



---

## ZASTOSOWANIE ZIELENEJ INFRASTRUKTURY DO ZMNIEJSZENIA NEGATYWNYCH ZJAWISK SPOWODOWANYCH TRANSPORTEM W ŚRODOWISKU MIEJSKIM

### *Use of green infrastructure to reduce negative impacts caused by transport in urban environments*

**Krystian Puzdrakiewicz**

Katedra Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska, Wydział Oceanografii i Geografii, Uniwersytet Gdański, Bażyńskiego 4, 80-309 Gdańsk

e-mail: krystian.puzdrakiewicz@phdstud.ug.edu.pl

#### **Cytacja (Citation):**

Puzdrakiewicz K., 2017, Zastosowanie zielonej infrastruktury do zmniejszenia negatywnych zjawisk spowodowanych transportem w środowisku miejskim, *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 20(2), 69-78.

**Streszczenie:** Systemy transportowe zajmują znaczne powierzchnie we wszystkich miastach. Transport generuje szereg negatywnych zjawisk, tj. zanieczyszczenie atmosfery, podwyższenie temperatury powietrza, hałas, spadek atrakcyjności miejsca, zmniejszenie bezpieczeństwa itd., które często wykraczają poza szlaki komunikacyjne, obejmując m.in. tereny mieszkaniowe. Miasta są zatem miejscami koncentracji wielu uciążliwości, które należy zwalczać w trosce o jakość życia człowieka. Można im przeciwdziałać wykorzystując zieloną infrastrukturę, czyli rozwiązania oparte na elementach przyrodniczych. Zieleń w pasie drogowym, zielone torowiska, czy nawet zielone dachy na pojazdach mogą pełnić zarówno funkcje techniczne, jak i wiele innych wpływając korzystnie na środowisko miejskie. Artykuł skupia się na możliwościach wykorzystania zielonej infrastruktury do zmniejszenia negatywnych zjawisk, które są generowane przez transport w środowisku miejskim.

**Słowa kluczowe:** jakość życia, negatywny wpływ transportu, środowisko miejskie, zielona infrastruktura.

**Abstract:** Transport systems occupy a significant place in every urban setting. Transport generates numerous negative impacts including air pollution, elevated temperatures, noise, decreased attractiveness, reduced safety, etc., which often extend beyond transit corridors to affect residential areas. These negative impacts are particularly concentrated in cities, where they must be mitigated for the sake of improving residents' quality of life. It is possible to counteract these negative impacts by using green infrastructure such as natural elements. For example, green space in transit corridors, green rail lines, and even green rooves on vehicles can serve a technical function and additionally have a positive impact on urban environments. This article focuses on the possibilities for improving green infrastructure in order to minimize negative impacts which result from transport systems in urban environments.

**Key words:** quality of live, negative impacts of transport, urban environment, green infrastructure.

**Otrzymano (Received):** 08.05.2017

**Zaakceptowano (Accepted):** 27.06.2017

---

## 1. Wstęp

Idea zielonej infrastruktury (ZI) pojawiła się na świecie jako odpowiedź na coraz bardziej zurbanizowaną przestrzeń, w której dochodzi do wielu niekorzystnych zjawisk, zarówno dla człowieka, jak i środowiska. Z uwagi na fakt, iż większość ludzi na świecie zamieszkuje miasta, jest niezwykle ważne, aby wpływać na poprawę ich jakości życia. Współczesne społeczeństwa muszą się rozwijać, a jednocześnie chronić zasoby przyrody przed utratą ich walorów, czy zanieczyszczeniem. Najlepszą metodą na pogodzenie obu interesów jest zastosowanie idei zielonej infrastruktury. Celem artykułu jest przedstawienie roli i znaczenia zieleni w ograniczaniu środowiskowych uciążliwości związanych z transportem miejskim.

Biała księga transportu Komisji Europejskiej (2011) zwraca uwagę na konieczność tworzenia lepszych warunków dla ruchu pieszego i rowerowego, a także wspiera finansowanie infrastruktury transportowej ze środków Unii Europejskiej wykorzystujących systemy poprawiające efektywność energetyczną i uwzględniające wyzwania związane ze zmianą klimatu. Jednocześnie wskazuje na fakt determinujący powyższe zalecenia, iż 1/4 emisji dwutlenku węgla z transportu ogółem dotyczy transportu miejskiego.

## 2. Zielona infrastruktura a transport

Idea zielonej infrastruktury (ZI) powstała na kanwie znacznych zmian w strukturze funkcjonalno-przestrzennej Europy oraz innych miejsc na świecie, gdzie nastąpił wyraźny rozwój społeczno-gospodarczy. Jest to efekt dynamicznego rozwoju, który nastąpił po rewolucji przemysłowej w XVIII wieku. Rozrastanie się ośrodków miejskich i regionów przemysłowych, migracje ludności ze wsi do miast oraz powstawanie licznych obiektów infrastruktury liniowej nie byłoby możliwe bez udziału transportu, głównie drogowego i kolejowego. Również na potrzeby transportu budowano m.in. drogi, linie kolejowe, fabryki samochodów itd. Przez długi czas ochrona środowiska była wyraźnie marginalizowana na rzecz rozwoju gospodarczego. Naturalna struktura lasów oraz innych siedlisk przyrodniczych została sfragmentaryzowana głównie przez obiekty liniowe oraz tereny zurbanizowane. W 2010 r. zaledwie 18% powierzchni Europy znajdowało się poza strefą objętą lub narażoną na antropopresję. Są to obszary sieci Natura 2000, której ochronie podlegają najważniejsze gatunki oraz siedliska w Europie (*Komisja Europejska...*, 2010). Współcześnie idea zielonej infrastruktury została przyjęta jako jedna z wielu struktur przestrzennych miasta. Jest ona niezbędna do funkcjonowania i kształtowania ośrodków miejskich z zachowaniem zasady zrów-

noważonego rozwoju (Szulczewska 2009). Na początku XXI wieku terminu zielona infrastruktura użyto w odniesieniu do strategicznie zaplanowanej sieci terenów zieleni w miastach do celów ekologicznych (Benedict, McMahon, 2006). Następnie Unia Europejska rozpoczęła pracę nad zaleceniami dla wdrożenia zielonej infrastruktury do polityk przestrzennych krajów Wspólnoty, co może skutkować w przyszłości szerszym wykorzystaniem elementów środowiskowych w kreowaniu przestrzeni miast.

Zieloną infrastrukturę definiuje się jako celowo zaprojektowany system terenów naturalnych, seminaturalnych wraz z urządzeniami technicznymi, pełniących szereg usług ekosystemowych, planowanych i zarządzanych w celu zapewnienia trwałości i rozwoju ekosystemów naturalnych oraz polepszenia jakości życia na obszarach zurbanizowanych. Elementy budujące system powinny być dobierane ze względu na cel postawiony zielonej infrastrukturze, uwarunkowania lokalne oraz przyjętą politykę miejską (Szulczewska, 2014). Jeżeli w danym mieście lub jego części odnotowuje się koncentrację negatywnych zjawisk pochodzenia transportowego, to miasto może przyjąć plan zielonej infrastruktury skierowany w ten obszar problemowy. W takim przypadku do elementów ZI zaliczać się mogą np. tereny zieleni przyulicznej, natomiast lasy, choć są niewątpliwie ważnym elementem środowiska, mogą znajdować się poza strefą oddziaływania z systemem transportowym, co wyklucza je w kreowaniu polityki przestrzennej zmniejszającej uciążliwości transportowe w środowisku miejskim.

## 3. Transport w środowisku miejskim

Środowisko miejskie cechuje koncentracja występowania specyficznych zjawisk pochodzenia antropogenicznego. Jednym z ich głównych źródeł jest transport. Należy mieć jednak na uwadze, że uciążliwości w ciągach komunikacyjnych pochodzą przede wszystkim z dróg dla transportu kołowego, a także linii tramwajowych i kolejowych. Nie dotyczy to raczej ciągów pieszych, dróg rowerowych, dróg wodnych i stref ruchu powietrznego. Te ostatnie głównie ze względu na stosunkowo sporadyczne występowanie w ośrodkach zurbanizowanych oraz niewielkie możliwości przeciwdziałania np. hałasowi ze statków powietrznych. Systemy transportowe występują powszechnie w miastach, zajmując znaczne powierzchnie. Dodatkowo ich strefa oddziaływania jest co najmniej kilkukrotnie większa. Biorąc za przykład system transportu drogowego w mieście, do którego zaliczamy m.in. drogi, parkingi, tunele, mosty i wiadukty, uciążliwości związane z jego funkcjonowaniem wykraczają znacznie poza obręb tych

obiektów infrastrukturalnych wpływając np. na jakość powietrza.

Uciążliwości pochodzenia transportowego w środowisku miejskim można podzielić na dwie zasadnicze grupy: bezpośrednio i pośrednie. Do pierwszych zaliczają się przede wszystkim te mające wpływ na środowisko (zmiany stanu fizycznego i chemicznego atmosfery) oraz wizerunek miejsca (spadek atrakcyjności). Pośrednie dotyczą głównie aspektów społecznych (spadek jakości życia mieszkańców), gospodarczych (obniżenia wartości dóbr) oraz technicznych (konieczność stosowania kosztownych rozwiązań infrastrukturalnych).

Głównymi negatywnymi zjawiskami w obszarze występowania sieci transportowych są wysokie stężenia zanieczyszczeń gazowych i pyłowych oraz hałas. Komunikacyjne zanieczyszczenia gazowe pochodzą przede wszystkim ze spalin, w skład których wchodzi związków, takie jak: tlenek węgla, tlenki azotu, niemetanowe lotne związki organiczne, polichlorowane biofenyle, związki ołowiu i dwutlenek siarki (Bęben, 2009), natomiast pyłowe dotyczą zarówno spalin, jak i ścierania się opon samochodowych, kostek hamulcowych, nawierzchni bitumicznych, jezdni betonowych itd. Ponadto poruszające się pojazdy podrywają zalegające już na jezdni pyły. Duża koncentracja zanieczyszczeń tego typu występuje szczególnie w miejscach mało przewietrzanych (wśród gęstej zabudowy) i o niewielkim udziale zieleni przydrożnej. W takich samych warunkach dochodzi do ponadnormatywnego natężenia hałasu. Siłę tego zjawiska sprzyjają korytarze transportowe przebiegające przez tereny ścisłej zabudowy, gdzie fale akustyczne odbijają się zarówno od jezdni, jak i fasad budynków podnosząc poziom natężenia dźwięku o 10 dB. Dodatkowo fale dźwiękowe powodują również wibracje, które wpływają negatywnie na środowisko, zdrowie człowieka oraz architekturę. Hałas jest jednym z najbardziej uciążliwych zjawisk dla człowieka. Maksymalne dopuszczalne poziomy hałasu są w Polsce regulowane przez rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku<sup>1</sup>. Stanowi ono, że hałas generowany przez drogi lub linie kolejowe na terenach zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej w ciągu dnia wynosi 61 dB, a w nocy 56 dB. Dla zabudowy wielorodzinnej wartości te wynoszą odpowiednio 65 dB i 56 dB. Pojazdy samochodowe, w zależności od ich rodzaju, wytwarzają hałas na poziomie 80-100 dB. Konfrontując te wartości z informacją, iż hałas o na-

tężeniu od 35 dB do 70 dB uznaje się za szkodliwy dla zdrowia człowieka, należy dojść do wniosku, że większość mieszkańców współczesnych miast znajduje się pod wpływem negatywnych zjawisk akustycznych. Według Komisji Europejskiej, aż 65% Europejczyków (ok. 450 mln ludzi) narażone jest na hałas komunikacyjny o natężeniu 55 dB, a 17% żyje w środowisku, w którym ta wartość przekracza 65 dB w ciągu całej doby. Szacuje się, że 80% całkowitej emisji hałasu pochodzi z transportu samochodowego (Bęben, 2009; Malczyk, 2012).

Kolejnym negatywnym zjawiskiem pochodzenia transportowego jest podwyższenie temperatury powietrza. Drogi, które w miastach zajmują znaczną powierzchnię, są zbudowane z materiałów o bardzo niskim albedo, takich jak asfalt, co przyczynia się do absorbowania dużych ilości ciepła, którego znaczna ilość uwalniana jest jeszcze po zmroku, przyczyniając się do ponadnormatywnych wartości temperatury powietrza i tworząc tzw. miejską wyspę ciepła. Dodatkowo ciepło generują pojazdy mechaniczne. Odcinki dróg wyeksponowane na światło słoneczne charakteryzują się mniejszą trwałością, co skutkuje koniecznością przeprowadzania częstszych napraw i remontów.

Ciągi transportowe w ośrodkach miejskich, które pozbawione są zieleni w pasie drogowym, charakteryzują się spadkiem atrakcyjności tego miejsca. Badania wskazują, że występowanie drzew przyulicznych poprawia wizerunek ulicy, co przekłada się na liczbę przemieszczających się wzdłuż niej pieszych.

Ostatnim negatywnym zjawiskiem pochodzenia transportowego jest zjawisko olśnienia, czyli taki stan w procesie widzenia, w którym człowiek odczuwa dyskomfort spowodowany nadmiernym poziomem luminacji. Jest ono szczególnie często spotykane w ruchu drogowym i dotyczy zarówno kierowców oraz innych uczestników ruchu.

#### 4. Elementy zielonej infrastruktury w systemach transportowych

Szara infrastruktura, którą rozumie się jako tradycyjną infrastrukturę opartą na inżynierii lądowej, tj. drogi, chodniki, linie kolejowe i tramwajowe, jest monofunkcyjna, co głównie odróżnia ją od zielonej infrastruktury. Ta oparta jest na elementach przyrodniczych, które pełnią zarówno funkcje techniczne, jak i środowiskotwórcze, produkcyjne, społeczne i ekonomiczne. Wielofunkcyjność zielonej infrastruktury jest jej niewątpliwym atutem, co powinno być istotnym argumentem dla jej powszechniejszego wykorzystania szczególnie na terenach silnie zurbanizowanych. Zieleń w niektórych przypadkach może pełnić taką samą rolę jak twarde rozwiązania infrastrukturalne, a w innych poprawiać ich funkcjonowa-

<sup>1</sup> Załącznik do obwieszczenia Ministra Środowiska z dnia 15 października 2013 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2014 poz. 112).

nie lub zmniejszać generowane przez nie negatywne zjawiska. Pamiętać należy, że choć zieleń przynosi szereg korzyści to również wymaga finansowania zarówno na etapie projektowania, jak i dalszego utrzymania. Elementy przyrodnicze wymagają przestrzeni, która szczególnie w centrach miast jest niezwykle cenna, a dodatkowo pielęgnacji, np. w postaci podlewania, nawożenia, aeracji, przycinania, czy usuwania opadniętych liści. Dodatkowo należy dobrać takie gatunki roślin, które są odporne na wysokie stężenia zanieczyszczeń lub poradzą sobie z ograniczonymi zasobami wodnymi w związku z występowaniem znacznych powierzchni nieprzepuszczalnych. Tylko wtedy, zieleń będzie mogła się rozwinąć i przynosić wiele korzyści, których ilość jest tym większa, im rośliny są dojrzałe. Stąd wynika też konieczność ochrony i utrzymywania dorosłych drzew, które są najcenniejszym elementem środowiska w miastach.

#### 4.1. Zieleń w pasie drogowym

Elementami zielonej infrastruktury w pasie drogowym mogą być przede wszystkim drzewa, krzewy, pnącza oraz powierzchnie trawiaste. Drzewa rosnące wzdłuż dróg dają cień zmniejszając temperaturę ich nawierzchni, co skutkuje ich dłuższą żywotnością (w przypadku nawierzchni asfaltowej ta różnica wynosi od 7-10 lat w przypadku ekspozycji na słońce do 20-25 lat w cieniu) oraz niższą temperaturą powietrza (Borowski, 2009). Dodatkowo przechwytyują zanie-

czyszczenia gazowe i pyłowe w miejscu ich największej koncentracji. Dla przykładu dorosły 25-metrowy dąb posiada 1200 m<sup>2</sup> liści, które w ciągu jednego sezonu neutralizują spaliny pochodzące ze spalania około 170 litrów benzyny. Ponadto drzewa produkują tlen oraz fitoncydy, czyli lotne substancje antybiotyczne o właściwościach bakteriobójczych, grzybobójczych i pierwotniakobójczych (Łukasiewicz, Łukasiewicz, 2011). Wniosek z tego, iż drzewa oprócz oczyszczania powietrza wzbogacają je w związki korzystne dla ludzi, co jest bardzo ważne ze względu na ruch pieszy i rowerowy wzdłuż ciągów komunikacyjnych. Aleje drzew są też pewnego rodzaju barierą dla przemieszczania się zanieczyszczeń w głąb kwartałów zabudowy miasta.

Najefektywniejsze pod względem ograniczania negatywnych zjawisk pochodzenia transportowego są wielopoziomowe pasy zieleni złożone z gatunków o gęstym ulistnieniu. Dzięki zieleni niskiej i wysokiej tworzą zwartą barierę, która oprócz poprawy jakości powietrza pod względem chemicznym i fizycznym, skutecznie redukuje poziom hałasu. Wymaga to jednakże znacznie większej powierzchni terenu, niż w przypadku zastosowania tradycyjnych ekranów dźwiękochłonnych (ryc. 1). Przyjmuje się, że pas zieleni o szerokości 1 m redukuje poziom hałasu o 0,2–0,4 dB, a żeby zmniejszyć natężenie dźwięku o 10 dB powinno się zastosować pas zieleni o szerokości 15 m i wysokości 5 m (Łukasiewicz, Łukasiewicz, 2011). Należy mieć jednak na uwadze, że szerokie pasy zieleni pomimo wysokiej efektywności akustycznej

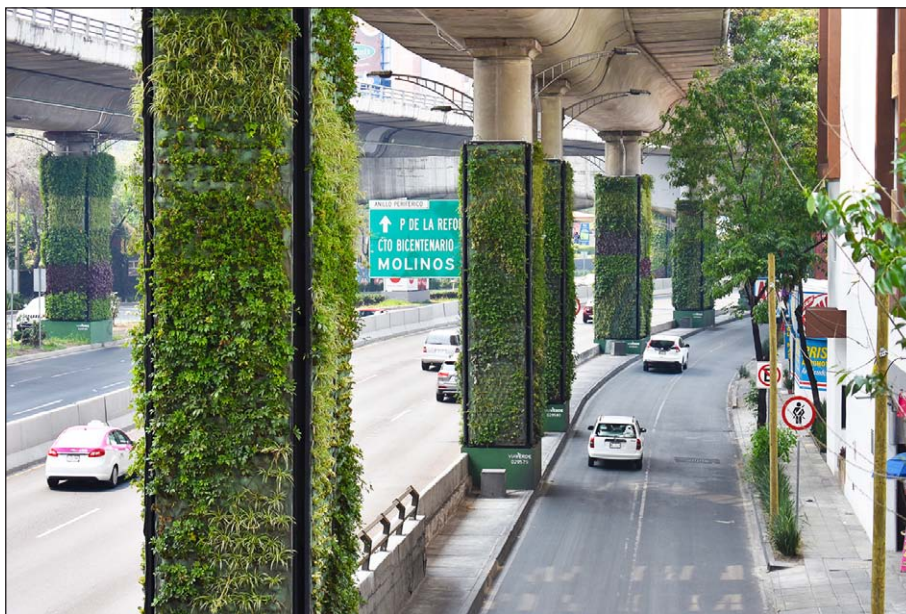


Ryc. 1. Pas zieleni oddzielający drogę dwujezdniową z torowiskiem tramwajowym od zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej, Gdańsk Przymorze Małe

Źródło: zbiory autora.

mogą powodować zastoiska powietrza związane z utrudnieniem przewietrzania danego ciągu komunikacyjnego. To zaś skutkuje dłuższym utrzymywaniem się spalin w korytarzu transportowym, w związku z czym należy zapewnić możliwość przemieszczania się mas powietrza (Malczyk, 2012). Oprócz zmniejszania poziomu hałasu, taki teren zieleni jest miejscem życia wielu gatunków, zarówno fauny, jak i flory. Nawet w przypadku niewielkiego poziomu tłumienia dźwięku przez zieleni, człowiek ma wrażenie zmniejszenia hałasu dzięki szumowi liści, czy śpiewom ptaków (Bartnicka, Ullman, 2009). Równie ważna jak fizyczne tłumienie hałasu jest percepcja człowieka wobec pojazdów (źródła hałasu) oraz barier akustycznych. Usunięcie samochodów z pola widzenia pieszych przy pomocy pasa zieleni da znacznie lepsze rezultaty od sytuacji, w której widać źródło hałasu oraz stosuje się tradycyjne elementy infrastruktury dźwiękochłonnej. Odczuwalność zjawiska może zostać zmniejszona nawet o 75% w przypadku dobrze zaprojektowanej przestrzeni wzdłuż ciągów transportowych z wykorzystaniem zieleni (Szczepanowska,

przyrodniczej miasta, siedliskiem występowania gatunków oraz pozytywnie wpływają na wizerunek miejsca. W przypadku zagospodarowanych przestrzeni miast, w których występują już ekrany akustyczne lub brak jest miejsca na wprowadzanie pasów zieleni, można zastosować zieleni wertykalną tj. pnącza lub zielone ściany. Stosując je na ekranach dźwiękochłonych poprawia się ich estetykę oraz skuteczność, dzięki rozpraszaniu fal dźwiękowych przez gałęzie oraz pochłanianiu ich przez liście. Powierzchnie pionowe mają duży potencjał do wprowadzania zieleni w miejscach o ograniczonych możliwościach nowego zagospodarowania, dlatego np. w Meksyku zdecydowano się na projekt Via Verde. Ma on na celu wprowadzić tysiąc wertykalnych nasadzeń, które oplotą filary miejskiej obwodnicy drogowej, co da w efekcie 60 tys. m<sup>2</sup> nowej zieleni (ryc. 2.). Szacuje się, że rocznie będą one filtrowały ponad 27 tys. ton zanieczyszczeń gazowych, wzbogacając w tym samym czasie powietrze o tlen dla 25 tys. mieszkańców<sup>2</sup>. Podobną politykę „zazieleniania” ścian przyjęły również miasta w Europie, takie jak Paryż, czy Madryt.



Ryc. 2. Realizacja projektu Via Verde w mieście Meksyku

Źródło: <http://viaverde.com.mx/v2/> [26.06.2017].

2007). Transport kolejowy, będący istotnym źródłem hałasu i drgań, występuje na terenach zamkniętych, wyłączonych z możliwości stanowiących ustaleń planistycznych. Można natomiast zaplanować i realizować pasy zieleni wzdłuż ciągów kolejowych, co ograniczy intensywność negatywnych oddziaływań na sąsiadujące tereny miejskie.

Pasy zieleni przydrożnej poza funkcjami technicznymi, są m.in. ważnym elementem ciągłości struktury

Drzewa i krzewy mają duży wpływ na bezpieczeństwo w ruchu drogowym. Zastosowanie ich w pasie między skrajnią jezdni, a chodnikiem lub ścieżką rowerową pozytywnie wpływa zarówno na odbiór tej przestrzeni jako bezpieczniejszej oraz faktycznie zmniejsza prawdopodobieństwo przypadkowego wtargnięcia na jezdnię. Ponadto występowanie

<sup>2</sup> <http://viaverde.com.mx/v1/> [27.04.2017]

drzew w pasie drogowym może przyczynić się do redukcji liczby wypadków drogowych w efekcie zmniejszenia prędkości jazdy. Przypuszcza się, że kierowcy poruszający się po drogach obsadzonych drzewami osiągają mniejsze średnie prędkości jazdy, niż ci jeżdżący na odcinkach ich pozbawionych. Według H.B. Szczepanowskiej (2008) zaledwie 4,5% wypadków drogowych (w tym 1,2% śmiertelnych) jest wynikiem zderzenia z drzewami. Dla porównania inne obiekty infrastruktury w pasie drogowym, tj. latarnie, czy znaki drogowe miały udział w wypadkach samochodowych na poziomie 11,1%. Dodatkowo należy

śnieżną. W przypadku, gdy źródłem oślnienia są promienie słoneczne można zastosować zieleń wysoką. Drzewa dają cień, co wpływa na poprawę bezpieczeństwa w transporcie. Według T. Malczyka (2012), w przypadku dróg o przebiegu równoleżnikowym należy je sadzić po stronie południowej, co przyniesie oczekiwany efekt, a nie spowoduje zacielenia działek leżących po stronie północnej (ryc. 3.). Drogi o przebiegu południkowym powinno się obsadzać drzewami od strony zachodniej, gdyż ruch drogowy w godzinach popołudniowych jest zazwyczaj większy, niż we wczesnych godzinach porannych.



Ryc. 3. Ulica w Gdańsku Oliwie o przebiegu równoleżnikowym. Wysokie drzewa rosnące po południowej stronie drogi zacierają pas drogowy, natomiast rząd niższych drzew od strony północnej nie powoduje nadmiernego zacielenia sąsiednich działek, a uzupełnia kompozycję alei

Źródło: zbiory autora.

nadmienić, że śmiertelne wypadki z drzewami dotyczyły prędkości powyżej 70 km/godz., co wiązało się z jej przekroczeniami, a to główna przyczyna ogółu wypadków w transporcie kołowym.

Zjawisko oślnienia dotyczy przede wszystkim stref podmiejskich lub dróg wyższej kategorii, gdzie stosowane są powszechnie tradycyjne bariery przeciw oślnieniowe zbudowane z płytowych materiałów sztucznych. Pas zieleni, szczególnie krzewów, rozdzielający pasy drogowe może pełnić funkcje osłonowe równie skutecznie jak urządzenia techniczne, a dodatkowo zatrzymuje część zanieczyszczeń emitowanych przez pojazdy. Krzewy i drzewa rosnące wzdłuż dróg zmniejszają też intensywność występowania silnych wiatrów bocznych oraz pełnią ważną funkcję przeciw-

Ostatnim elementem wyróżnionym spośród zieleni mogącej zostać wykorzystaną do zmniejszania uciążliwości pochodzenia transportowego są powierzchnie trawiaste. Są one dość powszechnie stosowane w ciągach drogowych. Ich główną funkcją jest czasowe przetrzymywanie pyłów z atmosfery. Pyły, które opadają na trawę zostają podczas opadów wbudowane w warstwę gleby, a darń nie pozwala im się ponownie wzbić do atmosfery, chroniąc przed zapyleniem wtórnym (Bartnicka, Ullman, 2009). Efekt jest jednakże uzależniony od powierzchni terenów pokrytych trawą wzdłuż korytarzy transportowych. Dla wzrostu ich skuteczności powinno się zagospodarowywać możliwie największą powierzchnię oraz nie dopuszczać do zniszczenia roślinności, co spowo-

dawałoby ponowne poderwanie pyłów do atmosfery. Dodatkowo tereny zieleni przechwytyją część spływu powierzchniowego z obszarów pokrytych materiałami nieprzepuszczalnymi, jak jezdnie, parkingi, chodniki, czy ścieżki rowerowe. Odciażają tym samym system kanalizacji deszczowej i ograniczają możliwość występowania lokalnych podtopień. Według H.B. Szczepanowskiej (2015), w kwestii gospodarki wodnej ważną, wspierającą rolę na terenach zieleni pełnią drzewa, które ograniczają spływ wód opadowych o 12%.

#### 4.2. Zielone torowiska

Systemy transportu tramwajowego funkcjonują w 15 miastach w Polsce. Łączna długość sieci tramwajowych wynosi 1882 km toru pojedynczego, z czego zaledwie 95 km stanowią zielone torowiska – 5% ogółu (Zarzewny 2016). Są one alternatywą dla tradycyjnych torowisk tramwajowych z narzutem z kamienia. Oprócz poprawy estetyki pełnią funkcje środowiskowe i techniczne. Wśród polskich miast największa długość zielonych torowisk występuje w Krakowie (25 km, 12,9%) i Łodzi (24 km, 10,9%). W Gdańsku na 115 km toru pojedynczego przypada tylko 2,9 km zielonych torowisk (2,5%). Najdłuższy ich fragment znajduje się w dzielnicy Jelitkowo, co jest punktem charakterystycznym i rozpoznawalnym dla tego miejsca (ryc. 4).

Torowiska tramwajowe przebiegają często w korytarzach transportowych wraz z transportem drogowym. Najczęściej są to tereny silnie zurbanizowane, czyli centra miast. Charakteryzują się one dużą koncentracją zjawisk negatywnych pochodzenia transportowego, co jest istotnym argumentem na korzyść zastosowania zielonych torowisk. Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwe jest wprowadzenie pasów zieleni w przestrzeni, w której bardzo często nie ma możliwości zagospodarowania dodatkowej przestrzeni na elementy przyrodnicze. Szerokość standardowego pojedynczego pasa toru tramwajowego wynosi 3 metry. Zatem każdy metr długości torowiska daje niemal 3 m<sup>2</sup> powierzchni biologicznie czynnej. Najczęściej tory prowadzone są w obu kierunkach, co podwaja tę wartość. Tym prostym sposobem, można wprowadzić w korytarzu transportowym sześciometrowy pas zieleni, którego głównymi celami są: wzrost powierzchni biologicznie czynnej, mała retencja, ograniczenie zanieczyszczeń, wiązanie pyłów do gleby, ograniczenie hałasu, tłumienie drgań oraz wzrost atrakcyjności miejsca. Zielone torowisko tramwajowe redukuje hałas o 3 dB w porównaniu do standardowego podłoża (Grünleisnetzwerk, 2012). Gdyby Gdańsk zdecydował się zmodernizować choćby połowę tradycyjnych torowisk (uwzględniając torowiska przebiegające w ciągu jezdni, skrzyżowania, przejazdy, przystanki itd.), miasto zyskałoby prawie 170 tys. m<sup>2</sup> terenów biolo-



Ryc. 4. Początek odcinka zielonego torowiska tramwajowego, Gdańsk Jelitkowo

Źródło: zbiory autora.

gicznie czynnych w miejscach najbardziej tego potrzebujących.

Jak w przypadku większości elementów zielonej infrastruktury wymaga ona ponoszenia pewnych kosztów związanych z jej projektowaniem i fazą realizacji oraz funkcjonowaniem. W przypadku zielonych torowisk należy przystosować torowiska do zastosowania nawierzchni pokrytej roślinnością. Polega to przede wszystkim na budowie torowisk metodami bezpodsytkowymi oraz izolacji elektrycznej szyn. W fazie eksploatacji szata roślinna wymaga koszenia, nawożenia, podlewania oraz aeracji, co niesie za sobą dodatkowe koszty utrzymania sieci tramwajowej. W Polsce stosuje się głównie torowiska pokryte trawą, ale można stosować także rośliny niewymagające koszenia, np. z rodzaju *Sedum*, co jest wygodniejsze w utrzymaniu.

### 4.3. Zielone dachy na pojazdach

Poprzednie przykłady zastosowania zielonej infrastruktury dotyczyły elementów statycznych, trwale związanych z gruntem. Zielone dachy są powszechnie znanym rozwiązaniem architektonicznym, który oprócz funkcji ochronnej, tak jak w przypadku standardowego dachu, wspiera różnorodność biologiczną, retencjonuje wodę opadową i spowalnia jej spływ powierzchniowy do kanalizacji, bardzo dobrze izoluje budynek poprawiając efektywność energetyczną,

a także poprawia wizerunek jego, a nawet większej jednostki przestrzennej np. miasta. Wprowadzenie do miast mobilnej zieleni na dachach pojazdów jest kolejną możliwością walki z uciążliwościami transportu w środowisku miejskim.

Projekt zielonych dachów montowanych na dachach pojazdów został wprowadzony przez hiszpańskiego architekta krajobrazu. Taka instalacja może zostać zamontowana zarówno na samochodach osobowych i ciężarowych, jak również na autobusach. Realizacja pierwszych projektów miała miejsce jednak na dachach autobusów turystycznych w Gironie (ryc. 5.). Instalacja nie wymaga nowych i specjalnie przystosowanych do tego pojazdów. Dach montowany może być na funkcjonujących już w komunikacji miejskiej autobusach. Instalacja takiego dachu polega na: zamontowaniu ramy zewnętrznej oraz ażurowych przegród wewnątrz ramy, uszczelnieniu powierzchni, wyłożeniu warstwy substratu glebowego, rozścieleniu trawy, zainstalowaniu systemu nawadniającego, przykryciu całości siatką zabezpieczającą przed uszkodzeniem podczas jazdy oraz dodatkowym nasadzeniem roślin ozdobnych. Zielony dach nawadniany jest przede wszystkim wodą pochodzącą z systemu klimatyzacji. W przypadku zastosowania instalacji standardowych autobus wyposażony jest w około 20 m<sup>2</sup> zielonego dachu, który przemieszcza się w korytarzach transportowych. To dodatkowa powierzchnia biologicznie czynna, która



Ryc. 5. Autobus z zielonym dachem, Hiszpania

Źródło: <http://phytokinetic.net/portfolio-item/bus-montgri/#toggle-id-1> [28.04.2017].



nie wymaga zmian w zagospodarowaniu przestrzeni miast. Zarząd Transportu Miejskiego w Gdańsku posiada aktualnie 231 autobusów (wyłączając mikrobusy). W przypadku zastosowania zielonych dachów wyłącznie na autobusach komunikacji miejskiej, miasto zyskałoby ponad 4,5 tys. m<sup>2</sup> powierzchni zieleni. Szacuje się, że 1 m<sup>2</sup> powierzchni zielonego dachu neutralizuje ponad 20 kg dwutlenku węgla rocznie, co kompensuje dodatkowe spalanie spowodowane dodatkowym ciężarem pojazdu. Jednakże w przypadku zastosowania ich na pojazdach zasilanych energią elektryczną nie odnotowuje się emisji CO<sub>2</sub>, a wyłącznie neutralizowanie związku z atmosfery. Ponadto zielony dach jest skutecznym izolatorem i nie nagrzewa się tak jak tradycyjne dachy autobusów, co przekłada się na spadek temperatury w ich wnętrzu o ponad 4,5°C (przy zastosowaniu zielonego dachu o grubości 7 cm). Przy każdorazowym użyciu systemu grzewczego lub chłodzącego autobus zużywa o 30% mniej energii. Dodatkowo projekt został sprawdzony pod względem trwałości podczas testów dużych prędkości, co pozwala na jego wykorzystywanie na innych pojazdach. Wprowadzenie tego typu rozwiązania wiąże się nie tylko z korzyściami dla środowiska, ale może stać się ważnym elementem marketingu, pozwalając na promowanie się jako miasto ekologiczne, zrównoważone i o wysokiej jakości życia jego mieszkańców<sup>3</sup>.

## 5. Podsumowanie

Środowisko na terenach zurbanizowanych podlega wielu presjom związanym z działalnością człowieka. Transport, przede wszystkim drogowy, tramwajowy i kolejowy, jest głównym źródłem spadku jakości powietrza, hałasu, drgań oraz pochodnych im zjawisk negatywnych, tj. wzrostu zachorowalności mieszkańców, obniżenia jakości ich życia lub spadku atrakcyjności danych przestrzeni. Aby skutecznie im przeciwdziałać zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju należy zastosować zieloną infrastrukturę. Jej elementy są wielofunkcyjne, w tym m.in. pełnią funkcje techniczne, wspierając skuteczność tradycyjnej infrastruktury lub zmniejszając ilość i natężenie negatywnych oddziaływań pochodzących z transportu. Do głównych elementów zielonej infrastruktury przydatnych w polityce miejskiej skierowanej przeciwko negatywnym zjawiskom spowodowanym transportem mogą należeć przede wszystkim elementy zieleni przydrożnej, tj. drzewa, krzewy, tereny trawiaste, a także zieleń wertykalna, zielone torowiska tramwajowe, czy zielone dachy na pojazdach. Ich zastosowanie wpływa pozytywnie na jakość środowiska w prze-

strzeni miejskiej oraz jakość życia mieszkańców. Istnieje pilna potrzeba realizacji planów zielonej infrastruktury w polskich miastach, które zmagają się z uciążliwościami pochodzenia transportowego. Zjawisko smogu, szczególnie częste w okresie zimowo-wiosennym, jest częściowo spowodowane dużą koncentracją spalin w powietrzu, a jego występowanie systematycznie wywołuje dyskusję nad problemem jakości życia w miastach. Wykorzystanie gatunków iglastych, wegetujących całorocznie, może zmniejszyć skalę problemu, o czym należy pamiętać przy projektowaniu nowych ciągów komunikacyjnych. Gatunki sezonowe są równie ważne, ponieważ im więcej zieleni w miastach, tym większa jest intensywność dostarczanych usług ekosystemowych. Przytoczone przykłady elementów zielonej infrastruktury dowodzą, że każde miasto może wprowadzać w systemach transportowych zmiany przyjazne środowisku, gdyż możliwości stosowania zieleni są różnorodne, a skutki ich funkcjonowania w większości korzystne.

## Piśmiennictwo

- Bartnicka M., Ullman I., 2009, Wykorzystać wszystkie atuty zieleni, *Architecturae et Artibus*, 2/2009, Białystok, 17-22.
- Benedict M.A., McMahon E.T., 2006, *Green infrastructure. Linking landscapes and communities*, IslandPress, Washington–Covelo–London.
- Bęben D., 2009, *Ochrona środowiska w budownictwie komunikacyjnym: wybrane zagadnienia*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole.
- Borowski J., 2009, Dlaczego warto sadzić i pielęgnować drzewa? [w:] K.A. Worobiec, I. Liżewska (red.), *Aleje przydrożne. Historia, znaczenie, zagrożenie, ochrona*, Stowarzyszenie na rzecz Ochrony Krajobrazu Kulturowego Mazur „Sadyba”, s. 48, Kadzidłowo–Olszyn.
- Grüngleisnetzwerk, 2012, Effect and function of green tracks, <http://www.gruengleisnetzwerk.de/images/downloads/effects.pdf> [04.05.2015].
- Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Mobilności i Transportu, 2011, Biała Księga Transportu: Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu, Luksemburg.
- Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Środowiska Naturalnego, 2010, Zielona infrastruktura, KH-32-10-314-PL-C.
- Łukasiewicz A., Łukasiewicz S., 2011, *Rola i kształtowanie zieleni miejskiej*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.
- Malczyk T., 2012, *Zieleń w krajobrazie terenów inwestycyjnych*, Oficyna Wydawnicza PWSZ w Nysie, Nysa.
- Phytokinetic, <http://phytokinetic.net/> [28.04.2017].
- Szczepanowska H.B., 2007, Ekologiczne, społeczne i ekonomiczne korzyści z drzew na terenach zurbanizowanych, *Człowiek i Środowisko*, 31 (3-4), 5-26.

<sup>3</sup> <http://phytokinetic.net/> [28.04.2017]

- Szczepanowska H.B., 2008, Drzewa w otoczeniu ulic – problemy inżynierskie, społeczne, ekonomiczne oraz bezpieczeństwa, *Człowiek i Środowisko*, 32 (3-4), 87-107.
- Szczepanowska H.B., 2015, Drzewa w mieście – zielony kapitał wartości i usług ekosystemowych, *Człowiek i Środowisko*, 39 (2), 5-28.
- Szulcewska B., 2009, Plan zielonej infrastruktury: nowa moda czy rzeczywista potrzeba? [w:] T. Markowski, D. Drzazga (red.), *System przyrodniczy w zarządzaniu rozwojem obszarów metropolitalnych*, Studia, t. CXXIII, KPZP PAN, s. 89, Warszawa.
- Szulcewska B., 2014, W pułapkach zielonej infrastruktury [w:] A. Pancewicz (red.), *Zielona infrastruktura miasta*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 9-29.
- Via Verde, <http://viaverde.com.mx/v1/> [27.04.2017].
- Via Verde, <http://viaverde.com.mx/v2/> [26.06.2017].
- Załącznik do obwieszczenia Ministra Środowiska z dnia 15 października 2013 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2014 poz. 112).
- Zarzewny R., 2016, Zielonym torowiskiem do Smart City, <http://www.tinescg.com/analiza-zielonych-torowisk-tramwajowych-w-polsce/> [28.04.2017].