się sadzenie drzew wysokich w odległości pozwalającej rzucać cień na nawierzchnię jezdni i chodników.
- Użycie warstwy krzewów i roślin okrywowych na obrzeżach ogranicza nagrzewanie się powierzchni ulic i chodników, a także redukuje poziom odbitego promieniowania ciepłego.
- Ważne jest skuteczne nawadnianie i zachowanie wilgotności gleby, poprzez stosowanie materiałów podłożowych zatrzymujących wodę.

2.6.2. Parki i obszary rekreacyjne

- Należy zadbać o obecność pasów cienia przechodzących przez ścieżki i alejki, sadząc drzewa w odpowiedniej odległości.
- Układy zieleni muszą umożliwiać przepływ powietrza, poprzez szerokie alejki i otwarte przestrzenie tak, aby chłodniejsze powietrze mogło się swobodnie rozprzestrzeniać.
- Wskazane jest wykorzystywanie takich elementów wodnych, jak: fontanny, zbiorniki retencyjne i rowy z wodą, co umożliwia chłodzenie otoczenia poprzez parowanie.

2.6.3. Osiedla mieszkaniowe

- Ciągły lub fragmentaryczny układ zieleni między budynkami powinien zapewniać cień na elewacjach budynków i powierzchniach chodników.
- Tam, gdzie to możliwe zaleca się implementację zielonych dachów, ogrodów dachowych lub tarasów z roślinnością.
- Należy dobierać gatunki roślin odpornych na warunki okresowej suszy, zdolnej do szybkiej regeneracji po fali upałów, aby utrzymać funkcję chłodzenia.

2.6.4. Otoczenie budynków biurowych i użyteczności publicznej

- Zielone ściany na elewacjach, szczególnie południowych i zachodnich, chronią budynki przed nadmiernym nagrzewaniem.
- W miejscach odpoczynku, takich jak dziedzińce i strefy relaksu, zielone ściany obsadzone gęstymi roślinami, np. bluszczem pospolitym (*Hedera helix*) lub winobluszczem pięciolistkowym (*Parthenocissus quinquefolia*) mogą tworzyć przyjemny mikroklimat, sprzyjający regeneracji i odpoczynkowi pracowników.
- Zaleca się zastosowanie zieleni dachowej, która stabilizuje temperaturę wewnątrz budynków i znacząco redukuje dzienne zapotrzebowanie na energię zużywaną na klimatyzację pomieszczeń [29].

3. Regulacja poziomu promieniowania nadfioletowego (UV)

Naturalne promieniowanie UV jest związane z obecnością promieniowania słonecznego, którego poziom zależy od pory dnia i roku, wysokości nad poziomem morza, czy poziomu zachmurzenia. W ograniczonym zakresie ma ono korzystny wpływ na nasze życie i zdrowie, np. poprzez produkcję witaminy D3, która zwiększa wchłanianie wapnia i fosforu z przewodu pokarmowego, umożliwia mineralizację kości i zębów, tudzież zapobiega krzywicy u dzieci oraz osteoporozie u dorosłych. Z drugiej strony, nadmierna ekspozycja na promieniowanie UV może prowadzić do szkodliwych skutków zdrowotnych dla oka i skóry. Przykładowo, w przypadku narażenia oka na nadfiolet jest to stan zapalny rogówki i spojówek. Długotrwałe narażenie soczewki oka na promieniowanie UV prowadzi do trwałego zmętnienia soczewki, czyli zaćmy. Z kolei promieniowanie UV docierające do siatkówki oka może być przyczyną powstania schorzeń lub uszkodzeń siatkówki oka o charakterze fotochemicznym. Najczęściej spotykanym skutkiem ekspozycji skóry na nadfiolet jest jej rumień, czyli erytema. Długotrwałe narażenie na wysokie natężenia UV prowadzi do niekorzystnych zmian w naskórku, przyspieszając proces starzenia się skóry, w tym jej zgrubienia, przesuszenia, rogowacenia i utraty elastyczności, a także może prowadzić do rozwoju zmian nowotworowych skóry, w tym czerniaka [30-33].

3.1. Mechanizmy redukcji promieniowania UV przez rośliny

Elementy zielonej infrastruktury miejskiej, w tym krzewy i drzewa, odgrywają ważną rolę ochronną, zmniejszając intensywność promieniowania UV docierającego do ludzi w przestrzeni publicznej [34-43]. Liście roślin ograniczają poziom promieniowania UV poprzez następujące mechanizmy:

- absorpcja – flawonoidy, w tym flawony, flawonole i antocyjany, obecne w warstwie epidermalnej liści, mają pasma absorpcji w zakresie 240–380 nm, czyli w zakresie promieniowania UV-B i UV-A
- odbicie – zewnętrzna warstwa liścia pokryta jest woskami kutykularnymi, dzięki którym zachodzi zjawisko odbicia promieniowania UV, wskutek zmiany współczynnika załamania

- rozpraszanie – mikrostruktura powierzchni liścia powoduje rozpraszanie promieniowania UV w różnych kierunkach, zmniejszając gęstość energii promienistej, czyli ilość energii przypadającej na jednostkę powierzchni.

3.2. Ogólne zasady projektowania zieleni miejskiej w celu redukcji promieniowania UV

W celu zapewnienia skutecznej ochrony przed promieniowaniem UV, zaleca się stosowanie poniższych zasad dotyczących struktury i rozmieszczenia zieleni:

3.2.1. Układ roślin

- Należy projektować układy zapewniające zacienienie terenów szczególnie narażonych na ekspozycję słoneczną, w tym ciągów pieszych, placów zabaw, boisk, przestrzeni rekreacyjnych i miejsc odpoczynku.
- Układy wielowarstwowe, obejmujące drzewa, krzewy i roślinność niższą, zwiększają ochronę przed UV, gdyż redukują odbicia promieniowania od podłoża.
- Zaleca się lokalizowanie drzew tak, aby zapewniały cień na danym obszarze w godzinach największego nasłonecznienia, z uwzględnieniem orientacji względem położenia Słońca.
- W miejscach o ograniczonej przestrzeni, takich jak wąskie ulice lub ściany budynków o dużej ekspozycji na promieniowanie słoneczne, należy stosować zieleni pionową, w tym pnącza i zielone ściany, które niwelują odbicie promieniowania UV od powierzchni pionowych.

3.2.2. Gatunki o wysokiej skuteczności w zakresie redukcji UV

- Wskazane jest sadzenie drzew o dużej i zwartej koronie oraz wysokim współczynniku LAI.
- Lepszą ochronę zapewniają liście o mięsistej i grubszej blaszce liściowej, z wyraźną warstwą kutykuli lub włosków, które zwiększają pochłanianie i rozpraszanie promieniowania.

3.3. Rekomendacje projektowe dla różnych obszarów miejskich w zakresie promieniowania UV

3.3.1. Zielen przydrożna

- W przypadku ulic o dużym natężeniu ruchu pieszego i ekspozycji słonecznej wskazane jest rozmieszczanie szpalerów drzew zapewniających równomierne zacienienie chodników oraz przystanków komunikacji publicznej.
- W miejscach, gdzie niemożliwe są nasadzenia drzew, można zastosować pergole z pnączami tworzącymi osłonę przed promieniowaniem słonecznym.

3.3.2. Parki i obszary rekreacyjne

- W parkach i miejscach wypoczynku należy zapewnić zróżnicowane przestrzenie cienia, umożliwiające korzystanie z terenów zieleni w bezpiecznych warunkach. Zaleca się sadzenie drzew o rozłożystej koronie w sąsiedztwie placów zabaw, siłowni plenerowych i stref relaksu oraz stosowanie struktur wspierających wzrost pnączy.

3.3.3. Osiedla mieszkaniowe

- Przestrzenie osiedlowe wymagają zapewnienia cienia zarówno dla dorosłych, jak i dzieci. Szczegółnej ochrony przed UV wymagają place zabaw, strefy wypoczynku i ciągi komunikacyjne.
- Zaleca się sadzenie drzew o szerokiej koronie oraz stosowanie krzewów i roślin okrywowych ograniczających odbicie promieniowania UV od podłoża.

3.3.4. Otoczenie budynków biurowych i użyteczności publicznej

- W przestrzeniach pracy i usług zaleca się projektowanie i tworzenie struktur zacieniających strefy odpoczynku, ciągi pieszych i wejścia do budynków.
- Wskazane jest wprowadzanie zieleni pionowej na elewacjach, która redukuje odbicia promieniowania UV od przeszkleń i elewacji budynków.

4. Preferencje mieszkańców w zakresie rozwoju zielonej infrastruktury miejskiej

Informacje dotyczące preferencji mieszkańców miast w zakresie rozwoju zielonej infrastruktury pochodzą z badania ankietowego przeprowadzonego przez Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy w 2024 roku [44, 45]. Badana próba obejmowała zróżnicowaną grupę pracowników stacjonarnych zatrudnionych w firmach zlokalizowanych w różnych wielkościach miast. Dobór próby miał charakter reprezentatywny w skali kraju pod względem miejsca zamieszkania (wg województw), płci i wieku. W ramach realizacji badania starano się zachować zróżnicowanie badanej próby z punktu widzenia wykształcenia, wielkości miasta, w którym zlokalizowane jest miejsce pracy respondentów, czy też charakteru świadczonej pracy.

Respondenci wskazali, jakie formy zieleni preferują w przestrzeni publicznej w powiązaniu z preferowanym sposobami korzystania z zielonej infrastruktury podczas przerw w pracy i w czasie wypoczynku. Wypowiedzieli się także na temat wielu szczegółów dotyczących elementów zielonej infrastruktury, takich jak preferowana wielkość i gęstość nasadzenia drzew i krzewów, czy obecność zielonych dachów i zielonych ścian, a także na temat obecności dodatkowych elementów, które mogą uatrakcyjnić przestrzeń miejską, w tym oczek wodnych, ławek, czy dodatkowego oświetlenia.

Analiza tych preferencji może być pomocna przy projektowaniu bardziej przyjaznych, funkcjonalnych i zrównoważonych terenów zieleni w miastach, dostosowanych do potrzeb osób pracujących w tych przestrzeniach.

4.1. Preferencje w zakresie struktury zielonej infrastruktury miejskiej

Wyniki badania ankietowego dotyczące preferencji w zakresie rozwoju zielonej infrastruktury w przestrzeni miejskiej wyraźnie sugerują, jakie elementy zieleni są najbardziej pożądane przez pracowników stacjonarnych świadczących swoją pracę na terenie aglomeracji miejskich (Tabela 1).

Tabela 1. Jakiego rodzaju zielonej infrastruktury powinno być więcej w przestrzeni miejskiej?

Element infrastruktury	Więcej	Mniej	Bez zmian
	%		
Zieleń uliczna – trawniki	70,5%	7,4%	22,1%
Zieleń uliczna – kwietniki	68,9%	9,1%	21,9%
Zieleń uliczna – krzewy	66,2%	8,8%	25,0%
Zieleń uliczna – drzewa liściaste	75,1%	6,4%	18,5%
Zieleń uliczna – drzewa iglaste	60,1%	10,1%	29,8%
Skwer osiedlowy/miejski	69,9%	8,3%	21,8%
Ogród miejski	73,2%	6,0%	20,8%
Ogródek działkowy	55,9%	7,6%	36,5%
Park	73,1%	5,3%	21,6%
Las miejski	66,5%	5,9%	27,6%
Uprawy balkonowe	54,1%	9,1%	36,8%
Łąki kwietne	68,3%	6,6%	25,1%
Rośliny pnące	56,5%	9,9%	33,6%

Najwyższy odsetek respondentów wskazał na potrzebę zwiększenia liczby soliterowych (rosnących pojedynczo na otwartym terenie – przyp. red.) drzew liściastych (75,1%). Respondenci wyraźnie doceniają te drzewa za ich funkcje estetyczne, ekologiczne i zapewnianie cienia, co podkreśla ich istotną rolę w przestrzeniach miejskich. Kolejnymi popularnymi wyborami są ogrody miejskie (73,2%) i parki (73,1%), co wskazuje, że badani pracownicy wysoko cenią większe, zorganizowane przestrzenie zielone, które zapewniają możliwość odpoczynku i rekreacji w przestrzeni miejskiej. Trawniki uliczne (70,5%) oraz skwery osiedlowe i miejskie (69,9%) również są postrzegane jako ważne elementy miejskiej zieleni, choć nieco mniej preferowane niż drzewa i parki. W przypadku kwietników (68,9%) oraz łąk kwietnych (68,3%) można uznać, że estetyka również odgrywa znaczącą rolę. Las miejski

(66,5%) oraz krzewy uliczne (66,2%) są istotnymi elementami zieleni miejskiej, choć mniej oczekiwanymi, niż wyżej wymienione formy. Respondenci wskazują, że również w tym przypadku warto zwiększyć ich liczbę w przestrzeni miejskiej, co może sugerować potrzebę obecności bardziej różnorodnych form zieleni w miastach. Soliterowe drzewa iglaste (60,1%) są nieco mniej oczekiwane niż drzewa liściaste, ale nadal ważne dla mieszkańców, którzy widzą w nich istotny całoroczny zielony element krajobrazu miejskiego. Niższe wyniki uzyskały rośliny pnące (56,5%), ogródki działkowe i przydomowe (55,9%) oraz uprawy balkonowe (54,1%). Choć te formy zieleni są postrzegane jako wartościowe, wydaje się, że respondenci bardziej cenią większe, zielone przestrzenie wspólne, takie jak parki i ogrody miejskie.

Na podstawie wyników analizy można sformułować kilka rekomendacji dotyczących rozwoju zielonej infrastruktury w przestrzeni miejskiej:

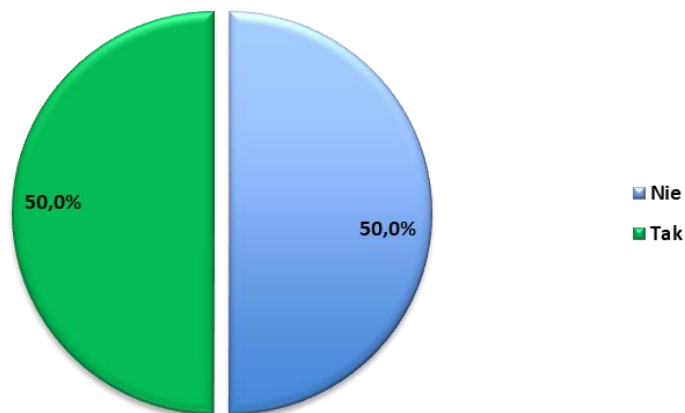
- Drzewa liściaste są najczęściej wskazywane jako element, który powinien występować liczniej w miastach. Zaleca się więc intensyfikację nasadzeń drzew, szczególnie w miejscach narażonych na nadmierne nasłonecznienie.
- Parki oraz ogrody miejskie są kluczowe dla rekreacji i odpoczynku pracowników. W związku z tym, należy priorytetowo traktować inwestycje polegające na tworzeniu nowych oraz modernizację istniejących parków, tak aby zwiększyć ich atrakcyjność i dostępność.
- Mimo że trawniki i kwietniki są nieco mniej preferowane niż drzewa czy parki, są one ważnymi elementami zielonej infrastruktury. Warto zadbać o ich utrzymanie i rozwój, szczególnie w miejscach o dużym natężeniu ruchu pieszych i na placach miejskich.
- Skwery osiedlowe, parki kieszonkowe i inne małe przestrzenie zielone w pobliżu miejsc pracy lub miejsca zamieszkania są istotne dla wypoczynku pracowników. Należy więc wspierać ich rozwój w ramach planowania przestrzennego.
- Łąki kwietne mają coraz większe znaczenie dla różnorodności biologicznej oraz estetyki przestrzeni miejskiej. Zaleca się tworzenie większej liczby łąk w parkach, wzdłuż dróg oraz na terenach nieużywanach.

- Lasy miejskie, choć mniej liczne niż parki, są bardzo cenione przez mieszkańców i pracowników. Powinny być chronione i rozwijane, aby zapewniać przestrzeń do rekreacji i kontaktu z naturą na większą skalę, zwłaszcza w dużych aglomeracjach i na ich obrzeżach.

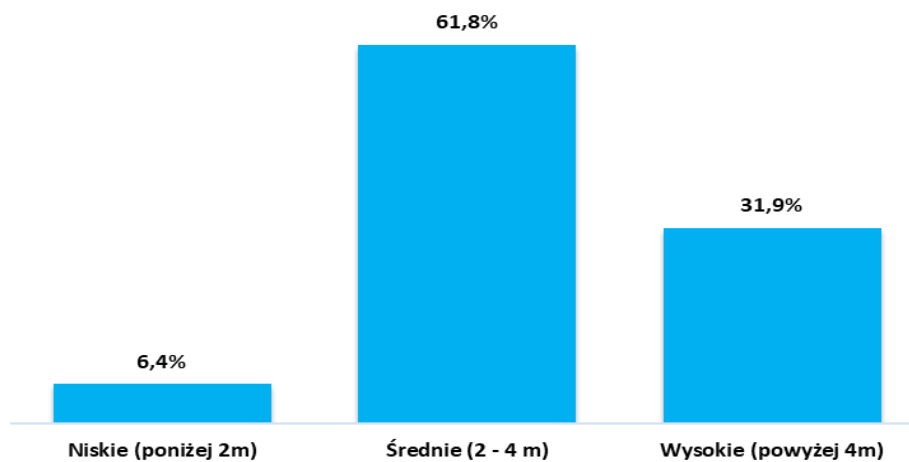
4.2. Preferencje w zakresie elementów zielonej infrastruktury miejskiej

Z punktu widzenia komfortu pracy w mieście, interesujące jest poznanie, jakie elementy zielonej infrastruktury są najbardziej pożądane przez osoby pracujące w miejskich aglomeracjach. Chodzi tu o preferencje mieszkańców dotyczące rozwoju zielonej infrastruktury w zakresie sposobów nasadzenia drzew i krzewów, wielkości drzew, a także dodatkowych elementów, które mogą uatrakcyjnić przestrzeń miejskie, w tym oczek wodnych, ławek, czy oświetlenia. Istotnym aspektem badania było również zrozumienie, czy pracownicy chcieliby mieć dostęp do zielonych terenów w miejscu pracy lub w jego bezpośrednim otoczeniu, co może wpływać na ich wydajność oraz samopoczucie.

Pierwsze z pytań dotyczących preferencji związanych z zagospodarowaniem zielonej infrastruktury w miejskich przestrzeniach publicznych i w otoczeniu miejsca pracy, związane było z oceną gęstości nasadzeń drzew w przestrzeni miejskiej. Odpowiedzi badanych wskazują na wyraźną równowagę w preferencjach respondentów (rys. 1). Równo 50% badanych uważa, że drzewa nie powinny być nasadzone blisko siebie, podczas gdy dokładnie tyle samo opowiada się za gęstym nasadzeniem. Takie równomierne rozłożenie odpowiedzi sugeruje brak jednoznacznego konsensusu w tej kwestii, co może odzwierciedlać różnorodne potrzeby estetyczne oraz praktyczne dotyczące zagospodarowania terenów zieleni. W przypadku planowania nasadzeń drzew w miejskich przestrzeniach, warto więc uwzględnić zróżnicowane podejście, tworząc zarówno obszary o mniej zwartych nasadzeniach drzew, jak i przestrzenie z gęściej nasadzanymi roślinami, aby zaspokoić różnorodne potrzeby mieszkańców świadczących swoją pracę w budynkach zlokalizowanych w mieście.



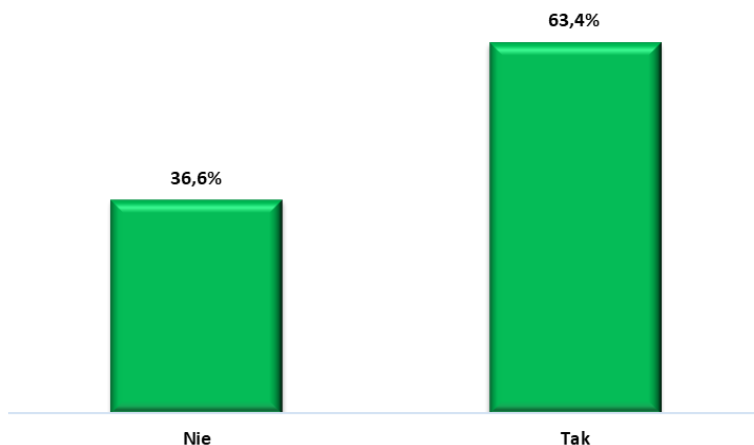
Rys. 1. Czy według Pani/Pana drzewa powinny być nasadzone bardzo blisko siebie?



Rys. 2. Według Pani/Pana jakiej wielkości powinny być te drzewa?

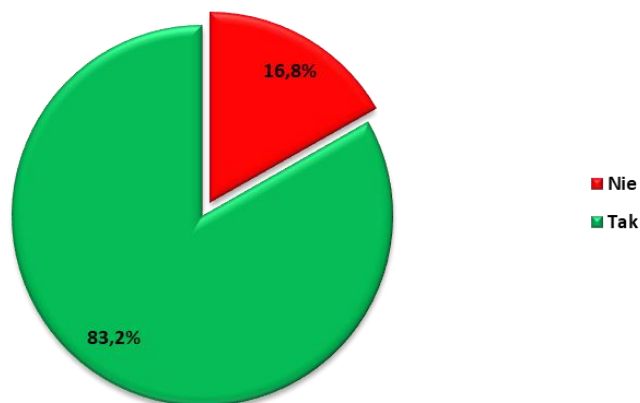
Na pytanie o preferowaną wielkość drzew w miejskiej infrastrukturze, 61,8% respondentów opowiedziało się za drzewami średniej wielkości, czyli o wysokości od 2 do 4 m (rys. 2). Drzewa wysokie (powyżej 4 m) są preferowane przez 31,9% badanych, a jedynie 6,4% wskazało na drzewa niskie (poniżej 2 m). Wyniki te pokazują, że większość pracowników stacjonarnych w miejskich aglomeracjach preferuje drzewa średniej lub dużej wysokości, co może wynikać z ich funkcji zacieniających i ochronnych. Planowanie zielonych przestrzeni powinno uwzględniać przede wszystkim drzewa średniej wielkości, które spełniają oczekiwania większości mieszkańców pracujących w mieście, choć warto również uwzględniać wysokie drzewa, które cieszą się znaczącą popularnością.

W zakresie preferencji sadzenia krzewów, 63,4% respondentów preferuje gęste nasadzenia krzewów, natomiast 36,6% opowiada się za mniej zwartą roślinnością (rys. 3). Przy planowaniu zielonych przestrzeni warto więc preferować gęste nasadzenia krzewów, ponieważ taka konfiguracja jest zgodna z preferencjami większości respondentów.



Rys. 3. Czy według Pani/Pana krzewy powinny być nasadzone bardzo blisko siebie/gęsto?

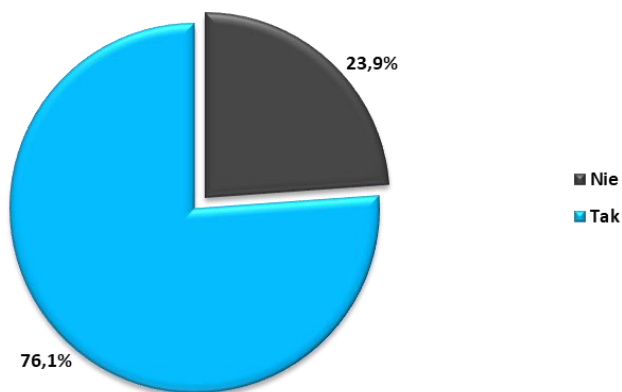
Zdecydowana większość respondentów, bo aż 83,2%, uważa, że oczka wodne lub stawy byłyby dobrym uzupełnieniem zielonej infrastruktury miejskiej. Tylko 16,8% badanych wyraziło odmienne zdanie (rys. 4). Wysoki poziom poparcia dla elementów wodnych sugeruje, że są one postrzegane jako wartościowy dodatek, który podnosi atrakcyjność i funkcjonalność przestrzeni miejskich, oferując jednocześnie estetykę i możliwość rekreacji. Wprowadzenie oczek wodnych lub stawów do zielonej infrastruktury miejskiej spotkałoby się z dużą aprobatą pracowników stacjonarnych, co sugeruje, że warto rozważyć tego typu inwestycje w przyszłych projektach zagospodarowania przestrzennego.



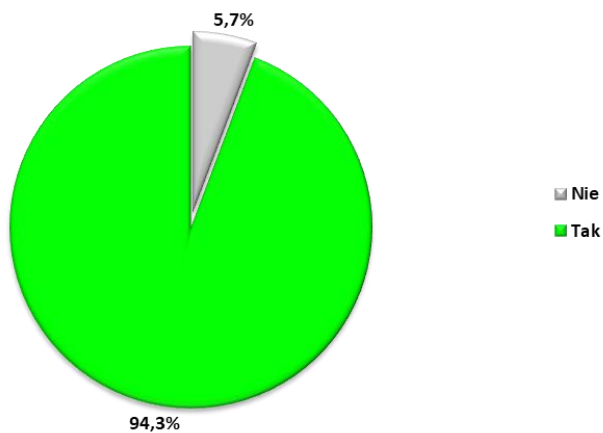
Rys. 4. Czy uważa Pani/Pan że oczko wodne czy też staw byłyby dobrym uzupełnieniem miejskiej infrastruktury?

Większość respondentów (76,1%) wyraża chęć posiadania w swoim otoczeniu zielonych dachów lub ścian. Tylko 23,9% nie jest zainteresowanych takimi rozwiązaniami (rys. 5). Wysoki odsetek osób popierających zielone dachy i ściany wskazuje na duże zainteresowanie

nowoczesnymi, ekologicznymi rozwiązaniami w miejskich przestrzeniach, które mogą pełnić funkcje zarówno estetyczne, jak i funkcjonalne.



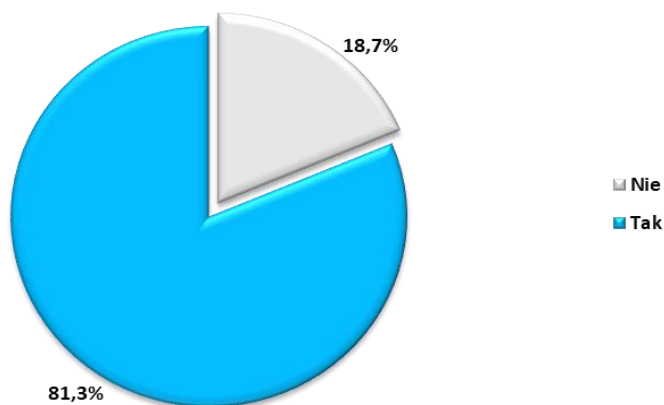
Rys. 5. Czy chciał(a)by Pani/Pan mieć w swoim otoczeniu tzw. zielone dachy lub zielone ściany?



Rys. 6. Czy zielona infrastruktura miejska powinna być wzbogacona o ławki do siadania?

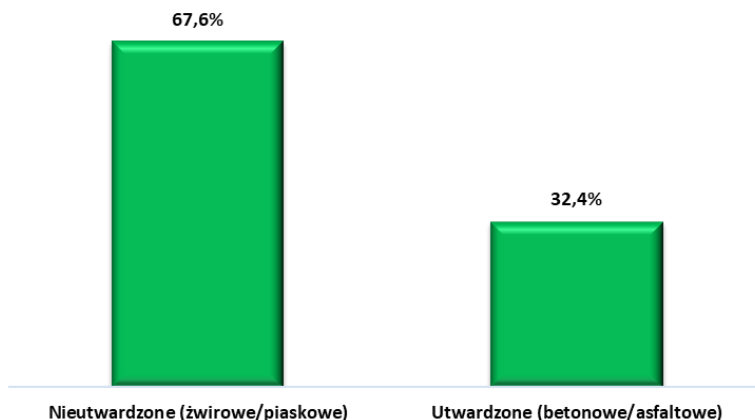
Zdecydowana większość respondentów (94,3%) opowiada się za wprowadzeniem większej liczby ławek w miejskiej infrastrukturze zielonej. Tylko 5,7% osób nie widzi potrzeby takich udogodnień (rys. 6). Wynik ten wskazuje, że ławki są postrzegane jako bardzo ważny element, który poprawia funkcjonalność i wygodę korzystania z zielonych przestrzeni publicznych. Są postrzegane jako uzupełnienie zielonej infrastruktury i jako takie szeroko popierane przez respondentów. Warto uwzględnić ich obecność w planach zagospodarowania terenów zieleni, zwracając uwagę na ustawianie ławek w odpowiedniej odległości od alejek, odsuwając je od głównych ciągów komunikacyjnych.

Większość respondentów (81,3%) opowiedziała się za wzbogaceniem miejskiej infrastruktury zielonej o dodatkowe oświetlenie elektryczne, podczas gdy 18,7% uznało, że nie jest ono konieczne (rys. 7). Większość badanych docenia znaczenie odpowiedniego oświetlenia, co może wpływać na bezpieczeństwo i komfort korzystania z terenów zieleni, szczególnie w godzinach wieczornych. Dodatkowe oświetlenie elektryczne w obszarach miejskiej zielonej infrastruktury jest istotnym elementem, który zwiększa funkcjonalność i bezpieczeństwo, co sugeruje konieczność jego wprowadzenia tam, gdzie jeszcze go brakuje.



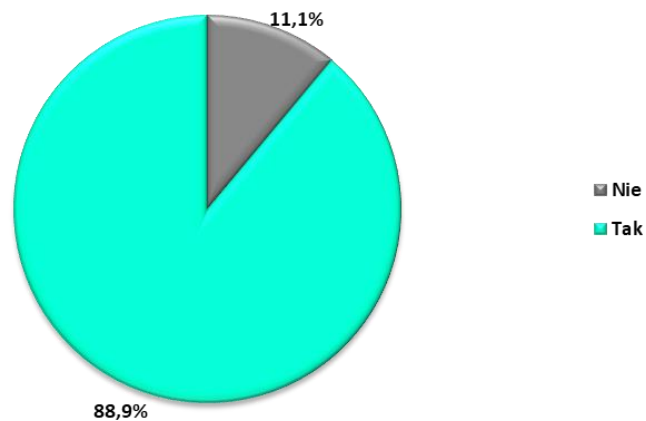
Rys. 7. Czy zielona infrastruktura miejska powinna być wzbogacona o oświetlenie elektryczne?

Większość respondentów (67,6%) preferuje ścieżki o takich nawierzchniach nieutwardzonych, jak żwirowe lub piaskowe, które lepiej wpisują się w naturalny charakter zielonej infrastruktury miejskiej. Zaledwie 32,4% badanych opowiada się za utwardzonymi ścieżkami, wykonanymi z betonu lub asfaltu (rys. 8).



Rys. 8. Jaką nawierzchnię według Pani/Pana powinny mieć ścieżki występujące w zielonej infrastrukturze miejskiej?

Analizując odpowiedzi na pytanie, czy respondenci chcieliby mieć na terenie zakładu pracy teren zielony jako miejsce do rekreacji podczas przerwy, zdecydowana większość, bo aż 88,9%, odpowiedziała twierdząco. Jedynie 11,1% osób nie widzi potrzeby takiego rozwiązania (rys. 9). Wyniki te wyraźnie pokazują, że dostęp do terenów zieleni w miejscu pracy jest postrzegany jako bardzo pożądany element, który mógłby przyczynić się do poprawy warunków pracy oraz komfortu pracowników. Wprowadzenie terenów zieleni na terenach przedsiębiorstw, gdzie pracownicy mogą odpocząć i zrelaksować się podczas przerwy, cieszy się dużym poparciem. Tego rodzaju inicjatywy mogą zwiększyć satysfakcję z pracy oraz poprawić samopoczucie pracowników, dlatego pracodawcy powinni rozważyć takie rozwiązania w planowaniu przestrzeni swoich firm.



Rys. 9. Czy chciał(a)by Pani/Pan mieć na terenie przedsiębiorstwa teren zieleni, jako miejsce do rekreacji podczas przerwy?

5. Polecane gatunki dla różnych obszarów miejskich

Dobór gatunków roślin do przestrzeni miejskiej powinien uwzględniać zarówno warunki siedliskowe, jak i funkcje środowiskowe, jakie zieleń ma pełnić. Właściwie dobrane gatunki umożliwiają skuteczną redukcję hałasu, regulację temperatury i wilgotności, ograniczenie promieniowania UV oraz poprawę jakości powietrza i estetyki przestrzeni.

W poniższym rozdziale przedstawiono zestawienia gatunków drzew, krzewów, pnączy i roślin okrywowych rekomendowanych do stosowania w różnych typach terenów miejskich, w tym przy drogach, w parkach i na terenach rekreacyjnych, w otoczeniu zabudowy mieszkaniowej oraz obiektów biurowych i użyteczności publicznej. Wskazane gatunki charakteryzują się wysoką odpornością na niekorzystne warunki środowiskowe w miastach oraz korzystnym oddziaływaniem na szkodliwe i uciążliwe czynniki obecne w środowisku miejskim.

5.1. Zieleń przydrożna

- trawy, krzewy soliterowe, szpalery i żywopłoty do nasadzeń wzdłuż ulic:
 - ❖ odmiany róży pomarszczonej (*Rosa rugosa*)
 - ❖ odmiany róży rdzawej (*Rosa rubigosa*)
 - ❖ tawuły japońskie (*Soirea japonica*)
 - ❖ tawuła van Houttea (*Spirea x vanhouttei*)
 - ❖ ligustr pospolity (*Ligustrum vulgare*)
 - ❖ berberysy (*Berberis sp.*)
 - ❖ pęcherznica kalinolistna (*Physocarpus opulifolius*)
 - ❖ grab pospolity (*Carpinus betulus*)
 - ❖ odmiany śnieguliczki (*Symphoricarpos sp.*)
 - ❖ odmiany głógów (*Crataegus sp.*)
 - ❖ odmiany forsycji (*Forsythia sp.*)
 - ❖ odmiany irgi (*Cotoneaster sp.*)
 - ❖ dereń biały (*Cornus alba*)
 - ❖ dereń rozłogowy (*Cornus sericea*)

- ❖ orszelina olcholistna (*Clethra alnifolia*)
- ❖ piaskownica zwyczajna (*Ammophila arenaria*)
- ❖ śmiałek darniowy (*Deshampsia cespitosa*)
- ❖ oliwnik wąskolistny (*Elaeagnus angustifolia*)
- ❖ oliwnik dwubarwny (*Elaeagnus x ebbingei*)
- ❖ oliwnik baldaszkowy (*Elaeagnus umbellata*)
- ❖ trzmielina Fortuna (*Eonymus fortunei*)
- ❖ kosodrzewina-sosna górska (*Pinus mugo*)
- drzewa odporne na zasolenie gleby do obsadzania szerokich ulic:
 - ❖ klon zwyczajny (*Acer platanoides*)
 - ❖ klon Freemana (*Acer Freemanii*)
 - ❖ kasztanowiec czerwony (*Aesculus x carnea*)
 - ❖ dąb czerwony (*Quercus rubra*)
 - ❖ dąb dwubarwny (*Quercus bicolor*)
 - ❖ dąb węgierski (*Quercus Frainetto*)
 - ❖ dąb omszony (*Quercus pubescens*)
 - ❖ lipa drobnolistna (*Tilia cordata*)
 - ❖ lipa krymska (*Tilia euchlora*)
 - ❖ lipa srebrzysta (*Tilia tomentosa*)
 - ❖ lipa holenderska (*Tilia x europaea 'Pallida'*)
 - ❖ lipa amerykańska (*Tilia americana*)
 - ❖ platan klonolistny (*Platanus acerifolia*)
 - ❖ wiąz x resista® (*Ulmus x resista®*)
 - ❖ olcha Spaetha (*Alnus x Spaethii*)
 - ❖ grab pospolity (*Carpinus betulus*)
 - ❖ wiązowiec południowy (*Celtis australis*)
 - ❖ leszczyna turecka (*Corylus colurna*)
 - ❖ głóg Lavallego (*Crataegus Lavalleei 'Carrierei'*)
 - ❖ głóg śliwolistny (*Crataegus x prunifolia 'Splendens'*)

- ❖ głóg pośredni 'Paul's Scarlet' (*Crataegus laevigata* 'Paul's Scarlet')
- ❖ eukomia wiązowata (*Eucommia ulmoides*)
- ❖ jarzab amerykański (*Sorbus americana*)
- ❖ jarzab szwedzki (*Sorbus intermedia*)
- ❖ jesion pensylwański (*Fraxinus pennsylvanica*)
- ❖ jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior*)
- ❖ glediczja trójcierniowa (*Gleditsia triacanthos*)
- ❖ ambrowiec balsamiczny (*Liquidambar styraciflua*)
- ❖ wiśnia piłkowana (*Prunus serrulata*)
- ❖ brzoza brodawkowata (*Betula pendula*)
- ❖ grusza drobnoowocowa (*Pyrus calleryana*)
- ❖ sosna czarna (*Pinus nigra*)
- ❖ sosna pospolita (*Pinus sylvestris*)
- ❖ modrzew europejski (*Larix decidua*)
- ❖ świerk kłujący (*Picea pungens*)
- ❖ świerk serbski (*Picea omorika*)
- drzewa odporne na zasolenie gleby oraz kontakt z roztworem soli do obsadzania ulic węższych:
 - ❖ klon polny (*Acer campestre*)
 - ❖ klon czerwony (*Acer rubrum*)
 - ❖ dąb *Quercus x heterophylla* (*Quercus x heterophylla*)
 - ❖ dąb 'Mauri' (*Quercus 'Mauri'*)
 - ❖ dąb wierzbolistny (*Quercus phellos*)
 - ❖ wiśnia piłkowana (*Prunus serrulata* 'Kanzan')
 - ❖ różne gatunki głogów (*Crataegus pedicellata*, *Crataegus monogyna* 'Stricte')
 - ❖ jesion wyniosły 'Nana' (*Fraxinus excelsior* 'Nana')
 - ❖ jesion mannowy (*Fraxinus ormus*)
 - ❖ robinia biała (*Robinia pseudoacacia* 'Umbriculifera')
 - ❖ odmiany jarzębu (*Sorbus aria*, *Sorbus aucuparia*, *Sorbus intermedia*)

- ❖ grab pospolity (*Carpinus betulus*)
- ❖ wiązowiec południowy (*Celtis australis*)
- ❖ wiązowiec zachodni (*Celtis occidentalis*)
- ❖ głóg Lavallego (*Crataegus Lavalleei* 'Carrierei')
- ❖ gledicja trójielniowa (*Gleditsia triacanthos*)
- ❖ bożodrzew gruczołowaty (*Ailanthus altissima*)
- ❖ olsza sercowata (*Alnus cordata*)
- ❖ olsza czarna (*Alnus glutinosa*)
- ❖ olsza szara (*Alnus incana*)
- ❖ olsza czerwona (*Alnus rubra*)
- ❖ oliwnik wąskolistny (*Elaeagnus angustifolia*)
- ❖ grusza drobnoowocowa (*Pyrus calleryana*)
- ❖ perełkowiec japoński (*Styphnolobium japonicum*)
- ❖ miłorząb dwuklapowy (*Ginkgo biloba*)

5.2. Parki i obszary rekreacyjne

- drzewa liściaste:
 - ❖ dęby (*Quercus frainetto*, *Quercus palustris*, *Quercus petraea*, *Quercus robur*)
 - ❖ klony (*Acer campestre*, *Acer platanoides*)
 - ❖ olchy (*Alnus cordata*, *Alnus incana*)
 - ❖ jarzęby (*Sorbus aria*, *Sorbus aucuparia*, *Sorbus intermedia*)
 - ❖ brzoza brodawkowata (*Betula pendula*)
 - ❖ buk pospolity (*Fagus sylvatica*)
 - ❖ kasztan jadalny (*Castanea sativa*)
 - ❖ grab pospolity (*Carpinus betulus*)
 - ❖ wiązowiec południowy (*Celtis australis*)
 - ❖ judaszowiec chiński (*Cercis chinensis*)
 - ❖ dereń pagodowy (*Cornus controversa*)
 - ❖ dereń jadalny (*Cornus mas*)
 - ❖ głóg jednoszyjkowy (*Crataegus monogyna*)

- ❖ głóg dwuszyjkowy (*Crataegus laevigata*)
- ❖ głóg odgiętodziałkowy (*Crataegus rhipidophylla*)
- ❖ glediczja trójcierniowa (*Gleditsia triacanthos*)
- ❖ leszczyna turecka (*Corylus colurna*)
- ❖ jesion mанны (*Fraxinus ornus*)
- ❖ heptakodium chińskie (*Heptacodium miconioides*)
- ❖ jabłoń odm. 'Adams' (*Malus 'Adams'*)
- ❖ nieszpuka zwyczajna (*Mespilus germanica*)
- ❖ morwa biała (*Morus alba*)
- ❖ morela pospolita (*Prunus armeniaca*)
- ❖ śliwa wiśniowa (*Prunus cerasifera*)
- ❖ wiśnia pospolita (*Prunus cerasus*)
- ❖ śliwa tarnina (*Prunus spinosa*)
- ❖ grusza drobnoowocowa (*Pyrus calleryana*)
- ❖ robinia biała (*Robinia pseudoacacia*)
- ❖ wierzba biała (*Salix alba*)
- ❖ lipa drobnolistna (*Tilia cordata*)
- ❖ wiąz drobnolistny (*Ulmus parvifolia*)
- ❖ ambrowiec balsamiczny (*Liquidambar styraciflua*)
- ❖ żółtodrzew pieprzowy (*Zanthoxylum piperitum*)
- drzewa iglaste:
 - ❖ świerk kaukaski (*Picea orientalis*)
 - ❖ świerk kłujący (*Picea pungens*)
 - ❖ odmiany sosny (*Pinus nigra*, *Pinus sylvestris*)
 - ❖ cis pospolity (*Taxus baccata*)
 - ❖ daglezcja zielona (*Pseudotsuga menziesii*)
 - ❖ jodła jednobarwna (*Abies concolor*)
 - ❖ jodła koreańska (*Abies koreana*)
 - ❖ jodła szlachetna (*Abies procera*)

- krzewy:
 - ❖ strokrzew kolczasty (*Ilex aculifolium*)
 - ❖ mahonia japońska (*Mahonia bealei*)
 - ❖ śnieguliczka Chenaulta (*Symphoricarpos x chenaultii*)
 - ❖ irga rozestłana (*Cotoneaster radicans*)
 - ❖ irga szwedzka (*Cotoneaster x suecicus*)
 - ❖ dereń biały (*Cornus alba*)
 - ❖ dereń rozłogowy (*Cornus sericea*)
 - ❖ jałowiec naskalny (*Juniperus scopulorum*)
 - ❖ kolcolist zachodni (*Ulex europaeus*)
 - ❖ laurowiśnia wschodnia (*Prunus laurocerasus*)
 - ❖ oliwnik kłujący (*Elaeagnus pungens*)
 - ❖ oliwnik wielkokwiatowy (*Elaeagnus multiflora*)
 - ❖ chruścina jagodna (*Arbutus unedo*)
 - ❖ trzmielina Fortuna (*Euonymus Fortunei*)

5.3. Zieleń wokół budynków biurowych i użyteczności publicznej

- zieleń wertykalna na budynkach i pergolach:
 - ❖ bluszcz pospolity (*Hedera helix*)
 - ❖ winobluszcz pięciolistkowy (*Parthenocissus quinquefolia*)
 - ❖ glicynia chińska (*Wisteria sinensis*)
 - ❖ rdestówka Auberta (*Fallopia baldschuanica*)
 - ❖ trzmielina Fortune'a (*Euonymus fortunei*)
 - ❖ milin amerykański (*Campsis radicans*)
 - ❖ powojnik (*Clematis spp.*)
 - ❖ wiciokrzew przewiercień (*Lonicera periclymenum*)
 - ❖ winobluszcz trójkłapowy (*Parthenocissus tricuspidata*)
 - ❖ przywarka japońska (*Schizophragma hydrangeoides*)
 - ❖ glicynia japońska (*Wisteria floribunda*)
 - ❖ hortensja pnąca (*Hydrangea petiolaris*)

- ❖ milin pośredni (*Campsis × tagliabuana*)
- ❖ akebia pięciolistkowa (*Akebia quinata*)
- ❖ dławisz okrągłolistny (*Celastrus orbiculatus*)
- ❖ chmiel zwyczajny (*Humulus lupulus*)
- ❖ wiciokrzew japoński (*Lonicera japonica*)
- ❖ kokornak wielkolistny (*Aristolochia macrophylla*)
- ❖ róża pnąca (*Rosa spp.*)
- ❖ rdestówka sachalińska (*Reynoutria sachalinensis*)

5.4. Zieleń na osiedlach mieszkaniowych

- drzewa liściaste:
 - ❖ klony palmowe (np. 'Orange Dream', 'Jerre Schwartz')
 - ❖ wierzby (np. 'Hakuro Nishiki')
 - ❖ brzozy (np. brodawkowata 'Youngii')
 - ❖ kolumnowe dęby (*Quercus robur* 'Fastigiata')
 - ❖ kolumnowe graby
 - ❖ kolumnowe buki
- drzewa iglaste:
 - ❖ sosny górskie (np. 'Mops', 'Pumilio', 'Ophir')
 - ❖ sosny czarne (np. 'Gnom', 'Wabito')
 - ❖ sosny hakowate (np. 'San Sebastian')
 - ❖ sosny pospolite (np. 'Filingsgold')
 - ❖ metasekwoje chińskie (np. 'Little Creamy')
 - ❖ świerki pospolite (np. 'Barryi')
 - ❖ cyprysiki (np. tępołuskowy 'Teddy Bear')
 - ❖ żywotniki zachodnie (np. 'Zmatik', 'Ohlendorffii')
 - ❖ jodły kalifornijskie (np. 'Watezzii Prostrata')
 - ❖ jodły koreańskie (np. 'Knospen', 'Blue Emperor')
 - ❖ jałowce płozące, jałowce Pfitzera (np. 'Mint Julep')

- krzewy, trawy ozdobne, rośliny okrywowe:
 - ❖ tawuły japońskie (np. *'Goldflame', 'Golden Princess'*)
 - ❖ berberysy (np. *'Ruby Star', 'Sunsation, Coral'*)
 - ❖ miskanty chińskie (np. *'Gracillimus', 'Zebrinus'*)
 - ❖ laurowiśnia wschodnia (*Prunus laurocerasus*)
 - ❖ hortensje bukietowe
 - ❖ hortensje ogrodowe
 - ❖ bukszpany wieczniezielone
 - ❖ lilaki
 - ❖ róże
 - ❖ funkie
 - ❖ lawendy
 - ❖ lagerstremie
 - ❖ irgi
 - ❖ kaliny
 - ❖ azalie
 - ❖ rododendrony
- zieleni w pojemnikach:
 - ❖ suchodrzew chiński
 - ❖ jaśminowiec *'Mont Blanc'*
 - ❖ żylitek wysmukły i jego odmiany
 - ❖ sosna czarna *'Mari'*
 - ❖ sosna czerwona *'Don Smith'*
 - ❖ sosna górska *'March', 'Ophir'*
 - ❖ sosna gęstokwiatowa *'Ed-sal Wood'*
 - ❖ świerk pospolity *'Formanek', 'Dans Dwarf'*
 - ❖ jodła koreańska *'Pinocchio', 'Cis'*

Podsumowanie

Zieleń miejska stanowi istotny element infrastruktury miejskiej, który ma znaczący wpływ na redukcję hałasu, regulację parametrów mikroklimatu oraz poziomu naturalnego promieniowania optycznego w zakresie UV. Jej efektywność zależy od właściwego doboru gatunków, struktury nasadzeń oraz rozmieszczenia.

W zakresie ochrony przed hałasem największą skuteczność uzyskuje się dzięki układom wielowarstwowym opartym na drzewach, krzewach i roślinach okrywowych. Struktury te umożliwiają rozpraszanie i częściowe pochłanianie fal dźwiękowych. Zróżnicowanie przestrzenne nasadzeń, w tym zachowanie nieregularności w odstępach między roślinami, sprzyja redukcji hałasu w szerokim pasmie częstotliwości.

W odniesieniu do regulacji temperatury i wilgotności, rośliny obniżają temperaturę powietrza poprzez zacienianie oraz proces ewapotranspiracji. Skuteczność tych mechanizmów zależy od powierzchni liści, gęstości koron, aktywności fizjologicznej roślin oraz dostępności wody w glebie. Układy wielowarstwowe stabilizują parametry mikroklimatu, ograniczając nagrzewanie ulic i chodników, a także elewacji budynków poprawiając komfort cieplny w czasie upałów.

W zakresie ochrony przed promieniowaniem UV kluczowe znaczenie mają drzewa o zwartej i rozłożystej koronie, zapewniające redukcję promieniowania bezpośredniego. Zastosowanie roślin krzewiastych, okrywowych oraz zieleni wertykalnej pozwala na redukcję promieniowania odbitego od powierzchni utwardzonych i elewacji.

Dobór gatunków przedstawiony w poradniku obejmuje rośliny odporne na warunki miejskie, wykazujące wysoką trwałość i zdolność do świadczenia usług ekosystemowych w różnych typach terenów. Rekomendacje zostały przyporządkowane do stref przyulicznych, parkowych, rekreacyjnych, mieszkaniowych oraz związanych z zabudową usługową i biurową.

W załączniku do poradnika przedstawiony został także szczegółowy wykaz obowiązujących aktów prawnych i norm technicznych dotyczących ochrony akustycznej, regulacji mikroklimatu

oraz kształtowania zieleni w przestrzeni miejskiej. Zestawienie obejmuje ustawy, rozporządzenia oraz normy, które stanowią podstawę formalną i merytoryczną dla działań projektowych. Uwzględnienie tych dokumentów w procesie planowania i realizacji terenów zieleni miejskiej umożliwi zgodność z aktualnymi wymaganiami.



BIBLIOGRAFIA

1. Cole-Hunter T, So R, Amini H, Backalarz C, Brandt J, Vaclavik Bräuner E, Hertel O, Jensen SS, Jørgensen JT, Ketzel M, Laursen JE, Lim YH, Loft S, Mehta A, Mortensen LH, Simonsen MK, Sisgaard T, Westendorp R, Jovanovic Andersen Z. Long-term exposure to road traffic noise and all-cause and cause-specific mortality: a Danish Nurse Cohort study. *Sci Total Environ.* 2022;820:153057.
2. Li M, Kang J. Influence of leaf physical properties on single-leaf vibrational response to sound. *Forests.* 2020;11:115.
3. Aylor D. Noise reduction by vegetation and ground. *J Acoust Soc Am.* 1972;51:197–205.
4. Gradkowski K. Redukcja hałasu od środków lokomocji. *Przegl Komunik.* 2010;7–8:26–31.
5. Uebel K, Marselle M, Dean AJ, Rhodes JR, Bonn A. Urban green space soundscapes and their perceived restorativeness. *People Nat.* 2021;3:756–769.
6. Habrat T. Zieleń jako element ekranujący. Wrocław: Instytut Telekomunikacji i Akustyki Politechniki Wrocławskiej; 1999.
7. Liu L, Han B, Tan D, Wu D, Shu C. The value of ecosystem traffic noise reduction service provided by urban green belts: a case study of Shenzhen. *Land.* 2023;12:786.
8. Wickramathilaka N, Ujang U, Azri S, Choon TL. Influence of urban green spaces on road traffic noise levels: a review. *Int Arch Photogramm Remote Sens Spatial Inf Sci.* 2022;XLVIII-4/W3-2022:195–201.
9. van Renterghem T, Forssén J, Attenborough K, Jean P, Defrance J, Hornikx M, Kang J. Using natural means to reduce surface transport noise during propagation outdoors. *Appl Acoust.* 2015;92:86–101.
10. Azkorra Z, Pérez G, Coma J, Cabeza LF, Bures S, Álvaro JE, Erkoreka A, Urrestarazu M. Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings. *Appl Acoust.* 2015;89:46–56.
11. Smyrnova Y, Kang J, Hornikx M, Forssén J. Effect of vegetation on noise propagation in streets and squares. *Proc Inst Acoust.* 2012;34:57–67.
12. Meng O, Evgrafova O, Li M. A predictive model for traffic noise reduction effects of street green spaces with variable widths of coniferous vegetation. *Forests.* 2025;16:238.

13. Borowski J, Latocha P. Dobór drzew i krzewów do warunków przyulicznych Warszawy i miast centralnej Polski. *Rocz Dendrol.* 2006;54:83–93.
14. Bakker J, Lugten M, Tenpierik M. Applying vertical greening systems to reduce traffic noise in outdoor environments: overview of key design parameters and research methods. *Build Acoust.* 2023;30:315–338.
15. Caballero-Frączkowski W. Zielone ściany jako ekologiczne rozwiązanie tłumienia hałasu pogłosowego. *Mater Bud.* 2019;564:33–35.
16. Błażejczyk K, Kuchcik M, Milewski P, Błażejczyk A, Szmyd J. Wyspy ciepła w Warszawie: przyczyny, zasięg i możliwości ograniczenia. *Przegl Urbanist.* 2014;VII:23–27.
17. Doick K, Hutchings T. Air temperature regulation by urban trees and green infrastructure. Forestry Commission Research Note FCRN012. Forestry Commission; 2013.
18. Vaz Monteiro M, Handley P, Morison JIL, Doick KJ. The role of urban trees and greenspaces in reducing urban air temperatures. Forestry Commission Research Note FCRN037. Forestry Commission; 2019.
19. lungman T, Cirach M, Marando F, Barboza EP, Khomenko S, Masselot P, Quijal-Zamorano M, Mueller N, Gasparrini A, Urquiza J, Heris M, Thondoo M, Nieuwenhuijsen M. Cooling cities through urban green infrastructure: a health impact assessment of European cities. *Lancet.* 2023;401:577–589.
20. Yang Y, Wu H, Li D, Hu J. Understanding the direct and indirect health effects of urban greenspaces: a green infrastructure approach to healthy behavior and outcome. Working Paper WP23ZY1. Lincoln Institute of Land Policy; 2023.
21. Tiwari A, Kumar P, Kalaiarasan G, Ottosen TB. The impacts of existing and hypothetical green infrastructure scenarios on urban heat island formation. *Environ Pollut.* 2021;274:115898.
22. Bowler DE, Buyung-Ali L, Knight TM, Pullin AS. Urban greening to cool towns and cities: a systematic review of the empirical evidence. *Landsc Urban Plan.* 2010;97:147–155.
23. Giannakis E, Bruggeman A, Poulou D, Zoumides C, Eliades M. Linear parks along urban rivers: perceptions of thermal comfort and climate change adaptation in Cyprus. *Sustainability.* 2016;8:1023.
24. Knight T, Prince S, Bowler D, Hookway A, King S, Konno K, Richter RL. How effective is 'greening' of urban areas in reducing human exposure to ground-level ozone

- concentrations, UV exposure and the 'urban heat island effect'? An updated systematic review. *Environ Evid.* 2021;10:12.
25. Li H, Zhao Y, Wang C, Ürge-Vorsatz D, Carmeliet J, Bardhan R. Cooling efficacy of trees across cities is determined by background climate, urban morphology, and tree trait. *Commun Earth Environ.* 2024;5:754.
 26. Zhang Y, Dai M. Analysis of the cooling and humidification effect of multi-layered vegetation communities in urban parks and its impact. *Atmosphere.* 2022;13:2045.
 27. Aram F, Garcia EH, Solgi W, Mansournia S. Urban green space cooling effect in cities. *Heliyon.* 2019;5:e01339.
 28. Zhao Y, Li H, Bardhan R, Kubilay A, Li Q, Carmeliet J. The time-evolving impact of tree size on nighttime street canyon microclimate: wind tunnel modeling of aerodynamic effects and heat removal. *Urban Clim.* 2023;49:101528.
 29. Duan Z, Chen M, Li H, Bu X, Yao G. Research on the design of green roofs for office buildings in Xuzhou based on building energy consumption evaluation. *Buildings.* 2024;14:26–36.
 30. Wolska A, Latała A. Ocena ryzyka zawodowego związanego z ekspozycją na naturalne promieniowanie nadfioletowe. *Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka.* 2011;7–8:12–16.
 31. Łastowiecka-Moras E, Bugajska J. Naturalne promieniowanie UV a przedwczesne starzenie się skóry człowieka. *Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka.* 2011;6:8–10.
 32. Kolek Z. Oddziaływanie promieniowania optycznego na człowieka. *Prace Inst Elektrotechn.* 2006;228:269–280.
 33. ICNIRP. Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation). *Health Phys.* 2004;87:171–184.
 34. Jacquemoud S, Ustin S. Leaf optical properties. Cambridge: Cambridge University Press; 2019.
 35. Robberecht R, Caldwell MM. Leaf epidermal transmittance of ultraviolet radiation and its implications for plant sensitivity to ultraviolet-radiation induced injury. *Oecologia.* 1978;32:277.
 36. Yoshimura H, Zhu H, Wu Y, Ma R. Spectral properties of plant leaves pertaining to urban landscape design of broad-spectrum solar ultraviolet radiation reduction. *Int J Biometeorol.* 2010;54:179.

37. Rai N, Morales LO, Aphalo PJ. Perception of solar UV radiation by plants: photoreceptors and mechanisms. *Plant Physiol.* 2021;186:1382.
38. Falcone Ferreyra ML, Serra P, Casati P. Recent advances on the roles of flavonoids as plant protective molecules after UV and high light exposure. *Physiol Plant.* 2021;173:736–749.
39. Day TA, Vogelmann TC, DeLucia EH. Are some plant life forms more effective than others in screening out ultraviolet-B radiation? *Oecologia.* 1992;83:513.
40. Day TA. Relating UV-B radiation screening effectiveness of foliage to absorbing-compound concentration and anatomical characteristics in a diverse group of plants. *Oecologia.* 1993;95:542.
41. Kwiatkowski M, Łowcewicz M, Pawlak A, Kubica J. Pomiar parametrów naturalnego promieniowania nadfioletowego w zależności od współczynnika pokrycia liściowego (LAI). *Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka.* 2025;1:18–23.
42. Grant RH, Heisler GM, Gao W. Estimation of pedestrian level UV exposure under trees. *Photochem Photobiol.* 2002;75:369.
43. Grant RH, Heisler GM, Lafayette W. Ultraviolet radiation in urban ecosystems. *Urban Ecosyst.* 2000;4:193.
44. Hildt-Ciupińska K, Pawłowska-Cypriasiak K, Stachura-Krzyształowicz A. Use of green urban infrastructure and its impact on employee well-being in Poland. *BMC Public Health.* In press.
45. Pawłowska-Cypriasiak K, Hildt-Ciupińska. „Preferencje pracowników odnośnie zielonej infrastruktury oraz jej wpływ na ich dobrostan”, w „Zielona infrastruktura miejska w kształtowaniu środowiska pracy i wypoczynku człowieka” red. J. M. Kubica, CIOP-PIB Warszawa, 2026

Akty prawne i normy

1. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2025 poz. 647).
2. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz.U. 2024 poz. 1478).
3. Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U. 2024 poz. 1130).
4. Ustawa z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz.U. 2025 poz. 733).
5. Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz.U. 2024 poz. 1112).
6. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2022 poz. 1225).
7. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2014 poz. 112).
8. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne (Dz.U. 2005 poz. 1318).
9. Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 1 lipca 2021 r. w sprawie szczegółowego zakresu danych ujętych na strategicznych mapach hałasu, sposobu ich prezentacji i formy ich przekazywania (Dz.U. 2024 poz. 255).
10. PN-ISO 1996-1:2006 Akustyka – Opis, pomiary i ocena hałasu środowiskowego – Część 1: Wielkości podstawowe i procedury oceny.
11. PN-ISO 1996-2:1999 Akustyka – Opis, pomiary i ocena hałasu środowiskowego – Część 2: Zbieranie danych dotyczących sposobu zagospodarowania terenu.
12. PN-ISO 1996-3:1999 Akustyka – Opis i pomiary hałasu środowiskowego – Część 3: Wytyczne dotyczące dopuszczalnych poziomów hałasu.
13. PN-ISO 9613-1:2000 Akustyka – Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej – Część 1: Obliczanie pochłaniania dźwięku przez atmosferę.
14. PN-ISO 9613-2:2002 Akustyka – Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej – Część 2: Ogólna metoda obliczania.

15. PN-EN ISO 140-5:1999 Akustyka – Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych – Część 5: Pomiary terenowe izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych ściany zewnętrznej i jej elementów.
16. PN-EN ISO 140-14:2006 Akustyka – Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach oraz izolacyjności elementów budowlanych – Część 14: Wytyczne dla specyficznych sytuacji w warunkach terenowych.
17. PN-EN ISO 7730:2006 Ergonomia środowiska termicznego – Analityczne wyznaczanie i interpretacja komfortu termicznego z zastosowaniem wskaźników PMV i PPD oraz kryteriów miejscowego komfortu termicznego.
18. PN-EN ISO 7243:2018-01 Ergonomia środowiska termicznego – Ocena obciążenia cieplnego za pomocą wskaźnika WBGT (temperatura wilgotnego termometru i poczernionej kuli).
19. PN-EN 16798-1:2019-06 Charakterystyka energetyczna budynków – Wentylacja budynków – Część 1: Parametry wejściowe środowiska wewnętrznego do projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków w odniesieniu do jakości powietrza wewnętrznego, środowiska cieplnego, oświetlenia i akustyki – Moduł M1-6.
20. PN-EN 14255-3:2010 Pomiar i ocena ekspozycji osób na niespójne promieniowanie optyczne – Część 3: Promieniowanie nadfioletowe emitowane przez słońce.
21. Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. 2018 poz. 1286 z późn. zm.).

ISBN 978-83-7373-474-6