

Ekoinnowacje w miastach

Daniela Szymańska, Michał Korolko,
Elżbieta Grzelak-Kostulska, Aleksandra Lewandowska

Ekoinnowacje w miastach



WYDAWNICTWO NAUKOWE
UNIWERSYTETU
MIKOŁAJA KOPERNIKA

Toruń 2016

Recenzent
prof. dr hab. Tadeusz Palmowski

Projekt okładki
Tomasz Jaroszewski

Publikacja przygotowana w ramach projektu Kujawsko-Pomorskiego Samorządowego Stowarzyszenia „Europa Kujaw i Pomorza” pn. „Ekoinnowacje w inteligentnych miastach” dofinansowanego ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Toruniu



**Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu**



Publikacja jest dystrybuowana bezpłatnie

© Copyright by Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
Toruń 2016

ISBN 978-83-231-3681-1

WYDAWNICTWO NAUKOWE UNIWERSYTETU MIKOŁAJA KOPERNIKA

Redakcja: ul. Gagarina 5, 87-100 Toruń

tel. 56 611 42 95, fax 56 611 47 05

e-mail: wydawnictwo@umk.pl

www.wydawnictwoumk.pl

Dystrybucja: ul. Mickiewicza 2/4, 87-100 Toruń

tel./fax: 56 611 42 38

e-mail: books@umk.pl

Druk: Drukarnia Wydawnictwa Naukowego Uniwersytetu Mikołaja Kopernika

Wydrukowano na papierze ecco book

Spis treści

Wstęp (D. Szymańska)	7
1. Ekoinnowacje w miastach.	11
1.1. Pojęcie ekoinnowacji – wieloaspektowość zagadnienia (D. Szymańska, M. Korolko, E. Grzelak-Kostulska, A. Lewandowska)	11
1.2. Programy i podmioty wspierające ekoinnowacje w miastach (A. Lewandowska, D. Szymańska, E. Grzelak-Kostulska, M. Korolko)	17
2. Wybrane doświadczenia miast w zakresie wdrażania ekoinnowacji	29
2.1. Produkcja i wykorzystanie odnawialnych źródeł energii (OZE) jako przejaw ekoinnowacji (D. Szymańska, A. Lewandowska, E. Grzelak-Kostulska, M. Korolko)	29
2.2. Ekoinnowacje w transporcie miejskim (E. Grzelak-Kostulska, D. Szymańska, A. Lewandowska, M. Korolko)	44
2.3. Ekoinnowacje w zrównoważonym budownictwie w miastach (A. Lewandowska, D. Szymańska, E. Grzelak-Kostulska, M. Korolko)	94
2.4. Ekoinnowacje w zakresie redukcji zanieczyszczeń (D. Szymańska, A. Lewandowska, E. Grzelak-Kostulska, M. Korolko)	113
2.5. Inteligentne drogi i ulice miejskie (E. Grzelak-Kostulska, M. Korolko, D. Szymańska, A. Lewandowska)	119
2.6. Ekoinnowacje w recyklingu i utylizacji odpadów (A. Lewandow- ska, D. Szymańska, E. Grzelak-Kostulska, M. Korolko)	131
2.7. Zieleń w miastach (D. Szymańska, A. Lewandowska, E. Grzelak- Kostulska, M. Korolko)	146
3. Ekoinnowacje oparte na otwartym modelu – miasta biointeligentne (M. Korolko, E. Grzelak-Kostulska, D. Szymańska, A. Lewandowska)	157
Zakończenie – ekoinnowacje wyzwaniem dla obecnych i przyszłych pokoleń (D. Szymańska)	175
Literatura	179
Spis rycin	191
Spis tabel	195

Wstęp

Miasto jest siedliskiem życia ponad połowy mieszkańców naszego globu. W 2014 roku w miastach mieszkało ponad 3,9 mld osób, co stanowili 54% ogółu mieszkańców naszej planety (w 2014 roku ogólna liczba ludności świata wynosiła 7,266 mld osób). Ziemia stała się planetą miast, a proces urbanizacji jest jednym z najbardziej uderzających przejawów współczesnej cywilizacji.

W większości krajów świata wzrasta liczba miast i udział ludności miejskiej. Szacuje się, że w 2050 roku udział mieszkańców miast w zaludnieniu naszej planety zwiększy się do 66% (w 1950 roku było to 30%). Stąd też problematyka zrównoważonego rozwoju miast, zmniejszenia negatywnego wpływu działalności człowieka na środowisko, podniesienia jego efektywność gospodarczej w wykorzystaniu zasobów naturalnych w celu polepszenia jakości życia mieszkańców miast i poprawy kondycji ekologicznej naszej planety przykuwa uwagę światowej społeczności, uczonych, polityków, przywódców różnych Kościołów, włodarzy miast i mediów.

Gdy prosi się zarówno polityków, jak i naukowców o wskazanie najważniejszych problemów współczesnego świata, prawie jednomyślnie wymieniają – oprócz zagrożenia atomowego, terroryzmu i wojen – głód, ocieplenie klimatu, degradację środowiska naturalnego, kryzys ekologiczny i wzrost miast. Często traktują gwałtowną (niekiedy niekontrolowaną) urbanizację jako najbardziej palący problem współczesnego świata, jako globalne niebezpieczeństwo w degradacji środowiska naturalnego, zmian klimatycznych i pogarszania się jakości życia na naszej planecie. Dlatego przedstawiciele nauki, polityki, mediów, burmistrzowie miast zbierają się co dwa lata (od 2002 roku), by dyskutować na światowych forach miejskich (*World Urban Forum* – WUF: w Nairobi – 2002, Barcelonie – 2004, Vancouver – 2006, Nanjing – 2008, Rio de Janeiro – 2010, Neapolu – 2012, Medellin – 2014

i za dwa lata w Kuala Lumpur – 2018 roku) o roli miast w osiągnięciu równowagi ekologicznej, o ich znaczeniu dla rozwoju kultury materialnej i duchowej ludzkości. Światowe Forum Miejskie stało się globalnym miejscem spotkań wszystkich zainteresowanych miastami i rozwojem obszarów miejskich. Gromadzi ono odpowiednich ministrów, urzędników państwowych, przedstawicieli organizacji (np. Cities Alliance), pracowników naukowych z uniwersytetów i jednostek naukowo-badawczych, burmistrzów, przedstawicieli organizacji pozarządowych, pracowników służb miejskich i działaczy z ponad 200 krajów. Na przykład w ostatnim World Urban Forum (2014 rok) w kolumbijskim mieście Medellín uczestniczyło ponad 22 tys. osób (Szymańska, Korolko, 2015).

Wszystkie dyskusje, jakie się toczą wokół miast (w tym i na światowych forach miejskich – WUF), mają na celu podniesienie świadomości władarzy miast, mieszkańców, polityków, strategów, planistów w zakresie wdrażania zrównoważonej urbanizacji. Poprzez debaty, wymianę doświadczeń, wymianę najlepszych praktyk i dobre polityki mają pobudzić opinię publiczną, zwiększyć koordynację i współpracę między różnymi podmiotami dla rozwoju i wdrażania zrównoważonej urbanizacji.

Z prognoz wynika, że w 2050 roku w miastach będzie mieszkało 66% ludności naszej planety, a miasta cały czas kumulują swój społeczny i gospodarczy potencjał, demonstrować swoją zadziwiająco żywotność i umiejętność życia w zmieniającej się rzeczywistości, umiejętność rozwiązywania wielu problemów społecznych, gospodarczych, ekologicznych i innych. Nie ma jak do tej pory żadnej zadowalającej możliwości zastąpienia miast inną formą osadnictwa. Dlatego powinniśmy dbać o to, by życie w miastach było zdrowe, przyjazne i wygodne, nie powinniśmy niszczyć środowiska naturalnego, zaśmiecać naszej planety i postępować nieetycznie wobec środowiska i innych mieszkańców globu (Szymańska, Korolko, 2015).

W działania te wpisuje się koncepcja zrównoważonej urbanizacji z wdrażaniem idei inteligentnych miast, w której jednym z jej przejawów jest wdrażanie szeroko pojętej ekoinnowacyjności w różnych płaszczyznach działalności człowieka w mieście (którą należy szeroko wdrażać i propagować).

Celem niniejszej pracy jest próba przedstawienia czytelnikom ekoinnowacji w miastach i ich wdrożeń w kontekście łagodzenia problemów związanych z degradacją środowiska naturalnego, łagodzenia presji na środowisko naturalne, zmian klimatu, zanieczyszczenia powietrza, minimalizowania

kosztochłonności energetycznej miast oraz wdrażania zielonych technologii, w tym OZE jako przejawu troski o mieszkańców naszej planety i jej środowisko naturalne.

Książka składa się z trzech rozdziałów oraz wstępu i zakończenia. We wstępie wskazano aktualność tematu badań, tj. pokazano, że działania związane z powszechną urbanizacją powinny być ukierunkowane na szerokie wdrażanie ekoinnowacji w miastach. W rozdziale pierwszym omówiono pojęcie ekoinnowacji, zwrócono uwagę na wieloaspektowość tego zagadnienia, przedstawiono wybrane podmioty i programy wspierające ekoinnowacje w miastach. W rozdziale drugim omówiono doświadczenia wybranych miast w zakresie wdrażania ekoinnowacji. Przedstawiono przykłady ekoinnowacji w miastach w zakresie wykorzystania OZE, ekoinnowacji w transporcie miejskim, w zrównoważonym budownictwie w miastach, w zakresie minimalizacji zanieczyszczeń, obsługi dróg i ulic w miastach, ekoinnowacji w segregacji i utylizacji odpadów, zieleni miejskiej jako jednego z przejawów wdrażania ekoinnowacji. W rozdziale trzecim pokazano ekoinnowacje oparte na otwartym modelu. W zakończeniu wskazano, że wdrażanie ekoinnowacji jest wyzwaniem dla obecnych i przyszłych miast i pokoleń, że nie jest modą, lecz rzeczywistą koniecznością, jaka jawi się przed mieszkańcami Ziemi.

Książka może służyć jako pomoc naukowo-dydaktyczna i jest adresowana zarówno do studentów różnych kierunków (którym problematyka zrównoważonego rozwoju miast i ich wpływu na środowisko naturalne jest szczególnie bliska), jak i do osób pracujących w administracji samorządowej, w organizacjach społecznych, w biurach planowania przestrzennego i regionalnego oraz innych instytucjach mających wpływ na funkcjonowanie miast. Może być ona pewnym elementem łańcucha edukacji proekologicznej w zakresie relacji „miasto – środowisko”.

Niniejsza książka nie pretenduje, by pokazać wszystkie wątki i wdrożenia ekoinnowacji w miastach, byłoby to wręcz niemożliwe. Autorzy mają jednak nadzieję, że zaprezentowany materiał stanowi zarys wiadomości niezbędnych do głębszego ujęcia problematyki zrównoważonego rozwoju miast i wdrażania ekoinnowacji. Praca jest zaopatrzona w wybór bibliografii (zarówno w wersji papierowej, jak i elektronicznej) dotyczącej ekoinnowacji w miastach i dzięki tym pracom można dotrzeć do innych opracowań i poszerzać swoją wiedzę.

Daniela Szymańska

1. Ekoinnowacje w miastach

1.1. Pojęcie ekoinnowacji – wieloaspektowość zagadnienia

Miasto towarzyszy człowiekowi od wieków, a urbanizacja stała się zjawiskiem globalnym. Ma ono zarówno pozytywne, jak i negatywne konsekwencje. Jednym ze sposobów łagodzenia negatywnych skutków urbanizacji (w zakresie zanieczyszczenia środowiska, zmian klimatycznych, hałasu, gromadzenia ogromnych hałd odpadów, zmniejszania obszarów zieleni, zwiększonego zużycia energii elektrycznej) jest wdrażanie różnorodnych ekoinnowacyjnych działań, jako jednego z przejawów zrównoważonego rozwoju miast i regionów, pamiętając przy tym, że zrównoważony rozwój obejmuje wszystkie aspekty i obszary ludzkiej działalności. Miasto przyszłości to miasto inteligentne, racjonalnie gospodarujące zasobami naturalnymi, dbające o jakość środowiska naturalnego, minimalizujące emisje zanieczyszczeń, optymalizujące zużycie energii, wprowadzające pasywne budownictwo, wykorzystujące odnawialne źródła energii itp.

Nim przejdziemy do omówienia przykładów różnorodnych ekoinnowacji, spróbujmy zdefiniować pojęcie ekoinnowacji. Koncepcja ekoinnowacji pojawiła się już w latach 90. XX wieku (m.in. Fussler, James, 1996; James, 1997; Rennings, Klaus, 2000; oraz Díaz-García, González-Moreno, Sáez-Martínez, 2015 – w której zawarto przegląd literatury i opracowań dotyczących ekoinnowacji – doi:10.1080/14479338.2015.1011060), kiedy to społeczność światowa głośno zaczęła mówić o złej kondycji ekologicznej naszej planety, o degradacji środowiska, o rabunkowej gospodarce kopalni, lasów, wód, ziemi, o zanieczyszczeniu środowiska itd. A zatem wyzwaniem zarówno dla nas, jak i dla przyszłych pokoleń jest zmniejszanie obciążeń środowiska naturalnego, zmniejszanie naszego śladu ekologicznego przy jednoczesnym rozwoju alternatywnych, zielonych technologii.

Należy w tym miejscu nadmienić, że ślad ekologiczny (*footprint*) mieszkańca krajów wysokorozwiniętych jest nieraz 5-krotnie większy niż mieszkańca krajów słabiej rozwiniętych. Ślad ekologiczny mieszkańca USA to 9,4 ha (to drugi największy „odcisk” na Ziemi, po mieszkańcach Zjednoczonych Emiratów Arabskich, z których każdy potrzebuje aż 9,5 ha, a ma do dyspozycji ledwie 1,1 ha), Kanadyjczyka – 7,1 ha, mieszkańca Gabonu – 1,3 ha, Konga – zaledwie 0,5 ha. Generalnie najmniejszy ślad ekologiczny zostawiają mieszkańcy Afryki – 1,4 ha, natomiast Europejczyk z UE – 4,7 ha, Duńczyk – aż 8 ha (ma do dyspozycji 5,7 ha), Polak – średnio 3,8 ha, a zatem również prawie 2-krotnie więcej niż wynosi zrównoważony ślad ekologiczny dla naszej planety: 1,8 ha (<http://www.theguardian.com>, Global Footprint Network, 2014 UN NY; Szymańska, Korolko, 2015: 42–43).

Przywódcy poszczególnych państw, przedsiębiorcy oraz indywidualne osoby widzą potrzebę wprowadzania do gospodarki i wszelkiej aktywności człowieka rozwiązań nie tylko innowacyjnych, ale także i przede wszystkim ekologicznych. Stąd też koncepcja ekoinnowacji znajduje licznych zwolenników w poszczególnych miastach świata. Ekologia napędza innowacje, a innowacje wpływają na poprawę kondycji ekologicznej naszej planety. Generalnie ekoinnowacje napędzają współczesną gospodarkę. W najnowszym projekcie Komisji Europejskiej na rzecz ekoinnowacji wyraźnie akcentuje się to stanowisko (http://www.pi.gov.pl/PARP/chapter_86200.asp?soid=217861497BDF4DBAB0E24242F9DEA3D5), podkreślając, że ekoinnowacje mają decydujące znaczenie dla konkurencyjności Europy pod względem gospodarczym, gdyż zarówno pomagają chronić środowisko naturalne, jak i ułatwiają tworzyć nowe miejsca pracy i wspierają biznes. Komisja Europejska wspiera innowacje (więcej por. rozdział 1.2). „Na przykład w najnowszym projekcie Komisji Europejskiej na rzecz ekoinnowacji znalazł się plan pomocy dla przedsiębiorstw w zakresie zapewnienia ekologicznego wzrostu gospodarczego. Jego realizacja ma pomóc w osiągnięciu celów strategii „Europa 2020” oraz znacznie ułatwić wdrażanie innowacji zmniejszających negatywny wpływ działalności człowieka na środowisko. Realizacja tego przedsięwzięcia wynika ze zobowiązań w ramach inicjatywy Unii Europejskiej w zakresie innowacji oraz jest oparta na Planie działań w dziedzinie technologii środowiskowych z 2004 roku. Komisja Europejska położy szczególny nacisk na unormowanie regulacji prawnych dotyczących

ochrony środowiska w kontekście ekoinnowacji, także na arenie międzynarodowej [...]” (Rutkowska, 2012).

Należy pamiętać, że ekoinnowacja to działalność, której celem jest nie tylko ograniczenie „szkodliwego wpływu procesów gospodarczych na środowisko, ale istotne jest również produktywnie wykorzystanie zasobów naturalnych, a więc oprócz wymiaru ekologicznego znaczenie ma również wymiar gospodarczy (redukcja kosztów) oraz kwestie bezpieczeństwa (zmniejszenie uzależnienia od dostaw surowców). Innowacje mają do odegrania kluczową rolę również w łagodzeniu skutków zmian w środowisku wywołanych przez człowieka – zarówno ich oddziaływania na naturę, jak i sam system gospodarczy. Gwałtowne wytrącanie ekosystemów z równowagi przez czynniki antropogeniczne w coraz większym stopniu będzie bowiem przekładało się na równie gwałtowne zwiększanie się presji zmieniającego się środowiska na systemy gospodarcze – głównym przykładem są tu skutki zmian klimatycznych i konieczność ograniczania ich kosztów poprzez działania adaptacyjne” (Szpor, Sniegocki, 2012: 3).

„Ekoinnowacje oznaczają wszelkie formy działań innowacyjnych ukierunkowanych na znaczącą poprawę stanu środowiska naturalnego. Ekoinnowacje obejmują nowe procesy produkcyjne, nowe produkty lub usługi, nowe metody biznesowe i zarządcze, których implementacja będzie sprzyjać ochronie środowiska lub znacznie zmniejszyć zagrożenia względem środowiska oraz zmniejszyć negatywne skutki zużycia surowców. Ekoinnowacje pojawiają się w różnych branżach i dotyczą głównie redukcji odpadów i efektu cieplarnianego, optymalizacji wykorzystywania surowców naturalnych, czy też zmniejszenia zanieczyszczenia oraz zwiększenia efektywności energetycznej. W całej Unii szybko rozwijają się przedsiębiorstwa związane z ekoinnowacyjnymi branżami, co wspierają różne programy, takie jak na przykład Inicjatywa Rynków Wschodzących” (http://www.pi.gov.pl/parp/chapter_86197.asp?soid=E59EAE5FD9834AADA169C286A0C9212A).

Generalnie najczęstsze użycie terminu „eko-innowacje” jest spotykane w odniesieniu do innowacyjnych produktów i procesów (eko-innowacje w sensie techniczno-technologicznym), które zmniejszają wpływ na środowisko. To jest często używane w połączeniu z pojęciem eko-efektywności i eko-design (<https://en.wikipedia.org/wiki/Eco-innovation>).

Ponadto pojęcie to zdaniem wielu badaczy powinno być uzupełnione o komponent społeczny, bowiem eko-innowacja jest także procesem spo-

łącznym, eko-innowacje powinny przyczynić się do większej akceptacji społecznej i kulturowej zachowań proekologicznych. Jak podaje P. James (1997), to spojrzenie na eko-innowacje przez filtr społeczny jest wręcz konieczne, ponieważ określa naukę i skuteczności ekoinnowacji. Taki społeczny status ekoinnowacji jest czymś więcej niż tylko nowym rodzajem towaru lub nowego sektora (technologii środowiskowych) oraz pojawieniem się nowych rodzajów działalności gospodarczej (np. utylizacja odpadów, recykling itp.) (<https://en.wikipedia.org/wiki/Eco-innovation>). Takie dodatkowe spojrzenie na ekoinnowacje przez pryzmat użytkowania, a nie tylko z punktu widzenia wytworu danego produktu czy technologii sprawia, że ekoinnowacje (jako produkt, proces wytwory, idee, pomysły itp.) są bardziej społecznie akceptowane, wchłaniane, a nawet rozprzestrzeniają się (dyfuzja) na innych, co sprawia, że można je traktować jako narzędzie do bardziej zintegrowanego podejścia i rozumienia zrównoważonego rozwoju.

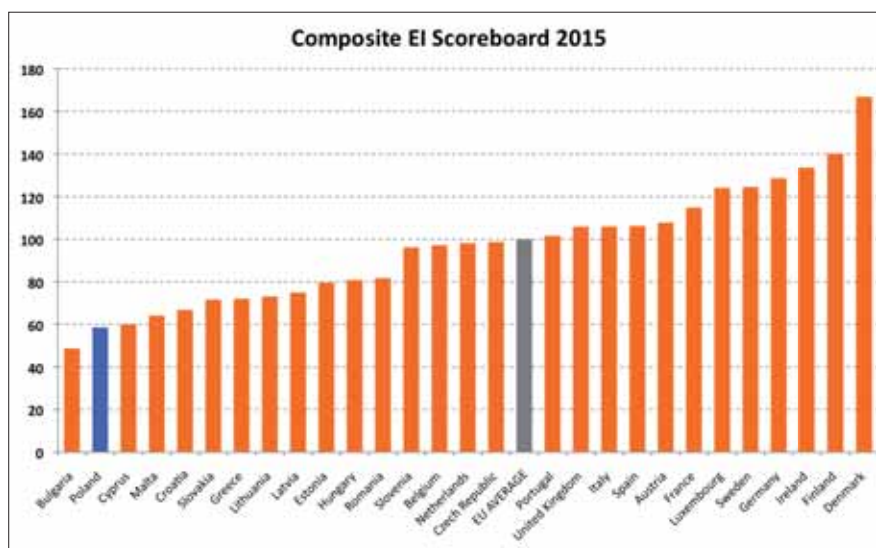
Reasumując, ekoinnowacje są to wszelkiego rodzaju innowacje, które w sposób bezpośredni lub pośredni przyczyniają się do redukcji różnorodnych obciążeń środowiskowych, zmniejszania zużycia zasobów naturalnych, zmniejszania emisji i uwalniania szkodliwych substancji do środowiska. Ekoinnowacje mają za zadanie zmniejszyć negatywne oddziaływanie człowieka na środowisko, zmniejszyć antropopresję, poprawić efektywność wykorzystania zasobów naturalnych, dostosować gospodarkę do wymogów środowiska. Ekoinnowacje to produkty, procesy, technologie wytwarzania, pomysły, sposoby zarządzania, uregulowania prawne i instytucjonalne, idee, postawy społeczne akceptujące innowacyjne ścieżki zrównoważonego rozwoju miast i regionów.

Na przykład ekoinnowacyjne zachowania producentów to nie zmniejszanie cyklu życia danego produktu, a jego wydłużanie, wydłużanie jego przydatności użytkowej przez długi czas. Niestety, większość producentów zamiast pamiętać o tym, by nie niszczyć środowiska, stosuje „zmowy producenckie”, skraca cykl życia danego produktu (żarówek, lokówek, żelazek i innych wytworów – generuje się hałdy odpadów), by tylko cały czas generować swoje zyski ze sprzedaży, nie przejawiając proekologicznych zachowań, zapominając, że w naszym wspólnym interesie jest dbanie o środowisko, o dobro naszej planety. Przejawem troski o środowisko są zatem i takie ekoinnowacje, gdzie wytwarza się produkty ekologiczne, nadające się

do unieszkodliwienia przez samo środowisko, jak i do recyklingu oraz do wykorzystania w innych gałęziach gospodarki.

Jednym z narzędzi, które w sposób kompleksowy ocenia i porównuje wydajność eko-innowacji w poszczególnych państwach Unii Europejskiej, jest Eco-Innovation Scoreboard. Eco-Innovation Scoreboard jest to sumaryczny wskaźnik/indeks oparty na wskaźnikach z pięciu obszarów ekoinnowacji:

- 1) nakłady (inputs – rządowe wydatki środowiskowe i energetyczne B+R, liczba badaczy, zielone inwestycje),
- 2) działania (activities – przedsiębiorstwa wprowadzające ekoinnowacje poprawiające efektywność energetyczną, materiałową oraz posiadające certyfikat ISO 14001 systemu zarządzania środowiskowego,
- 3) wyniki (outputs – publikacje, patenty, informacje w mediach na temat ekoinnowacyjności),
- 4) efekty środowiskowe wdrażania ekoinnowacji (environmental outcomes – efektywność wykorzystania energii, wody, surowców, emisyjność),

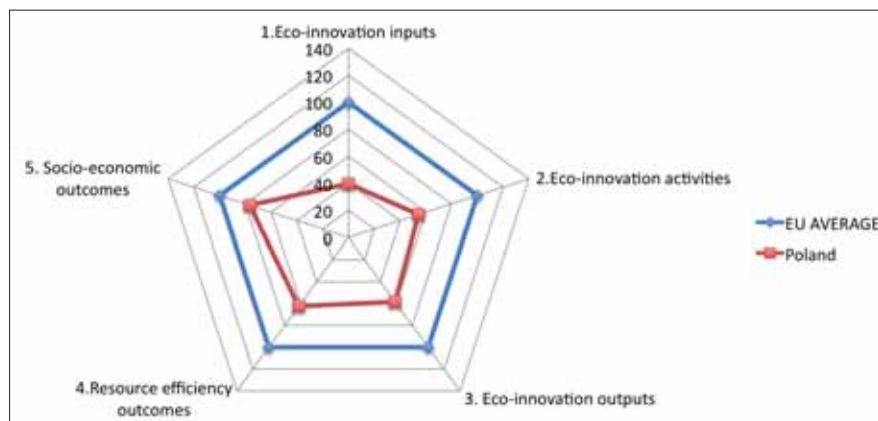


Ryc. 1. Sumaryczny wskaźnik Eco-Innovation Scoreboard w państwach Unii Europejskiej

Źródło: http://www.eco-innovation.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=481&Itemid=69

- 5) efekty społeczno-gospodarcze wdrażania ekoinnowacji (socio-economic outcomes – eksport produktów ekoinnowacyjnych, poziom zatrudnienia w branży, zwrot z inwestycji).

Szczegółowy opis wskaźników wziętych do sumarycznego wskaźnika Eco-Innovation Scoreboard zawarty jest w tabeli znajdującej się pod adresem: https://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-eco-innovation_en.



Ryc. 2. Komponenty sumarycznego wskaźnika Eco-Innovation Scoreboard w Polsce w 2015 roku w porównaniu ze średnią UE

Źródło: http://www.eco-innovation.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=481&Itemid=69

Oceniając strukturę poszczególnych komponentów wskaźnika Eco-Innovation Scoreboard dla Polski w 2015 roku (wartość wskaźnika równa 100 jest wartością średnią dla UE-27), należy stwierdzić, że są one bardzo niskie i że relatywnie najmocniejszymi obszarami polskiej innowacyjności są: komponent społeczno-gospodarczy (4) oraz środowiskowy (5), najslabszym ogniwem jest niski poziom nakładów (1) na innowacyjność (głównie stosunkowo niskie wydatki na finansowanie działalności badawczo-rozwojowej).

Analiza przyczyn niskiej pozycji Polski w rankingu ekoinnowacyjności pozwala na wyodrębnienie głównych barier i zawodności rynku w zakresie wdrażania ekoinnowacji. Należy tutaj podkreślić, że ekoinnowacje napotykały te same bariery co innowacje, jednak są one potęgowane poprzez zawodność rynków w obszarze środowiska (Grodzicka-Kozak, Wojtach,

<http://www.forum3e.pl/download/gfx/fese/pl/nfoaktualnosc/3/4/4/ekoinnowacje-publicacja.pdf>; oraz Jaffe, Newell, Stravins, 2005: 164–174).

Polska gospodarka na tle innych państw Unii Europejskiej jest jedną z najmniej energooszczędnych gospodarek. Jest to z jednej strony duże wyzwanie, z drugiej ogromna szansa gospodarcza, by kraj, który jest jeszcze w trakcie procesu modernizacji gospodarki, wprowadzał wszelkiego rodzaju ekoinnowacje. Polska w zakresie wskaźników ekoinnowacji w 2015 znajduje się na przedostatnim miejscu w Unii Europejskiej, znacznie poniżej średniej dla Unii. Nadal ma stosunkowo małe osiągnięcia w dziedzinie B+R, mało jest innowacji i inwestycji w zielone technologie. Pomimo tego, że polski rynek zielonych technologii jest we wczesnej fazie rozwoju (http://www.eco-innovation.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=481&Itemid=69), to ma on zdaniem specjalistów krajowych i zagranicznych ogromny potencjał rozwojowy.

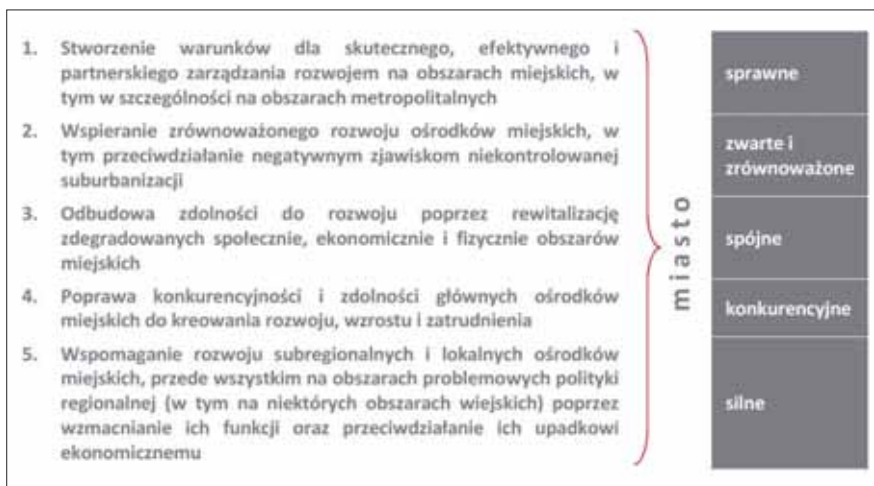
Główne bariery ekoinnowacji w Polsce mają charakter ekonomiczny, w tym wysokie koszty wdrożenia, utrudniony dostęp do kapitału, niepewny zwrot z inwestycji oraz słaby system zachęt ekonomicznych i podatkowych stymulujących wdrażanie ekoinnowacji. Inne problemy to bariery administracyjne. Najbardziej istotnym czynnikiem są znaczące inwestycje z funduszy strukturalnych i środków krajowych, głównie z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz jego oddziałów regionalnych (http://www.eco-innovation.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=481&Itemid=69).

1.2. Programy i podmioty wspierające ekoinnowacje w miastach

Nowoczesne technologie, w tym w szczególności te ekologiczne, są niezbędnym elementem miasta inteligentnego. Rozwój koncepcji *smart city* wspierany jest przez wiele programów międzynarodowych (m.in. UBRACT, HORIZON 2020), a pomoc we wdrażaniu oraz finansowaniu działań z zakresu inteligentnych technologii świadczy wiele podmiotów (m.in. IMB, Simens, Living PlanIT) (Szymańska, Korolko 2015). Sama ekoinnowacyjność jest wspierana przez szereg inicjatyw, zarówno na szczeblu międzynarodowym, jak i krajowym.

W Polsce plany dotyczące rozwoju miast, a także ich poziomu ekoinnowacyjności zostały opisane w Krajowej Polityce Miejskiej. Adresowana jest ona do wszystkich polskich miast oraz ich obszarów funkcjonalnych. Odnosi się w sposób bezpośredni do horyzontu czasowego 2023 roku, tym samym wskazując kierunki rozwoju miast, które powinny być zintegrowane w celu lepszego funkcjonowania miasta. Ramy dla polskiej polityki miejskiej zostały wyznaczone przez dokumenty nadrzędne, czyli między innymi Kartę Lipską, będącą dokumentem przyjętym z okazji nieformalnego spotkania ministrów UE ds. rozwoju miast w Lipsku w 2007 r. Karta Lipska wskazuje konieczność zrównoważonego rozwoju miast europejskich. Tożsamy kierunek rozwoju znajduje odzwierciedlenie również w Strategii Europa 2020. Na gruncie polskim ramy nowej polityki miejskiej wyznaczają: Krajowa Strategia Rozwoju Regionalnego 2010–2020. Regiony, miasta, obszary wiejskie (KSRR) oraz koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030 (KPZK 2030). Celem strategicznym polityki miejskiej jest wzmocnienie zdolności miast i obszarów zurbanizowanych do zrównoważonego rozwoju i tworzeniu miejsc pracy oraz poprawa jakości życia mieszkańców (Krajowa Polityka Miejska 2015). Cele szczegółowe natomiast mają za zadanie stworzenie miasta sprawnego, zwartego i zrównoważonego, spójnego, konkurencyjnego oraz silnego. Ekoinnowacje stają się zatem niezbędnym elementem, który potrzebny jest, aby nakreśloną wizję wdrożyć w życie. By móc to zrealizować, konieczne jest poszukiwanie źródeł wsparcia zarówno na gruncie europejskim, jak i krajowym.

Priorytetowym kierunkiem działań Unii Europejskiej są działania na rzecz zrównoważonego rozwoju, a w tym wspieranie tych inicjatyw, które poświęcone są kwestiom innowacyjności i trosce o środowisko naturalne. Unia Europejska wdraża odpowiednie programy mające na celu zwiększenie rozwoju ekoinnowacji na terenie wszystkich krajów członkowskich. Tylko dzięki odpowiedniemu poziomowi implementowania technologii środowiskowych w wymiarze lokalnym możliwe jest realizowanie globalnych celów zawartych w dokumencie „Europa 2020 – strategia inteligentnego, zrównoważonego i globalnego wzrostu”. Kluczowym instrumentem wsparcia w tym zakresie jest program **HORIZON 2020**, będący kontynuacją minionych programów ramowych UE. Jest to jak dotąd największy program w zakresie badań naukowych i innowacji, a jego budżet na lata 2014–2020 to niemal 80 mld EUR. Głównym jego założeniem jest rozwój badań na-



Ryc. 3. Cele szczegółowe Krajowej Polityki Miejskiej

Źródło: Krajowa Polityka Miejska 2015

ukowych i wdrażanie innowacji, które w dalszej perspektywie mają służyć rozwiązywaniu wielu problemów współczesnego świata, a zarazem podnosić jakość życia mieszkańców, przyczyniać się do ochrony środowiska oraz zapewnić lepsze zrównoważenie i wyższą konkurencyjność europejskiego przemysłu (KE 2014). Cały program składa się z wielu obszarów, z których ekoinnowacjom w szczególności mogą służyć między innymi następujące z nich:

- przyszłe i powstające technologie (Future and Emerging Technologies – FET) – służy do finansowania interdyscyplinarnych projektów odnoszących najlepszy skutek za pomocą łączenia potencjału z różnych dziedzin nauki (fizyki, informatyki, biologii, nauki o środowisku, naukach społecznych, humanistycznych i innych) oraz różnych dyscyplin zaawansowanej inżynierii, tak by badane rozwiązania można było wdrożyć i stworzyć zupełnie nowe technologie. Dofinansowanie: 2,696 mld EUR;
- wiodąca pozycja w zakresie technologii prorozwojowych i przemysłowych (Leadership in enabling and industrial technologies – LEIT) wspiera przełomowe technologie, nieodzowne do umacniania innowacji we wszystkich sektorach, w tym w technologiach informacyj-

- no-komunikacyjnych (ICT) i kosmicznych, co bardzo ważne kończą-
ce się wdrożeniami. Dofinansowanie: 13,557 mld EUR;
- zrównoważona energia (Sustainable energy) – wsparcie niezawod-
nego, trwałego i konkurencyjnego systemu energetycznego w Euro-
pie. Oscylować ma on wokół niniejszych obszarów: redukcji zużycia
energii oraz redukcji śladu węglowego; taniej, niskowęglowej energii
elektrycznej; paliw alternatywnych i mobilnych źródeł energii; jed-
nolitej, inteligentnej europejskiej sieci energetycznej; nowej wiedzy
i nowych technologii; szybkiemu podejmowaniu decyzji i zaangażo-
waniu sektora publicznego; wdrażaniu na rynek innowacji energe-
tycznych i ICT. Dofinansowanie: 5,931 mld EUR;
 - ekologiczna i zintegrowana mobilność (Ecological and integrated
mobility) – służy budowaniu zasobooszczędnego, przyjaznego dla
środowiska i klimatu, bezpiecznego i bez zakłóceń europejskiego sy-
temu transportowego na potrzeby wszystkich obywateli, gospodarki
i społeczeństwa. Ponadto działania skupiają się wokół czterech za-
sadniczych celów: zasobooszczędny transport chroniący środowisko;
lepsza mobilność, mniejsze zatłoczenia, zwiększone bezpieczeństwo
i ochrona; globalne przewodnictwo europejskiego przemysłu trans-
portowego oraz badania socjoekonomiczne, behawioralne oraz dzia-
łania wyprzedzające na potrzeby tworzenia polityk. Dofinansowa-
nie: 6,339 mld EUR;
 - działania w dziedzinie klimatu, środowisko, efektywna gospodarka
zasobami i surowce (Climate Action, Environment, Resource Effi-
ciency and Raw Materials) – w ramach tego obszaru sfinansowane zo-
staną badania i innowacje, które mają wzgląd na: rozwiązania gospo-
darcze, pozwolą na optymalizację zużycia surowców, wody oraz mają
niewielki wpływ na zmiany klimatyczne; ochronę i zrównoważone
zarządzanie surowcami naturalnymi i ekosystemami; zrównoważoną
dostawę i zużycie surowców naturalnych, czyli takie wykorzystanie
surowców, które odpowiada wymaganiom poziomu zaludnienia, ale
również nie niszczy naturalnych zasobów i ekosystemów na świecie.
Dofinansowanie: 3,081 mld EUR;
 - Europa w zmieniającym się świecie – integracyjne, innowacyjne i re-
fleksyjne społeczeństwa (Europe in a changing world – Inclusive,
innovative and reflective societies) – działania finansowane powin-

ny koncentrować się na: nowych pomysłach, strategiach i strukturach zarządzania dla przezwyciężenia kryzysu w Europie; młodych pokoleniach w innowacyjnej, sprzyjającej włączeniu społecznemu i zrównoważonemu rozwojowi Europy; refleksyjnych społeczeństwach: przekazywanie europejskiego dziedzictwa kulturowego, korzystanie z przeszłości, modelowanie 3D dla dostępu do dóbr kultury UE; współpracy w dziedzinie badań i innowacji z państwami trzecimi; nowych formach innowacji w sektorze publicznym, otwartym zarządzaniu, innowacji modelu biznesowego, społeczeństwie innowacji społecznych, ICT dla uczenia się i integracji. Dofinansowanie: 1,309 mld EUR (KE 2014; KPK PB UE 2016).

Innym ważnym programem wsparcia rozwoju ekoinnowacji w latach 2007–2013 był Program ramowy na rzecz konkurencyjności i innowacji (Competitiveness and Innovation Framework Programme – CIP), który wspomagał działalność innowacyjną, w tym także wdrażanie innowacji ekologicznych. Co warto podkreślić, promował on odnawialne źródła energii oraz efektywność energetyczną. W nowej perspektywie finansowej UE na lata 2014–2020 został zastąpiony Programem na rzecz konkurencyjności przedsiębiorstw oraz małych i średnich przedsiębiorstw (Programme for the Competitiveness of Enterprises and small and medium-sized enterprises – COSME). Jego głównym celem jest wzmocnienie konkurencyjności i trwałości unijnych przedsiębiorstw, szczególnie małych i średnich (MŚP), oraz krzewienie kultury przedsiębiorczości, wspieranie tworzenia miejsc pracy oraz wzrostu MŚP, a jednym z kierunków działań jest wsparcie transferu innowacji i technologii, w tym także tych środowiskowych.

Małym i średnim przedsiębiorstwom dedykowany jest również program Program **Eurostars-2**, który ma na celu wsparcie MŚP, prowadzących działalność w zakresie badań i rozwoju, poprzez współfinansowanie ich rynkowych projektów badawczych we wszelkich dziedzinach. Przedmiotem dofinansowania mogą być koszty realizacji zadań projektu, wykonywanych przez wnioskodawcę w ramach konsorcjum międzynarodowego, w szczególności badania przemysłowe oraz prace rozwojowe, nie są one zatem objęte wsparciem działania z zakresu wdrożeń technologii ekologicznych.

Komisja Europejska zapewnia ponadto finansowanie projektów i inicjatyw, które wpisują się w ramy polityki ekologicznej Unii Europejskiej.

Jednym z instrumentów finansowych wspierających projekty z dziedziny ochrony środowiska i klimatu jest program **LIFE** z perspektywą finansową 2014–2020, który jest kontynuacją instrumentu finansowego LIFE+ funkcjonującego w latach 2007–2013. Jak czytamy w dokumentach Komisji Europejskiej, jego głównym celem jest wspieranie procesu wdrażania wspólnotowego prawa ochrony środowiska, realizacja unijnej polityki w tym zakresie, a także identyfikacja i promocja nowych rozwiązań dla problemów dotyczących środowiska, w tym przyrody. Składa się on z dwóch podprogramów, tzn. podprogramu działań na rzecz środowiska i podprogramu działań na rzecz klimatu. Ten pierwszy obejmuje trzy obszary priorytetowe: ochrona środowiska i efektywne gospodarowanie zasobami, przyroda i różnorodność biologiczna oraz zarządzanie i informacja w zakresie środowiska. Drugi natomiast dotyczy takich płaszczyzn, jak: łagodzenie skutków zmian klimatu, dostosowanie się do zmian klimatu, zarządzanie i informacja w zakresie klimatu.

Co warto zaznaczyć, ogólna pula środków finansowych na realizację programu LIFE wynosi 3 457 000 000 EUR, z czego 75%, tj. kwotę 2 592 491 250 EUR przeznaczono na podprogram działań na rzecz środowiska. W każdym roku trwania tego programu będzie ogłaszany jeden nabór w celu zgłaszania swoich projektów, które powinny mieć charakter „tradycyjny” bądź to zintegrowany lub pomocy technicznej. Projekty „tradycyjne” obejmują:

- „projekty pilotażowe – w których zostaje zastosowana technika lub metoda nigdzie wcześniej niestosowana lub nietestowana, zapewniająca potencjalne korzyści dla środowiska lub klimatu w porównaniu z istniejącymi najlepszymi praktykami i która może zostać następnie zastosowana w podobnych sytuacjach na szerszą skalę;
- projekty demonstracyjne – polegające na zastosowaniu w praktyce, testowaniu, ocenie i rozpowszechnianiu działań, metod lub podejść, które są nowe lub nieznanne w określonym kontekście projektu, takim jak kontekst geograficzny, ekologiczny, społeczno-ekonomiczny, a które mogłyby być zastosowane w innym miejscu w podobnych okolicznościach;
- projekty dotyczące najlepszych praktyk – stosujące odpowiednie, efektywne pod względem kosztów i nowoczesne techniki, metody i podejścia, biorąc pod uwagę szczególny kontekst projektu;

- projekty informacyjne, dotyczące zwiększenia świadomości i rozpowszechniania informacji – projekty mające na celu wspieranie komunikacji, rozpowszechnianie informacji i zwiększanie poziomu świadomości w zakresie podprogramów działań na rzecz środowiska i klimatu” (KE 2015).

W Polsce wsparcie od strony formalnej w celu pozyskania środków finansowych z programu LIFE świadczy Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, który jest krajowym punktem kontaktowym programu LIFE. Podmioty, które chcą starać się o współfinansowanie swoich inwestycji w ramach programu LIFE, mogą również liczyć na dotacje w zakresie programu priorytetowego „Współfinansowanie Programu LIFE” z NFOŚiGW.

Oprócz wspomnianych powyżej programów unijnych ważnym ogniwem finansującym ekoinnowacyjność są fundusze europejskie. W obecnej perspektywie 2014–2020 jest to przede wszystkim największy spośród wszystkich Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko, w którym kwota dotacji wynosi łącznie 27,41 mld EUR. Zagadnienia dotyczące kwestii środowiskowych wpisane są aż w siedem z dziewięciu obszarów objętych wsparciem z tego programu.

We wcześniejszej perspektywie finansowej z tego funduszu sfinansowano wiele inwestycji z zakresu odnawialnych źródeł energii (np. budowa instalacji do produkcji energii elektrycznej w Odnawialnym Źródle Energii w Stalowej Woli; budowa instalacji do produkcji biopaliw do 20 tys. ton/rok w Świebodzinie, POLMAX SA; budowa Elektrowni Biogazowej Buczek, budowa elektrowni wiatrowej w miejscowości Unikowice w województwie opolskim i wiele innych) czy też zrównoważonej gospodarki odpadami i wodno-ściekowej (np. budowa instalacji do mechaniczno-biologicznego przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych w gminie Bolesław; budowa instalacji do odzysku odpadów biodegradowalnych zlokalizowanej w Poznaniu; budowa oczyszczalni i modernizacja systemu wodno-ściekowego w aglomeracji Wysokie Mazowieckie; Rozbudowa i modernizacja Oczyszczalni Ścieków „WARTA” SA w Częstochowie itp.).

Wsparcie na wdrażanie technologii środowiskowych można uzyskać również z innych funduszy europejskich, czyli Program Operacyjny Inteligentny Rozwój czy też Program Operacyjny Polska Wschodnia.

1. Ekoinnowacje w miastach

1. Zmniejszenie emisyjności gospodarki	<ul style="list-style-type: none">• wytwarzanie energii z odnawialnych źródeł energii (OZE);• poprawa efektywności energetycznej i wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w przedsiębiorstwach, sektorze publicznym i mieszkaniowym;• promowanie strategii niskoemisyjnych;• rozwój i wdrażanie inteligentnych systemów dystrybucji.
2. Ochrona środowiska, w tym adaptacja do zmian klimatu	<ul style="list-style-type: none">• rozwój infrastruktury środowiskowej;• dostosowanie do zmian klimatu;• ochrona i zahamowanie spadku różnorodności biologicznej;• poprawa jakości środowiska miejskiego.
3. Rozwój sieci drogowej TEN-T i transportu multimodalnego	<ul style="list-style-type: none">• rozwój drogowej infrastruktury w sieci TEN-T;• poprawa bezpieczeństwa ruchu drogowego i w ruchu lotniczym;• transport intermodalny, morski i śródlądowy.
4. Infrastruktura drogowa dla miast	<ul style="list-style-type: none">• poprawa dostępności miast i przepustowości infrastruktury drogowej (rozwój infrastruktury drogowej w miastach i tras wylotowych z miast, budowa obwodnic).
5. Rozwój transportu kolejowego w Polsce	<ul style="list-style-type: none">• rozwój kolei w TEN-T, poza siecią i kolei miejskich.
6. Rozwój niskoemisyjnego transportu zbiorowego w miastach	<ul style="list-style-type: none">• infrastruktura i tabor dla publicznego transportu zbiorowego w miastach i na ich obszarach funkcjonalnych.
7. Poprawa bezpieczeństwa energetycznego	<ul style="list-style-type: none">• rozwój inteligentnych systemów dystrybucji, magazynowania i przesyłu gazu ziemnego i energii elektrycznej;• budowa i rozbudowa magazynów gazu ziemnego;• rozbudowa terminala LNG.
8. Ochrona dziedzictwa kulturowego i rozwój zasobów kultury	<ul style="list-style-type: none">• inwestycje w ochronę i rozwój dziedzictwa kulturowego oraz zasobów kultury, np. instytucji kultury, szkół artystycznych.
9. Wzmocnienie strategicznej infrastruktury ochrony zdrowia	<ul style="list-style-type: none">• wsparcie infrastruktury systemu państwowego ratownictwa medycznego;• wsparcie infrastruktury szpitali ponadregionalnych i współpracujących z nimi jednostek diagnostycznych w zakresie chorób „aktywności zawodowej” i opieki nad matką i dzieckiem.

Ryc. 4. Obszary wsparcia i rodzaje projektów możliwych do realizacji w ramach programu Infrastruktura i Środowisko 2014–2020

Źródło: opracowano na podstawie <http://www.pois.gov.pl/strony/o-programie/zasady/co-mozna-zrealizowac/>

Podstawowym instrumentem wsparcia dla technologii środowiskowych w latach 2004–2013 był przyjęty przez Komisję Europejską **Plan działań na rzecz technologii środowiskowych** (Environmental Technologies Action Plan, ETAP). Określał on działania, jakie należy podjąć zarówno na poziomie europejskim, na poziomie krajów członkowskich, jak i lokalnie, aby w jak największym stopniu promować innowacje ekologiczne oraz wdrażać technologie środowiskowe. W Planie sformułowane były trzy główne cele, takie jak: po pierwsze przenoszenie wyników prac badawczych na rynek,

po drugie poprawa warunków na rynku technologii środowiskowych, po trzecie działania globalne skierowane na pobudzanie wdrażania technologii środowiskowych w krajach rozwijających się oraz inwestycji zagranicznych w tym obszarze (KE 2004). Kluczowe aspekty nowego planu działania to: wykorzystanie polityki oraz przepisów w dziedzinie środowiska w celu promowania ekoinnowacji; wspieranie projektów pokazowych oraz współpraca w zakresie wprowadzania na rynek obiecujących, inteligentnych i ambitnych technologii operacyjnych; opracowanie nowych standardów w celu pobudzania ekoinnowacji; mobilizacja instrumentów finansowych i usług wsparcia dla MŚP; propagowanie współpracy międzynarodowej; wspieranie rozwoju nowo powstałych kwalifikacji i miejsc pracy oraz związanych z nimi programów szkoleniowych w celu sprostania potrzebom rynku pracy oraz promowanie ekoinnowacji poprzez europejskie partnerstwa innowacyjne (KE 2011). Konsekwencją niniejszego Planu było wprowadzanie w latach kolejnych krajowych Planów Działań, w tym również w Polsce, czego efektem była Mapa drogowa wdrażania Planu działań na rzecz Technologii Środowiskowych w Polsce (Ministerstwo Środowiska 2006) oraz Program wykonawczy do Krajowego Planu Działań na rzecz Technologii Środowiskowych na lata 2007–2009 z uwzględnieniem perspektywy na lata 2010–2012 (Ministerstwo Środowiska 2007). Naturalną kontynuacją ETAP stał się **Plan działań w zakresie ekoinnowacji** (Eco-Innovation Action Plan, EcoAP). W większym stopniu zaakcentowane są tam działania zmierzające do rozwoju ekoinnowacji w krajach europejskich. Jednocześnie Komisja Europejska wyznaczyła w tym zakresie siedem kluczowych działań:

1. Stosowanie polityki i przepisów w zakresie ochrony środowiska jako jeden z bodźców do promocji ekoinnowacji.
2. Wspieranie projektów pokazowych i partnerstwa w celu wprowadzenia na rynek obiecujących, inteligentnych i ambitnych technologii operacyjnych, które do tej pory były słabo rozpowszechnione.
3. Opracowanie nowych norm przyspieszających rozwój ekoinnowacji.
4. Uruchomienie instrumentów finansowych i usług pomocniczych dla MŚP.
5. Wspieranie współpracy międzynarodowej.
6. Wspieranie rozwoju wschodzących kompetencji i stanowisk oraz związanych z nimi programów szkoleniowych w odpowiedzi na potrzeby rynku pracy.

7. Wspieranie ekoinnowacji poprzez europejskie partnerstwa innowacyjne przewidziane w „Unii Innowacji” (KE 2011a).

Wśród podmiotów wspierających rozwój ekoinnowacji w Polsce należy wymienić Ministerstwo Rozwoju, które zajmuje się wsparciem dla przedsiębiorczości, analizą i oceną polskiej gospodarki, kształtowaniem warunków podejmowania i wykonywania działalności gospodarczej oraz podejmowaniem inicjatyw sprzyjających wzrostowi konkurencyjności i innowacyjności gospodarki polskiej. Ponadto jedynym z zadań Ministerstwa jest również dystrybucja funduszy strukturalnych pozyskanych z budżetu Unii Europejskiej, które stanowią jedno z podstawowych źródeł finansowania inwestycji związanych z ekoinnowacjami. Kolejnymi ministerstwami, które świadczą pomoc we wdrażaniu innowacji ekologicznych są: Ministerstwo Środowiska, Ministerstwo Energii, Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa oraz Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Ważną rolę w zakresie wsparcia projektów innowacyjnych świadczą ponadto urzędy marszałkowskie wszystkich 16 województw.

Równie ważny jest także wspomniany już powyżej Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, który jest odpowiedzialny za wdrażanie działań w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko, a jednym z jego głównych zadań jest efektywne i sprawne wykorzystanie środków z UE przeznaczonych na rozbudowę i modernizację infrastruktury ochrony środowiska w Polsce, w tym także wspieranie rozwiązań innowacyjnych w tym zakresie.

Podmiotem wspierającym bezpośrednio przedsiębiorstwa, które mają na celu wykorzystanie ekoinnowacji, jest Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości (PARP). Jej zadaniem jest efektywne zarządzanie funduszami z budżetu krajowego i europejskiego, przeznaczonymi na wspieranie przedsiębiorczości i innowacyjności oraz rozwój zasobów ludzkich. Misją PARP to kreowanie korzystnych i optymalnych warunków dla zrównoważonego rozwoju gospodarki w Polsce za sprawą wspierania innowacyjności i aktywności międzynarodowej przedsiębiorstw, a także promocja przyjaznych środowisku form produkcji i konsumpcji. Celem działania Agencji jest realizacja programów rozwoju gospodarki wspierających działalność innowacyjną i badawczą MŚP, rozwój regionalny, wzrost eksportu, rozwój zasobów ludzkich oraz wykorzystywanie nowych technologii (Trzeźniewski 2013). W latach 2010–2014 PARP przeprowadziło szereg konkursów, dla przykła-

du w kategorii „Innowacyjny projekt” w 2010 roku pierwsze miejsce zajął projekt pt. Budowa rynku pojazdów elektrycznych, infrastruktury ich ładowania – podstawą bezpieczeństwa energetycznego, którego beneficjentem był klaster Green Stream (koordynator projektu: Agencja Rozwoju Regionalnego MARR SA), natomiast w 2012 roku w kategorii „Innowacyjny projekt nowatorskie rozwiązanie” najlepiej oceniony został projekt pt. Pierwszy w Europie polski autobus elektryczny firmy Solaris, zaś w kategorii „Ekoinnowacyjny projekt” w 2013 roku zwyciężył projekt pt. Innowacyjna produkcja paliw syntetycznych z bioetanolu firmy EKOBENZ Sp. z o.o.

Ponadto wsparcie we wdrażaniu ekoinnowacji w przedsiębiorstwach, jak również w sektorze publicznym świadczy w Polsce i w Europie szereg firm konsultingowych, między innymi Quality Consulting Fryderyk Zalewski, czy też organizacji non-profit, np. Collaborating Centre on Sustainable Consumption and Production (CSCP), która promuje oprócz inicjatyw związanych z ekoinnowacjami także zrównoważone wzorce konsumpcji i produkcji.

Należy przypuszczać, że dzięki dostępnym programom oraz podmiotom oferującym pomoc w implementacji technologii środowiskowych w miastach, w niedalekiej perspektywie nastąpi dynamiczny rozwój ekoinnowacji, który przyczyni się do szerzenia idei inteligentnych miast.

2. Wybrane doświadczenia miast w zakresie wdrażania ekoinnowacji

2.1. Produkcja i wykorzystanie odnawialnych źródeł energii (OZE) jako przejaw ekoinnowacji

W niniejszym podrozdziale zaprezentujemy ogólne tło związane z produkcją i wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii (OZE). Przykłady wykorzystania OZE są bardzo różnorodne (niekiedy zaskakują nas) i zostały omówione w dalszych podrozdziałach (2.2; 2.3; 2.4; 2.5; 2.6 i 2.7). Odnawialne źródła energii od stuleci wykorzystywane były przez człowieka (wiatr, woda). A wykorzystywanie słońca do ogrzewania ciepłarni było już znane w starożytności.

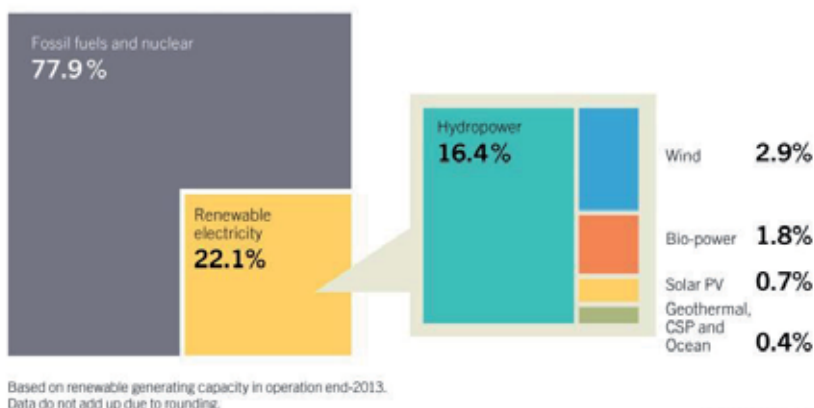
Na naszym globie z jednej strony cały czas wzrasta zapotrzebowanie na energię elektryczną, której z roku na rok zużywamy coraz więcej. Z drugiej natomiast kurczą się zasoby naturalne (paliwa kopalne) naszej planety, z których wytwarza się/produkuje energię i ciepło. Z raportu przygotowanego przez Europe's Energy Portal ropy naftowej starczy nam jeszcze na ok. 35 lat, gazu ziemnego na ok. 55 lat, zaś złoża węgla na ok. 130 lat.

A zatem ogromnym wyzwaniem dla świata jest zmiana w myśleniu i działaniu, tj. przestawienie się na wykorzystanie odnawialnych źródeł energii (OZE) w wytwarzaniu energii elektrycznej, do ogrzewania/chłodzenia wody i powietrza oraz inne. Według raportu sporządzonego przez REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century) z 2016 roku OZE w światowym zużyciu energii stanowiły 19,2% (2014 r.), zaś w światowej produkcji 23,7% (2015 r., a w 2013 r. – 22,1%).

2. Wybrane doświadczenia miast w zakresie wdrażania ekoinnowacji

Najintensywniej wykorzystywanym odnawialnym źródłem energii jest energia grawitacyjna wody. W 2015 roku stanowiła ona 71% energii z odnawialnych źródeł. Kolejne źródła to energia wiatru (15%), biomasa i biopaliwa (6,0%), energia słoneczna (4,6%) oraz energia geotermalna (1,5%) (https://pl.wikipedia.org/wiki/Odnawialne_%C5%BAr%C3%B3d%C5%82a_energii). Zaś w produkcji np. w 2013 roku 74% produkcji energii – hydroenergia; 13% – wiatr, 8% – biomasa i biopaliwa, 3,2% – słoneczna, 1,8% – energia z geotermii i energii oceanu.

Estimated Renewable Energy Share of Global Electricity Production, End-2013



REN21. 2014. *Renewables 2014 Global Status Report* (Paris: REN21 Secretariat).

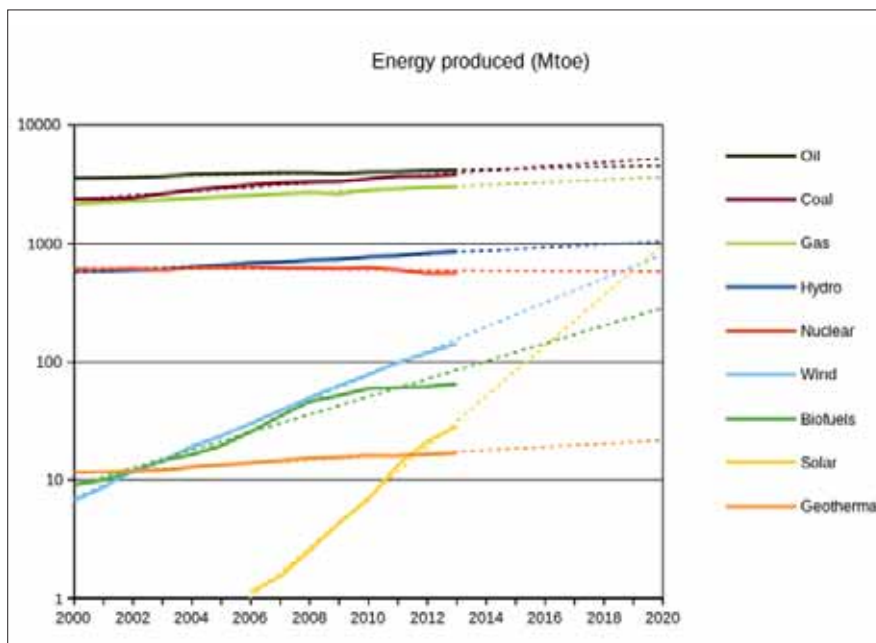


Ryc. 5. Produkcja energii z OZE w 2013 roku

Źródło: http://www.ren21.net/Portals/0/Images/Figures/GSR2014/Figure_3_Electricity_oNr.jpg

Z trendów, jakie do tej pory się obserwuje, wynika, że do 2020 roku energia wiatrowa i słoneczna będą produkowały podobną ilość energii co hydroenergetyka, a udział energii odnawialnej przekroczy 20%. Łączna moc energii pochodzącej z OZE (bez hydroenergii) wynosi 560 gigawat, w tym 432 gigawaty z energii wiatrowej, 139 gigawat z energii słonecznej.

2.1. Produkcja i wykorzystanie odnawialnych źródeł energii (OZE)



Ryc. 6. Wykorzystanie różnych źródeł energii w Mtoe w latach 2000–2013 (przedstawione w skali logarytmicznej) i trendy rozwoju do 2020 roku

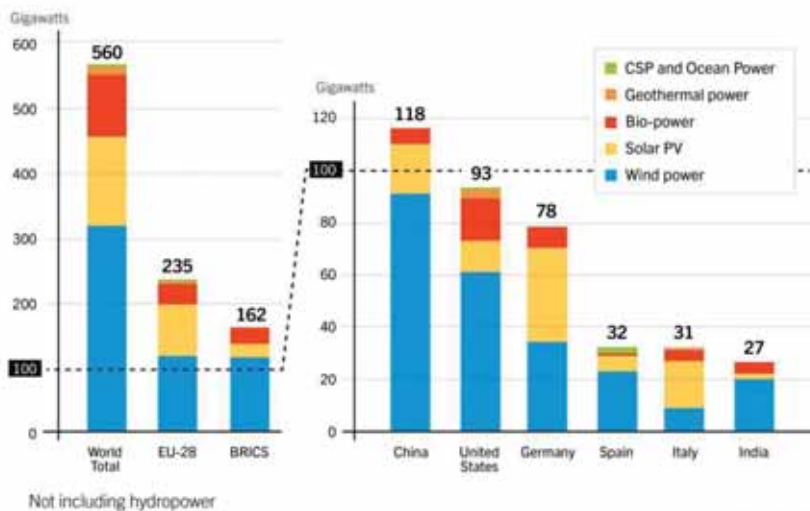
Objaśnienia: od góry – ropa naftowa; węgiel; gaz ziemny; hydroenergetyka; energia jądrowa; energia wiatrowa; biopaliwa; energia słoneczna, energia geotermalna; Ropa naftowa; Hydroenergetyka; Biopaliwa; Węgiel; Energia jądrowa; Energia słoneczna; Gaz ziemny; Energia wiatrowa; Energia geotermiczna

Mtoe: Tona oleju ekwiwalentnego (toe) – jest to energetyczny równoważnik jednej metrycznej tony ropy naftowej o wartości opałowej równej 10 000 kcal/kg. Używa się też jednostki pochodnej Mtoe = 1 000 000 toe. Międzynarodowa Agencja Energetyczna (IEA) i Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD) definiują jeden toe jako równowartość 41,868 GJ lub 11,630 MWh.

Źródło: https://en.wikipedia.org/wiki/Renewable_energy

2. Wybrane doświadczenia miast w zakresie wdrażania ekoinnowacji

Renewable Power Capacities in World, EU-28, BRICS, and Top Six Countries, 2013



REN21. 2014. *Renewables 2014 Global Status Report* (Paris: REN21 Secretariat).

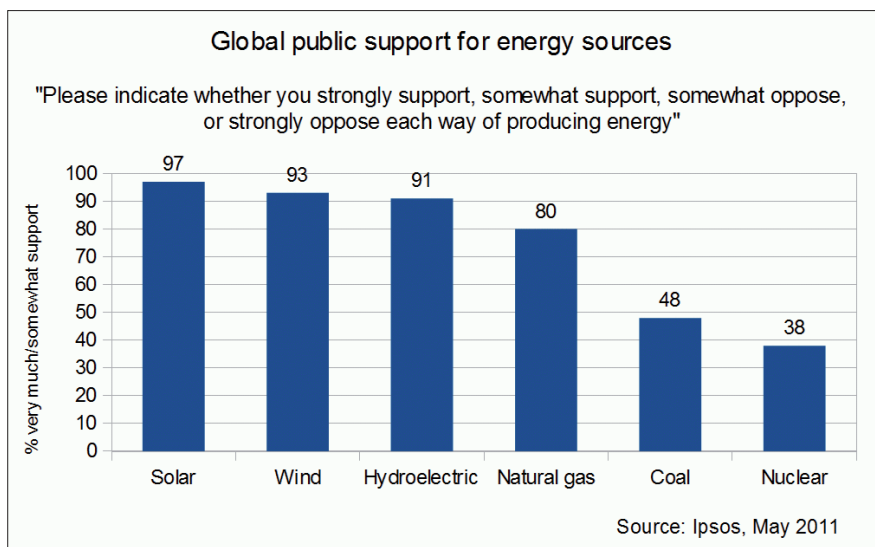


Ryc. 7. Łączna moc energii pochodzącej z OZE (bez hydroelektrowni) w roku 2013
Źródło: http://www.ren21.net/Portals/0/Images/Figures/GSR2014/Figure_4_Power_Capacity

Warto nadmienić, że państwa Unii Europejskiej wytwarzają łącznie 42% światowej energii pochodzącej z OZE (bez hydroenergii), a trzy państwa europejskie (Niemcy – 14%, Hiszpania – 6% i Włochy – 5%) wytwarzają łącznie 25% światowej energii pozyskiwanej z OZE. W skali świata najwięcej wytwarzanej energii z OZE mają Chiny i USA oraz wspomniane Niemcy.

Na obecnym etapie rozwoju już w ponad 30 krajach świata 20% dostaw energii pochodzi z OZE. Krajowe rynki energii odnawialnej bardzo silnie rosną. Na przykład rząd Danii uchwalił, by podaż energii w 2050 roku w 100% pochodziła z OZE. Wiele krajów świata stawia sobie za cel, by w przyszłości całość energii w ich krajach pochodziła z OZE. Takie są ambicje, ale czy je osiągniemy zależy tylko od nas oraz od finansów i przyzwolenia społeczności lokalnych. A jak wykazują badania przeprowadzone przez Ipsos Global @dvisor (www.ipsosglobaladvisor.com/), w 2011 roku takie wsparcie publiczne jest ogromne.

2.1. Produkcja i wykorzystanie odnawialnych źródeł energii (OZE)

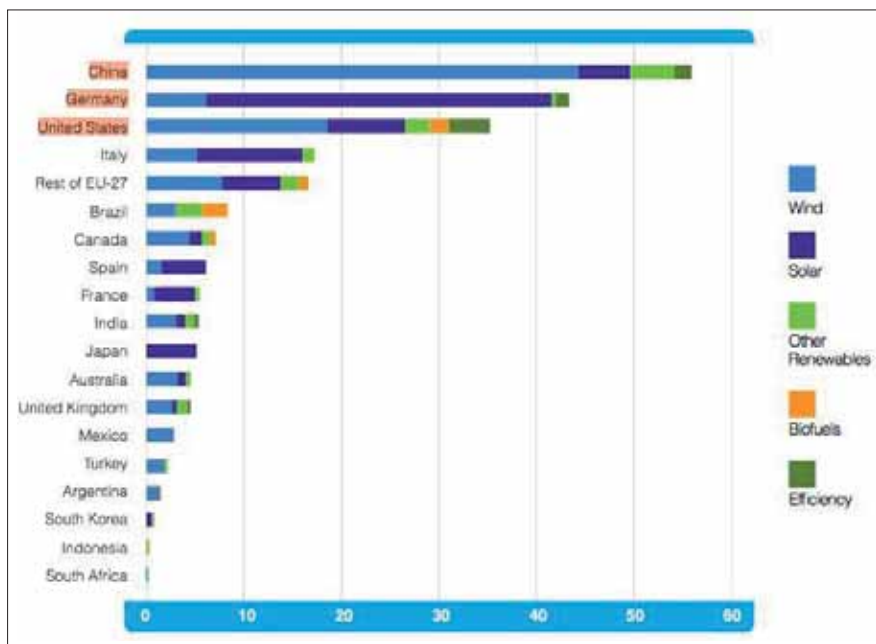


Ryc. 8. Globalna akceptacja publiczna dla różnych źródeł energii na podstawie sondażu Ipsos Global @dvisor z 2011 roku

Źródło: www.ipsosglobaladvisor.com

Światowe inwestycje w technologie odnawialnych źródeł energii wyniosły w 2015 roku ponad 286 miliardów dolarów USA. W Chinach (inwestycje w OZE ogółem – 55 mld \$) i Stanach Zjednoczonych (ogółem 36 mld \$) w dużym stopniu inwestuje się w energię wiatru, a w Niemczech najwięcej w inwestycje związane z energią słoneczną. Generalnie inwestycje w pozyskiwanie energii z energii słonecznej są najdynamiczniej rozwijającym się sektorem. Wsparcie rządowe – finansowe i prawne sprawia, że w najbliższej przyszłości możemy oczekiwać, że wiele innych krajów (zwłaszcza dużych) zacznie wykorzystywać do produkcji energii energię słoneczną. Możliwości są bardzo duże. Na przykład Chiny dzięki pomocy rządowej już obecnie mają największy kapitał produkcyjny dla paneli fotowoltaicznych i jest tylko kwestią czasu, by rynek chiński dynamicznie się rozwijał.

2. Wybrane doświadczenia miast w zakresie wdrażania ekoinnowacji



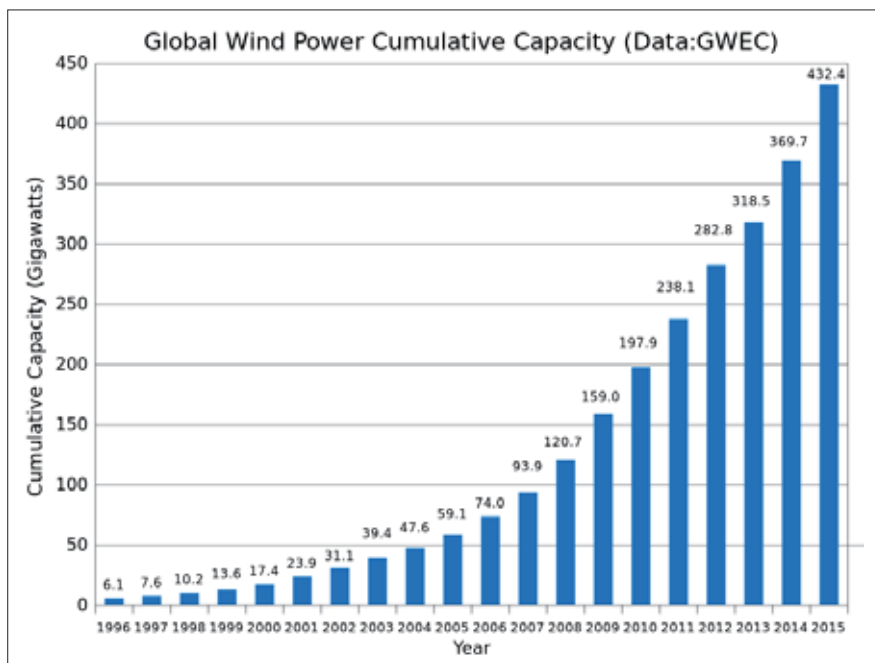
Ryc. 9. Struktura inwestycji w odnawialne źródła energii w wybranych krajach świata w miliardach dolarów USA

Źródło: <http://www.solarchoice.net.au/blog/solar-power-in-the-united-states-state-of-play/>

Jak już wspomniano, najdynamiczniejszym sektorem w zakresie OZE jest powiększający się z roku na rok sektor związany z energią wiatru oraz energią słoneczną. W latach 1996–2015 zaobserwowano wzrost wytwarzania energii z wiatru z 6,1 gigawat w 1996 do 432 gigawat w 2015 roku, a zatem nastąpił tu 72-krotny wzrost, tak samo przybywa mocy pochodzącej z energii słonecznej, w latach 2004–2013 nastąpił 38-krotny jej wzrost z 3,7 gigawat w 2004 roku do 139 gigawat w 2013 roku.

Z raportu Worldwind (WWEA) za pierwsze półrocze 2016 roku wynika, że łączna zainstalowana moc elektrowni wiatrowych osiągnęła 456 GW i oczekuje się, że pod koniec 2016 roku (przy zachowaniu obecnych tendencji) moc ta wzrośnie do 500 GW. Wszystkie turbiny wiatrowe zainstalowane na całym świecie w połowie 2016 roku wygenerowały około 4,7% światowego zapotrzebowania na energię elektryczną (<http://www.wwindea.org/wwea-half-year-report-worldwind-wind-capacity-reached-456-gw/>).

2.1. Produkcja i wykorzystanie odnawialnych źródeł energii (OZE)

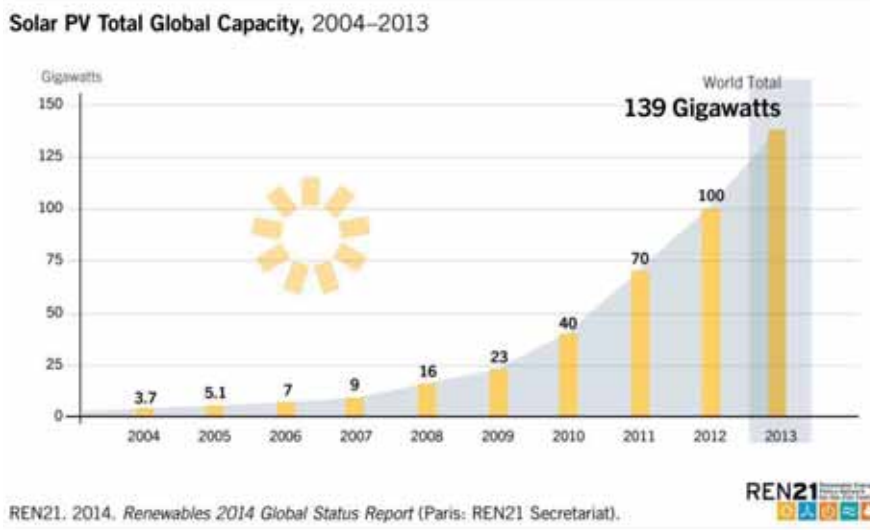


Ryc. 10. Moc energii w GW pochodzącej z energii wiatru w latach 1996–2015

Źródło: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Global_Wind_Power_Cumulative_Capacity.svg za GWEC Global Wind Statistics 2014 oraz http://www.ren21.net/Portals/0/Images/Figures/GSR2014/Figure_19_Wind_Capacity_2

Bardzo szybko rozwija się sektor OZE związany z energią słoneczną. Pierwsze na świecie elektrownie słoneczne miały małą moc i powstały w USA w 1982 roku; Lugo o mocy 1 MW i w 1985 roku w Carrisa Plain o mocy 5,6 MW. Osiem lat później podobną elektrownię słoneczną, największą wtedy w Europie – zbudowali Niemcy, w Hemu (2003), o mocy 4,0 MW. Natomiast pierwsza i największa w Azji, o mocy 24 MW, powstała w 2008 roku w Sinan, w Korei Południowej. W 2010 roku uruchomiono pierwszą elektrownię słoneczną o mocy 11 MW w Reunion, w Afryce. W 2013 roku ogólna moc elektrowni solarnych wynosiła 139 gigawat.

2. Wybrane doświadczenia miast w zakresie wdrażania ekoinnowacji



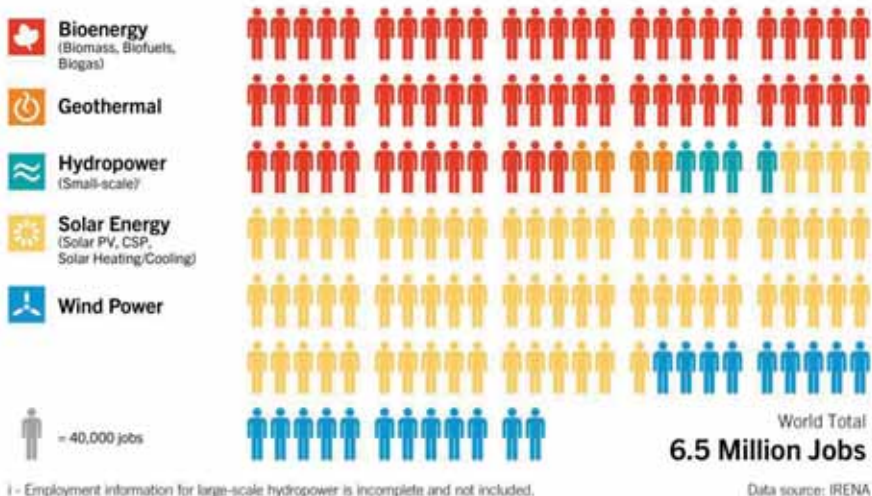
Ryc. 11. Moc energii pochodzącej z energii słońca w latach 2004–2013

Źródło: http://www.ren21.net/Portals/0/Images/Figures/GSR2014/Figure_12_Solar_Capacity_2014_oNr.jpg

Bardzo szybko wzrasta zatrudnienie w szeroko pojmowanym sektorze OZE. Pod koniec 2013 roku wynosiło ono około 6,5 mln osób (nie uwzględniono tu ze względu na niekompletność danych zatrudnienia w wielkich hydroelektrowniach), zaś w 2015 roku 7,7 mln osób.

Najwięcej zatrudnionych w sektorze OZE jest w Chinach (2,6 mln osób) oraz Brazylii (0,894 mln osób) i USA (0,625 mln osób). Łącznie w tych trzech państwach zatrudnionych jest 64% światowego zatrudnienia w OZE. Z państw europejskich największe zatrudnienie w działalnościach związanych z OZE, bo liczące 371 tysięcy osób, jest w Niemczech i Hiszpanii (114 tysięcy osób).

Jobs in Renewable Energy



REN21, 2014, *Renewables 2014 Global Status Report* (Paris: REN21 Secretariat).



Ryc. 12. Zatrudnienie w sektorze OZE w 2013 roku

Źródło: http://www.ren21.net/Portals/0/Images/Figures/GSR2014/Figure_22_Jobs_2014_oNr.jpg

	World	China	Brazil	United States	India	Bangladesh	European Union*		
							Germany	Spain	Rest of EU
Thousand Jobs									
✚ Biomass ^{a,b}	782	240		152 ^a	58		52	44	210
✚ Biofuels	1,453	24	820 ^c	236 ^c	35		26	3	82
✚ Biogas	264	90			85	9.2	49	0.5	19
🔥 Geothermal ^a	184			35			17	1.4	82
🌊 Hydropower (Small) ^c	156		12	8	12	4.7	13	1.5	18
☀️ Solar PV	2,273	1,580 ^a			112	100 ^a	56	11	153
☀️ CSP	43			143 ^c			1	28	0
☀️ Solar Heating / Cooling	503	350	30 ^a		41		11	1	31
🌬️ Wind Power	834	356	32	51	48	0.1	138	24	166
Total	6,492^d	2,640	894	625	391	114	371^e	114	760

Ryc. 13. Zatrudnienie w sektorze OZE wg wybranych krajów w 2013 roku

Źródło: http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2014/GSR2014_fullreport_pdf

Przykładów wykorzystania OZE w miastach jest bardzo dużo, opisane są one zarówno w literaturze naukowej, jak i na stronach internetowych poszczególnych miast i wsi. By nie powielać tego, co już kiedyś zaprezentowano oraz omówiono, w dalszych rozdziałach niniejszej książki, w których pokazano liczne przykłady wykorzystania OZE (w transporcie miejskim, budownictwie, wyposażeniu dróg i ulic, w zakresie urządzeń minimalizujących zanieczyszczenia) ograniczymy się tu jedynie do wskazania kilku najbardziej spektakularnych ogromnych elektrowni słonecznych (czy przyjaznych w swej skali wszystkim organizmom żyjącym na naszej planecie, nie wiemy, czas pokaże) oraz kilku prostych (jednocześnie bardzo innowacyjnych) rozwiązań i wdrożeń w zakresie wykorzystania energii słonecznej.

Rozwój OZE, zwłaszcza w państwach pozbawionych paliw kopalnianych lub w państwach mniej zamożnych, jak twierdzą specjaliści, będzie oparty na energii słonecznej. Już teraz w wielu niedostępnych i pozbawionych prądu ubogich wsiach i miastach (w krajach afrykańskich, ubogich krajach azjatyckich i Ameryki Południowej) wykorzystuje się panele słoneczne do pozyskiwania energii elektrycznej w celu poprawy jakości życia mieszkańców. Z jednej strony w krajach bogatych powstają ogromne farmy wiatrowe, elektrownie słoneczne, z drugiej w krajach słabo rozwiniętych i rozwijających się powstają małe solarne „elektrownie” i generatory energii utworzone z jednego–dwóch paneli solarnych. Słońce jest najpotężniejszym naturalnym źródłem energii, zaś technologie gromadzenia i przetwarzania tej energii do powszechnego użytkowania przez Ziemię są stosunkowo proste i nieskomplikowane, i dlatego to one potrafią zmienić życie na lepsze wielu mieszkańców naszego globu – wraz z zapalającą się żarówką zapalić ich prawdziwe „Życie”.

Największą elektrownią słoneczną na świecie jest elektrownia słoneczna w Ivanpah w Kalifornii. Oddano ją do użytkowania i komercyjnej produkcji energii w lutym 2014 roku. Elektrownia Ivanpah składa się z trzech jednostek generujących energię. Posadowiona jest na powierzchni 13 kilometrów kwadratowych, ma 350 000 sterowanych komputerowo luster. Przyjmują one i kierują promienie słoneczne w stronę bojlerów umieszczonych na trzech wielkich 140-metrowych wieżach, gdzie podgrzewana w bojlerach woda zamienia się w parę i napędza turbiny siłowni. Zdaniem ekologów tak rozległa obszarowo struktura energetyczna, jak Ivanpah negatywnie wpłynie na miejscową florę i faunę. Elektrownię słoneczną zbudowano w odle-

głości 72 kilometrów na południowy zachód od Las Vegas. W jej okolicy żyją m.in. kojoty i żółwie. Są uzasadnione obawy, że te zwierzęta, jak i wiele innych za jakiś czas mogą wyginąć (http://www.wiadomosci24.pl/artykul/najwieksza_elektrownia_sloneczna_na_swiecie_rozpoczela_prace_295925.html). Należy zatem zawsze pamiętać, że musimy działać ekologicznie, i czy zasadne jest stawianie tak gigantycznych konstrukcji. Czas pokaże. Jednak już teraz wiemy, że całość urządzeń generuje prawie 400 megawatów energii, co na co dzień wystarczy do zasilania 140 000 gospodarstw domowych i pozwala zredukować 400 000 metrów sześciennych dwutlenku węgla rocznie, co równa się „usunięciu” z dróg 72 000 samochodów (za Ivanpah Solar Electric Generating System).



Ryc. 14. Fragment elektrowni słonecznej w Ivanpah w Kalifornii (USA).

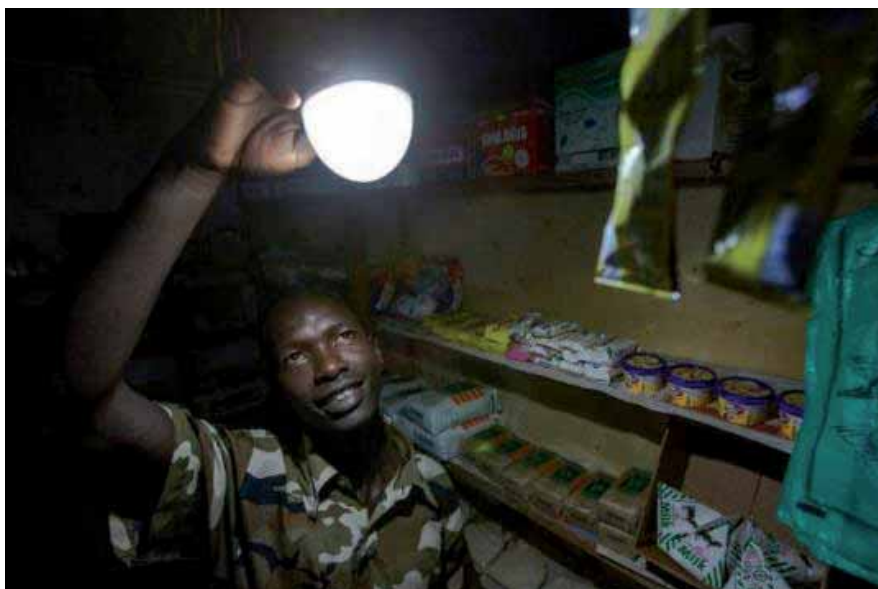
Źródło: <http://p1.pej.cz/p1.pej.cz/3aa224aea0ffe4498ee0926940bb673.jpg>

Jednym z najbardziej idealnych obszarów do rozwijania energetyki słonecznej jest Afryka, gdyż sieć tradycyjna jest słaba, a słońca jest pod dostatkiem. W Afryce powoli zaczynają powstawać całe farmy słoneczne, które zaopatrują lokalne społeczności. Niestabilna sytuacja w wielu krajach afrykańskich sprawia, że często budowa farm słonecznych jest niemożliwa. Ale tam, gdzie jest taka możliwość, pojawiają się inwestorzy ze świata oraz organizacje humanitarne, pracując razem na rzecz Afrykańczyków.

W 2015 r. powstała największa na kontynencie afrykańskim (i trzecia na świecie) elektrownia solarna w Ghanie. Ghana chce do 2020 roku zwiększyć udział energii odnawialnej z 1 do 10 procent (mimo że ropy ma pod dostatkiem). Ghanę można uznać za pioniera, bo w Afryce Subsaharyjskiej duże elektrownie słoneczne wciąż są mało popularne (R. Stefanicki – <http://wyborcza.pl/1,76842,13200460>). Większość projektów jest realizowana przez organizacje pozarządowe, stowarzyszenia oraz organizacje humanitarne (w tym również PAH) i ma bardzo ograniczony zasięg, ale trafia do miejsc, które nie mają szans na podłączenie do sieci energetycznej.

Pojawiają się też możliwości dla zwykłych mieszkańców w Tanzanii, Ugandzie czy Kenii, coraz łatwiej jest kupić zestawy do oświetlenia chat. Zestaw, który podbija afrykańskie kraje, składa się z małego panelu słonecznego, żarówek ledowych, baterii i telefonu. Mieszkańcy Kenii, Tanzanii i Ugandy mogą i kupują domowe zestawy solarne, dzięki którym dokonuje się prawdziwa rewolucja energetyczna (<http://odnawialnezrodlaenergii.pl/energia-sloneczna-aktualnosci/item/1955-male-systemy-pv-i-led-oswietladomy-w-afrykanskich-wioskach>). Taki zestaw solarny wystarcza do oświetlenia niewielkiego domu. Afrykańczycy „wynajmują” urządzenie na rok i jeśli przez rok dokonują regularnych wpłat za użytkowanie, to urządzenie po roku staje się ich własnością i otrzymują prawie darmowe źródło energii. Jest ono w utrzymaniu dwukrotnie tańsze niż lampy na naftę, którymi wciąż często oświetlane są domy w Afryce.

Innym rozwiązaniem, by oświetlić domostwo, jest konstrukcja lampy z plastikowej butelki wetkniętej w dziurę na dachu. Wystarczy plastikową butelkę wypełnić czystą wodą i wybielaczem. Wybielacz sprawia, że woda jest przejrzysta przez dłuższy czas. W dzień woda załamuje promienie słoneczne w taki sposób, że butelka zmienia się w żarówkę o mocy 55 wat (film instruktażowy, jak zrobić taką żarówkę – <http://www.thewaterchannel.tv/media-gallery/2084-a-liter-of-light>).



Ryc. 15. Żarówka ledowa zasilana energią solarną (fot. M. Kopa – <http://odnawialneźródłaenergii.pl/energia-słoneczna-aktualności/item/1955-male-systemy-pv-i-led-oswiećta-domy-w-afrykańskich-wioskach>)



Ryc. 16. Żarówka – litr światła (z filmu <http://www.thewaterchannel.tv/media-gallery/2084-a-liter-of-light>)



Ryc. 17. Solar Bottle Bulb – Słoneczna żarówka – jak jedna butelka może zmienić świat na lepsze

Na całym świecie inicjatywa ta jest znana jako Liter of Light. (Projekt żarówki został opracowany przez dwóch studentów z Massachusetts Institute of Technology – MIT). Pomysł świecącej „butelki żarówki” jest bardzo prosty i ekologiczny, ponadto łatwo go powielać i wdrażać, przez co życie społeczności lokalnych staje się łatwiejsze i przyjemniejsze. Pomysł bardzo szybko zaczął rozprzestrzeniać się w różnych krajach świata, np. w Kolumbii i Argentynie, Egipcie, Kenii, Indiach, na Filipinach i wielu innych. Szacuje się, że do 2017 roku na całym świecie może zostać zainstalowanych ponad milion tego typu żarówek (więcej na <http://isanglitrongliwanag.org/>).

Innym wykorzystaniem energii słonecznej, zwłaszcza w obszarach slumsów miejskich, jest jej użycie/wykorzystanie w celach zarobkowych. Na przykład mobilny fryzjer w Pretorii (RPA) od lat wykorzystuje panele słoneczne do produkcji energii do golarki.



1706886. MUST CREDIT PHOTOS BY: Gallo Images / Rex Features
© 2012
Solar panels power roadside border business, Pretoria, South Africa. 03 Jul 2012 Three-year-old Ruan Snyandiso sits on his mother Pileki's lap while Prosper Snyandiso has hair at the Woodrose informal settlement. The hair salon makes use of solar panels which are connected to a car battery, in turn connected to electric razors. This informal business, owned by Graham Snyandiso, is possibly Pretoria's first 'green' hair salon.

Ryc. 18. Rodzinny biznes w Pretorii (fot. Gallo Images / Rex Features Gallo Images / Rex Features)



Źródło: <http://practicalaction.org/solar-power>

Energia słoneczna zgromadzona w ciągu dnia na panelach słonecznych i przekształcona w energię użytkową zasila w prąd mieszkania, fabryki i inne budowle, ale także uliczne i przydrożne latarnie słoneczne, może ładować akumulatory, które służą do uruchamiania komputerów, telewizorów, lodówek i innych urządzeń.

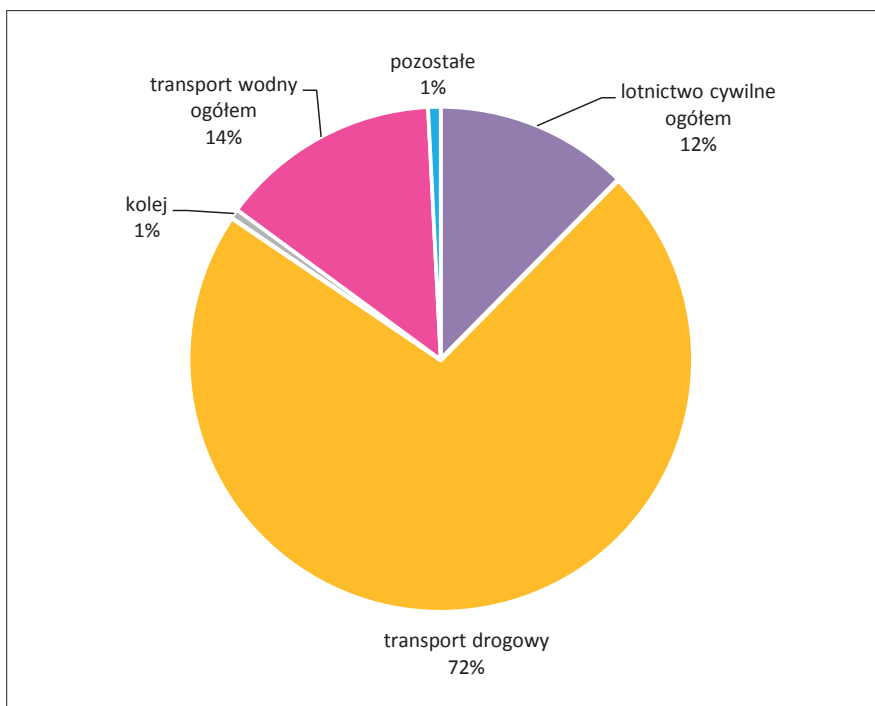
Na zakończenie należy podkreślić, że nadal w drugiej dekadzie XXI wieku ponad 1 mld ludzi na świecie nie ma dostępu do energii elektrycznej, cały czas żyje w „ciemnościach”, z czego połowa zamieszkuje Afrykę. Prąd daje możliwości rozwoju społecznego i gospodarczego. Sprawia, że mieszkańcy mogą korzystać z wielu udogodnień technicznych i usług. Generalnie dostęp do energii elektrycznej podnosi warunki i jakość życia. Dlatego tak istotna jest produkcja energii z odnawialnych źródeł, są one praktycznie wokół nas (biomasa, odpady, słońce, wiatr, woda) wystarczy pomyśleć, by je wdrożyć do produkcji energii.

2.2. Ekoinnowacje w transporcie miejskim

Transport w mieście nie bez powodu traktowany jest jako poważny problem współczesnych aglomeracji. Generuje znaczną część zanieczyszczeń powietrza (tlenku węgla, azotu, dwutlenku węgla), odpowiada za większość emitowanego hałasu, zawłaszcza przestrzeń publiczną, obniża komfort i poziom bezpieczeństwa życia w mieście. Mankamentem większości dużych miast stają się korki, brak miejsc parkingowych, zatłoczona komunikacja miejska. Problemy te pogłębia także styl życia mieszkańców odczuwających coraz większą potrzebę szybkiego i wygodnego przemieszczania się do różnych, często oddalonych od siebie miejsc, nawet kilka razy dziennie, którą najprościej zaspokoić, korzystając z transportu indywidualnego (<http://edroga.pl/mobilnosc/potrzebne-rozsadne-granice-rozwoju-miast-190512710>). W efekcie w miastach liczba samochodów stale rośnie (przynajmniej jeden, a często dwa w rodzinie), powodując odczuwane utrudnienia w ruchu i generując szereg negatywnych zmian w środowisku naturalnym i przestrzeni miasta. Dodatkowo prognozy demograficzne wskazują, że stałemu wzrostowi populacji świata będzie towarzyszyć zwiększanie udziału ludności mieszkającej w miastach (wg UNICEF w 2050 roku sięgnie on 70%) i strefach podmiejskich. Trudno przy tym jednak pomijać fakt, że transport jest

2.2. Ekoinnowacje w transporcie miejskim

nieodłączną częścią cywilizacji stworzonej przez człowieka, niezbędnym elementem funkcjonowania obszarów zurbanizowanych, który działa integrująco na różnych poziomach systemu osadniczego.



Ryc. 19. Emisja gazów cieplarnianych w UE w podziale na środki transportu w 2010 roku

Źródło: Komisja Europejska.

Wizja przyszłego rozwoju transportu w miastach nie jest jednoznacznie ukształtowana, bo postęp technologiczny, lepsza znajomość otaczających nas procesów, ciągle zmiany w przestrzeni otwierają możliwości nadawania mu nowego kształtu, zgodnego z zasadami zrównoważonego rozwoju, wymuszają poszukiwanie właściwych trajektorii rozwojowych. Stale też ścierają się różne poglądy – od pragmatycznych po bardziej radykalne, należy jednak odnotować fakt, że świadomość mieszkańców miast dotycząca zagrożeń dla ekosystemów miejskich wynikających z niekontrolowanego rozwoju transportu, zwłaszcza indywidualnego, jest coraz wyższa.

Znajduje to swoje odzwierciedlenie w dokumentach strategicznych formułowanych przez kraje Unii Europejskiej, w których od lat za cel podstawowy stawiana jest kwestia znacznej redukcji liczby samochodów o napędzie konwencjonalnym w transporcie miejskim, przyszła eliminacja ich z miast, czy osiągnięcie prawie zerowej liczby ofiar śmiertelnych w transporcie drogowym.

Jednym z pierwszych dokumentów Komisji Europejskiej, w którym zajęto się m.in. poszukiwaniem sposobów na ograniczenie negatywnego wpływu transportu na życie mieszkańców miast, była *Zielona Księga na temat środowiska miejskiego* z 1990 roku. W dokumencie tym postulowano powrót do formuły miasta wielofunkcyjnego, zwartego w swej formie, co może „ograniczyć skalę mobilności, w tym przede wszystkim ruchu samochodowego jako bezalternatywnej formy przemieszczania się” (*Strategia rozwoju transportu...*, 2015). Znalazły się tu również zalecenia ograniczania stosowania pojazdów spalinowych, które powinny zastąpić samochody wyposażone w silniki o mniejszym wpływie na środowisko, zwłaszcza elektryczne. Za znaczące rozwiązanie uznano „zmianę struktury wykorzystania poszczególnych środków transportu na rzecz publicznego zamiast indywidualnego, co pociągnie za sobą zmniejszenie poziomu ruchu zmotoryzowanego i jego wpływu na centralne obszary miast” (*Strategia rozwoju transportu...*, 2015).

W dokumencie tym czytamy też, że:

„Istotną rolę przypisuje się transportowi publicznemu, który powinien uzyskać należne miejsce w skoordynowanym planowaniu funkcjonalno-transportowym. Jego modernizacja, nieraz bardzo kosztowna, jest jednak jedyną drogą do tego, by stał się on rzeczywistą alternatywą dla samochodu. Nie należy zapominać o powiązaniu go z systemem P+R oraz zintegrowaniu z pozostałymi elementami zewnętrznej i wewnętrznej sieci transportowej”. (*Strategia rozwoju transportu...*, 2015)

Lista proponowanych rozwiązań z czasem była poszerzana o kolejne, które warto wymienić jako uniwersalne i stale aktualne:

- dobra organizacja ruchu powinna obejmować korzystanie z najnowszych osiągnięć techniki, poprzez włączanie elementów telematiki i budowę systemów informacji, które poprawią efektywność rozwiązań transportowych i zwiększą poziom bezpieczeństwa;

- należy prowadzić politykę zniechęcania użytkowników samochodów osobowych o napędzie spalinowym działającą poprzez:
 - „stosowanie środków uspokojenia ruchu, zwykle powiązanych ze zwężaniem jezdni i przejmowaniem znacznej powierzchni ulic dla aktywności pieszej” (*Zielona Księga*, 1992);
 - wprowadzanie restrykcyjnej polityki parkingowej;
 - wprowadzanie stref płatnego wjazdu;
- stworzenie alternatywy dla środków transportu indywidualnego stanowiącego zagrożenie dla środowiska poprzez:
 - tworzenie transportu zintegrowanego, dającego możliwość wygodnego łączenia różnych środków transportu, co określane jest jako tzw. multimodalność; formułę tę rozszerzono i zdefiniowano w *Zielonej Księdze. Sieć obywateli* (1996) pod postacią specjalnej polityki określonej jako „push-pull” („wciągania” do miast form transportu publicznego, a „wypychania” samochodów);

„Do form integracji zaliczono, prócz węzłów przesiadkowych, wspólne taryfy i wspólny bilet, interoperacyjność (możliwość wykorzystywania korytarzy przez różnych przewoźników), koordynację rozkładów jazdy i polepszenie systemu informacji. Wśród zaleceń pojawia się też kluczowy wątek nadania priorytetu pojazdom transportu zbiorowego w ruchu ulicznym, możliwy do osiągnięcia na wiele sposobów. Do miast przede wszystkim odnosi się też postulat tworzenia wygodniejszych węzłów przesiadkowych, zawarty w „Białej Księdze” z 2011 r., będącej wizją pożądanego systemu transportowego Europy” (*Strategia rozwoju transportu...*, 2015).

- popularyzacja tzw. miękkiego transportu i innych form przemieszczania się zastępujących samochód osobowy. Zgodnie z założeniem: „należy podjąć działania mające na celu uatrakcyjnienie i uczynienie bardziej bezpiecznymi alternatywnych, w stosunku do prywatnego samochodu, sposobów poruszania się, takich jak chodzenie pieszo, jazda na rowerze, transport zbiorowy lub jazda na motocyklach i skuterach” (*Zielona Księga*, 2007) w imię wykreowania „nowej kultury mobilności” w miastach. Ma to w efekcie wpłynąć na:
 - płynne poruszanie się w miastach;
 - poprawę stanu środowiska naturalnego;
 - spopularyzowanie inteligentnych rozwiązań w transporcie miejskim, które usprawnią jego funkcjonowanie;

2. Wybrane doświadczenia miast w zakresie wdrażania ekoinnowacji

- zwiększenie dostępności transportu miejskiego;
 - kreowanie bezpiecznego i niezawodnego transportu miejskiego.
- ograniczenia w zakresie stosowania jako napędu silników spalinyowych paliw odpowiedzialnych za destrukcję środowiska miejskiego i wprowadzenie w ich miejsce gazu ziemnego, biopaliw, oleju bezsiarkowego, a w odleglejszej perspektywie paliwa wodorowego oraz napędu hybrydowego;
- rozbudowa, modernizacja i uprzywilejowanie transportu publicznego, dostosowanie do potrzeb zmieniającej się struktury przestrzennej miast i wzorca dziennego obciążenia;
- wprowadzanie tramwajów i metra, które okazują się zazwyczaj bardzo skutecznym magnesem przyciągającym pasażerów, który pozwoli powstrzymać dotychczasowe trendy rozbudowy sieci drogowej;
- urządzenie infrastruktury rowerowej, a nawet motocyklowej;
- tani transport miejski, z opcją współfinansowania abonamentów przez sektor prywatny;
- promocja metody „carsharing” w dojazdach codziennych;
- transport zbiorowy w miastach i aglomeracjach przy obsłudze dojazdów do pracy.

Zakres aktualnie podejmowanych działań został kompleksowo opisany w Komunikatach Komisji UE – *Plan działań na rzecz mobilności miejskiej* – z 2009 r. oraz *Wspólne dążenie do osiągnięcia konkurencyjnej i zasobooszczędnej mobilności w miastach* – z 2013 r.

Wdrażanie nowoczesnych rozwiązań w zakresie transportu, mających na celu dbałość o stan środowiska naturalnego w mieście, przekłada się nie tylko na ograniczanie nadmiernej emisji spalin czy hałasu emitowanego przez środki transportu. Celem jest także działanie na rzecz usprawnienia ruchu w mieście, poprawy bezpieczeństwa, czy w konsekwencji podniesienia jakości życia mieszkańców. Aby było to możliwe, potrzebne są rozwiązania systemowe, składające się z szeregu przemyślanych i skoordynowanych działań na różnych płaszczyznach. Część z nich opiera się na wdrażaniu technologicznych innowacji, uwzględniających często najnowsze trendy w inżynierii czy osiągnięcia z zakresu komunikacji. Inne mają charakter organizacyjny, ich istotą są usprawnienia oparte na dobrych pomysłach. Największą skuteczność można jednak osiągnąć, integrując je i wprowadzając w życie spójne koncepcje.

Tabela. 1. Strategia Rozwoju Transportu do roku 2020 a polityka transportowa Unii Europejskiej

Temat	Działanie
Wspieranie zintegrowanej polityki	<ol style="list-style-type: none"> 1. Szybsze wprowadzanie planów dotyczących mobilności w miastach zgodnej z zasadami zrównoważonego rozwoju 2. Mobilność w miastach zgodna z zasadami zrównoważonego rozwoju a polityka regionalna 3. Transport sprzyjający zdrowemu środowisku miejskiemu
Uwzględnienie dobra obywateli	<ol style="list-style-type: none"> 4. Platforma do spraw praw pasażerów w miejskim transporcie publicznym 5. Poprawa dostępności transportu dla osób z ograniczeniami ruchowymi 6. Usprawnienie informacji o transporcie 7. Dostęp do zielonych stref 8. Kampania na temat zachowań sprzyjających mobilności zgodnej z zasadami zrównoważonego rozwoju 9. Energooszczędne prowadzenie pojazdów jako element szkolenia kierowców
Bardziej ekologiczny transport miejski	<ol style="list-style-type: none"> 10. Projekty badawcze i demonstracyjne dotyczące pojazdów niskoemisyjnych lub bezemisyjnych 11. Internetowy przewodnik na temat pojazdów ekologicznie czystych i energooszczędnych 12. Badanie na temat miejskich aspektów internalizacji kosztów zewnętrznych 13. Wymiana informacji na temat miejskich systemów ustalania opłat
Wzmocnienie finansowania	<ol style="list-style-type: none"> 14. Optymalizacja istniejących źródeł finansowania 15. Analiza potrzeb w zakresie przyszłego finansowania
Dzielenie się doświadczeniem i wiedzą	<ol style="list-style-type: none"> 16. Poprawa jakości danych i statystyk 17. Powołanie centrum monitorowania mobilności 18. Udział w międzynarodowym dialogu i wymianie informacji
Optymalizacja mobilności w miastach	<ol style="list-style-type: none"> 19. Transport towarowy w miastach 20. Inteligentne systemy transportu (ITS) służące mobilności w miastach

Źródło: Plan działań na rzecz mobilności miejskiej, KOM (2009) 490 final; Wspólne dążenie do osiągnięcia konkurencyjnej i zasobooszczędnej mobilności w miastach, KOM(2013) 913 final.

Jedną z nich są Inteligentne Systemy Transportowe – ITS, stosowane z powodzeniem w dużych europejskich miastach, takich jak Londyn czy Wiedeń (Szymańska, 2016). W Polsce w ciągu kilku najbliższych lat takie systemy będą funkcjonować w kilkudziesięciu miastach. Ich podstawowym celem działania jest podniesienie sprawności istniejącej infrastruktury transportowej bez konieczności jej dalszej rozbudowy. Na ITS składają się cztery zagadnienia: system informacji dla podróżujących, inteligentne pojazdy, inteligentna infrastruktura transportu oraz centra sterowania i zarządzania ruchem (Oskarbski, Jamroz, Litwin, 2006).

Funkcje realizowane przez ITS mogą być różne w zależności od uwarunkowań lokalnych, a w przypadku systemów metropolitalnych od struktur organizacyjnych w poszczególnych obszarach aglomeracji (Oskarbski, Jamroz, Litwin, 2006), generalnie jednak kojarzone są z rozwiązaniami mającymi za zadanie reagować na aktualne natężenie ruchu, porę roku, dnia, warunki atmosferyczne i inne okoliczności. Reakcją na zmieniającą się na drodze sytuację może być inteligentne sterowanie systemem sygnalizacji świetlnej, który reguluje ruch pojazdów w miastach, zwiększając płynność transportu. W skład systemów ITS wchodzi również monitoring bezpieczeństwa na drogach, regulacja oświetlenia drogowego czy zarządzanie płatnościami elektronicznymi w transporcie miejskim. Rozwiązania ITS istotnego znaczenia nabierają w sytuacjach kryzysowych, jeśli są zintegrowane z systemami zarządzania służbami ratowniczymi.

Istota działania ITS tkwi w integracji szeregu zbieranych na bieżąco informacji, które trafiają do centralnej bazy danych. Pochodzą one z różnego rodzaju czujników, jak pętle indukcyjne w nawierzchni, kamery rejestrujące światło widzialne lub podczerwień, radary, detektory hałasu czy zanieczyszczenia powietrza, stacje pogodowe, nadajniki w pojazdach komunikacji miejskiej, czy urządzenia do nawigacji w prywatnych pojazdach. (<http://www.chip.pl/artykuly/trendy/2015/04/inteligentne-drogi-1#ixzz4L-S8HenlB>).

Przykładem wdrożenia ITS jest system Tristar zbudowany dla Trójmiasta. Zbierane przez niego dane są analizowane i udostępniane użytkownikom za pośrednictwem różnych kanałów komunikacji, jak programy nawigacyjne, odbiorniki GPS, smartfony, internetowe narzędzia do planowania podróży, stacje radiowe. Użytkownicy dróg otrzymują komunikaty także za pośrednictwem tablic zmiennej treści, które informują o czasie dojazdu do

określonych miejsc, ostrzeżeniach o utrudnieniach w ruchu, wyznaczonych objazdach.

Zasadniczą funkcją inteligentnych systemów transportowych jest ciągła optymalizacja przepływu pojazdów, głównie poprzez sterowanie sygnalizacją świetlną. Ponadto systemy ITS reagują na bieżąco, wykorzystując wcześniej zaprogramowane plany sterowania lub mogą być modyfikowane stosownie do potrzeb w danej chwili.

Bardzo użyteczną funkcją ITS jest także opcja pozwalająca na przeprowadzanie symulacji natężenia ruchu w zależności od zmieniających się uwarunkowań. Pozwala to na przewidywanie zmian w układzie drogowym, np. pod wpływem nowych planowanych inwestycji budowlanych czy podczas imprez masowych (<http://www.chip.pl/artykuly/trendy/2015/04/inteligentne-drogi-1#ixzz4LS8HenlB>).

Zastosowanie ITS pociąga za sobą wiele korzyści, które dotyczą środowiska, ekonomii czy warunków życia. Oskarbski, Jamroz, Litwin (2006) wymieniają:

- optymalizację ruchu wynikającą ze zwiększenia przepustowości sieci ulic o 20–25%,
- redukcję liczby wypadków o 40–80%,
- skrócenie czasu podróży i zmniejszenie zużycia energii (o 45–70%),
- wzrost komfortu podróżowania i warunków ruchu kierowców, podróżujących transportem zbiorowym oraz pieszych,
- redukcję kosztów zarządzania taborem drogowym,
- redukcję kosztów związanych z utrzymaniem i renowacją nawierzchni,
- poprawę jakości środowiska naturalnego (redukcja emisji spalin o 30–50%),
- zwiększenie korzyści ekonomicznych w regionie.

Wybrane innowacje drogowe wpisujące się w ITS opisano w rozdziale poświęconym inteligentnym drogom i ulicom miejskim.

Opisany inteligentny system transportowy, mimo nowoczesnych rozwiązań i bardzo wysokich kosztów inwestycji, nie jest w stanie rozwiązać problemów związanych z ruchem w miastach. Aby skutecznie prowadzić politykę transportu miejskiego, należy podejmować równolegle wiele działań. Większość z nich mieści się we wspomnianej na wstępie rozdziału strategii „push-pull”. Redukcja liczby samochodów osobowych obecnych

w przestrzeni miasta wymaga stworzenia dla nich wygodnej i atrakcyjnej alternatywy, przede wszystkim w postaci dobrze zorganizowanych rozwiązań w zakresie transportu publicznego. Jednak najlepsze nawet rozwiązania wymagają upowszechnienia. Zwiększenie dostępności transportu musi zatem uwzględniać dodatkowe działania o charakterze edukacyjnym, skierowane przede wszystkim do tych kategorii odbiorców, dla których korzystanie z transportu publicznego może stanowić problem. Dobrym rozwiązaniem są szkolenia w zakresie korzystania z transportu publicznego przeznaczone dla osób w podeszłym wieku, niepełnosprawnych oraz dzieci w wieku szkolnym. Dzięki nim łatwiej przełamywać bariery, zwłaszcza mentalne, które ograniczają korzystanie z transportu publicznego. Pamiętać należy o dostosowaniu treści szkoleń – obejmujących między innymi fizyczny dostęp do środków transportu, planowanie podróży, korzystanie ze źródeł informacji, nabywanie biletów i wzorce zachowań – do potencjalnych odbiorców. W przypadku dzieci zajęcia powinny mieć formę atrakcyjnych zabaw, szkolenia dedykowane osobom starszym zogniskowane są wokół praktycznych aspektów podróżowania środkami transportu publicznego, sposobów pokonywania barier, unikania zagrożeń.

Podejmowane działania mają swój wymiar marketingowy – mogą wpływać na pozyskiwanie nowych odbiorców lub utrzymanie dotychczasowych. Tym samym można ograniczać liczbę osób korzystających z transportu indywidualnego. Istotnym atutem tego rozwiązania są niskie koszty i łatwość wdrażania.

Znaczenie szkoleń dotyczących korzystania z transportu publicznego polega na:

- popularyzacji transportu publicznego wśród kategorii osób o ograniczonej mobilności poprzez zwiększenie ich poczucia bezpieczeństwa i wskazanie możliwości swobodnego przemieszczania się – tym samym poszerza się grono użytkowników;
- poprawie wizerunku transportu publicznego jako środka otwartego dla wszystkich odbiorców;
- zwiększaniu niezależności osób wykazujących się małą mobilnością, wspomaganiu integracji społecznej;
- możliwości ograniczania wydatków związanych z realizacją specjalnych usług transportowych.

2.2. Ekoinnowacje w transporcie miejskim



Ryc. 20. Szkolenia w zakresie korzystania z transportu publicznego dla dzieci.
Fot. u góry: E. Grzelak-Kostulska, na dole:

Źródło: <http://wychowaniekomunikacyjne.org/index.php?mact=News,cntnt01,print,0&cntnt01articleid=35&cntnt01showtemplate=false&cntnt01returnid=53>

Przykładem wdrożenia tego typu rozwiązania może być Salzburg w Austrii, gdzie za grupę docelową przyjęto kategorię seniorów. Wobec rosnącego udziału tej części społeczeństwa przewoźnik z Salzburga – StadtBus Salzburg – we współpracy z lokalną organizacją pozarządową ZGB Salzburg od 2004 r. prowadzi szkolenia dla pasażerów w podeszłym wieku. W zajezdni autobusowej odbywają się spotkania, podczas których seniorzy korzystają ze specjalnie udostępnionego autobusu szkoleniowego. Otrzymują zestaw materiałów informacyjnych w formie opracowanego specjalnie dla nich podręcznika bezpiecznego korzystania z transportu oraz materiały promocyjne. W małych grupach mają możliwość nauczenia się, jak bezpiecznie korzystać z transportu publicznego, unikając zagrożeń, jak zapobiegać wypadkom, jednocześnie oswajając się z nowymi rozwiązaniami i przełamując przy tym obawy przed podróżowaniem autobusami (http://www.rupprecht-consult.eu/uploads/tx_rupprecht/NICHES_overview_concepts_PL.pdf).

Inicjatywa ta jest bardzo dobrze oceniana przez uczestników szkoleń, którzy potwierdzają jej pozytywny wpływ, jednocześnie też zainteresowała wiele krajów, które planują wdrażanie podobnych rozwiązań. Zwłaszcza że szkolenia te nie wymagają długich przygotowań, koszty ich realizacji nie są wysokie, a efekty wydają się obiecujące.

Podobne rozwiązania mogą obejmować inne grupy docelowe, jak niepełnosprawni, osoby mające trudności z uczeniem się (program funkcjonujący w Manchesterze ukierunkowany na młodzież posiadającą specjalne potrzeby) czy dzieci (rozwiązania stosowane w Monachium, Freiburgu).

Kwestia ułatwiania osobom o ograniczonej mobilności korzystania z transportu publicznego wymaga często stosowania dodatkowych rozwiązań. Jednym z nich jest koncepcja wdrożona w Tarnowie (podobne rozwiązanie funkcjonuje w Łodzi), przewidziana dla niewidzących i słabowidzących podróżnych (<http://edroga.pl/mobilnosc/system-dla-niewidzacych-w-tarnowskich-autobusach-220312541>). Opracowano dla nich dźwiękowy system identyfikacji autobusów komunikacji miejskiej. Osoba korzystająca z niego za pomocą specjalnego pilota jest powiadamiana przez system głośnomówiący o numerze linii i kierunku jazdy autobusu zbliżającego się do przystanku. Dodatkowo uruchomienie systemu pociąga za sobą powiadomienie kierowcy (wyświetlany komunikatu na autokomputerze) o tym, że wsiada osoba niepełnosprawna, która może wymagać pomocy przy wejściu do pojazdu. W przyszłości system ma także umożliwiać osobom niedowidzącym odczytywanie, w formie dźwiękowej, komunikatów o czasie najbliższego odjazdu autobusu z danego przystanku. Warto podkreślić, że rozwiązanie to zakłada bezpłatny dostęp do urządzeń głośnomówiących, których liczba zapewnia możliwość skorzystania z nich wszystkim zainteresowanym. Skuteczność rozwiązania wynika też z kompleksowego wprowadzenia go we wszystkich pojazdach (<http://edroga.pl/mobilnosc/system-dla-niewidzacych-w-tarnowskich-autobusach-220312541>).

Znacznie dalej idą rozwiązania wdrażane w niektórych krajach europejskich, jak Niemcy, Wielka Brytania czy Francja. Zakładają one udostępnienie za pośrednictwem Internetu (oraz infolinii) złożonego systemu informacji o podróżowaniu środkami transportu publicznego. Grupę docelową stanowią osoby o ograniczonej mobilności, które zyskują w ten sposób możliwość podróżowania bez barier, mogą też planować podróż z wyprzedzeniem. Zgodnie z założeniem uzyskują dostęp do aktualnych i precyzyjnych

informacji o dostępności dworców kolejowych i taboru, sieci połączeń bez barier, na temat tras (co jest bardzo istotne dla osób poruszających się na wózkach inwalidzkich, ale także rodziców podróżujących z dziećmi, osób mających problemy z poruszaniem się). Zestaw potencjalnych korzyści jest znacznie szerszy i obejmuje obok oszczędności związanych ze zmniejszeniem potrzeb w zakresie kosztownych specjalnych usług transportowych, także poprawę wizerunku transportu publicznego, poszerza grono jego odbiorców, popularyzuje inwestycje w infrastrukturę zapewniającą swobodny dostęp, np. windy.

Przykładem wdrożonego rozwiązania tego typu może być mapa stacji w internetowym systemie informacji podróżnych RMV dla pasażerów o ograniczonej mobilności, dostępna w Niemczech w regionach Frankfurt (Ren-Men) i Berlin-Brandenburgia. Zrealizowany projekt BAIM/BAIM Plus stał się jednym z najbardziej zaawansowanych w Europie internetowych systemów planowania podróży z wykorzystaniem transportu publicznego dla podróżnych z ograniczoną zdolnością poruszania się.

Zawiera informacje dostosowane do potrzeb różnych grup docelowych – sam odbiorca określa wymagania wynikające z własnych ograniczeń. Użytkownik uzyskuje dane związane z połączeniami bez barier i szeregi szczegółów opisujących dostępność węzłów przesiadkowych (wraz z ich planami, co ułatwia orientację), przystanków i pojazdów (np. interaktywne plany stacji). Co istotne, autorzy projektu uwzględnili także kwestię konieczności zróżnicowania formy przekazu, zakładając możliwość dostosowania jej do zróżnicowanych potrzeb odbiorców, np. z opisów węzłów przesiadkowych transportu publicznego w formie tekstowym z użyciem czytnika ekranowego mogą skorzystać osoby niewidome.

Prostym i tanim rozwiązaniem są także szkolenia prowadzone wśród pracowników firm świadczących usługi transportowe. Dotyczą one zasad obsługi niepełnosprawnych podróżnych. Przeszkolony personel komunikacji miejskiej wpływa na wyższe poczucie komfortu podróżnych o specjalnych potrzebach.



Ryc. 21. Szkolenia wśród pracowników komunikacji publicznej w zakresie obsługi niepełnosprawnych pasażerów

Źródło: www.um.walbrzych.pl

Jak wskazują powyższe przykłady, użytkownikami transportu publicznego może być zdecydowana większość społeczeństwa. Tym samym uzasadnienie dla konieczności sięgania po środki transportu indywidualnego w postaci samochodów osobowych staje się coraz mniej przekonujące, a ci, którzy mimo przeszkód chcieliby korzystać z bardziej ekologicznego transportu, mają taką możliwość.

Patrząc szerzej na kwestię mobilności mieszkańców miast, należy w otwarty sposób traktować ich potrzeby w tym zakresie. Aby skutecznie ograniczać korzystanie z samochodów osobowych, istotne jest stworzenie alternatywy dla tego środka transportu. Jednak nawet najnowocześniejsze rozwiązania mogą okazać się mało skuteczne, jeśli nie w pełni są zbieżne z oczekiwaniami odbiorców. Rozwiązaniem może być wdrażanie koncepcji Neighbourhood Accessibility Planning – NAP, której celem jest „poprawa lokalnych warunków dla ruchu pieszego i rowerowego oraz ułatwia-

nie bezpiecznego dostępu do lokalnej infrastruktury (np. szkół, sklepów) i usług transportu publicznego” (http://www.rupprecht-consult.eu/uploads/tx_rupprecht/NICHES_overview_concepts_PL.pdf). Istotą projektu jest włączenie lokalnej społeczności do procesów decyzyjnych. To ona dyktuje zapotrzebowanie na nowe formy mobilności, ma decydować o kształcie sieci transportu publicznego, wskazuje na priorytety. Korzyści wynikające z przyjęcia tego rozwiązania są dość oczywiste, wśród nich należy wskazać:

- rozpoznanie realnych potrzeb i oczekiwań społeczności lokalnej w zakresie dostępności przestrzeni publicznej;
- poprawę bezpieczeństwa i warunków ruchu pieszego i rowerowego;
- optymalizację sieci transportu publicznego;
- zaangażowanie mieszkańców w kreowanie przestrzeni miasta;
- lepszą współpracę między mieszkańcami a władzami miasta;
- mniejsze zapotrzebowanie na korzystanie z samochodu osobowego.

Przykładem wdrożenia takiego projektu jest Monachium w Niemczech, gdzie w 2003 r. wprowadzono w życie koncepcję mobilności w wybranej przestrzeni w centrum miasta („Stadtviertelkonzept Nahmobilität”). W realizację projektu zaangażowani byli specjaliści zajmujący się transportem, reprezentujący różne wydziały miejskie, operatorzy transportu, firmy doradcze i przede wszystkim mieszkańcy dzielnicy Ludwigsvorstadt-Isarvorstadt. Wspólnie dokonali oni identyfikacji i oceny problemów i opracowali zestaw rozwiązań. Zawierał on zbiór skutecznych, tanich i prostych pomysłów gwarantujących „poprawę warunków dla ruchu pieszego i rowerowego oraz innych niezmotoryzowanych form transportu i lokalnej sieci autobusowej” (http://www.rupprecht-consult.eu/uploads/tx_rupprecht/NICHES_overview_concepts_PL.pdf).

O sukcesie przedsięwzięcia zadecydowało szerokie zaangażowanie społeczności lokalnej (obejmujące nie tylko lokalne grupy interesów), dzięki czemu korzyści z przyjętych rozwiązań odnieśli wszyscy mieszkańcy dzielnicy, a szczególnie ludzie starsi i dzieci. Warto podkreślić, że istotą proponowanych rozwiązań były działania w małej skali, ukierunkowane głównie na usprawnienia organizacyjne, jak zmiana lokalizacji przystanków autobusowych, przejść dla pieszych, instalowanie dodatkowych ławek czy optymalizacja oświetlenia.

W efekcie mieszkańcy odczuli znaczącą poprawę jakości przestrzeni publicznej, zwiększyło się ich bezpieczeństwo, zyskali możliwości łatwiej-

sze go przemieszczania się z uwzględnieniem pożądaných środków transportu (komunikacja publiczna, transport rowerowy). Atutem tego rozwiązania jest też niski koszt wdrażanych rozwiązań, który można w elastyczny sposób dostosowywać do możliwości budżetowych miasta.

Rozważając kwestię partycypacji społecznej, warto także wspomnieć o pomysle realizowanym w Szwajcarii. Jego zasięg jest wprawdzie nieco węższy, jednak opiera się na podobnym założeniu.



Ryc. 22. Wagon zaprojektowany przez pasażerów

Źródło: <http://www.miasto2077.pl/w-szwajcarii-pasazerowie-sami-projektuja-sobie-pociagi/>

Aby spopularyzować transport publiczny i nakłonić mieszkańców Worb oddalonego o 12 km od Berna do codziennych dojazdów do pracy regionalną koleją, Regionalverkehr Bern-Solothurn zdecydowała o zaproszeniu pasażerów do współprojektowania nowych składów wagonów. W efekcie tej współpracy powstał pociąg o długości 60 m, składający się z czterech wagonów, z drzwiami rozstawionymi co ok. 5 m, szeroką przestrzenią dla osób stojących, która ułatwia szybkie wsiadanie i wysiadanie z pociągu. Rozwiązanie to przyniosło bardzo dobre efekty, dzięki czemu z połączenia korzysta dziennie ok. 24 tys. pasażerów (<http://www.miasto2077.pl/w-szwajcarii-pasazerowie-sami-projektuja-sobie-pociagi/>).

Sprawny i wydajny transport publiczny generuje znaczne korzyści dla środowiska w mieście. Aby je osiągnąć, należy jednak przekonać użytkowników o zasadności wyboru środków komunikacji miejskiej. Kampanie marketingowe skupione wokół popularyzacji rodzajów transportu, które stanowią mniejsze obciążenie dla środowiska, mogą okazać się mało sku-

teczne przy mało efektywnych rozwiązaniach organizacyjnych. Z tego powodu coraz większą wagę przykładą się do przemyślanego zaplanowania intermodalnych węzłów przesiadkowych, czyli miejsc, w których skupiają się różne strumienie pasażerskie. Co istotne, przy ich projektowaniu należy pogodzić interesy różnych grup odbiorców: od osób codziennie dojeżdżających do pracy, dla których priorytetem są krótkie dystanse do pokonania i czas przesiadki, poprzez turystów potrzebujących łatwego i czytelnego dostępu do informacji, dalej rodziny, dzieci i osoby w podeszłym wieku oczekujące rozwiązań bezpiecznych i pozbawionych barier, kończąc na osobach o szczególnych potrzebach czy oczekiwaniach, jak niepełnosprawni czy ci, którzy mają potrzebę efektywnego wykorzystania czasu.



Ryc. 23. Intermodalny węzeł przesiadkowy w Wiedniu

Fot. E. Grzelak-Kostulska



Ryc. 24. Intermodalny węzeł przesiadkowy w Londynie

Fot. E. Grzelak-Kostulska

Jak podkreślają eksperci, sprostanie tak wielu i tak różnym wymaganiom może mieć decydujący wpływ na przyszły rozwój całego transportu publicznego. Wskazują, że „węzły przesiadkowe przyjazne dla pasażerów:

- zmniejszają zatłoczenie i zatory;
- ułatwiają efektywne wykorzystywanie przestrzeni;
- optymalizują projekty i lokalizację kluczowych elementów infrastruktury;
- zapewniają krótsze trasy dla pasażerów;
- umożliwiają lepszy dostęp różnym użytkownikom;
- stwarzają warunki dla zintegrowanych systemów informacji dla podróżnych;
- tworzą korzystne warunki dla wdrażania zintegrowanych systemów biletowych;
- dają szansę na lepsze zaprojektowanie obiektów intermodalnych (typu „Park and Ride” umożliwiających zaparkowanie samochodu i dalszą podróż transportem zbiorowym lub „Bike and Ride”, gdzie można zostawić rower i dalszą podróż odbyć środkami transportu publicznego);

2.2. Ekoinnowacje w transporcie miejskim

- zapewniają miejsce dla dodatkowych usług;
- wpływają na wzrost zadowolenia pasażerów;
- zwiększają udział transportu publicznego w podziale zadań przewożonych” (http://www.rupprecht-consult.eu/uploads/tx_rupprecht/NICHES_overview_concepts_PL.pdf).

Jednym z przykładów dobrej praktyki w tym zakresie jest dworzec autobusowy w Birkenhead, Merseyside w Wielkiej Brytanii, wybudowany w odpowiedzi na przewidywany wzrost ruchu pasażerów na trasie do centrum handlowo-rozrywkowego w Birkenhead. Obok szeregu funkcjonalnych rozwiązań na szczególną uwagę zasługuje wykorzystanie w tej konstrukcji dużych paneli przezroczystego, hartowanego szkła. W efekcie powstał obiekt, w którym widoczność, dająca użytkownikom poczucie bezpieczeństwa, jest bardzo duża.

Jak wspomniano, inwestycje w tego rodzaju rozwiązania są coraz powszechniejsze. Koszt ich realizacji może być różny w zależności od skali przedsięwzięcia, czasem mogą nawet generować pewne zyski (np. pochodzące z wpływów za dzierżawę lokali usługowych, jeśli takie zostały przewidziane w projekcie).



Ryc. 25. Projekt multimodalnego centrum przesiadkowego w Gliwicach

Źródło: <http://edroga.pl/mobilnosc/nowe-centrum-przesiadkowe-w-gliwicach-200412632>

Przykłady nowoczesnych koncepcji centrów przesiadkowych można znaleźć także w Polsce. Jednym z nich jest Centrum Przesiadkowe w Gliwicach, które do 2020 r. ma zintegrować komunikację w mieście. W założeniu ma bowiem skupiać wszystkie środki transportu miejskiego w jednym miejscu (autobusy miejskie i międzynarodowe, samochody osobowe, rowery), ułatwiając tym samym sprawne przemieszczanie się podróżnych. Będzie to zintegrowany system stacji, uzupełniony o lokale gastronomiczne i punkty usługowe. W projekcie szczególny akcent postawiono na funkcjonalność obiektu (<http://edroga.pl/mobilnosc/nowe-centrum-przesiadkowe-w-gliwicach-200412632>).

Nowoczesne węzły przesiadkowe mogą nabrać jeszcze większego znaczenia jako ogniwo w budowaniu strategii zrównoważonego rozwoju transportu miejskiego, dzięki włączeniu w ich zakres innowacyjnej infrastruktury rowerowej. Rower, stanowiący niezmotoryzowany środek transportu, może stać się alternatywą dla samochodów osobowych dla osób korzystających z węzłów przesiadkowych. Warunkiem skutecznego wdrażania takiego rozwiązania jest stworzenie systemu łatwego w obsłudze i dającego gwarancję bezpiecznego pozostawiania roweru w miejscu parkingowym. Elementem kompleksowych usług powinien być wynajem rowerów, usługi naprawcze oraz infrastruktura w postaci odpowiedniej gęstości ścieżek rowerowych i wjazdów, umożliwiających łatwy dostęp do węzłów przesiadkowych.

Uwzględnienie transportu rowerowego jako ogniwa w systemie transportu miejskiego otwiera szereg możliwości:

- zwiększa liczbę mieszkańców miasta korzystających z pożądaných środków transportu poprzez ułatwienie łączenia środków transportu publicznego i rowerów;
- ogranicza korzystanie z samochodów osobowych, wpływając na poprawę stanu środowiska, rozładowanie korków;
- rozładowuje przestrzeń w newralgicznych punktach miasta w okolicach węzłów przesiadkowych;
- zabezpiecza dostęp do usług dla osób korzystających z transportu rowerowego;
- stanowi dodatkową atrakcję dla turystów korzystających z dodatkowego środka transportu;
- kształtuje pozytywny wizerunek miasta;
- ożywia okolicę.

2.2. Ekoinnowacje w transporcie miejskim

Liczba przykładów podobnych rozwiązań stale rośnie. Jednym z nich jest wdrożona koncepcja połączenia transportu rowerowego i publicznego w Holandii. Rozwiązanie to odpowiada zapotrzebowaniu społecznemu, bowiem aż 88% holenderskich gospodarstw domowych posiada przynajmniej jeden rower. Korzystanie z niego w codziennych dojazdach umożliwia wyposażenie stacji i przystanków transportu publicznego w miejsca do przechowywania rowerów. W mieście Zutphen pod placem dworcowym od 2006 roku funkcjonuje pierwszy w Holandii darmowy strzeżony parking dla 3000 rowerów. Ten podziemny obiekt połączono z ulokowaną na powierzchni strefą przeznaczoną dla pieszych, tworząc wysokiej jakości przestrzeń publiczną. Lokalizowane w takich miejscach (dworzec, stacja metra, przystanek autobusowy lub tramwajowy) parkingi dla rowerów umożliwiają skorzystanie z tego ekologicznego środka transportu na ostatnim odcinku podróży między punktem, do którego można dotrzeć komunikacją publiczną, a miejscem docelowym (http://www.rupprecht-consult.eu/uploads/tx_rupprecht/NICHES_overview_concepts_PL.pdf).



Ryc. 26. System Citybike w Wiedniu

Fot. E. Grzelak-Kostulska

Podobnie jak w holenderskich miastach, także i w Wiedniu rośnie popularność rozwiązań transportowych wykorzystujących kombinację transportu publicznego i rowerów. Sprzyja temu dostępność tego środka – w systemie Citybike dostępnych jest około 1500 rowerów, sieć stacji rowerowych stale się powiększa (przekracza liczbę 120 punktów), a w roku ubiegłym zarejestrowano ponad milion wypożyczeń. Zapotrzebowanie na rowery miejskie jest dość trudne do precyzyjnego określenia, dlatego pojawiającym się mankamentem może być okresowy brak dostępności rowerów na niektórych stacjach, co oznacza, że korzystający wcześniej z autobusu, tramwaju lub metra nie mogą kontynuować dalszej podróży. Aby zintegrować transport publiczny z systemem Citybike, wprowadzono rozwiązanie polegające na wyświetlaniu w środkach komunikacji publicznej (na specjalnych ekranach reklamowych) informacji o dostępności rowerów miejskich przy najbliższych i kolejnych przystankach. Dane na ten temat, pochodzące z serwera systemu Citybike, dostarczane są na bieżąco. Dodatkowo pasażerowie informowani są także o możliwości przesiadki i czasie oczekiwania na inny środek transportu.

Jak podkreślają eksperci, efektem dodanym funkcjonowania systemu informacji o dostępności roweru na stacji wypożyczeń jest popularyzacja tej formy poruszania się po mieście wśród osób, które dotychczas korzystały wyłącznie z transportu publicznego (<http://edroga.pl/mobilnosc/jak-wieden-ulatwia-przesiadke-na-rowery-miejskie-210913154>).

Znaczenie transportu publicznego w rozwiązywaniu problemów komunikacyjnych i ekologicznych w miastach jest oczywiste. Z tego też względu zyskuje on priorytetowy charakter. Jeśli bowiem za cel przyjmujemy skłonienie mieszkańców miast do zastępowania indywidualnych, zmotoryzowanych środków transportu komunikacją zbiorową, to trzeba stworzyć mechanizmy przyciągające potencjalnych pasażerów, zachęcić ich nowoczesnymi rozwiązaniami, a przede wszystkim pokazać, że komunikacja publiczna może być konkurencyjna pod względem czasu przejazdu. Przykładem jest wyżej wspomniany Wiedeń, gdzie aż 73% codziennych przejazdów odbywa się transportem publicznym, pieszo lub rowerem i motocyklem (Szymańska, 2016).

Nie jest to łatwe zadanie, ale kluczem do jego realizacji może być bardziej efektywne wykorzystywanie przestrzeni miejskiej. „Najprostsza forma tego systemu obejmuje wydzielenie pasa ruchu dla autobusów na krót-

kim odcinku drogi w strefie o wysokim natężeniu ruchu umożliwiającego szybki przejazd lub objazd. Jednak w wielu przypadkach pasy wydzielone dla autobusów zostają połączone z oddzielną siecią drogową posiadającą własny system zarządzania ruchem, sygnalizację świetlną i przystanki autobusowe.

Systemy szybkiej komunikacji autobusowej (Bus Rapid Transit – BRT) i pasy ruchu wydzielone dla autobusów są wprowadzane nie tylko w celu umożliwienia przejazdu przez ulice o wysokim natężeniu ruchu, ale również aby połączyć z sobą kilka dzielnic lub obszarów podmiejskich. Zapewniają niezawodność bliską kolei miejskiej w centralnych obszarach miejskich (często zatłoczonych) oraz elastyczność oferowaną przez transport autobusowy w peryferyjnych strefach” (http://www.rupprecht-consult.eu/uploads/tx_rupprecht/NICHES_overview_concepts_PL.pdf).

Pozytywne efekty osiągnęte w wyniku wdrożenia innowacyjnego systemu komunikacji autobusowej polegają m.in. na:

- skróceniu czasu przejazdu (zwłaszcza w godzinach szczytu);
- poprawie komfortu jazdy;
- podniesieniu jakości usług transportowych (eliminacja opóźnień);
- poprawie wizerunku transportu publicznego;
- zdobywaniu nowych klientów, którzy zamieniają samochód na transport publiczny;
- ograniczaniu (dzięki wykorzystaniu energooszczędnych i ekologicznych pojazdów o dużej pojemności oraz zmniejszeniu ruchu samochodów osobowych) emisji spalin;
- zwiększeniu bezpieczeństwa pasażerów i innych użytkowników dróg.

Tego typu rozwiązanie zaczęto realizować w 2005 r. we Francji pod szyldem systemu wysoce wydajnych autobusów (BHLS – Bus à Haut Niveau de Service). Rok później uruchomiono w Nantes „BusWay” obejmujący odcinek o długości 7 km z 15 przystankami. Zapewniło to możliwość dojazdu z obwodnicy do centrum Nantes w czasie krótszym niż 20 minut (w godzinach szczytu kursy realizowane są co 4 minuty).

O powodzeniu tego przedsięwzięcia zdecydował przede wszystkim fakt, że „w tym systemie autobusowym wykorzystano elementy, które przyczyniły się do sukcesu systemu komunikacji tramwajowej: wydzielone pasy, dobrze zaprojektowane i wyposażone stacje, pierwszeństwo na skrzyżowaniach, duża częstotliwość kursów, wysoka dostępność systemu w ciągu doby

i parkingi typu P+R („parkuj i jedź dalej”))” (http://www.rupprecht-consult.eu/uploads/tx_rupprecht/NICHES_overview_concepts_PL.pdf)

Intermodalny system transportu może z powodzeniem spełniać swoje zadanie pod warunkiem zapewnienia użytkownikom możliwości dostępu do aktualnych i kompletnych informacji w formie mobilnych usług informacyjnych dla podróżnych (MITS).

Usługi informacyjne dla podróżnych nie są nowym rozwiązaniem (od dawna stosowano tablice informacyjne na peronach, w autobusach i pociągach), zmienia się natomiast i unowocześnia forma przekazu informacji, np. kierowcy mogą korzystać ze znaków zmiennej treści (VMS), dostępne są radiowe programy informacyjne dla podróżnych. Jednak fundamentalne znaczenie dla rozwoju opisywanych usług możliwe jest dzięki zastosowaniu zintegrowania komunikacji mobilnej, technologii bezprzewodowej, internetowej, satelitarnej i komputerowej do przekazywania komunikatów, określania lokalizacji, przesyłania informacji i ostrzeżeń dla podróżnych w czasie rzeczywistym na urządzenia mobilne poszczególnych użytkowników, często dodatkowo w postaci spersonalizowanej.



Ryc. 27. Londyn – intermodalne centrum przesiadkowe

Fot. E. Grzelak-Kostulska

Korzyści wynikające ze stosowania tej innowacyjnej formy przekazu informacji wykraczają daleko poza komfort użytkownika środków transportu publicznego, dlatego można tu wymienić:

- usprawnienia podczas podróży (np. możliwości planowania podróży, znajdowanie alternatywnych tras dojazdu);
- zapewnienie szerszego dostępu do transportu publicznego wielu różnym użytkownikom;
- zwiększenie poczucia bezpieczeństwa i podniesienie efektywności podróży;
- popularyzację transportu publicznego i zastępowanie nim indywidualnej komunikacji samochodowej.

Operatorzy systemu także zyskują skuteczne narzędzie, dzięki któremu:

- mogą reagować w sytuacjach zagrożenia;
- jest im łatwiej wprowadzać zmiany w świadczonych usługach i wprowadzać ulepszenia w infrastrukturze;
- mogą edukować, promować i upowszechniać transport publiczny.

Przykładem aplikacji, która łączy wszystkie środki transportu miejskiego, jest moovel. Dzięki tej usłudze pasażer jest informowany, w jaki sposób najszybciej dotrze do celu, może też zamówić i opłacić przejazd – od taksówki po tramwaj i miejski rower. Skuteczność systemu zapewnia integracja różnych podmiotów – w Niemczech z moovel współpracują takie podmioty, jak Koleje Niemieckie (DB) czy Nextbike, operator systemów roweru publicznego, car2go oraz aplikacja mytaxi.

Z kolei w Helsinkach funkcjonuje KAMO, stanowiący mobilny przewodnik po transporcie publicznym miasta. Dzięki zastosowaniu tego rozwiązania pasażer może planować podróż, ma dostęp do rozkładów jazdy na konkretnych przystankach, może także śledzić przejazdy wszystkich autobusów, tramwajów lub metra w czasie rzeczywistym za pośrednictwem telefonu komórkowego z uaktywnioną funkcją NFC (komunikacji krótkiego zasięgu). „Po pobraniu do telefonu komórkowego KAMO można uruchamiać z menu telefonu. Dotknięcie telefonem etykiety z radiowym kodem kreskowym (RFID) otwiera aplikację na wyświetlaczu niezależnie od menu. KAMO został sfinansowany przez Zarząd Komunikacji Miejskiej w Helsinkach (HKL) oraz miasto Oulu i ma zostać rozszerzony na inne miejscowości” (http://www.rupprecht-consult.eu/uploads/tx_rupprecht/NICHES_overview_concepts_PL.pdf).

Jak wspomniano na wstępie, poważnym wyzwaniem przy organizacji transportu w mieście jest nie tylko kwestia jego sprawnego funkcjonowania, ale także minimalizowania oddziaływania na środowisko. Presja ta w przypadku transportu jest bardzo duża, dlatego tak istotne staje się monitorowanie zanieczyszczeń, gromadzenie i porównywanie danych na temat ich wielkości. Na podstawie zebranych informacji można zrozumieć wpływ transportu na otoczenie, co z kolei umożliwia podejmowanie właściwych decyzji przez władze lokalne, wpływa na kształtowanie świadomości ekologicznej mieszkańców. Zaangażowanie najnowszych technologii pozwala na coraz bardziej precyzyjne diagnozowanie problemów, wdrażanie właściwie ukierunkowanych rozwiązań, czy szybkie reagowanie w przypadku wystąpienia nietypowych okoliczności.

Informacje te można w zarządzaniu ruchem wykorzystać w różny sposób, osiągając szereg korzyści, m.in. w postaci:

- uzyskania wiedzy, która ma przełożenie na efektywniejsze zarządzanie ruchem;
- ułatwień w procesach decyzyjnych;
- wprowadzania kompleksowych rozwiązań mających na celu poprawę warunków środowiska;
- promocji pożądanych zachowań pasażerów – tzw. ekologicznych wyborów;
- możliwości wskazywania długoterminowych trendów środowiskowych;
- realizacji restrykcji wynikających z przepisów prawnych dotyczących jakości powietrza i natężenia hałasu.

Przykładem zastosowania opisanych wyżej rozwiązań jest Leicester w Wielkiej Brytanii. Zlokalizowane tu centrum kontroli ruchu (ATC) „dysponuje ponad 800 zestawami sygnałów, 31 parkingowymi znakami zmiennej treści, ponad 100 kamerami drogowymi i 13 monitorami zanieczyszczeń” (http://www.rupprecht-consult.eu/uploads/tx_rupprecht/NICHES_ove-rview_concepts_PL.pdf). Zbierany zakres informacji jest zatem bardzo obszerny, w związku z czym pojawia się kwestia możliwości ich wykorzystania. W Leicester ATC udostępnia odbiorcom nie tylko komunikaty o natężeniu ruchu i sytuacji na drodze, ale także „informacje środowiskowe i meteorologiczne, między innymi o poziomach: ozonu, tlenku węgla, tlenku azotu,

dwutlenku siarki i cząstek stałych” (http://www.rupprecht-consult.eu/uploads/tx_rupprecht/NICHES_overview_concepts_PL.pdf).

Publiczny transport, jako rozwiązanie korzystne dla stanu środowiska w mieście, wymaga stałych ulepszeń. Interesującą i bardzo atrakcyjną innowacją w tym zakresie może być szybki grupowy transport miejski (Group Rapid Transit – GRT) z wykorzystaniem zautomatyzowanych „cyberbusów”. Koncepcja ta ma odpowiadać na zapotrzebowanie w sytuacji konieczności stosowania transportu dojazdowego i wahadłowego, gdy nieodzowne jest połączenie np. „parkingu z głównym terminalem transportowym lub innymi obiektami, takimi jak kompleksy biurowe lub handlowe, uniwersytety, szpitale, hotele, centra handlowe lub wystawowe” (http://www.rupprecht-consult.eu/uploads/tx_rupprecht/NICHES_overview_concepts_PL.pdf).

Zasada funkcjonowania GRT jest zbliżona do działania windy: „pasażer naciska jeden przycisk, aby wezwać pojazd, a następnie kolejny w pojeździe w celu wskazania stacji docelowej. Cyberbus jedzie następnie prosto do punktu docelowego, chyba że zostanie po drodze zatrzymany przez innych użytkowników chcących wsiąść lub wysiąść. Cyberbusy zazwyczaj poruszają się po ustalonych trasach, ale mogą zawracać w punktach pośrednich, aby zminimalizować czas podróży pasażerów. Pojazdy są elektryczne i zapewniają czysty, ekologiczny, wydajny i zrównoważony środek transportu publicznego o krótkim czasie oczekiwania. Są nadzorowane przez centralny system kontroli, ale wykorzystują technologię unikania przeszkód, dlatego mogą włączać się do ogólnego ruchu (z rowerzystami, pieszymi i w razie potrzeby innymi pojazdami), jednak przy zachowaniu niższej prędkości”. (http://www.rupprecht-consult.eu/uploads/tx_rupprecht/NICHES_overview_concepts_PL.pdf).

Pewnym mankamentem mogą być wysokie koszty inwestycji, jednakże eksploatacja pojazdów jest znacznie tańsza niż tradycyjnych autobusów. Pewne obawy i wątpliwości natury legislacyjnej może budzić też kwestia certyfikacji pojazdów sterowanych w pełni automatycznie. Mimo tych zastrzeżeń rozwiązanie wydaje się bardzo obiecujące, gdyż:

- może być wygodną alternatywą dla innych środków transportu w ruchu wahadłowym;
- zapewnia wysoką wydajność i oszczędność w eksploatacji – uruchamiany jest, podobnie jak winda, „na wezwanie” lub działa wg rozkładu;

2. Wybrane doświadczenia miast w zakresie wdrażania ekoinnowacji

- działa w sposób zautomatyzowany bez udziału kierowcy, co obniża znacząco koszty eksploatacji;
- jest prosty w obsłudze i łatwo dostępny;
- pojazd ma napęd elektryczny i jest przyjazny dla środowiska.



Ryc. 28. Stansted Airport Transit System – w pełni zautomatyzowany system transportu łączący terminal główny z dwoma innymi na lotnisku Stansted

Fot. E. Grzelak-Kostulska

Rozwiązanie to zostało wdrożone w systemie Parkshuttle w Rivium. Stosowane tu elektryczne cyberbusy łączą stację metra Kralingse Zoom ze zlokalizowanym parkingiem samochodowym z kompleksem biurowym Rivium. Pokonują dystans około 2 km (podróż trwa od 5 do 7 minut), korzystając ze specjalnej odizolowanej od pieszych i innych środków transportu trasy. Łącznie sześć autobusów kursuje w godzinach szczytu, przewożąc około 2200 pasażerów w ciągu jednego dnia. Autobusy jeżdżą według rozkładu w godzinach szczytu co 1,5 minuty oraz na żądanie w okresach poza szczytem.

Warto także zwrócić uwagę na inne rozwiązanie, nieco podobne do opisywanego powyżej. Szybki indywidualny transport miejski (Personal Ra-

pid Transit – PRT) także opiera się na wykorzystaniu zautomatyzowanych elektrycznych pojazdów (tzw. pod car) w transporcie publicznym, jednakże podobnie jak taksówki obsługują one pojedyncze osoby lub małe grupy pasażerów.

W założeniu działają, jak GRT, w miejscach, w których potrzebny jest transport dojazdowy i wahadłowy, np. między parkingiem a głównym terminalem transportowym lub innymi obiektami (jak kompleksy biurowe i handlowe, uniwersytety, szpitale, hotele, centra handlowe lub wystawowe). Obsługa pojazdu nie jest skomplikowana: „pasażer naciska jeden przycisk, aby wezwać pojazd, a następnie kolejny w pojeździe w celu wskazania stacji docelowej. Następnie pojazd jedzie bezpośrednio do celu, nie zatrzymując się po drodze na żadnych przystankach pośrednich. Pojazdy typu „pod car” przemieszczają się po wydzielonej trasie, aby uniknąć interakcji z innymi uczestnikami ruchu drogowego i zapewniają czysty, ekologiczny, wydajny i zrównoważony środek transportu. Dzięki relatywnie wysokiej prędkości pojazdów i bardzo małych odległościach system PRT może zapewnić szybki, indywidualny środek transportu publicznego „na żądanie”, który przewiezie pasażera z miejsca wyjazdu bezpośrednio do punktu docelowego” (http://www.rupprecht-consult.eu/uploads/tx_rupprecht/NICHES_oveerview_concepts_PL.pdf)

Zalety tego rozwiązania porównywalne są z walorami wskazanymi dla szybkiego grupowego transportu miejskiego (GRT), choć w pewnych kwestiach wydają się większe:

- pojazdy typu „pod car” pracują tylko wtedy, gdy jest zapotrzebowanie;
- oferowana usługa ma charakter bezpośredni (od punktu do punktu), przez co może zwiększać poczucie bezpieczeństwa pasażera;
- stanowi element transportu publicznego, który realizuje potrzebę korzystania z transportu indywidualnego;
- zapewnia bardzo krótki czas oczekiwania;
- „pod car” mogą być łączone, jeśli zaistnieje potrzeba skorzystania z pojazdu o większej ładowności.

Pozostałe atuty tego innowacyjnego środka transportu odpowiadają wymienionym zaletom GRT.

Przedstawiony system PRT należy traktować jako przyszłościowy. Na obecnym etapie jest on w fazie pilotażu, na który zdecydowano się

przy brytyjskim lotnisku Heathrow Airport (pierwszy przykład wdrożenia koncepcji szybkiego indywidualnego transportu miejskiego na świecie). „Zapewnia przejazd osobom podróżującym pomiędzy biznesowym parkingiem samochodowym a nowym Terminalem 5 oddalonym o około 2 km. W sumie 21 sterowanych automatycznie pojazdów elektrycznych typu „pod car”, z których każdy dysponuje miejscem dla 4 osób z bagażami, przewozi użytkowników po wydzielonej trasie z prędkością dochodzącą do 40 km/h. Przejazd zajmuje około 5 minut. Pojazdy przyjeżdżają „na żądanie”, ale zazwyczaj są dostępne natychmiast, więc czas oczekiwania dla 70% użytkowników wynosi zero, a dla pozostałych jest bardzo krótki. Według szacunków koszty inwestycyjne są mniej więcej o połowę mniejsze niż w przypadku porównywalnego systemu komunikacji tramwajowej o podobnych możliwościach w zakresie liczby przewożonych pasażerów. Jeżeli ten pilotażowy projekt okaże się sukcesem, planowane jest rozszerzenie systemu przez połączenie wszystkich parkingów samochodowych i terminali ze stacjami autobusowymi, kolejowymi i metrem, wypożyczalniami samochodów oraz hotelami na terenie lotniska” (http://www.rupprecht-consult.eu/uploads/tx_rupprecht/NICHES_overview_concepts_PL.pdf).

Funkcjonowanie pojazdów autonomicznych w transporcie miejskim nie jest jednak rozwiązaniem zupełnie nowym. Warto nadmienić, że obecnie w kilkudziesięciu miastach świata około pięćdziesiąt linii metra działa w sposób autonomiczny. Ich liczba stale rośnie, głównie ze względów ekonomicznych (koszty obsługi ze strony personelu obniżają się o około 70%, usunięcie kabiny motorniczego zwiększa pojemność pociągu) i organizacyjnych – np. SkyTrain w Vancouver w godzinach szczytu może obsłużyć składy jeżdżące co 90 sekund. Podobne rozwiązania zastosowano też w londyńskim metrze, w zautomatyzowany sposób obsługiwane są linie: Victoria, Northern, Central oraz Jubilee. W niedługiej perspektywie zostaną zasilone w nowe składy, a pełna automatyzacja londyńskiego metra planowana jest do lat 60. XXI wieku. Znacznie prędzej w pełni zautomatyzowaną kolej miejską zyska Honolulu, które już wkrótce, za sprawą projektu Honolulu Rail Transit (obejmującego 21 stacji) stanie się pierwszym amerykańskim miastem z całkowicie autonomiczną kolejką miejską (<http://www.miasto2077.pl/pociagi-bez-maszynistow-rozwioza-miasta/>).



Ryc. 29. Zautomatyzowana linia londyńskiego metra Central

Fot. E. Grzelak-Kostulska

Autonomiczne pojazdy na drogach publicznych to w dalszym ciągu poważne wyzwanie dla inżynierów, które rozważać trzeba w kategoriach eksperymentalnych. Nie znaczy to jednak, że przyszłość tej koncepcji stoi pod znakiem zapytania. Przeciwnie, zaawansowanie prac testowych pozwala spodziewać się tego typu rozwiązań na drogach w nieodległej przyszłości. W 2017 roku na ulicach Göteborga pojawi się 100 modeli Volvo XC90 wyposażonych w system samodzielnej jazdy „Drive Me”. Te prototypowe auta będą codziennie pokonywać dystans 50 km na trasie obejmującej zarówno drogi szybkiego ruchu, ruchliwe miejskie arterie, jak i małe uliczki. Samochody wyposażone są w szereg czujników i zaawansowanych technologicznie urządzeń sterujących oraz system pozycjonowania (<http://innogy.forbes.pl/autonomiczne-pojazdy-na-szwedzkich-drogach,artykuly,205461,1,1.html>).

Przyszłość autonomicznych pojazdów należy do samochodów elektrycznych, które już w 2020 roku mogą pojawić się w sprzedaży. Ich zaletą, oprócz wygody, ma być przede wszystkim bezkolizyjność – w założeniu mają zrewolucjonizować kwestię bezpieczeństwa na drogach. Istotnym elementem, na który zwracają uwagę producenci, jest też fakt, że pojazdy te mają być ekologiczne (<http://edroga.pl/mobilnosc/za-4-lata-auta-pojada-same-140712902>). Dyskusyjne pozostaje to, czy nie wpłyną na wzrost liczby indywidualnych środków transportu, co może stanowić problem

w ograniczonej przestrzeni miasta. W najbliższych jednak latach ich wysoka cena będzie stanowiła czynnik zmniejszający popyt. W przyszłości warto rozważyć włączenie pojazdów autonomicznych do innych rozwiązań, jak np. opisany dalej carsharing.



Ryc. 30. Autonomiczne samochody w Szwecji

Fot. Materiały prasowe Volvo (fot. Volvo)

Rower w mieście to z całą pewnością jeden z najbardziej pożądanых środków transportu indywidualnego. Trudno o nim nie wspomnieć, zastanawiając się nad optymalizacją transportu na terenach zurbanizowanych. Sam w sobie nie jest szczególnie innowacyjny, natomiast warto odnotować szereg nowoczesnych rozwiązań, które wokół niego powstają. Ich obecność jest konieczna, by nie tylko wspierać tę formę poruszania się po mieście, ale wręcz zyskiwać chętnych do rezygnowania z samochodu osobowego na rzecz roweru.

Priorytetową kwestią dla użytkowników rowerów jest bezpieczeństwo na drodze. Obecnie stosowane rozwiązania nie zawsze są pod tym względem optymalne, o czym świadczy znaczna liczba wypadków komunika-

cyjnych z udziałem rowerzystów. Bardzo dobrym rozwiązaniem wydaje się koncepcja budowy autostrad dla rowerzystów.

W Paryżu otwarto już pierwszy kilometrowej długości odcinek Réseau express vélo (REVe), która w 2020 roku ma docelowo osiągnąć długość około 45 km. Na tę kosztowną inwestycję (ok. 150 mln euro) składać się będzie także infrastruktura towarzysząca (np. stojaki na rowery) oraz system świateł zaprojektowany tak, by rowerzyści mieli pierwszeństwo przed innymi kierowcami. Zgodnie z założeniem rozwiązanie to ma spowodować wzrost udziału pasażerów korzystających z roweru z obecnych 5% do 15% w 2020 roku.



Ryc. 31. Autostrada dla rowerów w Danii

Fot. flickr/CC BY-SA 2.0/Double Feature. Źródło: Forbes.pl

Podobne rozwiązanie, choć na znacznie większą skalę, przyjęto w Danii, gdzie zaplanowano 26 autostrad dla rowerów o łącznej długości 300 km. W projektowanie stosowanych rozwiązań zaangażowani są sami mieszkańcy, a ich uwagi, np. dotyczące sygnalizacji świetlnej, zostały wykorzystane w praktyce. Ponadto testowane są inne udogodnienia, jak np. pochylone śmietniki, z których rowerzyści mogą korzystać bez potrzeby zsiadania

z pojazdu, czy szerokie pasy na trasach umożliwiające jazdę obok siebie dwóch rowerów, bez konieczności przepuszczania pojazdu jadącego z naprzeciwka.

Jeszcze dalej w testowaniu innowacyjnych koncepcji idzie Holandia, w której poszukuje się rozwiązań nie tylko zmierzających w kierunku poprawy bezpieczeństwa (pierwsze autostrady rowerowe powstały już w 2006 roku, obecnie funkcjonuje cała sieć ścieżek rowerowych i szybkich tras LF – Landelijke Fietsroutes), ale także komfortu jazdy. Na trasach rowerowych zaplanowano stacje do ładowania rowerów elektrycznych, hot-spoty WiFi, rozważana jest kwestia budowy baldachimów chroniących przed silnym słońcem i ruchomych ekranów zabezpieczających przed silnym wiatrem. Dostępna sieć dróg rowerowych zintegrowana jest z drogami w krajach sąsiadujących. Popularność rowerów elektrycznych i dostępność infrastruktury, w tym bezpiecznych autostrad dla rowerów, sprawiła, że kraj ten realizuje założenie rozwoju transportu zrównoważonego w dużym stopniu opartego na transporcie rowerowym.

Kolejny kraj, Niemcy, także docenia znaczenie tego środka transportu, dlatego podjęto tu kosztowną inwestycję polegającą na budowie jednej z najdłuższych autostrad rowerowych na świecie (100 km trasy RS1 łączącej Duisburga z Hamm). Jak oszacowano, mimo ogromnych nakładów finansowych rzędu 183,7 mln euro korzyścią będzie wyeliminowanie z ruchu 50 tys. pojazdów, co obniży emisję CO₂ o 16 tys. ton rocznie.

Podobne plany inwestycyjne ma także Norwegia, która chce połączyć największe miasta w kraju siecią autostrad rowerowych. Ma to wpłynąć na obniżenie aż o połowę emisji gazów cieplarnianych do atmosfery.

W Wielkiej Brytanii ma także powstać sieć autostrad rowerowych, jednak najważniejsze planowane przedsięwzięcie to trasa prowadząca przez Londyn. Inwestycja ta ma znacząco wpłynąć na poprawę bezpieczeństwa osób korzystających z rowerów, a tym samym na jeszcze większe upowszechnienie tego środka transportu (<http://innogy.forbes.pl/drogi-rowerowe-w-europie-tu-pomkniesz-na-dwoch-kolkach-autostrada,artykuly,205935,1,2.html>).



Ryc. 32. Parking dla rowerów elektrycznych

Źródło: Forbes.pl (Fot. flickr/ CC BY 2.0/Radschnellweg Ruhr)

Jak wspomniano wyżej, obok bezpieczeństwa kluczową rolę w popularyzacji rowerów jako środka transportu odgrywa komfort użytkownika. Na uwagę zasługują w tym zakresie udogodnienia pojawiające się w obiektach użyteczności publicznej i o charakterze mieszkalnym. W budynkach biurowych od wielu lat instalowane są prysznice umożliwiające pracownikom odświeżenie się, zadbano także o stworzenie bezpiecznych miejsc postojowych. Obecnie infrastruktura potrzebna korzystającym z tego środka transportu dostępna jest także przy kompleksach mieszkaniowych: „Przykładem godnym naśladowania może być apartamentowiec 535W43, mieszczący się na nowojorskim Manhattanie. Na parterze budynku, umieszczono niezwykle pokój rowerowy mierzący aż 80 m², gdzie mieszkańcy mogą przechować lub naprawić swoje pojazdy. Nie każdy kompleks mieszkaniowy w Polsce posiada takie zaplecze, ale mieszkańcy tych najnowocześniejszych osiedli mają do dyspozycji stacje pompowania kół, naprawy czy mycia rowerów. Takie udogodnienia dostępne są m.in. na warszawskim Osiedlu

Mickiewicza” (<http://edroga.pl/mobilnosc/rowerzysci-zajma-centrum-i-zrobia-park-z-parkingu-210913153>).

Przyglądając się innowacyjnym rozwiązaniom problemów związanych z funkcjonowaniem miasta, trudno nie dostrzec rosnącego zaangażowania ze strony mieszkańców. W grę wchodzi już nie tylko partycypacja społeczna i udział w podejmowaniu decyzji dotyczących kształtu wdrażanych inwestycji we współpracy z władzami miasta. Coraz częściej mieszkańcy kreują i urzeczywistniają własne koncepcje. Kluczowym czynnikiem stymulującym opisywane zjawisko jest dostęp do Internetu i mediów społecznościowych, a także coraz łatwiejsze pozyskiwanie informacji. Zbiega się to z rosnącym poziomem świadomości znaczenia zrównoważonego rozwoju i popularyzacją zasad sharing economy, czyli ekonomii współdzielenia.

To ona, wraz z intermodalnością transportu, ma w przyszłości odgrywać coraz istotniejszą rolę w mobilności miast, która wkrótce będzie opierać się na zasadzie „CASE” (Connected, Autonomous, Shared, Electric), czyli połączenie do sieci, autonomiczność, współdzielenie i elektryczność (<http://edroga.pl/mobilnosc/mobilnosc-w-miescie-wyzwania-duzych-aglomeracji-290612828>).

Jednym z powszechniejszych systemów sharingowych obecnych w wielu miastach, w tym także polskich, jest bikesharing, który podobnie jak carsharing cieszy się coraz większą popularnością. Jak wskazują eksperci, współdzielenie może okazać się tym trendem w globalnej ekonomii, który ma szansę zrewolucjonizować oblicze transportu miejskiego.

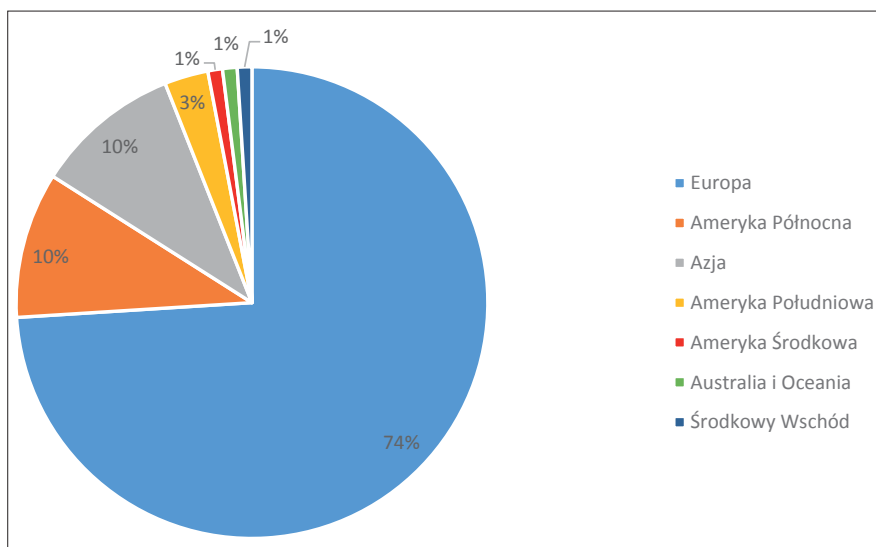


Ryc. 33. System bikesharing w Rzymie i Wiedniu. Fot. Z lewej: bike-sharing.blog-spot.com; z prawej: Autor

2.2. Ekoinnowacje w transporcie miejskim

Od kilku lat w Polsce można śledzić dynamiczny rozwój sieci rowerów miejskich. Pionierem w tym zakresie był Wrocław, gdzie w 2011 roku wdrożono system, rok później dołączyła Warszawa z Veturilo, a w 2013 roku rowery pojawiły się w Poznaniu i Opolu. Obecnie pojazdy dostępne są w aż 14 największych miastach w Polsce, a ich liczba w całym kraju przekroczyła 8 tysięcy (<https://www.signs.pl/nie-tylko-cyklisci:-reklamodawcy-pokochali-rowery,29373,artykul.html>).

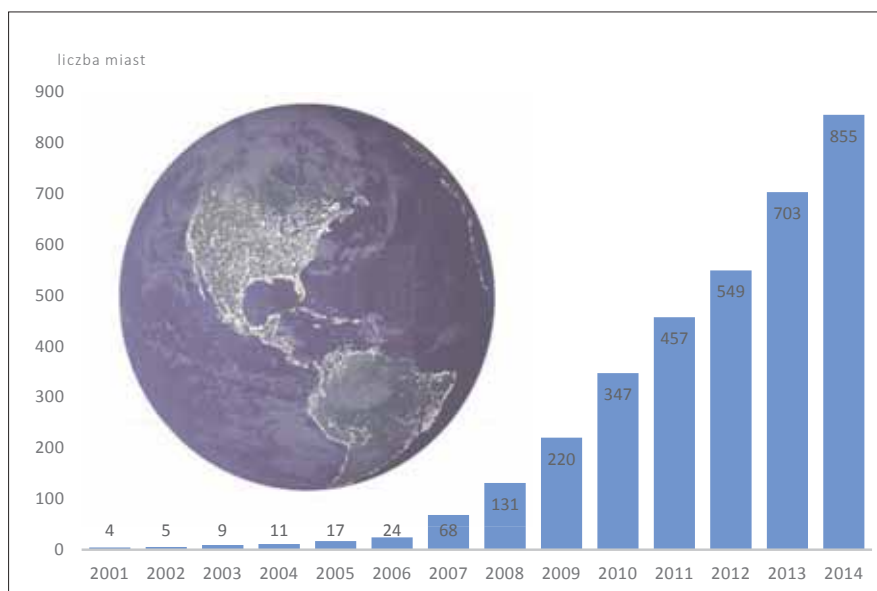
Rozwiązania bikesharingowe szczególne uznanie zyskały na naszym kontynencie. Wśród ogółu miast, które wdrożyły tego typu systemy, aglomeracje europejskie stanowią aż $\frac{3}{4}$. Z kolei w miastach azjatyckich, mimo ogromnej popularności roweru jako środka transportu, usługi tego typu dostępne są tylko w 10% metropolii, podobnie w miastach Ameryki Północnej.



Ryc. 34. Udział miast, w których funkcjonuje system bikesharing w 2014 roku

Źródło: opracowanie własne na podstawie: <http://www.steerdaviesgleave.com/news-and-insights/global-bike-sharing-success>

2. Wybrane doświadczenia miast w zakresie wdrażania ekoinnowacji



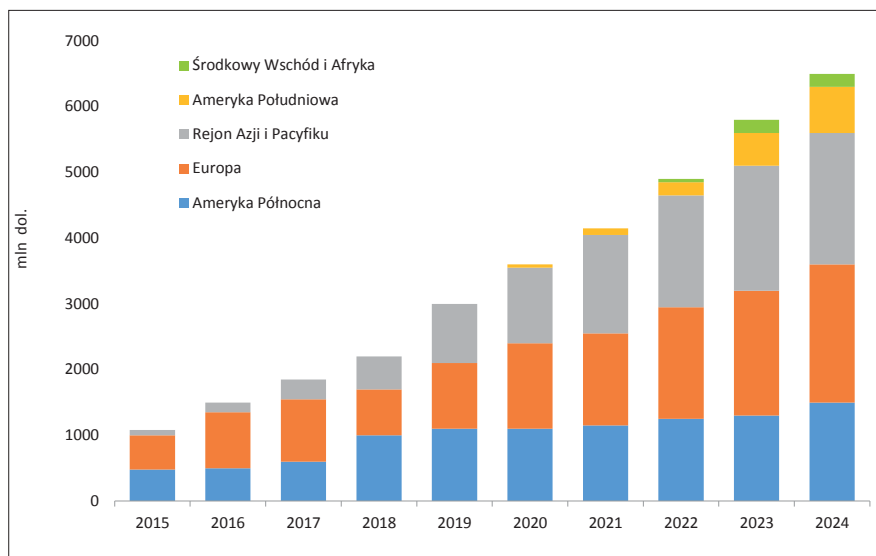
Ryc. 35. Liczba miast, które wdrożyły bikesharing w 2014 roku

Źródło: opracowanie własne na podstawie: <https://www.statista.com/chart/3325/bike-sharing-systems-worldwide/>

Wspomnieć należy o swego rodzaju fenomenie, jakim jest dynamika rozwoju zjawiska bikesharingu (DeMaio, 2009; Shaheen, Guzman, Zhang, 2010). W 2001 roku system ten funkcjonował w zaledwie czterech miastach na świecie, od 2006 roku liczba miast, które zdecydowały się na wprowadzenie tego rozwiązania, rosła w ogromnym tempie, o czym świadczy fakt, że w pod koniec 2014 roku było ich już 855.

Wprawdzie koncepcja bikesharingu jest stosunkowo nowa, jednak pomysł okazał się na tyle atrakcyjny, że szybko został spopularyzowany i stanowi już powszechne rozwiązanie w dużych miastach. To, co można rozpatrywać w kategoriach innowacji, to stosowanie wypożyczanych rowerów jako nośnika reklamowego. Choć zagadnienie to wykracza z pozoru poza ramy poruszanej problematyki, należy jednak zwrócić uwagę, że środki pochodzące od reklamodawców mogą skutecznie zasilać systemy bikesharingowe, dając tym samym możliwość obniżania kosztów korzystania z tej formy transportu miejskiego i wpływając na jego większą dostępność.

Rozwiązaniem polegającym na współdzieleniu środka transportu jest też, obok bikesharingu, carsharing (Millard-Ball, 2005; Shaheen, Cohen, 2007). Udostępnianie samochodów jest wzorowane na wypożyczalniach rowerów publicznych. Idea ta jest adresowana do tych osób, które korzystają z własnego samochodu sporadycznie, co podnosi koszty utrzymania (są wyższe niż okresowy wydatek na wypożyczenie miejskiego pojazdu). Ponadto kłopotliwe parkowanie w zatłoczonym mieście skłania do zdecydowania się na takie rozwiązanie, a 5–10% klientów usług typu carsharing rezygnuje z własnego samochodu. Korzystanie z carsharingu może też ograniczyć liczbę decyzji o zakupie drugiego samochodu dla rodziny. Jak wynika z obliczeń ekspertów, jeden samochód publiczny może zastąpić dziesięć prywatnych samochodów. Ponadto system może stanowić atrakcyjną ofertę dla firm korzystających z auta w centrum miast, bez ponoszenia dodatkowych kosztów z tym związanych (np. wysokie opłaty parkingowe).

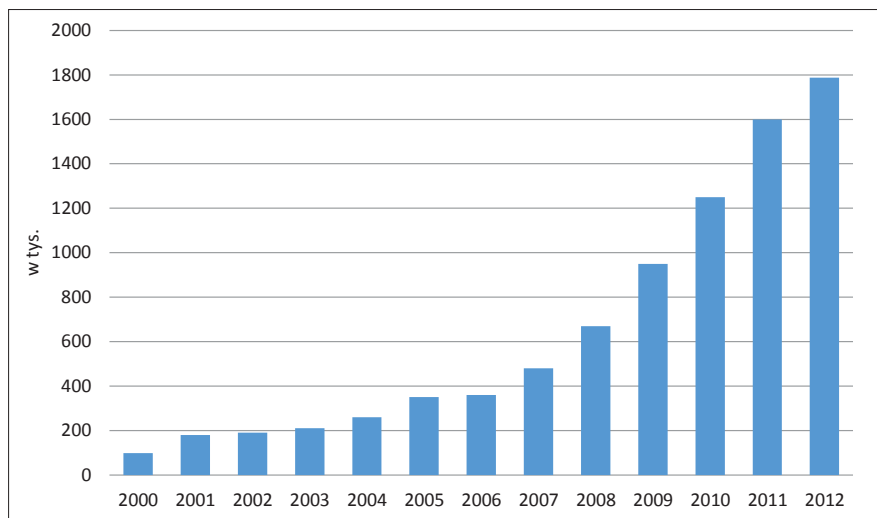


Ryc. 36. Prognoza zysków w przemyśle carsharingowym

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [http:// marketrealist.com/2016/07/automakers-jumping-car-sharing-business/](http://marketrealist.com/2016/07/automakers-jumping-car-sharing-business/)

Optymalnym dla środowiska rozwiązaniem jest carsharing samochodów elektrycznych obecny w Berlinie czy Paryżu. W różnych punktach tych

miast zlokalizowane są miejsca postojowe z ładowarkami. Za niewielką opłatą można wypożyczyć w nich samochód, a następnie zwrócić go w dowolnym miejscu parkingowym należącym do danej sieci. Rozwiązania tego typu działają już w kilkudziesięciu miastach świata, przynosząc największe dochody w regionie Azji i Pacyfiku, Europy i Ameryki Północnej.



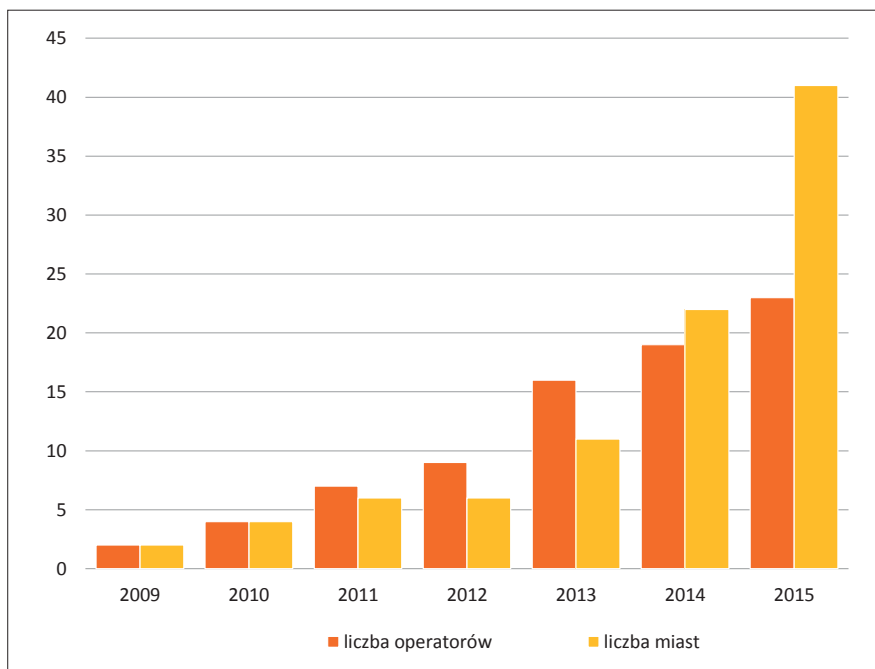
Ryc. 37. Zmiany liczby korzystających z carsharingu (w tys.)

Źródło: opracowanie własne na podstawie: <http://thecityfix.com/blog/four-facts-carsharing-report-emerging-markets-surprise-you-aileen-carrigan/>

W Polsce trwają prace nad miejskim systemem, który ma funkcjonować w Warszawie, choć poważnym mankamentem projektu jest uruchomienie go w oparciu o samochody benzynowe lub hybrydowe, nie elektryczne (<http://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/technologie-spoecznie-wrazliwa-smart-city-30-rozmowa-52189.html>).

Jak podają władze miasta: „Usługa będzie polegała na bezobsługowym, krótkoterminowym wypożyczaniu samochodów. Aby skorzystać z pojazdu, trzeba będzie się zarejestrować w systemie (potwierdzając posiadanie prawa jazdy) i znaleźć lub zarezerwować wolny pojazd. Wypożyczanie będzie maksymalnie proste – za pomocą aplikacji mobilnej, strony WWW lub infolinii. Samochody nie będą zaparkowane na dedykowanych stacjach, można je będzie wypożyczyć i oddać w dowolnym legalnym miejscu parkingowym

na obszarze centrum miasta (obejmującym co najmniej dzielnice Mokotów, Ochota, Praga-Południe, Praga-Północ, Śródmieście, Wola i Żoliborz). Korzystając z auta, można się będzie poruszać także poza tę strefą.



Ryc. 38. Rozwój carsharingu na świecie – zmiany liczby operatorów i miast, w których funkcjonują systemy carsharingu

Źródło: opracowanie własne na podstawie: <http://thecityfix.com/blog/four-facts-carsharing-report-emerging-markets-surprise-you-aileen-carrigan/>

Opłata za wypożyczenie będzie skalkulowana tak, by było ono konkurencyjne w porównaniu do sporadycznego korzystania z własnego auta. A ostateczna stawka zostanie określona w negocjacjach pomiędzy miastem a firmami zainteresowanymi prowadzeniem systemu. Co ważne, będzie to jedyna opłata, jaką ponosi użytkownik – nie trzeba będzie płacić za benzynę czy parkowanie w strefie płatnego parkowania, odpadną też koszty typowe dla utrzymania własnego auta: serwis, ubezpieczenie, utrata wartości pojazdu itd. Dla osób korzystających z auta sporadycznie, kilka razy w miesiącu, wypożyczenie miejskiego samochodu będzie więc bardzo opłacalną alter-

natywą” (<http://edroga.pl/mobilnosc/warszawa-miejskie-samochody-juz-w-2017-310813076>).

Z kolei pierwszym miastem w Polsce, które ogłosiło przetarg na uruchomienie i zarządzanie wypożyczalnią miejskich elektrycznych samochodów, jest Wrocław. System ten ma obejmować około 200 pojazdów i kilkadziesiąt stacji ulokowanych głównie w centrum miasta. Użytkownicy będą zwolnieni z opłat za miejsca w strefie płatnego parkowania, będą mogli korzystać z pasów przeznaczonych dla komunikacji miejskiej, ulic zamkniętych dla ruchu pojazdów oraz specjalnie wyznaczonych około 500 miejsc parkingowych (<http://edroga.pl/mobilnosc/elektryczny-car-sharing-rowniez-w-polsce-020612747>).

Zaawansowane są także prace nad systemem carsharingowym dla Krakowa. Podobnie jak we Wrocławiu przewidziano wiele preferencji dla jego użytkowników, takich jak: korzystanie z buspasów, poruszanie się w strefach ograniczonego ruchu, bezpłatne parkowanie w strefach płatnego parkowania i na miejskich parkingach. Lokalizację wypożyczalni przewidziano w pobliżu przystanków komunikacji zbiorowej, stacji miejskich rowerów, parkingów kubaturowych, co ma zintegrować transport miejski oraz w obszarach z deficytem miejsc postojowych. Większość pojazdów ma mieć charakter typowo miejskich aut osobowych, ale przewidziano także włączenie do systemu kilkunastu małych aut dostawczych (<http://edroga.pl/mobilnosc/elektryczny-car-sharing-rowniez-w-polsce-020612747>).

Rosnące wpływy z usług carsharingowych skłaniają do inwestowania także prywatne firmy. Rozwiązaniem adresowanym głównie do środowiska biznesu (choć nie wyłącznie) jest oferta prywatnej firmy 4Mobility, która jako pierwsza wprowadziła w Polsce (w Warszawie) ten system. Korzystający z jej usług mogą w ciągu 15 minut wynająć samochód, a rezerwacja auta możliwa jest za pomocą aplikacji mobilnej lub komputera. Według szacunków firmy już na starcie z usługi będzie mogło skorzystać ponad 7000 klientów. Korzyści dla firm wiążą się ze zmniejszeniem kosztów związanych z zapewnieniem mobilności pracownikom, ograniczeniem obowiązków administracyjnych wynikających z konieczności rozliczania podróży, wygodą podróżowania i usprawnieniem mobilności pracowników. Dodatkowo uwzględniono także opcję korzystania w ramach usługi z prywatnych przejazdów dla pracowników firm, co może stanowić alternatywę dla transportu miejskiego i prywatnych samochodów osobowych

(<http://www.warsawsmartcity.pl/ruszyl-pierwszy-carsharing-w-warszawie/>; www.4mobility.pl).

W przeciwieństwie do tradycyjnych wypożyczalni samochodów przewagą carsharingu jest znacznie bardziej korzystna cena. Wynika ona z przyjętego rozwiązania, w którym użytkownik płaci za auto tylko wtedy, kiedy realnie z niego korzysta. Liczy się czas oraz pokonany dystans.

Rozwiązania carsharingowe należy jednak przede wszystkim traktować jako cenną inicjatywę wpływającą na podniesienie jakości życia w mieście. Z perspektywy interesu całego miasta, korzystnym efektem tej usługi może być:

- mniejsza liczba samochodów poruszających się po mieście, co oznacza:
- niższe zapotrzebowanie na miejsca parkingowe;
- eliminację lub ograniczenie korków ulicznych;
- zmniejszoną emisję spalin.

Szczególne korzyści wynikają jednak z uruchomienia carsharingu bazującego na samochodach elektrycznych. Można do nich zaliczyć:

- tworzenie infrastruktury w postaci punktów ładowania samochodów, której dostępność wpłynie na popularyzację pojazdów o napędzie elektrycznym;
- promocję transportu przyjaznego środowisku (pojazdy elektryczne są ekologiczne, czyste i ciche, a zatem ich eksploatacja jest bardziej korzystna dla środowiska miejskiego niż konwencjonalne samochody na paliwa kopalne);
- bardziej zrównoważony transport i lepsza jakość życia w mieście
- promocja wizerunku eko-miast.

„Pionierem w dziedzinie takich systemów jest La Rochelle we Francji. Koncepcja jest obecnie podejmowana w Londynie, gdzie w styczniu 2010 r. wprowadzono pierwsze pojazdy elektryczne do istniejących klubów wspólnego korzystania z samochodów. W Paryżu natomiast opracowano plany wdrożenia systemu Autolib obejmującego 3000 pojazdów z 1000 punktów wsiadania dla pasażerów, który ma zacząć funkcjonować w 2011 r. Jest to zdecydowanie początek nowej epoki i nowego rodzaju transportu publicznego.

Z myślą o przyszłości producenci samochodów opracowują nową generację tzw. zaawansowanych samochodów miejskich (ACC), które mają

mniejsze gabaryty i są elektryczne oraz wyposażone w nowe technologie, a dzięki temu bezpieczniejsze, są specjalnie dostosowane do eksploatacji na terenach miejskich (także w klubach wspólnego korzystania z samochodów). W chwili obecnej można oczekiwać znacznych korzyści nawet w związku z samym przejściem na pojazdy elektryczne.

System Liselec w La Rochelle we Francji działa od 1999 r. Zapewnia 50 pojazdów elektrycznych (25 Peugeot 106 i 25 Citroen Saxo) parkujących na 7 stacjach ładowania w pobliżu często wykorzystywanych miejsc w mieście, takich jak dworzec główny, dworzec autobusowy i uniwersytet. Pojazdy są dostępne do jazdy przez całą dobę, siedem dni w tygodniu. Użytkownicy muszą posiadać prawo jazdy, aby wykupić abonament. W zamian otrzymują kartę uruchamiającą każdy z 50 pojazdów. Abonenci płacą za wynajem pojazdów na podstawie czasu ich używania i łącznej liczby kilometrów przejechanych w ciągu miesiąca. Użytkownicy mogą zostawić pojazdy na każdej stacji ładowania, więc mają zapewnione darmowe miejsca parkingowe w mieście. Operator systemu odpowiada za odpowiednie rozmieszczenie pojazdów na stacjach pod koniec dnia, jeżeli jest to konieczne” (http://www.rupprecht-consult.eu/uploads/tx_rupprecht/NICHES_overview_concepts_PL.pdf).

Mierzenie się z problemami transportu w mieście wymaga nie tylko szukania doraźnych rozwiązań, lecz także poszukiwania śmiałych koncepcji, często futurystycznych, które mogą w nieodległej przyszłości znaleźć zastosowania. Jest ich wiele, warto jednak zwrócić uwagę na te, które zostały dostrzeżone przez ekspertów z dziedziny transportu i czekają na realizację.

Bez wątplenia interesującym rozwiązaniem problemu korków na drogach może być chiński pojazd określany jako: „autobus-tunel”, „autobus w rozkroku”, „mobilny robak”, „autobus na szczudłach”. To innowacyjne rozwiązanie umożliwi przede wszystkim płynność ruchu transportu publicznego, co może nakłonić użytkowników samochodów osobowych do zmiany środka lokomocji. Dodatkowo autobus ma być przyjazny dla środowiska, gdyż w porównaniu ze zwykłymi autobusami zużywałby rocznie o 800 ton paliwa mniej, co pozwoliłoby zredukować emisję węgla o 2500 ton. Pomysł na wdrożenie tego typu pojazdów stanowi idealne rozwiązanie dla dużych metropolii, jak np. Pekin (choć koncepcja wzbudziła już duże zainteresowanie we Francji, Brazylii, Indiach i Indonezji), powodując jednocześnie

2.2. Ekoinnowacje w transporcie miejskim

zmniejszenie korków oraz poprawę jakości powietrza. Autobusy miałyby być napędzane elektrycznie i osiągać prędkość średnią około 65 km/h.



Ryc. 39. Stacja ładowania samochodu elektrycznego

Źródło: <http://edroga.pl/mobilnosc/elektryczny-car-sharing-rowniez-w-polsce-020612747>

2. Wybrane doświadczenia miast w zakresie wdrażania ekoinnowacji

Pełnowymiarowa wersja autobusu jest już w budowie (<http://chronmyklimat.pl/wiadomosci/transport/innowacyjny-chinski-autobus-na-szczudlacz-moze-zastapic-az-40-autobusow-i-nie-stac-w-korkach>).

Nieco odleglejsze w czasie mogą być realizacje planów dotyczących pozostałych innowacyjnych środków transportu, choć ich powstawaniu przyświeca obowiązujący już dziś kierunek wyznaczony przez elektryfikację i tworzenie korzystnych warunków do współdzielenia pojazdów.



Ryc. 40. Chiński autobus-tunel. Fot. China TBS Limited

Wpisuje się w te zasady projekt włoskiego inżyniera Tommasa Geccelina, który zakłada budowę sześciuosobowych kapsuł (działających w sieci na zasadzie carsheringu) o konstrukcji umożliwiającej zestawianie modułów w celu złożenia pojazdu o większej pojemności dostosowanej do potrzeb. Next (to nazwa zaproponowana przez projektanta) ma reagować na aplikację, która pozwoli na przywołanie pojazdu. Po drodze program synchronizujący trasę może zabierać kolejnych pasażerów podążających w tym samym kierunku. Na trasie poszczególne moduły łączą się w całość, tworząc kolejkę. Osiem pojazdów o długości 16 metrów będzie w stanie zabrać 50 pasażerów. Przy projektowaniu konstrukcji zadbano o komfort jazdy – kapsuły są

przestronne, łatwo można do nich wsiadać, mają dużą przestrzeń bagażową. Jazdy testowe mogą rozpocząć się już wkrótce na ulicach kilku niemieckich i jednego litewskiego miasta (<http://innogy.forbes.pl/transport-przyszlosci-kapsuly-rowery-i-dronowe-taksowki,artykuly,204654,1,2.html>).



Ryc. 41. Innowacyjne środki transportu (kapsuła Next, PEV i Ehang 184)

Źródło: <http://innogy.forbes.pl/transport-przyszlosci-kapsuly-rowery-i-dronowe-taksowki,artykuly,204654,1,2.html>

Innym interesującym pomysłem na rozwiązanie pojawiających się problemów komunikacyjnych jest projekt elektrycznego pojazdu trójkołowego PEV (Persuasive Electric Vehicle), zaprojektowanego przez Ryana China z Massachusetts Institute of Technology. Pojazd ten wyposażony jest w silnik elektryczny o mocy 250 W, co pozwala osiągnąć prędkość maksymalną 20 km/h. Konstrukcja wykonana z włókna węglowego jest niewielkich rozmiarów, może pomieścić pasażera i jego bagaż (choć możliwe są jego różne warianty, także o większej ładowności). PEV to w założeniu pojazd autonomiczny, poruszający się po trasach przeznaczonych dla rowerów, co powinno odciążać ruch na drogach dla samochodów. Może pełnić funkcję środka transportu publicznego, udostępnianego na zasadach bikesharingu. Ułatwia to jego autonomiczność, dzięki której zamówiony pojazd odbierze pasażera bez konieczności wypożyczenia go w miejscu dokowania, sam także wróci na parking po podróży (<http://innogy.forbes.pl/transport-przyszlosci-kapsuly-rowery-i-dronowe-taksowki,artykuly,204654,1,2.html>).

Równie obiecującym rozwiązaniem może być dron przeznaczony do przewozu pasażerskiego, skonstruowany przez Derricka Xionga. Urządzenie to, nazwane Ehang 184, zasilane jest bateriami elektrycznymi. Prototyp pokonuje dystans do 80 km (baterie pozwalają na ok. 20 minut lotu). Może przewozić maksymalnie dwóch pasażerów o masie do 100 kg. Pewne kwestie konstrukcyjne wymagają jeszcze dopracowania, jednakże atutem tego

pojazdu latającego jest łatwość obsługi – na panelu należy tylko wyznaczyć żądaną trasę.

Eksploatacja Ehang 184 nie jest jeszcze możliwa ze względu na brak regulacji prawnych dotyczących poruszania się tego typu urządzeń w przestrzeni powietrznej (<http://innogy.forbes.pl/transport-przyszlosci-kapsuly-rowery-i-dronowe-taksowki,artykuly,204654,1,2.html>).



Ryc. 42. Hybryda drona i wiatrakowca polskiej konstrukcji. Fot. Politechnika Lubelska

Podobny problem dotyczy konstrukcji opracowanej przez polskich inżynierów z Politechniki Lubelskiej, stanowiącej hybrydę drona i wiatrakowca. Zaletami pojazdu jest energooszczędność oraz funkcjonalność wynikająca z szybkiego startu i lądowania, dostosowanego do różnych warunków, połączona z wysokim bezpieczeństwem osiągniętym dzięki dwóm niezależnym źródłom zasilania. Liczba potencjalnych zastosowań tego statku powietrznego jest długa, z pewnością może odegrać dużą rolę w transporcie publicznym (<http://innogy.forbes.pl/takie-beda-taksowki-w-nieodleglej-przyszlosci-,artykuly,204859,1,1.html>).

Podsumowując rozważania na temat innowacyjnych rozwiązań transportowych w mieście, zarówno tych o charakterze organizacyjnym, jak i infrastrukturalnym, warto zastanowić się nad przyszłą wizją funkcjonowania aglomeracji. Zwłaszcza że coraz częściej pojawia się pytanie o możliwość wykluczenia z nich samochodów. Mieszkańcy Helsinek być może już w 2025 roku będą mogli odpowiedzieć na to pytanie, gdyż władze miasta

rozważają wprowadzenie zakazu używania w ruchu miejskim prywatnych pojazdów. Konkretna data uzależniona jest od tempa rozwoju publicznego transportu, jednak plan taki jest już wcielany w życie.



Ryc. 43. Nowoczesne rozwiązania komunikacyjne w Helsinkach. Fot. Li Jizhi/Xinhua via ZUMA Wire

Jak wskazują komentatorzy: „Taka nowa wizja miasta – jako miejsca, w którym nikt nie jeździ własnym pojazdem – wynika z ekologicznego spojrzenia Finów na świat” (<http://innogy.forbes.pl/helsinki-pierwsze-miastona-swiecie-bez-samochodow,artykuly,206326,1,1.html>). Być może z tego względu powstała koncepcja ma szansę na realizację. Nastawienie mieszkańców odgrywa w nim bowiem kluczową rolę. Z kolei zadaniem władz miasta ma być zapewnienie optymalnego: szybkiego, niezawodnego i taniego systemu transportu publicznego.

Aby skutecznie nakłonić mieszkańców do zmiany przyzwyczajeń w zakresie mobilności, niezbędne są innowacyjne rozwiązania w tym zakresie. W odpowiedzi powstała koncepcja ogólnodostępnych transferowych minibusów. Działałyby dzięki aplikacji w smartfonie, która odpowiadałaby za synchronizację usługi, łącznie z ustaleniem ceny i środka transportu.

Oprócz busów dostępnym środkiem transportu byłyby także rowery miejskie i platformy transportowe (wykorzystywane przy transporcie większych grup).

Proponowane rozwiązania miałyby ekologiczny charakter, uwzględniały zasady odpowiedzialności za otoczenie, współdzielenia (<http://innogy.forbes.pl/helsinki-pierwsze-miasto-na-swiecie-bez-samochodow,artykuly,206326,1,1.html>).

Kompleksowe podejście do kwestii rozwiązywania problemów generowanych przez ruch miejski może sprawić, że jego uciążliwość zostanie znacznie ograniczona. Jak podkreślają urbaniści (<http://edroga.pl/mobilnosc/potrzebne-rozsadne-granice-rozwoju-miast-190512710>), dobrze zaplanowana infrastruktura może stać się częścią wizerunku miasta. Trudno nie zgodzić się z tezą, że całkowite wyeliminowanie ruchu pojazdów z miast nie musi być konieczne. Istotą podejmowanych rozwiązań powinno być utrzymanie go w pewnych rozsądnych granicach, co stanowi wyzwanie dla urbanistów i transportowców. Ich zadaniem jest ograniczenie stale rosnącej liczby pojazdów i stworzenie homeostazy między wszystkimi użytkownikami dróg: kierowcami, pieszymi, rowerzystami i pasażerami komunikacji miejskiej.

Otwartość społeczności lokalnych na nowe rozwiązania, ale i gotowość do narzucenia sobie pewnych ograniczeń potwierdza eksperyment przeprowadzony w Gandawie w ramach projektu Leefstraten – Żyjąca Ulica (<http://innogy.forbes.pl/gandawa-ulice-zmieniaja-sie-w-miejsce-do-piknikowania,artykuly,204598,1,1.html>). Kilka lat temu władze miasta za namową pracowni urbanistycznej przeprowadziły konsultacje społeczne, pytając mieszkańców o ich wizję zagospodarowania fragmentów miasta. Wskazali oni na rozwiązanie polegające na wyeliminowaniu z większych obszarów, zwłaszcza tych położonych w centrum, ruchu samochodowego, zastępując go lepiej doinwestowanym transportem miejskim i upowszechniając ruch rowerowy poprzez zagęszczenie sieci istniejących dróg rowerowych.

Rozwiązanie polegające na otwarciu przestrzeni na mieszkańców jest corocznie wprowadzane okresowo na czas dziesięciu tygodni. Ulice miasta, na których wprowadzane są zakazy ruchu dla samochodów, pokrywane są trawą, zazieleniane, parkingi zamieniane są w plenerowe bary, stanowiąc miejsca pikników, wypoczynku mieszkańców. Powstały w ten sposób teren rekreacyjny stanowi miejsce plenerowych spotkań, wzmacniając i odbudo-

2.2. Ekoinnowacje w transporcie miejskim

wując więzi sąsiedzkie. Daje też możliwość wytchnienia od uciążliwości, jakie powoduje transport.



Ryc. 44. Ulice Gandawy

Źródło: <http://innogy.forbes.pl/gandawa-ulice-zmieniaja-sie-w-miejsce-do-piknikowania,artykuly,204598,1,1.html>

Koncepcja zmiany sposobu zagospodarowania ulicy pojawiła się też w Polsce. Wrocławska ulica św. Antoniego, zlokalizowana w bardzo atrakcyjnym miejscu, w pobliżu Rynku, pełniła dotąd przede wszystkim funkcję parkingu (<http://edroga.pl/mobilnosc/wroclaw-ulica-dla-mieszkancow-a-nie-samochodow-260212468>). Mimo obecności zabytków, kawiarni, pubów i klubów duże natężenie ruchu pojazdów stanowiło poważny mankament i obniżało jej funkcjonalność. W odpowiedzi na to wyzwanie władze

miasta, po konsultacji z mieszkańcami, zdecydowały się na wdrożenie szeregu rozwiązań zmieniających charakter tej przestrzeni. W projekcie postawiono na poprawę bezpieczeństwa pieszych i rowerzystów, planując zastąpienie przestrzeni parkingowych elementami małej architektury o takim układzie, by ulica przestała być miejscem zajęтым przez samochody, a stała się bezpieczna, przyjazna i bardziej estetyczna.

Podobne rozwiązania, polegające przede wszystkim na uspokojeniu ruchu na ulicy, wprowadzane są też w innych polskich miastach i za granicą. Przyczyną ich powodzenia jest odczuwalny wzrost bezpieczeństwa użytkowników oraz pozytywny odbiór ze strony mieszkańców pozyskanej przestrzeni publicznej o nowej jakości.

Niezależnie jednak od stopnia zaawansowania wybranych rozwiązań trzeba mieć świadomość, że dalszy rozwój miast nie jest możliwy bez podejmowania wysiłków zmierzających do odchodzenia od motoryzacji indywidualnej w kierunku transportu publicznego, rowerów i ruchu pieszego, ograniczania ruchu pojazdów w wybranych strefach, podnoszenia opłat parkingowych. Sprawna alternatywa dla samochodów osobowych to multimodalny transport miejskiego, czyli taki, w którym jego komponenty dobrze ze sobą współgrają, tworząc spójny system. Mimo nakładów inwestycyjnych wymaganych w trakcie wprowadzanych zmian miasta mogą osiągać realne oszczędności (<http://edroga.pl/mobilnosc/mobilnosc-w-miescie-wyzwania-duzych-aglomeracji-290612828>).

2.3. Ekoinnowacje w zrównoważonym budownictwie w miastach

Rynek budowlany jest jednym z największych na całym świecie. Według danych Eurostatu jest „odpowiedzialny” za 10% wytwarzanego PKB w Unii Europejskiej. Sektor ten generuje również wiele miejsc pracy i przyczynia się do 7,22% całkowitego zatrudnienia w UE. Niemniej jednak w związku z tym wpływ sektora budowlanego na środowisko przyrodnicze jest ogromny, bowiem w sposób bezpośredni przyczynia się do degradacji środowiska naturalnego i związanego z tym pogarszania się jakości i warunków życia. James Wines (2008) wskazał, iż budownictwo pochłania $\frac{1}{6}$ zasobów słodkiej wody, odpowiada za $\frac{1}{4}$ powierzchni wyrębu lasów, zużywa $\frac{2}{5}$ zasobów pa-

liw płynnych oraz produkowanych materiałów. Jest również odpowiedzialne za zużycie ok. 70% energii elektrycznej. Z uwagi na powyższe szczególnie w tym obszarze konieczne było przeprowadzenie swego rodzaju ekoreformy i zmiany paradygmatu myślenia z ryzykownego dla naszego dalszego życia na Ziemi, bliskiego kapitalizmowi – na bardziej zrównoważony, a co za tym idzie proekologiczny (Leźnicki, Lewandowska, 2014). W tym celu podejmuje się szereg starań, by budownictwo stało się bardziej ekologiczne i wykorzystywało szereg ekoinnowacji.

Rozważając kwestie ekoinnowacji w budownictwie, należy rozpocząć od przybliżenia w skrócie, czym jest budownictwo zrównoważone. Jest ono niczym innym, jak wdrażaniem idei zrównoważonego rozwoju w ten sektor gospodarczy. Podejmowane działania uwarunkowane są ściśle określonymi regułami, wśród których wymienia się m.in.: efektywne wykorzystanie odnawialnych źródeł energii oraz energooszczędność, stosowanie surowców przyjaznych środowisku i dających się ponownie wykorzystać, zapobieganie zanieczyszczeniom powietrza, wody oraz gleby, zintegrowanie ze środowiskiem przyrodniczym i społecznym oraz oszczędne użytkowanie terenu (Iwanek, 2009; Kamionka, 2010; Leźnicki, Lewandowska, 2016). Budownictwo zrównoważone może zatem rozwiązywać szereg problemów środowiskowych poprzez wprowadzanie innowacyjnych technologii, poprawę efektywności energetycznej oraz zwiększenia udziału energii odnawialnej w całościowej produkcji energii (Chodowska, Szymańska, 2014). Wszelkie zatem innowacje w aspekcie budownictwa zrównoważonego będą wpisywały się w zakres ekoinnowacji, czyli przyjaznych dla środowiska przyrodniczego rozwiązań techniczno-technologicznych.

W sektorze budowlanym z nowymi rozwiązaniami możemy się spotkać na wielu płaszczyznach. Przykłady kierunków innowacji w branży budowlanej podaje Runkiewicz (2012).

2. Wybrane doświadczenia miast w zakresie wdrażania ekoinnowacji



Ryc. 45. Przykłady innowacji w branży budowlanej

Źródło: opracowanie na podstawie Runkiewicz, 2012.

Innowacje w budownictwie nakierowane są w znacznej mierze na minimalizację utrudnień realizacyjnych, wynikających ze specyfiki produkcji budowlanej (Bizon-Górecka, 2007). Współcześnie dąży się do uproszczenia i skrócenia czasu budowy, dlatego też korzysta się w jak największym stopniu z gotowych elementów. Przykładem takich rozwiązań jest system budowlany „Milokum”, korzystający z lekkiego stalowego szkieletu budowlanego, pozwalającego na wzniesienie budynku do pięciu kondygnacji. Jak trafnie zauważa Bizon-Górecka (2007), „do montażu całego budynku potrzeba kilku pracowników, którzy wnoszą go, układając moduły jeden na drugim (bez stosowania rusztowań). Równie łatwo budynek można zde-

montować i przenieść w dowolne miejsce. Zaletą tej technologii jest ograniczenie prac na placu, co oznacza uniezależnienie od warunków atmosferycznych” (Bizon-Górecka, 2007: 46). Poszukiwanie prostych rozwiązań w branży budowlanej rozwiązuje problemy logistyczne, a także usprawnia cały proces realizacyjny.

Kolejnych rozwiązań przyjaznych środowisku należy szukać w technologiach związanych z systemami grzewczymi i wentylacyjnymi. Na jednym z uniwersytetów w Szwajcarii planuje się stworzenie nowoczesnego systemu ogrzewania, który będzie wykorzystywał ciepło wytworzone latem. W okresie letnim bowiem zarówno urządzenia, serwery komputerowe, jak i ludzie produkują dużo ciepła, a i temperatura powietrza jest wysoka. Naukowiec Gehrard Schmitt opracował system, który będzie gromadził ciepłe powietrze, magazynował je w podziemiach, by zimą mogło ono zostać wykorzystywane do ogrzewania budynków. Z kolei amerykańska firma Amazon mieszcząca się w Seattle ma w planach, by ich centrum danych, gdzie zlokalizowane są serwerownie, było chłodzone wodą, która następnie zostanie przesłana podziemnymi rurami do pobliskich biur Amazonu. Tam, oddając swoje ciepło do kaloryferów, ma ogrzewać biura. Władze Seattle oceniają, że ciepło generowane przez komputery wystarczy do ogrzewania więcej niż tylko trzech budynków Amazonu, i w przyszłości proekologiczne rozwiązania zostaną wykorzystane w innych biurach znajdujących się w sąsiedztwie. Tego typu technologii, w której budynki ogrzewane są przez serwery komputerowe, spotykamy m.in. w serwerowniach IBM-u w Finlandii i Szwajcarii oraz w brytyjskim data center firmy Telehouse (Michalik, 2014).

Innym przykładem ekoinnowacji są materiały i technologie budowlane. Pochodzą one najczęściej z recyklingu, ale tworzy się też nowoczesne ekologiczne materiały budowlane, które wykonane są z odnawialnych zasobów, biopolimerów, innowacyjnych włókien wzmacniających oraz hybrydowych organicznych i nieorganicznych kompozytów (Gou i in., 2013; Francese i in., 2013). Najpopularniejszy budulec, jakim jest beton, również zastępowany jest bardziej przyjaznym środowisku odpowiednikiem, w którego skład wchodzi biomasa (łupiny kokosów lub migdałów). Technologia polegająca na zastąpieniu wchodzącego w skład betonu kruszywa właśnie biomasą opracował hiszpański Instytut Technologii Budownictwa Aidico (Bandosz, 2014; Lewandowska, 2015).

Jedną z pierwszych innowacyjnych technologii w zakresie materiałów budowlanych przyjaznych środowisku był beton komórkowy. Do jego produkcji stosuje się naturalne surowce, takie jak piasek, wapno, wodę oraz niewielkie ilości cementu i anhydrytu. Wspomniany skład decyduje o zdrowotności materiału i znikomej naturalnej promieniotwórczości. Cechuje go niska waga w stosunku do dużej objętości, dobre właściwości termoz izolacyjne, wysoka wytrzymałość na ściskanie, dobra izolacja akustyczna oraz ogniowa, mrozoodporność, a także odporność na korozję i działanie czynników biologicznych. Zaliczany jest do betonów lekkich, jego gęstość objętościowa waha się od 350 do 700 kg/m³. W tej technologii mogą powstać zarówno ściany jednowarstwowe, jak i dwuwarstwowe, które gwarantują optymalny mikroklimat pomieszczeń oraz charakteryzują się powolnym oddawaniem ciepła. Wpływa to bardzo korzystnie na komfort cieplny pomieszczeń, dzięki czemu zimą jest ciepło, latem zaś chłodno. Do jego produkcji można wykorzystać również kruszywo pochodzące z recyklingu glinianych cegieł, co decyduje o jego zmniejszeniu wagi, jak również styropianu ekspandowanego, pochodzącego także z recyklingu. Gruz powstały podczas budowy z wykorzystaniem betonu komórkowego można wykorzystać do produkcji nowych materiałów ściennych, do stabilizacji i poprawy właściwości gleby. Ponadto z uwagi na dużą porowatość produktu ubocznego można go zastosować jako żwir do kuwety dla kota i innych zwierząt domowych (Adamczyk, 2014).

Połączenie osiągnięć nauk biologicznych z budownictwem dało również owoce w postaci biobetonu. Jego właściwości skupiają się na samonaprawianiu w momencie pojawienia się pęknięć. Standardowy beton łatwo ulega mikrouszkodzeniom, które obniżają jego wytrzymałość. Często w powstałe szczeliny dostaje się wilgoć, co może prowadzić do korozji zbrojenia. Naukowcy Henk Jonkers i Eric Schlangen z Uniwersytetu Technologicznego w Delf prowadzą badania mające na celu stworzenie biobetonu ze zdolnością do samonaprawy. Inspiracją jest dla nich świat przyrody, w którym nieraz obserwuje się przykłady samouzdrawiania i samoregeneracji organizmów żywych. W swojej technologii posłużyli się bakteriami, które miały wypełniać uszkodzenia powstałe w betonie. Do swoich eksperymentów naukowcy wykorzystali dwa gatunki bakterii z rodzaju *Bacillus*, które w uśpieniu potrafią przetrwać do 200 lat, a uaktywnić się dopiero w momencie pojawienia się uszkodzeń w materiale. Cały proces opiera się na

wprowadzeniu do mieszanki cementu mleczanu wapnia wraz ze szczepami bakterii w specjalnych biodegradowalnych kapsułach. Gdy w betonie pojawia się szczelina, woda w niej się znajdująca otwiera kapsuły i aktywuje proces biologiczny. Bakterie rozpoczynają się namnażać, a w rezultacie dzięki specjalnemu pożywieniu wytwarzają kalcyt lub wapń (<http://futu.pl/biobeton/>). Samonaprawa betonu może potencjalnie wydłużyć żywotność nawierzchni i struktur o 50%, a także przyczynić się do rezygnacji z kosztownych napraw (<http://inhabitat.com/scientists-developing-self-healing-concrete-with-micro-capsules-and-bacteria/>).

Międzynarodowy zespół składający się z angielskich, hiszpańskich i brazylijskich naukowców opracował nowy rodzaj cementu produkowany z odpadów ceramicznych (takich jak toalety, wanny, umywalki itp.). Nowa mieszanina ma ogromny potencjał, aby być jeszcze silniejszym i trwalszym materiałem budowlanym aniżeli stosowany na całym świecie konwencjonalny cement. Powstaje ona ze zmielonych odpadków ceramicznych, które łączy się z wodą i roztworem pełniącym funkcje aktywatora. W tym celu jak dotychczas wykorzystuje się wodorotlenek sodu lub krzemian sodu. Następnie roztwór ten wlewa się do formy i wystawia na działanie wysokich temperatur, w wyniku czego masa zostaje scalona. Wspomniana grupa badawcza obecnie zajmuje się zastąpieniem aktywatora rozdrobnionymi łuskami ryżu, by cement był w całości produkowany wyłącznie z materiałów pochodzących z recyklingu (<http://inhabitat.com/tag/green-building-materials/>).

Inną nowatorską technologią w zakresie materiałów budowlanych jest możliwość pochłaniania dwutlenku węgla przez tężący cement. Angielska firma Novacem wytwarza cement, który twardniejąc, pochłania dwutlenek węgla z atmosfery, redukując „ślad ekologiczny”. Ich technologia oparta jest na mieszance tlenku magnezu i specjalnych dodatkach mineralnych, takich jak wapień i węglan wapnia posiadających zdolność absorbowania CO₂ (<http://inhabitat.com/novacem-develops-carbon-eating-green-cement/>).

Bliźniaczą innowację można spotkać w mieście Bilbao, słynącym z wdrażania ekologicznych technologii. W mieście tym zastosowano innowacyjne rozwiązania w postaci płyt chodnikowych wykonanych z materiałów zdolnych pochłaniać dwutlenek węgla. Jest to możliwe dzięki opracowaniu przez hiszpańską firmę Geosilex Metal Braid SL we współpracy z University of Granada specjalnego dodatku do betonu w postaci pasty.

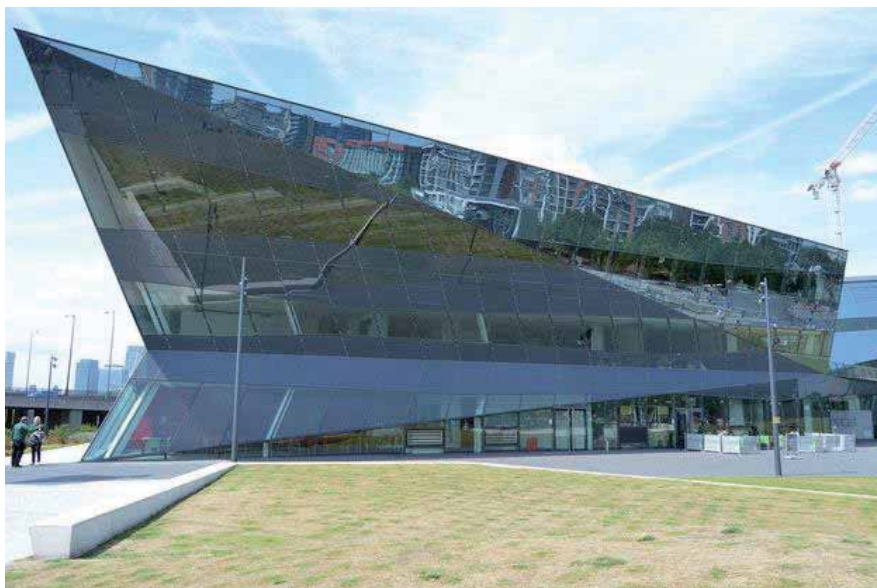
Cement pozyskiwany w całości z odpadów przemysłowych ma zdolność pochłaniania CO₂ z atmosfery. Dwutlenek węgla jest bowiem cięższy od tlenku, opada w kierunku ziemi, gdzie wskutek prostej reakcji chemicznej jest absorbowany przez płyty chodnikowe. Sama płyta zaś poprzez absorpcję nie zwiększa swojego rozmiaru, a wagę. Korzyści z zastosowania tej technologii są nie do przecenienia, gdyż jeden metr kwadratowy tychże płytek jest w stanie oczyścić z dwutlenku węgla ponad 5000 metrów sześciennych powietrza. W momencie gdy przemierzamy to przez powierzchnię chodników, skwerów oraz innych powierzchni betonowych w mieście, otrzymamy całkiem imponujący rezultat. Co ciekawe, firma GeoSilexu oferuje także płyty elewacyjne do budynków, przez co ściany mają zdolności oddychania (Proczek, 2014).

O ile wspomniane powyżej rozwiązania zdają się w przyszłości bardzo realne, ostatnia z ekoinnowacji z zakresu materiałów budowlanych ma znamiona futurystyczne. Są to technologie inspirowane światem natury, np. „ściany oddychające”. Realizowany w Chinach projekt Habitat 2020 uwzględnia właśnie tego typu rozwiązania. „Ściany oddychające” zbudowane są z membrany zawierającej w sobie otwory komórkowe, które zaangażowane są w wymianę gazową pomiędzy wnętrzem budynku a środowiskiem zewnętrznym. Projekt wzorowany jest na świecie roślinnym, a precyzyjniej na strukturze liścia, bowiem to specjalne komórki gromadzą wodę, oddychają i wykorzystują promieniowanie słoneczne (Rao, 2014).

W Polsce innowacyjne rozwiązania w zakresie budownictwa oferuje m.in. firma Sika. Na każdym etapie budowy zapewnia ona nowoczesne technologie i produkty. Dzięki licznym domieszkom do betonu, cementu czy zapraw gotowe wyroby cechują się większą urabialnością, szczelnością, trwałością oraz wytrzymałością. Jedną z nowych technologii wprowadzonych na rynek przez wspomnianą firmę jest system izolacji konstrukcji podziemnych SikaProof, możliwy do zastosowania w budowłach hydrotechnicznych oraz w basenach, zbiornikach, w tym także na wodę pitną, a także w obiektach oczyszczalni ścieków. Coraz popularniejsze zielone dachy czy też dachy solarne wymagają odpowiedniego pokrycia, w tym celu wykorzystywać można systemy membran płynnych. Jest to materiał o niskiej emisji zapachu i znacznie obniżonej zawartości rozpuszczalników i lotnych związków organicznych, oparty na opatentowanej technologii utwardzania i-Cure®. Został specjalnie opracowany do stosowania w obiektach wraz-

liwych, takich jak szpitale, zakłady produkujące żywność i szkoły (Sika, 2015).

Efektom połączenia technologii proekologicznych w budownictwie są najczęściej ekologiczne budynki. Wśród najbardziej ekologicznych budynków na świecie wymienia się chociażby Crystal w Londynie. Stanowi on centrum zrównoważonego rozwoju miejskiego firmy Siemens. Znajduje się tu centrum konferencyjne, mieści się także wystawa dotycząca zagadnień związanych ze zrównoważonym rozwojem miast. Jest to miejsce spotkań i wymiany myśli zarówno uczonych, jak i praktyków zajmujących się szerzeniem wiedzy w tym zakresie. Wpisuje się to w reprezentowaną przez firmę Siemens politykę wdrażania zasad zrównoważonego rozwoju we wszystkich aspektach życia codziennego. Dlatego też firma stworzyła swego rodzaju ośrodek zrównoważonego rozwoju urbanistycznego, do którego mają przybywać nie tylko ważni decydenci, urbaniści, planiści, architekci, ale również zwykli mieszkańcy, studenci i uczniowie, czyli wszyscy zainteresowani inteligentnym i ekologicznym rozwojem miast (<https://www.thecrystal.org/>).



Ryc. 46. Crystal w Londynie

Źródło: <http://www.geograph.org.uk/photo/4799806>

Sam budynek wykorzystuje innowacyjne rozwiązania w zakresie pozyskiwania energii, opierając się na energii słonecznej oraz zainstalowanych w głębi ziemi pompach ciepła, dzięki którym nie stosuje paliw kopalnych. Ilość materiałów, z których został wykonany obiekt, została zminimalizowana, natomiast te zastosowane przy budowie nadają się w przyszłości do recyklingu. Na dachu zostały zainstalowane nowoczesne panele fotowoltaiczne, które zapewniają dostęp do energii elektrycznej. Samowystarczalność budynku przejawia się również w systemach chłodzenia i ogrzewania, opartych na pompach ciepłych, które dostarczają ciepłą wodę do kranów. Ponadto w każdym z pomieszczeń znajdują się czujniki rejestrujące liczbę osób w pokoju i tym samym automatycznie dostosowują poziom wentylacji bądź ogrzewania. Dodatkowo system oświetlenia za sprawą szklanej fasady budynku w sposób maksymalny korzysta z naturalnego światła dostającego się do wnętrza budynku, zaś inteligentne technologie firmy Osram kontrolują poziom nasycenia światła i w miarę potrzeby są w stanie uruchomić sztuczne oświetlenie. Obieg wody także został precyzyjnie określony, by żadna kropla się nie zmarnowała. Woda deszczowa zostaje zebrana i zgromadzona w podziemnych zbiornikach, by następnie być oczyszczoną i zdatną do picia. Ponownie wykorzystana jest także woda pochodząca ze ścieków komunalnych, zostaje ona oczyszczona i kierowana do toalet. Budynek ma również stację ładowania samochodów elektrycznych, które stają się coraz popularniejsze w Londynie (Pawlak, Mazurek, 2012).

Podobnym przykładem obiektu pełniącego funkcję edukacyjną jest projekt pracowni Mithun dla stowarzyszenia amerykańskich skautów. Budynek jest wielopoziomowy, idealnie wkomponowany w las, który go otacza. Ma on służyć do ćwiczeń, zabawy oraz przede wszystkim do edukacji środowiskowej prowadzonej na wszystkich poziomach, poczynając od ziemi, przez korony drzew, a skończywszy na niebie. Ta zastosowana metafora edukacji środowiskowej ma skłonić najmłodszych do większej refleksji nad wpływem człowieka na środowisko przyrodnicze. Budynek ma ponadto niezależny system energetyczny, jest zeroemisyjny, co zawdzięcza między innymi własnym farmom słonecznym i wiatrowym oraz zintegrowanemu systemowi odzysku wody deszczowej (<http://www.archdaily.com/484334/the-sustainability-treehouse-mithun>).

Innym przykładem ekologicznego budynku jest siedziba Rady Miejskiej w Bolonii, autorstwa Mario Cucinella Architects. W skład tkanki urbani-

stycznej wchodzi trzy budynki, które połączone są ze sobą szklanym dachem. Po stronie wschodniej i zachodniej rozpościerają się tereny zieleni, a po stronie południowo-wschodniej umieszczona jest fontanna zasilana wodą deszczową. Jest ona także wykorzystywana do podlewania roślin oraz spłukiwania toalet, by w jak największym stopniu ograniczać zużycie wody pitnej. Architektura dostosowana jest do tamtejszych warunków klimatycznych, dzięki czemu wewnątrz obiektu nawet w upalne dni temperatura powietrza jest niższa, tworząc tym samym przyjemny mikroklimat. Sprzyja temu również orientacja budynku na osi północ-południe, co umożliwia wykorzystanie zysków energii solarnej zimą, a latem systemu chłodzenia za pomocą swobodnego przepływu powietrza. Również układ budynku sprzyja wykorzystaniu naturalnego systemu wentylacji za sprawą uwzględnienia dominującego w tamtym regionie południowego kierunku wiatrów. System oświetlenia także oparty jest na naturalnym świetle. Latem padające pod dużym kątem promienie słoneczne są odbijane, co zapobiega przegrzewaniu budynku wewnątrz, natomiast zimą, gdy kąt padania słońca jest niewielki, promienie bez problemu mogą przedostać się do środka (Widera, 2014).



Ryc. 47. Siedziba Rady Miejskiej w Bolonii

Źródło: <http://www.chinese-architects.com/files/projects/3729/images/600%3Aw/a5.jpg?1373557834>, aut. Daniele Domenicali

Innowacyjnym rozwiązaniem jest także usytuowanie domu na wodzie. Takich projektów pojawia się coraz więcej. Jednym z najbardziej spektakularnych jest WaterNest 100. Stworzona przez włoskiego architekta Giancarlo Zema konstrukcja ma 100 m² powierzchni mieszkalnej i zbudowana jest na planie koła o średnicy 12 m i wysokości 4 m. Ten designerski budynek jest w pełni przyjazny środowisku, energię elektryczną pozyskuje dzięki zainstalowanym na dachu panelom słonecznym o mocy 4 kWp, a zbudowany jest w 98% z materiałów pochodzących z recyklingu drewna klejonego oraz aluminium. Ponadto dzięki wprowadzeniu systemu wewnętrznej mikrowentylacji i klimatyzacji WaterNest 100 cechuje się bardzo niskim zapotrzebowaniem na energię. Projekt zachwyca swoim kształtem i idealnym wkomponowaniem w środowisko przyrodnicze. Autor przyznaje bowiem, że jego inspiracją były gniazda ptaków, które podziwiał za harmonię i zintegrowanie z naturą. Domy te zapewniają swoim użytkownikom niebywały komfort oraz – co ważne – relaks, spokój oraz kojące odgłosy szumiącej wody (<https://www.przystanek-eko.pl/2015/09/ekologiczny-dom-na-wodzie/>). Mogą być budowane zarówno na akwenach słodkowodnych, jeziorach czy też rzekach, jak również na spokojniejszych zatokach oraz obszarach morskich. Budynki mogą pełnić funkcję mieszkalną, ale także usługową, w tym biurową i restauracyjną.

Wśród polskich przykładów ekologicznych budynków są również te wykonane z naturalnych materiałów. Na Dolnym Śląsku we wsi Gajówka, w gminie Mirsk, niedaleko Jeleniej Góry powstał pierwszy dom w Polsce zbudowany w całości z kostki słomianej i gliny. Pomysłodawcą tego projektu jest Reichert Moritz, który wypracował technikę konstruowania gotowych modułów słomiano-gliniastych. Jak pisze Hernik (2010), „każdy z elementów składa się z drewnianej ramy, poprzetykanej listewkami, które w efekcie tworzą coś w rodzaju delikatnej siatki. W każde „oczko” takiej konstrukcji wciska się kostkę słomy. Potem, gdy cały moduł jest wypełniony materiałem, powleka się go pierwszą warstwą gliny. Moduły mają zwykle wymiary 2,5m x 2,5m x 0,28m. Tak przygotowane elementy następnie składa się w dom” (Hernik, 2010). Ściany nośne takiej konstrukcji powstają z ułożonych równo sprasowanych kostek słomy lub też z tak zwanych bloczków gliniano-słomianych układanych podobnie jak cegły. Gлина, którą tynkuje się słomiane ściany, pełni funkcję ochronną, zabezpieczającą przed ogniem, wilgocią i równocześnie zapewnia doskonałą wymianę powietrza. Dużą za-

letą tego projektu jest jego prostota i łatwość przy składaniu odpowiednich modułów. Wystarczy bowiem jeden dzień, by złożyć wcześniej przygotowane ściany i zabezpieczyć je przed wilgocią. Pewnym mankamentem tego rozwiązania nie jest wcale łatwopalność tego typu konstrukcji, jak mogłoby się wydawać na pierwszy rzut oka, lecz szczególna dbałość o ochronę przed wilgocią. W innym przypadku może ona spowodować osłabienie konstrukcji, jednak zaimpregnowanie ścian gliną i stosunkowo wysokie fundamenty domu skutecznie przed tym ryzykiem zabezpieczają (Hernik, 2010).



Ryc. 48. Ekologiczne domy na wodzie WaterNest 100

Źródło: <http://cdn.bestdesignideas.com/wp-content/uploads/2015/07/WaterNest-100-Floating-House-by-Giancarlo-Zema-1.jpg>; <http://www.giancarlozema.com/media/gdz/WaterNest-100-10.jpg>

Nowoczesne rozwiązania zostały wdrożone w innym projekcie architektonicznym autorstwa Roberta Koniecznego z KWK Promes. Jego ideą było stworzenie domu jednorodzinnego w pełnej integracji z naturą, dlatego też szczególnie część dzienna domu usytuowana na parterze jest wkomponowana w ogród i otwarta na otoczenie. Jedynie szklane ściany w jakiś sposób zapewniają schronienie przed niekorzystną pogodą. Wykonane są ze specjalnego tworzywa, które pozwala promieniom słońca przedostawać się zimą do wewnątrz, a latem je odbijać. Ponadto z zewnątrz odbijają światło w taki sposób, aby zapewnić mieszkańcom poczucie intymności i komfortu. Projekt został zrealizowany w Izbicy pod Warszawą. Działka, na której stoi dom, leży na szczycie skarpy i z niej rozpościera się przepiękny widok na rzekę Narew. Projekt Living-Garden House stanowi przykład nie tylko idealnego wkomponowania w środowisko przyrodnicze, ale również zminimalizowania negatywnego oddziaływania budynku na otoczenie. Dom jest niskoemisyjny, bardzo dobrze zaizolowany, przez co ograniczone są straty ciepła zimą. Podobne rozwiązania architektoniczne zastosowane zostały w domach we Wrocławiu oraz w Katowicach, a sam projekt otrzymał nagrodę w kategorii dzieło eksportowe w konkursie Architektura Roku 2014 Województwa Śląskiego oraz nominację do European Union Prize for Contemporary Architecture – Mies van de Rohe Award 2015 (<http://archinea.pl/living-garden-house-w-izbicy-robert-konieczny-kwk-promes/>).

Powyżej omówiono rozwiązania, które zostały wdrożone we współczesnym budownictwie, ale należy wspomnieć też o tych pomysłach, które znajdują się w fazie projektowej. Jednym z nich jest Anti Smog autorstwa Vincenta Callebauta, łączący w sobie wiele innowacyjnych rozwiązań, wzorowany na świecie przyrody. Anti Smog wpisuje się w nurt architektury bionicznej i zaskakuje swoim nowoczesnym kształtem przypominającym kroplę wody połączoną z wieżą wiatrową. Ten w pełni ekologiczny budynek oprócz zastosowania w nim ekoinnowacyjnych technologii środowiskowych ma również szczególną funkcję, a mianowicie ma być katalizatorem powietrza i oczyszczać je z zanieczyszczeń. Jest to niewątpliwie bardzo pożądane działanie z uwagi na wszechobecny w wielu miastach na świecie smog. Paryż, w którym ma powstać owy projekt, również boryka się z problemem dużego zanieczyszczenia powietrza. Zdarza się bowiem, iż smog skutecznie paraliżuje miasto, a spadające później kwaśne deszcze dodatkowo negatywnie oddziałują na tamtejszą zabytkową architekturę oraz środowisko przy-

rodnicze miasta. Anti Smog byłby doskonałym rozwiązaniem tej problematycznej sytuacji oraz stworzyłby przyjazną przestrzeń miejską, łączyłby bowiem wiele funkcji: użytkowe, edukacyjne, kulturowe. Cały kompleks ma składać się, jak już sygnalizowano powyżej, z dwóch budynków. Zawieszona nad kanałem de l'Ourcq Słoneczna Kropla oprócz zainstalowania na jej fasadzie paneli fotowoltaicznych ma być pokryta warstwą dwutlenku tytanu. Ten związek chemiczny ma przyczynić się do oczyszczania powietrza ze smogu. Autor projektu wskazuje na fotokatalityczne właściwości dwutlenku tytanu przejawiające się w absorpcji szkodliwych zanieczyszczeń, a cały proces określa jako recykling chmury szkodliwych gazów, powstałej w wyniku intensywnego ruchu samochodowego w Paryżu (Górecki, 2009). Drugim obiektem połączonym specjalnym mostem jest Wieża Wiatrowa będąca potężną turbiną wiatrową, generującą energię elektryczną. Jej oś nie będzie pozioma, tak jak w standardowych turbinach, lecz pionowa, działając na zasadzie turbiny Darrieusa. We wnętrzu wieży ma znajdować się galeria sztuki oraz podniebny ogród, do którego będzie prowadzić spiralnie zakręcona ścieżka.

Interesującym projektem, który został zrealizowany i stworzony przez holenderskie biuro Grontmij we współpracy z Soeter Van Eldonk Architects, jest budynek Wuhan New Energy Center, nazywany również Kwiatem Energetycznym. Koszt inwestycji wyniósł 50 mln dolarów i budynek niedawno został oddany do użytku. Obiekt ma powierzchnię 70 000 m² i ma służyć jako centrum dla Uniwersytetu Wuhan. Mieści się tam także jeden z najważniejszych na świecie ośrodków badań i rozwoju nowych technologii energetycznych. Budynek przypomina gigantyczną 140-metrową lilię, bowiem centralnie usytuowana wieża rozszerza się ku górze, tworząc rozłożystą koronę, na której szczycie znajduje się potężna elektrownia słoneczna, a nad nią góruje smuklejsza wieżyczka z wertykalnymi turbinami wiatrowymi, która wyglądem przypomina pręciki lilii. Wieża główna ponadto otoczona jest przez budynki laboratoryjne i centrum wystawowe, wyglądające jak płatki. Wuhan New Energy jest w pełni samowystarczalny i uważany za najbardziej ekologiczny obiekt na świecie, o zerowej emisji i zerowym zapotrzebowaniu na energię pierwotną. Oprócz energii pochodzącej ze słońca i wiatru wykorzystuje równocześnie wodę deszczową, która jest gromadzona i wykorzystywana do chłodzenia pomieszczeń w budynku. Przez cały obiekt biegnie również 120-metrowy komin, który pomaga w transpor-

2. Wybrane doświadczenia miast w zakresie wdrażania ekoinnowacji

cie powietrza, odsysa gorące na zewnątrz i wspomaga przepływ świeżego i chłodnego powietrza z poziomów podziemnych (Buczyńska, 2015).

Z powyższych przykładów wyłania się wniosek, że budownictwo zrównoważone jest czymś więcej niż tylko konstruowaniem budynków z wykorzystaniem technologii środowiskowych, integruje bowiem trzy korzyści: gospodarcze (poprzez m.in. zmniejszenie zużycia energii), społeczne (poprzez m.in. zabezpieczenie zdrowego i bezpiecznego środowiska życia i pracy) oraz ekologiczne (poprzez m.in. oszczędne gospodarowanie terenem).

Doskonałym przykładem zastosowania całościowej koncepcji budownictwa zrównoważonego są systemy certyfikujące, których kryteria odpowiadają w dużej mierze holistycznemu ujęciu trzech wspomnianych powyżej kluczowych aspektów.

Tabela 2. Charakterystyka systemów certyfikacyjnych budynków zrównoważonych

Systemy certyfikacji budynków					
	LEED	BREEAM	DGNB	HQE	SBTool
Podstawowe informacje					
Pochodzenie	USA	Wielka Brytania	Niemcy	Francja	Kanada
Nazwa	Leadership in Energy and Environmental Design	Building Research Establishment Environmental Assessment Method	German Sustainable Building Certificate	Haute Qualité Environnementale	Sustainable Building Tool
Data utworzenia	1998	1990	2009	1996	2002
Podmiot odpowiedzialny	U.S. Green Building Council	BRE	Ministry of Housing	Association pour la HQE	iiSBE
Kryteria					
Energia					
Niska emisja		•	•		•
Energia odnawialna	•		•	•	•
Efektywność	•	•	•	•	
Zapotrzebowanie na energię	•	•	•	•	•

Tabela 2. Charakterystyka systemów certyfikacyjnych (cd.)

Systemy certyfikacji budynków					
	LEED	BREEAM	DGNB	HQE	SBTool
Małe zużycie węgla		•	•		•
Wykorzystanie czynnika chłodniczego	•	•		•	
Woda					
Ponowne wykorzystanie		•	•	•	•
Zużycie wody	•	•	•	•	
Lokalizacja					
Transport publiczny	•	•	•	•	•
Wybór lokalizacji	•	•	•	•	•
Wygląd	•			•	
Udogodnienia dla rowerzystów	•	•	•		
Środowisko wewnątrz budynku					
Jakość powietrza	•	•		•	•
Światło dzienne	•	•		•	•
Akustyka		•	•	•	•
Warunki cieplne	•	•	•	•	•
Zapach				•	
Warunki higieniczne			•	•	
Materiały					
Ponowne wykorzystanie	•	•		•	•
Przetwarzanie odpadów	•	•	•	•	
Trwałość		•	•		
Proces i zarządzanie					
Planowanie			•		•
Budowa		•	•		
Odbiór techniczny		•	•	•	•
Kwestie ekonomiczne					
Koszty			•		

2. Wybrane doświadczenia miast w zakresie wdrażania ekoinnowacji

Tabela 2. Charakterystyka systemów certyfikacyjnych (cd.)

Systemy certyfikacji budynków					
	LEED	BREEAM	DGNB	HQE	SBTool
Cykl życia			•		
Stabilność wartości			•		
Funkcjonalność/Komfort					
Elastyczność/dostosowalność				•	•
Dostęp dla niepełnosprawnych			•		
Bezpieczeństwo		•	•		•
Innowacyjność					
Uwzględnione kwestie dot. innowacyjności	•	•			

Źródło: Deutsche Bank Research (2010).

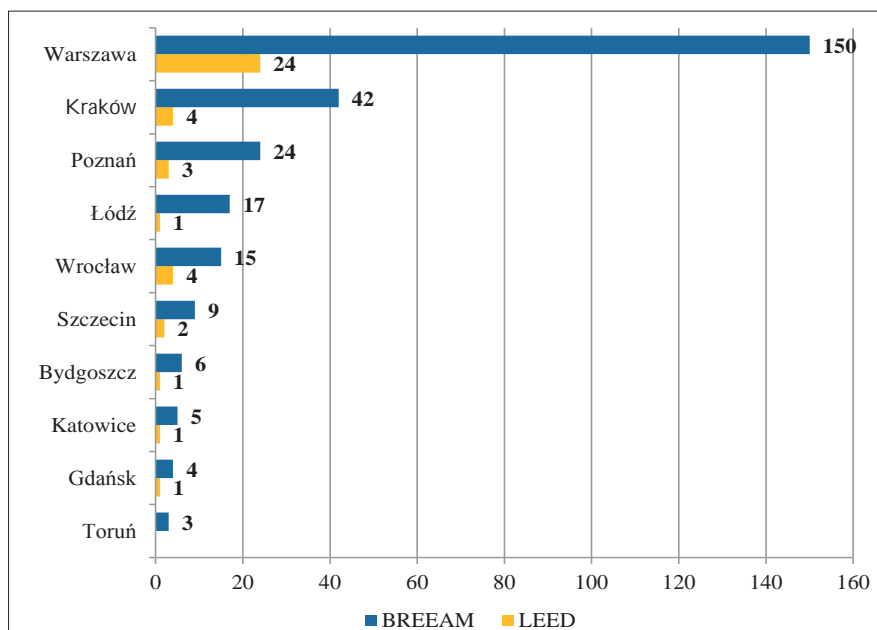
Na świecie istnieje kilka programów certyfikacyjnych budownictwa zrównoważonego, spośród których najbardziej znane to LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) i BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology), odnoszące się w głównej mierze do kwestii ekologicznych i energooszczędnych, z pominięciem problematyki zrównoważenia społecznego i kulturowego (Kamionka, 2010). Jedynym systemem certyfikacyjnym DGNB w swojej ocenie bierze pod uwagę ułatwienia dla osób niepełnosprawnych, co zdaje się dużym niedopatrzeniem i w przyszłości kwestią wymagającą udoskonalenia w pozostałych systemach.

Podkreślić wypada, że zrównoważone budownictwo zmniejsza średnio zużycie energii od 24% do 50%, emisję dwutlenku węgla od 33% do 39%, a zużycie wody o 40% (Aslam i in., 2012). Takie systemy certyfikacyjne są przeznaczone głównie dla świadomych inwestorów, którzy oprócz korzyści finansowych i oszczędności w zakresie energii (które widoczne są dopiero po kilkuletnim okresie) chcą również wyeksponować, że ich działania nakierowane są na troskę o środowisko naturalne oraz komfort i zdrowie użytkowników. Takie działania spotykają się z dużym uznaniem najemców, którzy cenią nie tylko aspekty ekonomiczne, ale również społeczne i prośrodowiskowe.

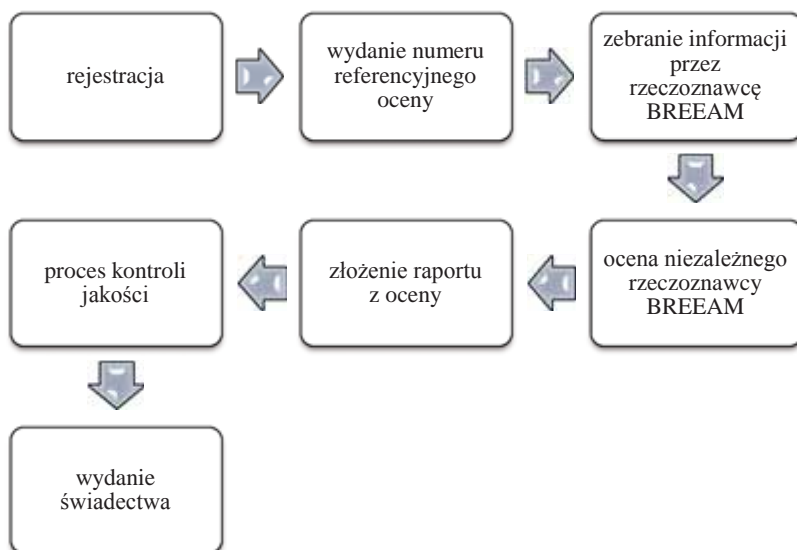
W Polsce obecnie funkcjonują na rynku tylko dwa systemy certyfikacyjne LEED i BREEAM. O ile na początku, czyli od 2010 roku, certyfikacja budynków nie była tak powszednia, to w ostatnich latach obserwuje się duże ożywienie branży budowlanej budownictwem zrównoważonym i zainteresowanie uzyskaniem zielonego certyfikatu dla nowo powstałych obiektów, jak również tych po gruntownej modernizacji. W 2015 roku liczba certyfikatów wzrosła o 60% w porównaniu z 2014 rokiem, ze 152 do 249, z czego 202 obiekty uzyskały certyfikat w systemie BREEAM, a 47 w systemie LEED. Do końca marca 2016 roku liczba certyfikatów wzrosła już do 437, a liczba obiektów posiadających zielony certyfikat wyniosła 328. Z uwagi na możliwość otrzymania przez jeden budynek kilku certyfikatów nie przekłada się to w sposób bezpośredni na liczbę obiektów certyfikowanych, dla przykładu w systemie BREEAM można uzyskać trzy oceny, odpowiednio za: efektywność budynku, efektywność zarządzania oraz zaangażowanie najemcy. Należy zauważyć, że 64% certyfikowanych budynków w Polsce to budynki nowe. Z uwagi na funkcje obiektów otrzymujących certyfikat przeważają biurowce, które stanowią 58% wszystkich istniejących budynków, a 76% budynków nowo powstałych (Colliers International 2015).

Najwięcej certyfikatów otrzymały budynki w Warszawie, tam też ich roczny wzrost jest największy, gdyż w 2015 w porównaniu do roku poprzedniego przybyło ich prawie o 90%. W województwie mazowieckim zaś zlokalizowanych jest 50% wszystkich certyfikowanych obiektów. Najmniej certyfikatów do końca marca 2016 roku przyznano w województwach warmińsko-mazurski, świętokrzyski i podlaski, zaledwie po 1.

Brytyjski system certyfikacyjny BREEAM jest bardziej popularny w Polsce w porównaniu do swojego odpowiednika ze Stanów Zjednoczonych. Wynika to między innymi z bardziej rygorystycznego systemu ocen zastosowanych w LEED. BREEAM wykorzystywany jest w ponad 70 krajach świata, zaś LEED w 150 państwach na całym świecie. W systemie BREEAM funkcjonuje sześć ocen, poczynając od Unclassified, Pass, Good, Very Good, Excellent do Outstanding. W Polsce najwięcej certyfikatów, czyli 58%, wystawiono z oceną Very Good, w dalszej kolejności z notą Excellent (27%). Cały proces certyfikacyjny nie jest skomplikowany, jednakże wymaga zaangażowania wielu stron. Pierwszym budynkiem w Polsce, który otrzymał ten certyfikat, był Trinity Park III w Warszawie (w 2010 roku).



Ryc. 49. Liczba uzyskanych certyfikatów w wybranych miastach w Polsce w 2015 roku
 Źródło: opracowano na podstawie Colliers International 2015.



Ryc. 50. Proces certyfikacji BREEAM

Źródło: opracowano na podstawie Deutsche Bank Research (2010).

Czynnikiem motywującym branżę budowlaną do zastosowanie ekoinnowacji w zakresie budownictwa jest dyrektywa Unii Europejskiej 2012/27/UE określająca, iż wszystkie nowo powstałe budynki powinny spełniać wymogi energooszczędności. To z pewnością może przyczynić się do upowszechnienia budownictwa ekologicznego, w tym budownictwa pasywnego.

Badanie rynku budownictwa zrównoważonego przez firmę Go4Energy w 2014 roku wykazały, że wśród barier w rozwoju tego rodzaju budownictwa przedstawiciele wspomnianej branży wskazywali najczęściej niską dostępność dopłat, brak systemu zachęt ze strony państwa, niewystarczające dopłaty oraz wysokie początkowo nakłady na technologię. Przeszkodami we wdrażaniu proekologicznych rozwiązań w budownictwie są zatem przede wszystkim te związane z kwestiami finansowymi. W dalszej kolejności wskazywane są aspekty administracyjno-organizacyjne, a także związane z podnoszeniem świadomości ekologicznej potencjalnych inwestorów i deweloperów (Go4Energy 2014). Bez wątplenia jednak działania z zakresu wdrażania ekoinnowacji w budownictwie są koniecznością w celu zachowania w dobrym stanie środowiska przyrodniczego.

2.4. Ekoinnowacje w zakresie redukcji zanieczyszczeń

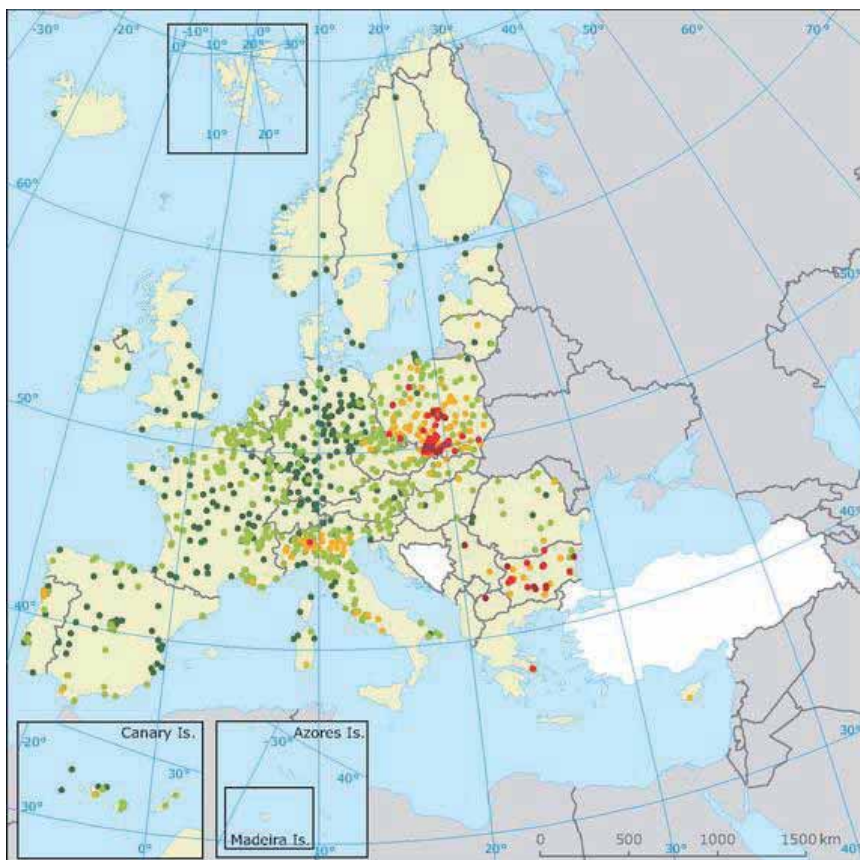
Zanieczyszczenie powietrza w miastach jest jednym z głównych problemów, z jakim przyszło się borykać władarzom miast. W zależności od wielkości miasta uwarunkowanej jej liczbą ludności oraz stopniem nasycenia dróg i ulic pojazdami problem ten staje się coraz większy. W miastach największym źródłem zanieczyszczeń pyłowych i gazowych jest sektor komunalno-bytowy, przemysł i środki transportu. Natomiast wśród czynników wpływających na jakość powietrza wymienia się między innymi: charakter przemysłu dominujący na danym obszarze, odległość od emitorów powietrza, położenie geograficzne, warunki metrologiczne, poziom emisji z sektora gospodarczego oraz natężenie ruchu samochodowego. Porównując jednak obecną sytuację w Europie z tym, co działo się kilkadziesiąt lat temu, należy stwierdzić, że jakość powietrza poprawiła się. Było to efektem z jednej strony wdrażania nowoczesnych technologii ograniczających emisje zanieczyszczeń, z drugiej zaś restrukturyzacją wielu gałęzi przemysłu.

Obecnie jednak poziom narażenia ludności miejskiej na zanieczyszczenia powietrza jest alarmujący, dlatego też konieczne są działania mające na celu poprawę jakości powietrza.

Szkodliwe substancje wprowadzane do powietrza atmosferycznego rozpatrywane są w dwóch rodzajach – pyłowe oraz gazowe. Zanieczyszczenia pyłowe są najczęściej klasyfikowane ze względu na rozmiar cząstek: o średnicy 10 mikrometrów lub mniejszej oraz o średnicy 2,5 mikrometra lub mniejszej (PM10 and PM 2,5). Jak informuje Europejska Agencja Środowiska, w Unii Europejskiej w latach 2001–2010 bezpośrednie emisje PM10 i PM2,5 zmniejszyły się o 14%, a w 32 państwach EEA zmniejszyły się o 15% (EEA 2013).

Polskie miasta jednakże nadal przodują w statystykach najbardziej zanieczyszczonych miast w Europie pod względem emisji pyłowych. Średnioroczne poziomy koncentracji pyłu zawieszonego PM10 w 2013 roku w większości miast w Polsce, a w szczególności na Górnym Śląsku, przewyższają normy zanieczyszczeń określone w prawodawstwie UE do granicy $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ich wartości częstokroć znajdują się nawet w przedziale powyżej $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Zdecydowanie lepiej w tym zestawieniu plasują się miasta Europy Zachodniej, co jest konsekwencją wprowadzania konkretnych działań z zakresu ochrony powietrza, między innymi likwidacji pieców węglowych w domach znajdujących się w miastach oraz ograniczeń ruchu samochodowego w centrum takich miast jak Londyn, Paryż czy Wiedeń.

Raport wydany przez WHO w maju 2016 roku potwierdził bardzo zły stan powietrza w polskich miastach. W zestawieniu 50 najbardziej zanieczyszczonych miast w Unii Europejskiej, aż 33 polskie miasta znalazły się na tej liście. Pierwsze miejsce pod względem średniorocznej wartości pyłu zawieszonego PM2.5 zajął Żywiec, a za nim Pszczyna. W pierwszej dziesiątce oprócz polskich miast znalazły się również miasta bułgarskie, natomiast już w skład drugiej dziesiątki wchodzi wyłącznie miasta leżące w Polsce. WHO wzięło pod uwagę poziom pyłu zawieszonego PM2.5 z uwagi na jego najbardziej szkodliwe skutki dla zdrowia ludzi w porównaniu do innych rodzajów zanieczyszczeń. Światowa Organizacja Zdrowia podaje, że długotrwałe narażenie na pył zawieszony tej średnicy skutkuje skróceniem średniej długości życia, większą liczbą zgonów z powodu chorób układu oddechowego i krążenia, a także zwiększonym ryzykiem nagłych przypadków wymagających hospitalizacji.



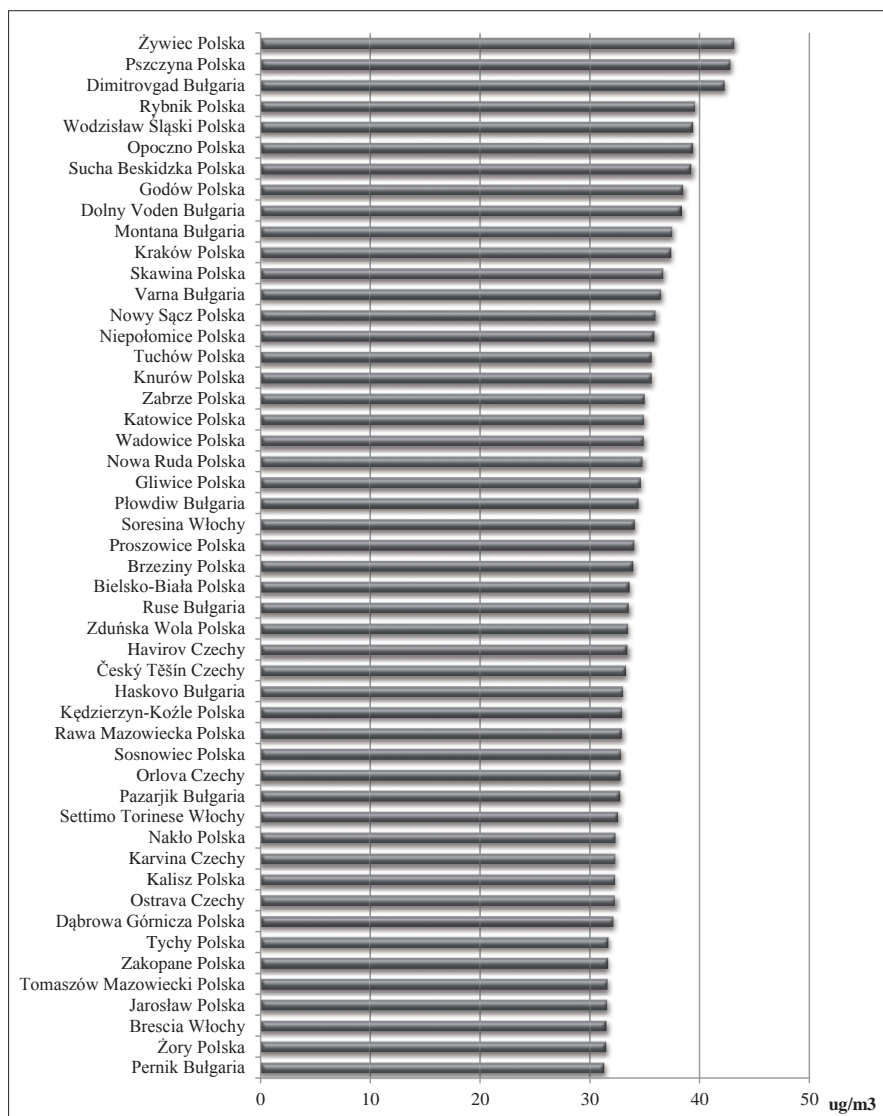
Ryc. 51. Średnioroczny poziom koncentracji pyłów PM10 w 2013 roku

Źródło: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/annual-mean-pm10-concentration-observed-1>

Miasta radzą sobie z problemem nadmiernej emisji zanieczyszczeń w różny sposób. Najczęściej jednak wprowadzają ograniczenia w ruchu samochodowym w centrach miast. Paryż walczy ze smogiem poprzez wprowadzanie limitów aut, to znaczy, że auta o numerach rejestracyjnych parzystych mogą wyjeżdżać na zabytkowe ulice miasta w dni parzyste, zaś w dni nieparzyste auta o numerach nieparzystych. Tak zwany ruch przemienny obowiązuje w szczególności w te dni, w których zanieczyszczenie powietrza na obszarze miasta jest bardzo znaczne. Z tego ograniczenia są zwolnione samochody przewożące co najmniej 3 osoby,

2. Wybrane doświadczenia miast w zakresie wdrażania ekoinnowacji

pojazdy elektryczne i hybrydowe oraz wszystkie pojazdy świadczące publiczne usługi transportowe (<http://tvnmeteo.tvn24.pl/informacje-pogoda/swiat,27/w-paryżu-autem-pojada-co-drugi-dzien-zdecyduja-numery->



Ryc. 52. Najbardziej zanieczyszczone miasta w Europie – średnia wartość PM 2.5

Źródło: WHO

rejestracyjne,116491,1,0.html). Władze miejskie dodatkowo wprowadzają również limity prędkości, jak również objazdy dla samochodów ciężarowych. Ponadto w Paryżu proponuje się mieszkańcom korzystanie z wypożyczalni rowerów miejskich, które są bezpłatne, tak samo jak przejazdy środkami komunikacji miejskiej w ważniejsze dni w roku. Podobne działania zostały również wprowadzone między innymi w Londynie, Mediolanie, Rzymie, Pekinie i Meksyku.

Ekoinnowacyjne rozwiązania w zakresie redukcji zanieczyszczeń w miastach są w głównej mierze w fazie testów i projektów. Dla przykładu w Holandii w mieście Hengelo testowano kostkę brukową, która oczyszcza powietrze z zanieczyszczeń. Ta z kolei wykorzystywana może być do układania nawierzchni chodników i innych dróg. Zawiera ona w sobie odpowiednią substancję, w tym dwutlenek tytanu, dzięki którym w obecności światła zachodzą reakcje chemiczne przekształcające tlenki azotu w nieszkodliwe substancje. W warunkach laboratoryjnych możliwe było uzyskanie redukcji spalin samochodowych o 30–40% (<http://www.focus.pl/czlowiek/chodnik-na-smog-4994>). Dwutlenek tytanu może być również zastosowany do produkcji dachówki cementowej, elementów fasadowych, ekranów akustycznych i ochronnych w budownictwie drogowym, produkcji tynków i farb cementowych, a także do wielu innych materiałów.

Ciekawe rozwiązanie zostało zastosowane w Meksyku, tam za oczyszczenie powietrza odpowiedzialna jest fasada budynku szpitala. Jej geometryczny kształt przypominający plaster miodu ma za zadanie dostarczyć jak najwięcej światła oraz ułatwić osadzanie szkodliwych substancji, by w rezultacie za sprawą reakcji chemicznych neutralizować smog oraz zanieczyszczenia. Dzięki temu pacjenci szpitala mogą oddychać czystym i świeżym powietrzem. Ta technologia została również wykorzystana w Mediolanie przy budowie pawilonu Włoch z okazji Expo. Zarówno w Meksyku, jak i Mediolanie skorzystano ze wspomnianych powyżej właściwości tlenków tytanu, które pod wpływem promieni słonecznych rozbija zanieczyszczenia na prostsze, nieszkodliwe substancje.

Innym innowacyjnym rozwiązaniem jest wykorzystanie dronów w walce ze smogiem w Chinach. Bezzałogowe drony wyprodukowane przez Aviation Industry Corp of China mają za zadanie rozpylać chemikalia, które w interakcji z zanieczyszczeniami powietrza zamiast unosić się w powietrzu opadają na ziemię (<http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/>

article-2577347/China-successfully-tests-smog-fighting-drones-spray-chemicals-capture-air-pollution.html).



Ryc. 53. Manuel Gea Gonzalez Hospital w Meksyku

Źródło: <http://blog.visualarq.com/wp-content/uploads/sites/4/2014/03/Fachada-Hospital-Manue-Gea-Gonzalez.jpg>

W Pekinie ponadto wykorzystuje się drony do „szpiegowania” źródeł zanieczyszczeń powietrza pochodzących z zakładów przemysłowych. Kolor dymu (czarny, fioletowy czy brązowy) wydostający się z kominów jest sygnałem o emisji szkodliwych substancji i o niezastosowaniu odpowiednich filtrów powietrza. W sytuacji gdy urządzenia do neutralizacji zanieczyszczeń działają prawidłowo, kolor dymu powinien być biały (<https://www.theguardian.com/environment/2014/mar/19/china-drones-pollution-smog-beijing>). Tym samym możliwy jest rzetelny monitoring, a w razie konieczności zebranie dowodów z zakresu naruszeń limitów emisyjnych i w konsekwencji nałożenia odpowiednich kar finansowych.

Interesującą ekoinnowacją w zakresie redukcji zanieczyszczeń jest stworzenie sztucznego drzewa, które ma działać jak ogromny filtr powietrza. Firma technologiczna Ruta N. testuje w Kolumbii sztuczne drzewo, mające

za zadanie uzdatniać ponad 20 tys. m³ powietrza na godzinę, pochłaniać dwutlenek węgla oraz wirusy i bakterie. Szacuje się, że zasięg oddziaływania drzewa ma wynosić 600 metrów.



Ryc. 54. Sztuczne drzewo pochłaniające dwutlenek węgla w Kolumbii

Źródło: <http://tvn24bis.pl/tech,80/kolumbia-sztuczne-drzewa-pomagaja-w-walce-ze-smogiem,636196.html>

Na zakończenie wypada wspomnieć o najprostszym rozwiązaniu w walce ze smogiem w mieście, to znaczy jednej z najlepszych naturalnych technologii antysmogowych, czyli sadzeniu drzew (por. rozdz. 2.7).

2.5. Inteligentne drogi i ulice miejskie

Drogi i ulice w mieście tworzą gęstą sieć połączeń, której koordynowanie jest niezbędne do utrzymania płynności ruchu. W rozdziale poświęconym zagadnieniom transportowym opisano już pewne kwestie dotyczące rozwiązań systemowych (Inteligentny System Transportu), które korespondują z częścią innowacyjnych rozwiązań infrastrukturalnych wprowadzanych na drogach. W tej części uwaga zostanie skupiona na pozostałych nowatorskich koncepcjach, które wpływają na bezpieczeństwo i komfort poruszania się w mieście, a jednocześnie cechuje je dbałość o stan środowiska.

2. Wybrane doświadczenia miast w zakresie wdrażania ekoinnowacji

W kwestii transportu oczywistym priorytetem jest bezpieczeństwo wszystkich użytkowników dróg. Oprócz ITS interesujące efekty może przynieść wykorzystanie nowoczesnych technologii w drogownictwie. Przykładem jest Holandia (program Smart Highway), która zdecydowała się na testowanie fluorescencyjnego oznakowania jezdni. Zastosowane rozwiązanie jest w pełni komfortowe dla użytkowników drogi, gdyż emitowane światło nie męczy oczu kierowców. Ta sama technologia pozwala też na nałożenie na drogę specjalnych znaków poziomych ostrzegających o gołoledzi. Przy temperaturze powyżej 0°C znaki nie są widoczne – pojawiają się tylko wtedy, gdy są potrzebne (<http://www.chip.pl/artykuly/trendy/2015/04/inteligentne-drogi-1#ixzz4LS8HenlB>).

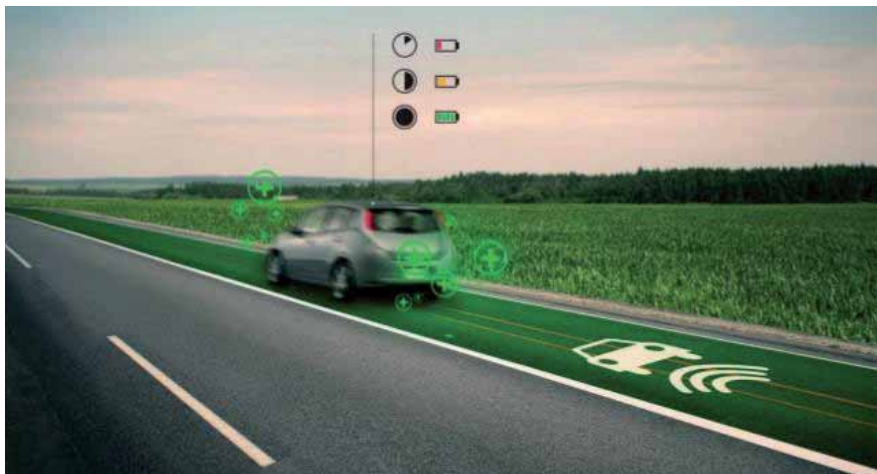


Ryc. 55. Fluorescencyjne oznakowanie jezdni – Holandia

Źródło: <http://www.chip.pl/artykuly/trendy/2015/04/inteligentne-drogi-1#ixzz4LS8HenlB>

Interesującym rozwiązaniem jest pomysł na wprowadzenie na drodze pasa z pierwszeństwem dla pojazdów elektrycznych. Projekt Brytyjczyków zakłada instalowanie pod nawierzchnią induktorów, które będą ładować samochody elektryczne (<http://marketingwpigulce.pl/10-najciekawszych-technologii-smart-city-dzieki-ktorym-zycie-w-miastach-bedzie-latwiejsze/>). Indukcyjne ładowanie będzie się odbywać bez przerywania jazdy, co jest dobrym pomysłem na zwiększenie akumulatorów zasięgu aut elektrycznych

(<http://www.chip.pl/artykuly/trendy/2015/04/inteligentne-drogi-1#ixzz4LS8HenlB>).



Ryc. 56. Droga z pasem dla pojazdów elektrycznych, Wielka Brytania

Źródło: <http://www.chip.pl/artykuly/trendy/2015/04/inteligentne-drogi-1#ixzz4LS8HenlB>

„Pierwsze »inteligentne drogi« w Europie są już testowane w Niemczech, a dokładnie w Hamburgu. Tamtejsi zarządcy nawiązali współpracę z firmą Cisco i wspólnie zaprojektowali jezdnię łączącą trzy ulice i most Katwykbrücke – jej budowa zajęła cztery miesiące.

[...]

Na pozór jezdnia jak każda inna – szara, dwupasmowa... W rzeczywistości jednak wzdłuż niej umieszczonych zostało mnóstwo kamer i czujników. Jedną z najważniejszych funkcji zauważymy, gdy tylko zapadnie zmierzch – oświetlenie LED-owe „podąża” bowiem za przechodniami i rowerzystami: latarnie świecą tylko wtedy, gdy jest taka konieczność. Plusy są dwa: zwiększone bezpieczeństwo i zmniejszone zużycie energii.

Oświetlenie, które działa dzięki czujnikom ciepła, to tylko jeden z kilku elementów składających się na „inteligentną drogę”. Kolejnym jest monitorowanie ruchu. Kamery liczą pojazdy, aby następnie informować kierowców o natężeniu ruchu, jak również przesyłać informacje do infrastruktury miejskiej, na czele z sygnalizacją świetlną. Dzięki temu podobno nie uświadczymy tutaj korków.

Zbierane na bieżąco informacje umożliwiają też sprawniejsze zarządzanie mostem Kattwykbrücke. Jest on podnoszony raz na dwie godziny, a moment ten dostosowywany jest w taki sposób, by ruch miejski jak najmniej ucierpiał. Oczywiście wszyscy uczestnicy są informowani o tym, kiedy most zostanie podniesiony” (<http://www.benchmark.pl/aktualnosci/testy-pierwszej-inteligentnej-drogi-w-europie.html>).

„Ciekawą funkcją jest również stałe i bardzo dokładne monitorowanie wszystkich elementów konstrukcyjnych – zdaniem Cisco ma to pozwolić na dokonywanie na bieżąco drobnych napraw, dzięki czemu nie będzie potrzeby, by w przyszłości wyłączać most z ruchu na czas generalnego remontu, który po prostu nie będzie potrzebny” (<http://gadzetomania.pl/57752,inteligentna-droga>).

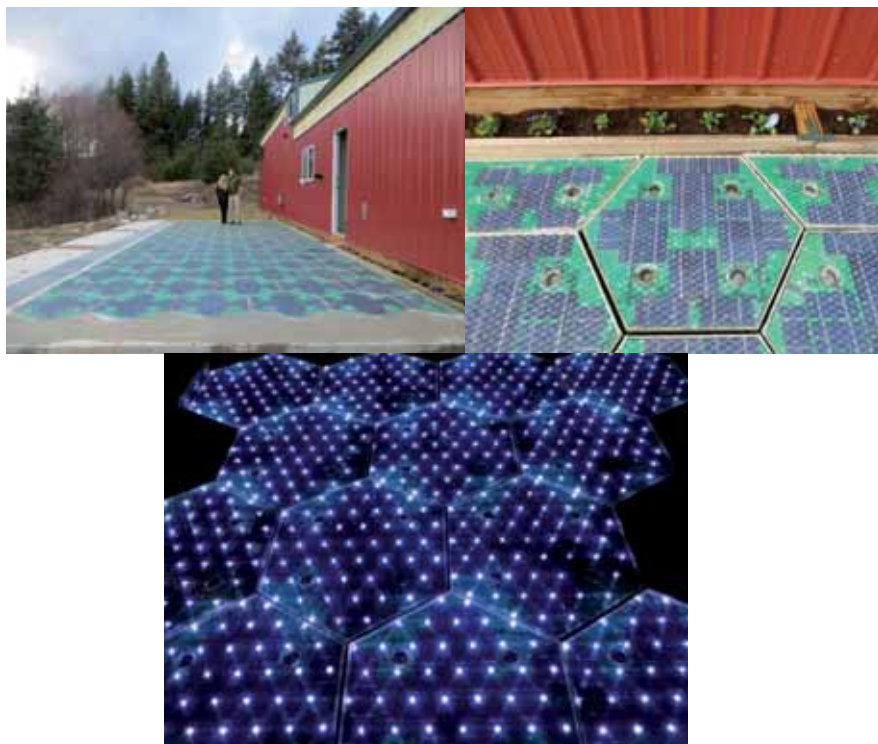
Inteligentne drogi to drogi wyposażone w czujniki, robot działające w sieci, oparte na rozwiązaniu IoT (Internet of Things). Koncepcja Internetu Rzeczy zakłada, że poszczególne przedmioty mogą komunikować się ze sobą za pośrednictwem sieci komputerowej. Rozwiązanie to, jak zauważają eksperci, w nieodległej przyszłości może zrewolucjonizować zasady funkcjonowania dróg, zwłaszcza że Internet of Things już teraz znajduje liczne zastosowania w technologiach należących do Smart City (<http://marketingwpigulce.pl/10-najciekawszych-technologii-smart-city-dzieki-ktorym-zycie-w-miastach-bedzie-latwiejsze/>).

Kolejnymi brytyjskimi innowacjami są pomysły wbudowywania elementów ogrzewających nawierzchnię drogi, co zapobiegać ma jej oblodzeniu i idea zastosowania nanotechnologii oraz samonaprawiających się materiałów, by zapewnić utrzymanie dróg w dobrym stanie technicznym (<http://marketingwpigulce.pl/10-najciekawszych-technologii-smart-city-dzieki-ktorym-zycie-w-miastach-bedzie-latwiejsze/>).

Do przyszłościowych rozwiązań można zaliczyć próbę budowy tzw. dróg solarnych. Zamyśl ten oparto na wykorzystaniu ogniw fotowoltaicznych wbudowanych w panele o dużej wytrzymałości (mogą utrzymać wagę do 120000 kg). Twórcy tej technologii proponują instalowanie paneli na dużych powierzchniach, jakie stanowią drogi, chodniki czy parkingi. Te ostatnie mogłyby być jednocześnie stanowiskami do ładowania samochodów elektrycznych. Zimą uzyskana energia mogłaby służyć do podgrzewania nawierzchni (<http://www.forum.motokobiety.pl/inteligentne,drogi,solarne->

2.5. Inteligentne drogi i ulice miejskie

,t10927.html; <http://www.designboom.com/wp-content/uploads/2014/05/solar-powered-roads-designboom04.jpg>).



Ryc. 57. Drogi solarne

Źródło: <http://www.forum.motokobiety.pl/inteligentne,drogi,solarne,t10927.html>

Innowacyjnym pomysłem może być stosowanie w konstrukcji nawierzchni drogi specjalnych materiałów, które pełnią dodatkowe funkcje: ekonomiczne i ekologiczne. Świecząca ścieżka rowerowa, wykonana z materiałów luminescencyjnych, to rozwiązanie wykorzystywane wcześniej w Holandii (choć w oparciu o nieco inną technologię), jednak polski przykład można uznać za doskonalsze rozwiązanie. W przeciwieństwie do holenderskiego nie wymaga żadnego dodatkowego zasilania. Inwestycję zrealizowano pod Lidzbarkiem Warmińskim (na szlaku prowadzącym nad Jezioro Wielochowskie) jako pierwsze tego typu przedsięwzięcie w kraju.



Ryc. 58. Ścieżka rowerowa wykonana z materiałów luminescencyjnych, woj. warmińsko-mazurskie, Polska

Źródło: <http://edroga.pl/mobilnosc/pierwsza-w-polsce-swiecaca-sciezka-rowerowa-270913177>

„Nawierzchnia świecącej ścieżki rowerowej zawiera tzw. luminofory. To specjalne substancje syntetyczne, które »ładują« się za pomocą światła dziennego, a następnie nocą emitują nagromadzoną energię. W ciągu dnia ścieżka rowerowa ma natomiast kolor niebieski. Chodziło o stworzenie optymalnej kompozycji kolorystycznej z pobliskim jeziorem i naturą, a także, w głównej mierze, o bezpieczeństwo wszystkich uczestników ruchu” (<http://edroga.pl/mobilnosc/pierwsza-w-polsce-swiecaca-sciezka-rowerowa-270913177>).

Warto podkreślić, że laboratorium TPA w Pruszkowie odpowiedzialne za projekt świecącej nawierzchni pracuje także nad technologią asfaltów zapachowych (cytrusowych, truskawkowych, różanych), które mogą mieć różne zastosowania, m.in. ekologiczne.

Rozważając innowacyjne rozwiązania dotyczące dróg, nie można pominąć zagadnień obejmujących problematyczną kwestię organizacji parkingów. Miasta, zwłaszcza te największe, borykają się z niedoborem

miejsc parkingowych. Koncepcja tworzenia nowych stref parkowania nie jest jednak optymalnym rozwiązaniem. Ich obecność, zwłaszcza w centrach miast, budzi coraz więcej kontrowersji. Ograniczają one przestrzeń w mieście, generują większy ruch, powodując tym samym wzrost stężenia spalin w powietrzu, emisję hałasu czy zmniejszając bezpieczeństwo pieszych. Częściej w miejsce decyzji o lokalizacji nowych miejsc postojowych podejmuje się działania zmierzające do wyłączenia fragmentów miast z ruchu ulicznego, by poprawić w nich stan środowiska. Mankamentem takiego rozwiązania są utrudnienia komunikacyjne dla mieszkańców. W sytuacji gdy nie można stworzyć alternatywnych w stosunku do pojazdów spalinowych rozwiązań transportowych, znaczną poprawę sytuacji może przynieść system informacji o wolnych stanowiskach postojowych. Te tzw. smart parkingi pozwalają kierowcy sprawdzić w czasie rzeczywistym dostępność wolnych miejsc. Wynik poszukiwania jest przesyłany poprzez aplikację instalowaną na urządzeniach mobilnych. Dodatkowo montowane są tablice zmiennej treści z informacją o wolnych miejscach postojowych. Rozwiązanie takie stanowi już pewien standard, zwłaszcza przy parkingach zlokalizowanych w obrębie centrów handlowych. Usprawnienie to pozwala upłynnić ruch pojazdów (ulice nie są blokowane przez pojazdy poszukujące miejsc parkingowych), a tym samym ograniczyć emisję spalin.

Inteligentne systemy parkingowe funkcjonują już w wielu miastach europejskich, w Polsce liderami w tym zakresie są Warszawa i Kraków. Warszawski system oparto na kamerach i inteligentnych analitykach wideo, pozwalających nie tylko na monitorowanie liczby dostępnych miejsc, ale także kontrolę bezpieczeństwa parkingu, np. analizowanie, czy nie pozostawiono na jego terenie jakiegoś przedmiotu, który stanowi potencjalne zagrożenie (<http://edroga.pl/mobilnosc/warszawa-testuje-smart-parking-230913165>; <http://edroga.pl/mobilnosc/krakow-z-dynamiczna-informacja-parkingowa-280913180>).

Trudno byłoby wyobrazić sobie we współczesnych miastach sytuację, w której drogi i ulice pozbawione są oświetlenia. Element ten bezpośrednio przekłada się na poziom bezpieczeństwa kierujących pojazdami i pieszych, wpływa też na ograniczenie przestępczości. Wielkomiejskość jest wręcz kojarzona z dobrze oświetlonymi arteriami, których iluminacja odpowiedzialna jest za atmosferę miasta. Tym samym oświetlenie ulic

w miastach pociąga za sobą poważne koszty, nie tylko ekonomiczne, ale i ekologiczne. Ich świadomość popycha do szukania różnych rozwiązań.

Jednym z nich są inteligentne systemy sterowania oświetleniem ulic. Istota ich tkwi w dostosowywaniu poziomów natężenia oświetlenia do bieżących potrzeb użytkowników dróg. Musi być ono zgodne z obowiązującymi regulacjami prawnymi, które dopuszczają ograniczenie poziomów oświetlenia w sytuacji małego zmniejszenia natężenia ruchu. Dodatkowo regulacja mocy lamp ulicznych możliwa jest w zależności od warunków pogodowych. Czujniki natężenia ruchu (najczęściej pętle indukcyjne) oraz czujniki pogodowe zbierają i przesyłają na bieżąco informacje, które po przeanalizowaniu służą do automatycznego dobrania algorytmu sterowania oświetleniem. To inteligentne rozwiązanie zakłada, że natężenie oświetlenia może być różne w różnych punktach tej samej sieci. Tam, gdzie jest to konieczne, np. w okolicy przejść dla pieszych, w obrębie niebezpiecznych skrzyżowań lampy świecą z większą mocą, w pozostałych częściach sieci moc jest redukowana, by system działał oszczędniej (zużycie energii wynikające z zastosowania systemu może sięgać nawet do 40–60%).

Zaletą systemu jest też możliwość stałej kontroli jego poszczególnych elementów, co ułatwia administrowanie siecią – wgląd w stan całego systemu, lokalizację awarii, monitorowanie zużycia energii. Pozwala też na planowanie z wyprzedzeniem konieczności serwisowania poszczególnych odcinków sieci.

Inteligentne systemy sterowania oświetleniem ulicznym podlegają pewnej standaryzacji. Wynika ona ze wskazań dotyczących pożądaných parametrów zawartych w unijnych wytycznych w projekcie e-streetlight (<http://www.e-streetlight.com/>). Korzyścią z ich wprowadzenia może być kompatybilność różnych systemów oferowanych na rynku.

Warto podkreślić, że polskie rozwiązania w zakresie modernizacji oświetlenia ulicznego, idące w kierunku budowy inteligentnych systemów sterowania oświetleniem, nie odbiegają od światowych standardów w tym zakresie. Bydgoszcz jest miastem, w którym przeprowadzona inwestycja to jedno z największych tego typu przedsięwzięć w Europie Środkowo-Wschodniej, w ramach którego zmodernizowano ponad 7300 opraw ulicznych, co dało oszczędności ponad 65%. Ponadto obsługa serwisowa nowego systemu oświetleniowego generuje koszty niższe o 30% niż dotychczas. Znaczną redukcję energii osiągnęły także Tychy, które zainwestowały w sieć

obejmującą ok. 1200 lamp (<http://www.smart-grids.pl/top-produkt/1-956-inteligentne-sterowanie-o%C5%9Bwietleniem-ulic-%E2%80%93-otwarte-systemy-zarz%C4%85dzania.html>).

Istotnym elementem składającym się na ekologiczne oświetlenie ulic są wysokowydajne źródła światła (HPS – lampy sodowe wysokoprężne, nowoczesne elektroniczne stateczniki oraz lampy LED). Szczególne uznanie zyskuje technologia LED, która stosunkowo niedawno została po raz pierwszy zastosowana na autostradzie w Holandii. Jej niewątpliwym atutem są duże oszczędności wynikające ze znacznie mniejszego poboru energii. Trwałość lamp tego rodzaju jest trzykrotnie większa, a skumulowane oszczędności energii mogą sięgnąć nawet 70%. Bardzo istotna jest też kwestia jakości oświetlenia: białe światło nie powoduje zmęczenia wzroku kierowców, zwiększa widoczność na drodze (jak wykazano w testach kierowcy mogą szybciej i z większej odległości dostrzec obiekty lub ruch na poboczu, a piesi i rowerzyści prędzej zauważą nadjeżdżające pojazdy). W rezultacie ten typ oświetlenia istotnie poprawia bezpieczeństwo na drogach i pozytywnie wpływa na komfort jazdy (<http://moto.onet.pl/aktualnosci/inteligentne-oswietlenie-led-na-polskich-drogach/2qy5h>).

Sposobem na wygenerowanie dodatkowych oszczędności może być połączenie inteligentnego sterowania oświetleniem z zastosowaniem nowych, wysokowydajnych źródeł światła (HPS – lampy sodowe wysokoprężne, lampy LED).

Technologia LED bardzo dobrze funkcjonuje w ramach ITS. Natężenie światła można regulować w zależności od sygnałów stacji pogodowych, sygnalizacji świetlnej, kamer drogowych, pomiarów natężenia ruchu lub zegarów systemowych (<http://moto.onet.pl/aktualnosci/inteligentne-oswietlenie-led-na-polskich-drogach/2qy5h>).

Przykładem dobrej praktyki w tym zakresie jest Oslo. Dzięki przeprowadzonej kompleksowej modernizacji sieci oświetleniowej powstała tu pierwsza i największa instalacja tego typu w Europie. Zwraca się także uwagę na fakt, że zastosowane rozwiązania mają charakter otwarty, co pozwala na korzystanie w ramach systemu z rozwiązań oferowanych przez kilka firm. Sukces przedsięwzięcia został potwierdzony oszczędnościami sięgającymi 70% dotychczasowego zużycia energii (<http://www.greensys.pl/rozwiazania/smart-streetlights/>).



Ryc. 59. Oświetlenie typu LED w Polsce

Źródło: <http://moto.onet.pl/aktualnosci/inteligentne-oswietlenie-led-na-polskich-drogach/2qy5h>

Podobne wdrożenia pojawiają się w wielu innych miastach. Przykład Kopenhagi pokazuje, że modernizacja oświetlenia (wymiana żarówek na ledowe) w połączeniu z wymianą modułów sterujących oświetleniem może przynieść, poza korzyściami ekonomicznymi (wymiana 20 tys. lamp pozwoli w dłuższej perspektywie zaoszczędzić energię równoważną 4,7 tys. gospodarstw domowych), także nowe interesujące zastosowania. Zastosowane w unowocześnionych modułach elektroniczne sterowniki dadzą możliwość „rozpoznania” nadjeżdżającego rowerzysty i jednoczesną optymalizację oświetlenia pod kątem maksymalizacji bezpieczeństwa przejazdu (<http://miastowruchu.pl/inteligentne-lampy-dla-rowerzystow-na-ulicach-kopenhagi/>).

Rozważając kwestię innowacyjnych i ekologicznych sposobów oświetlenia ulic, warto wspomnieć także o przykładach zastosowania alternatywnych źródeł energii, jak promieniowanie słoneczne czy siła wiatru, przetwarzanych w energię elektryczną zasilającą lampy. Turbinka wiatrowa i panel fotowoltaiczny pozwalają na ładowanie akumulatorów pozwalających na korzystanie z oświetlenia LED do 10 nocy. Urządzenia można także programować, ustalając ich tryb pracy i oszczędzając energię. Instalacje tego typu są stosunkowo rzadko stosowane w miastach ze względu na wysokie koszty

2.5. Inteligentne drogi i ulice miejskie

inwestycji rzędu kilkunastu tysięcy złotych (<http://innogy.forbes.pl/swiatlo-z-tych-latarni-nic-nie-kosztuje,artykuly,207435,1,1.html>). Stanowią jednak dobre rozwiązanie w małych miastach, czy na terenach peryferyjnych, gdyż ich atutem jest fakt, że nie wymagają podłączenia do sieci energetycznej.



Ryc. 60. Latarnia zasilana energią ze źródeł odnawialnych

Źródło: <http://innogy.forbes.pl/swiatlo-z-tych-latarni-nic-nie-kosztuje,artykuly,207435,1,1.html>

Warto wspomnieć także o jeszcze jednym rozwiązaniu, które ma duży potencjał i może w przyszłości zostać znacznie rozpowszechnione, np. na ulicach czy parkingach. Innowacyjny materiał – GeoSilex (pozyskiwany w całości z odpadów przemysłowych), będący prefabrykatem dodawanym bezpośrednio do cementu, posiada zdolność pochłaniania CO₂ z atmosfery. Dwutlenek węgla, cięższy od tlenu, opada w dół, gdzie wskutek prostej reakcji chemicznej jest absorbowany. Jeden metr kwadratowy powierzchni zawierającej ten materiał jest w stanie oczyścić z dwutlenku węgla ponad 5000 m³ powietrza w ciągu 15 lat. Ten innowacyjny produkt znalazł swoje zastosowanie w postaci płyt chodnikowych instalowanych na ulicach Bilbao. Lista potencjalnych zastosowań może być jednak znacznie dłuższa. Technologia została opracowana przez hiszpańską firmę Geosilex Metal Braid SL we współpracy z University of Granada (<http://urbnews.pl/chodnik-powierzchnia-redukujaca-co2/>).



Ryc. 61. Płyta zawierająca GeoSilex pochłaniający CO_2 z atmosfery

Źródło: <http://urbnews.pl/chodnik-powierzchnia-redukujaca-co2/>

Mankamentem rozwiązania są nieco wyższe koszty (o około 60%) w stosunku do konwencjonalnych technologii. Biorąc jednak pod uwagę względy ekologiczne, można tę technologię uznać za obiecującą.

Podsumowując rozważania, warto raz jeszcze podkreślić, że dbałość o stan dróg w mieście, poszukiwanie nowoczesnych rozwiązań technologicznych i organizacyjnych służyć ma ciągłej poprawie jakości życia człowieka. Może być ona zadowalająca, gdy infrastruktura i organizacja przestrzeni zapewnią komfort i bezpieczeństwo życia.

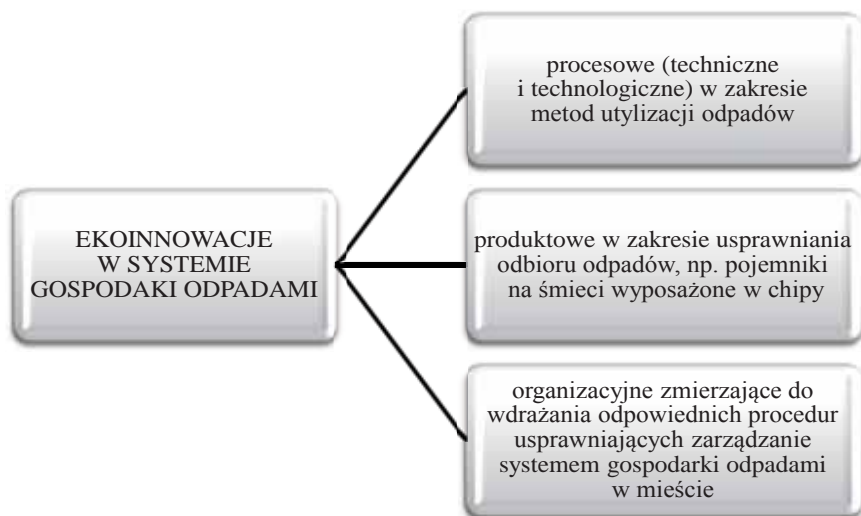
Kwestie bezpieczeństwa są pochodną implementacji opisanych wyżej rozwiązań, a także wdrażania koncepcji, takich jak np. pochodząca ze Szwecji „Vision Zero” (skutecznie, konsekwentnie i z powodzeniem stosowana w Nowym Jorku) (<http://www.streetfilms.org/nyc-mayor-bill-deblasio-makes-historic-vision-zero-announcement/>; https://transalt.org/sites/default/files/news/reports/2011/Vision_Zero.pdf; <http://www.akcja-miasto.org/wp-content/uploads/2015/12/Wizja-Zero-w-Nowym-Jorku.pdf>), czy inicjatyw jak „Bezpieczniejsze Miejskie Ulice” (Safer City Streets), której celem jest stworzenie platformy wymiany wiedzy i dobrych praktyk dla miast, pozwalającej urzędnikom miejskim na dostęp do informacji (danych, analiz, ekspertyz), co usprawnia procesy decyzyjne oraz zapewniającej nieograniczoną, globalną możliwość współpracy, prowadzenia badań (<http://edroga.pl/mobilnosc/itf-bezpieczne-miejskie-ulice-090913119>).

Należy w końcu pamiętać o jednym, że komfort i bezpieczeństwo to także warunki konieczne do wdrożenia zrównoważonej mobilności, bez której miasto nigdy nie stanie się miejscem dobrym do życia.

2.6. Ekoinnowacje w recyklingu i utylizacji odpadów

Zapobieganie powstawaniu odpadów zostało przyjęte jako imperatyw w większości krajów na świecie. W dobie nieustannej produkcji odpadów trzeba poszukiwać nowoczesnych rozwiązań zmierzających do takiej ich utylizacji, która byłaby jak najmniej szkodliwa dla środowiska. Należy przy tym zaznaczyć, że wszystkie innowacje związane z gospodarką odpadami można zaliczać do innowacji ekologicznych z uwagi na ich przyjazne środowisku oddziaływanie.

W zakresie gospodarki odpadami możemy mówić o trzech kluczowych rodzajach ekoinnowacji, a mianowicie o innowacjach związanych z procesem utylizacji odpadów, innowacjach usprawniających odbiór odpadów dotyczących konkretnych produktów (śmietników, kontenerów, śmieciarek itp.) oraz innowacjach organizacyjnych.



Ryc. 62. Rodzaje ekoinnowacji w zakresie gospodarki odpadami

Jednym z pierwszych przykładów dotyczących procesu unieszkodliwiania odpadów może być recykling i jego coraz to nowsze zastosowanie i wykorzystanie. Istnieją trzy główne rodzaje recyklingu: materiałowy, czyli ponowne przetwarzanie odpadów w nowy produkt użytkowy, surowcowy, czyli odzysk surowców użytych do produkcji danego produktu, a także energetyczny, czyli uwalnianie energii cieplnej w wyniku spalania odpadów (Mroziński, 2010). Także z uwagi na dekompozycję można wyróżnić recykling pierwszego stopnia (odzysk całych obiektów, np. butelek), drugiego stopnia (odzysk części i podzespołów, np. części komputera) oraz trzeciego stopnia (odzysk materiałów) (Mroziński, 2010). Recykling jest współcześnie coraz bardzo rozpowszechniony, a na przestrzeni ostatnich 20 lat jego udział w wielu krajach na świecie wzrósł.

Tabela 3. Ilość odpadów poddawanych recyklingowi w wybranych krajach OECD

Kraj	1995	2000	2005	2010	2014	Kraj	1995	2000	2005	2010	2014
Austria	21	24	26	28	26	Luksemburg	13	22	26	27	28
Belgia	11	25	30	36	34	Łotwa	..	..	4	9	17
Czechy	0	1	7	14	23	Meksyk	2	2	3	4	..
Dania	14	15	16	23	27	Niemcy	26	38	45	46	47
Estonia	0	2	24	12	29	Norwegia	12	22	26	27	26
Finlandia	26	25	26	20	18	Polska	0	0	4	18	21
Francja	9	13	16	18	22	Portugalia	1	3	9	11	16
Grecja	6	8	11	15	..	Słowacja	..	2	1	6	5
Hiszpania	..	..	..	18	16	Słowenia	2	5	20	21	30
Holandia	16	23	27	25	24	USA	21	22	23	26	..
Irlandia	8	11	32	35	..	Szwajcaria	29	32	35	34	33
Islandia	6	13	..	25	..	Szwecja	20	29	34	34	33
Japonia	10	14	19	19	..	Węgry	2	1	9	16	25
Kanada	..	18	..	18	..	Wielka Brytania	7	8	18	25	27
Korea	23	41	56	60	..	Włochy	3	10	14	20	28

Źródło: OEDC.

Niemniej jednak obecnie istnieją bardziej innowacyjne sposoby zagospodarowywania odpadów aniżeli recykling. W przeszłości była to głównie domena wielkich przedsiębiorstw, które odzyskiwały makulaturę, szkło, plastik czy też aluminium. Współcześnie mniejsze firmy rozsiane na całym świecie coraz chętniej poszukują nowych zastosowań dla odpadów. One niekiedy stają się pełnowartościowymi towarami, a wytworzone z nich nowe produkty częstokroć mają wyższą wartość niż wykorzystane w tym celu produkty (Szymańska, 2016). Proces, za sprawą którego tak się dzieje, to upcykling. Ta forma wtórnego przetwarzania odpadów spotyka się z coraz większym zainteresowaniem zarówno ze strony biznesu, jak również potencjalnych pomysłodawców wdrażania nowych rozwiązań. Nietypowa bowiem baza produkcyjna wymaga dużej kreatywności i pomysłowości. Można pokusić się o stwierdzenie, że upcykling jest jeszcze bardziej ekolo-

giczny niż recykling. Ten pierwszy minimalizuje zużycie energii elektrycznej i gazu, nie wykorzystuje zaawansowanych procesów chemicznych, opierając się przede wszystkim na technikach manualnych.

Najbardziej rozpowszechnionymi produktami stworzonymi dzięki tej metodzie są meble z palet drewnianych. Powstają również donice na kwiaty czy półki na książki ze skrzynek po owocach, lampy między innymi z bębnow starek, kolorowych szklanych butelek, garnków, huśtawki z opon samochodowych, tablice z korków po winie, lustra z raket tenisowych itp.

W przestrzeni miejskiej natomiast inicjatywy związane z upcyklingiem są bardziej spektakularne i nabierają niekiedy dodatkowego znaczenia. Tego typu działania są chętnie podejmowane przez studentów architektury czy sztuk pięknych. Studenci Uniwersytetu Tulane w Stanach Zjednoczonych podczas zajęć praktycznych wybudowali altanę chroniącą przed promieniami słonecznymi, a tym samym wykreowali przestrzeń rekreacyjno-wypoczynkową. W tym celu wykorzystali stare znaki i oznakowania, które połączyli za pomocą kabli i metalowych słupów. W pełni designerski projekt spotkał się z uznaniem i zainteresowaniem społeczności lokalnej, jest też doskonałą inspiracją dla kolejnych roczników studentów architektury.



Ryc. 63. Altana zbudowana ze starych znaków

Źródło: <http://www.psfk.com/2014/10/tulane-cycling-students-upgrade-signs.html>

2.6. Ekoinnowacje w recyklingu i utylizacji odpadów

Innym ciekawym przykładem upcyklingu są domki dla ptaków. Ta inicjatywa przynosi podwójne korzyści, z jednej strony bowiem ma na celu przetworzenie porzuconych odpadów drewnianych oraz innych materiałów przekazanych przez wolontariuszy w domki dla ptaków, z drugiej zaś głównym jej celem jest odbudowa populacji ptaków w mieście. Jej pomysłodawcy wskazują na szereg korzyści wynikających z sąsiedztwa ptaków. Ich obecność w mieście przyczynia się do jego naturalnego oczyszczania, gdyż ptaki jedzą stare jedzenie, owoce, jagody, orzechy itp. W ten sposób wpływają na dystrybucję nasion wokół miast oraz w naturalny sposób czyszczą tereny zieleni.



Ryc. 64. Domki dla ptaków z odpadów

Źródło: <http://www.hometowndumpsterrental.com/blog/upcycling-trash-into-birdhouses-the-happy-city-birds-project>

Skala upcyklingu może być zdecydowanie większa i odnosić się do całego budynku mieszkalnego. Taka idea przyświeca właśnie Earthship, czyli konstruowaniu pasywnych, autonomicznych energetycznie budynków z lokalnie dostępnych surowców i materiałów, w tym odpadów oraz ziemi (Kruis, Heun, 2007; Ip, Miller, 2009; Seyfang, 2009; Freney i in., 2012; Hargreaves i in., 2013).

Technologia ta powstała w 1970 roku, a pierwsze domy tego typu zostały wzniesione w Nowym Meksyku i do dnia dzisiejszego jest ich tam najwięcej. W regionie tym powstała swoistego rodzaju kolonia pod nazwą The Greater World Community. Głównym założeniem takich budynków oprócz pełnej samowystarczalności od sieci energetycznych, wodociągowych, kanalizacyjnych itp. jest wykorzystanie przy budowie dostępnych materiałów, w tym odpadów, tj. szkła, metalowych puszek, opon samochodowych. Dlatego często domy te nazywane są domami ze śmieci. Opony są najczęstszym budulcem całej konstrukcji, w tym ścian. Spora część budynku znajduje się jednak w głębi ziemi, toteż nie są to domy dużych rozmiarów. Wykopana na potrzeby budowy domu ziemia zostaje także wykorzystana w dalszej fazie jako spoiwo oraz do wypełnienia opon. Ściany wewnętrzne powstają częstokroć ze starych aluminiowych puszek łączonych cementem, dzięki temu tworzą mocną i wytrzymałą strukturę. Do wykończenia ścian wykorzystuje się natomiast mieszaninę piachu, ziemi oraz słomy. Izolacja zewnętrzna zaś wykonywana jest z folii, która przykryta zostaje cienką warstwą tynku. Domy tego typu najczęściej powstają w Ameryce Południowej z uwagi na łagodny klimat, niemniej jednak w Polsce również można spotkać pierwsze domy ze śmieci, chociażby w Mierzeszynie koło Pruszcza Gdańskiego (<http://earthship.pl/>).

Bardziej zaawansowanym technologicznie przykładem upcyklingu jest recykling chemiczny polimerów, w wyniku którego możemy otrzymać nanomateriały węglowe (Zhuo, Levendis, 2014). Produkcja i utylizacja polimerów pochodzących z tworzyw sztucznych jest współcześnie rozpowszechniona, jednakże z uwagi na ich niebiodegradowalny charakter stwarzają one duże problemy dla środowiska i całego ekosystemu. Dlatego ich upcykling jest bardzo pożądanym zjawiskiem, w szczególności gdy powstały w ten sposób materiał – czy to włókna węglowe, fulereny, nanorurki węglowe – znajdują szerokie zastosowanie chociaż-

by w układach elektronicznych. Tym sposobem otrzymujemy materiał o wiele cenniejszy aniżeli surowiec pierwotny, jakim są tworzywa sztuczne.

Wśród innowacyjnych rozwiązań przyjaznych środowisku naturalnemu z zakresu utylizacji odpadów wypada również wspomnieć o recyklingu organicznym, czyli wermikompostowaniu (Sharma, 2003; Aalok i in., 2008; Singh i in., 2011; Kostecka i in., 2014). Jest to proces, jak podkreślają Wójcik i Generowicz (2015), znany i opisywany w literaturze już od dawna, jednakże stosowany dotychczas jedynie w warunkach laboratoryjnych, co wynika ze stworzenia odpowiednich warunków pracy dla dżdżownic, ciągłej ich kontroli oraz stabilizacji procesu. Zdaje się to bardzo trudne z uwagi na dynamicznie zmieniające się środowisko, jakim są odpady biodegradowalne oraz osady ściekowe (Wójcik, Generowicz, 2015). Dlatego też rozpowszechnienie tej metody i wykorzystanie wermikultur w większym zakresie, jak do tej pory jest innowacyjną metodą recyklingu organicznego odpadów. Nieustannie bowiem poszukuje się nowych metod i instalacji służących do optymalnego zagospodarowania resztek organicznych. Cały proces składa się z dwóch etapów. W pierwszym przygotowuje się mieszanę składającą się z osadu ściekowego bądź odpadów komunalnych oraz słomy, która przez dwa tygodnie jest przewracana w celu dotlenienia. Po tym okresie układa się warstwę stworzonej mieszanki, a na nią wprowadza się populację dżdżownic. Następnie co miesiąc uzupełnia się to nową warstwą substratu. Otrzymany wermikompost jest nawozem organicznym, którego skład zależy od substancji pokarmowych, liczebności hodowlanych dżdżownic czy też czasu kompostowania. Za sprawą odpowiednich gatunków dżdżownic można ograniczyć, a nawet wyeliminować metale ciężkie z osadów ściekowych, bowiem na przykład *Eisenia foetida* ma zdolność kumulowania tych pierwiastków (Shahmansouri i in., 2005; Malley i in., 2006). Tego typu metody utylizacji odpadów komunalnych i osadów ściekowych z uwagi na dostępność substratu najlepiej wdrażać na terenach wiejskich i podmiejskich.

Osady ściekowe mogą być zagospodarowywane również za pomocą innej innowacyjnej technologii, jaką jest termiczna utylizacja za pomocą cementowego pieca obrotowego (Wainwright, Cresswell, 2001; Zhang i in., 2009). Dotychczas osady ściekowe były poddawane wyłącznie obróbce polegającej na ich zagęszczeniu, stabilizacji i higienizacji, by na-

stępnie mogły zostać wykorzystane rolniczo, pozarolniczo lub przekazane na składowisko. Przekształcenie termiczne osadów nie jest jeszcze popularne w Polsce z uwagi na wysokie koszty inwestycji oraz obowiązujące normy dotyczące spalarni, których produktem ubocznym jest często surowiec zawierający duże ilości metali ciężkich. Pewnym rozwiązaniem w tym zakresie wdrożonym już w niektórych krajach Unii Europejskiej jest cementowy piec obrotowy. Główną zaletą wykorzystywanej między innymi w Niemczech, Belgii, Holandii i Szwajcarii technologii jest bezpieczeństwo technologiczne i środowiskowe oraz niskie koszty inwestycji (Duda, Wasilewski, 2014). Jak podkreślą Duda i Wasilewski (2014), korzyści dla środowiska ze stosowania odpadów w procesie produkcji cementu to przede wszystkim ograniczenie wykorzystania surowców naturalnych i paliw kopalnych, tym samym zmniejszenie degradacji terenów rolniczych. Ponadto, co również ważne, całkowite wykorzystanie niepalnych części odpadów i wyeliminowanie składowania szkodliwych dla sprawnie funkcjonującego ekosystemu pozostałości po procesie spalania. Technologia współspalania w piecu obrotowym opiera się na wykorzystaniu wysokich temperatur strumienia gazów, jak również wypalanego materiału, a także turbulencji i stosunkowo długim czasie przepływu gazów i materiału w strefie wysokich temperatur (Duda, Wasilewski, 2014). Dzięki temu utylizacja osadów jest bezodpadowa, a produkt powstały po spalaniu trwale związany jest w klinkierze, nie stanowiąc zagrożenia dla środowiska. Innymi zaletami stosowania tej technologii w większej skali są między innymi: alkaliczna atmosfera, czyli neutralizacja gazów kwasotwórczych; wykorzystanie energii cieplnej z paliwa alternatywnego, duża pojemność cieplna, zabezpieczająca ciągłość spalania w stanach awaryjnych; współspalanie nie wymaga także dodatkowego paleniska oraz charakteryzuje się wysoką sprawnością urządzeń odpylających (Duda, Wasilewski, 2014).

O ile technologie utylizacji odpadów są niezwykle ważne dla sprawnie funkcjonującego systemu gospodarki odpadami, o tyle rozwiązania logistyczne pełnią w tym całościowym procesie istotne funkcje. Próbując odnaleźć nowoczesne rozstrzygnięcie w tym zakresie, należy zauważyć, że coraz to bardziej popularną technologią jest zastosowanie radiowego systemu identyfikacji (RFID - Radio Frequency Identification). Wykorzystywany jest on głównie przy monitorowaniu odpadów przede wszyst-

kim tych zebranych selektywnie. W Polsce został on wdrożony między innymi przez firmę Hertz Systems, a charakteryzuje się następującymi cechami: zgodnością ze znowelizowaną ustawą o utrzymaniu czystości i porządku w gminach; rejestracją i monitorowaniem odbioru odpadów segregowanych i niesegregowanych; nadzorem nad zdefiniowanymi punktami odbioru i wysypu odpadów; informowaniem o zdarzeniach alarmowych przy odbiorze i wysypie odpadów poza ustalonym obszarem, a także automatycznym potwierdzeniem wykonania usługi odbioru odpadów (Nikiel i in., 2013). To wszystko sprawia, że system recyklingu ulega większej optymalizacji.

Ekoinnowacji trzeba doszukiwać się również w sferze produktów, nie tylko tych służących bezpośrednio infrastrukturze komunalnej, ale również tych służących zminimalizowaniu ilości odpadów. W tym miejscu wspomnieć wypada chociażby o sklepach, które nie stosują żadnych opakowań do produktów, czy też o opakowaniach biodegradowalnych, bardziej przyjaznych środowisku. W tym zakresie wdraża się zamiast tworzyw sztucznych polimery produkowane z ziemniaka, kukurydzy czy trzciny cukrowej. Innym rozwiązaniem są na przykład jadalne opakowania, które są niewidoczne dla oka, ale chronią produkty przed działaniem czynników zewnętrznych, takich jak wilgoć, mikroorganizmy czy też wysoka temperatura (Sztuka, Kołodziejska, 2008; Kozłowicz i in., 2011). Dzięki ich zastosowaniu może zmniejszyć się ilość odpadów, bowiem nie są one szkodliwe dla organizmu i mogą być konsumowane razem z produktem. Zupełnie innowacyjną technologią w tym zakresie jest także wykorzystanie inteligentnych opakowań. Dzięki informacjom na nich zawartym ograniczamy bowiem marnotrawstwo żywności. Cierpiszewski (2015) zauważa, że ich funkcje realizują przede wszystkim trzy techniki: czujniki, wskaźniki i system RFID. Wśród nich to głównie wskaźniki są odpowiedzialne za monitorowanie zmian jakości opakowanego produktu i można je podzielić na: wskaźniki świeżości, historii temperatury oraz czasu jej działania (TTI – Time Temperature Indicator) oraz obecności gazów (integralności opakowania) (Cierpiszewski, 2015).

Tabela 4. Przykłady opakowań inteligentnych dostępnych na rynku

Rodzaj wskaźnika	Nazwa handlowa	Producent	System
Świeżość	Food Sentinel System Food	Sira Technologies Inc.	przeciwciała
	RipSense	Ripesense Ltd.	detekcja aromatów
	Toxin Guard	Toxin Alert Inc.	przeciwciała
TTI	Fresk-Check	Lifelines Inc.	reakcja polimeryzacji
	Monitor Mark	3M Company	dyfuzja
	OnVu i CoolVu	BASF UV	barwnik aktywowany
	VITSAB	VITSAB A.B.	enzymatyczna hydroliza tłuszczów
Otwarcie opakowania	Novas Embedded Label	Insignia Technologies	zmiana stężenia CO ₂
Obecność tlenu / / otwarcie opakowania	Ageless-Eye	Mitsubishi Gas Chemical Co	reakcja redoks
	Tell-Tab Oxygen Indicator	IMPAK	reakcja redoks

Źródło: Cierpiszewski, 2015.

Dzięki wykorzystaniu tych opakowań można w łatwy sposób kontrolować i usprawniać łańcuch dostaw oraz przeciwdziałać powstawaniu niepożądanych odpadów spożywczych.

Niemniej jednak w momencie, kiedy już one powstaną, należy w jakiś inteligentny sposób próbować je segregować lub też gromadzić w odpowiednich pojemnikach. W tym celu konstruuje się innowacyjny kosze na odpady. W wielu miastach na świecie są one już dostępne, np. w Londynie (Szymańska, Korolko, 2015; Szymańska, 2016).

W samej Holandii pojawiło się ponad 6 tysięcy elektronicznych koszy na śmieci, które otwierają się dopiero po zidentyfikowaniu osoby, która odpady chce w takim pojemniku zostawić. Pokrywy koszy są bowiem wyposażone w czynniki i dopiero po zbliżeniu karty otwierają się. Pojemniki na śmieci nie tylko rozpoznają, kto wrzucił do nich odpady, ale również ważą je i sprawdzają ich jakość. Dzięki temu naliczają zróżnicowane opłaty za ich wywóz. Ta inicjatywa ma skłonić mieszkańców do segregacji odpadów, bowiem za ich pozostawienie nie ponosi się opłaty. Dodatkowo kosze są

wyposażone w system łączności, który informuje o wypełnieniu i wzywa śmieciarkę (Ray, 2012).



Ryc. 65. Kosze na odpady komunalne wyposażone w czytniki kart w Holandii

Źródło: http://www.ubergizmo.com/2012/09/intelligent-robot-bins-require-id-to-dispose-of-rubbish-in-the-netherlands/?utm_source=mainrss

Polska firma również szykuje się do wprowadzenia na rynek inteligentnych śmietników, które same segregują odpady. BIN-e samodzielnie rozpoznaje rodzaj odpadów i dzieli je na kategorie, dodatkowo poddaje je także wstępnej obróbce lub na przykład zgniata plastikowe butelki. Przydatną jego funkcją jest też stałe łącze z Internetem, dzięki któremu uczy się nowych parametrów dotyczących odpadów. Ponadto jak każda inna tego typu technologia posiada zdolność informowania firmy odpowiadającej za odbiór odpadów o konieczności opróżnienia kosza. Ten polski odpowiednik inteligentnych koszy ma wejść na rynek w 2017 roku (<http://www.gizmaniak.pl/75890/bin-e-inteligentny-kosz-smieci/>).

Nowoczesne rozwiązania są także wdrażane na uniwersytetach, dobrym przykładem jest Uniwersytet w Waszyngtonie, który wprowadził system inteligentnych pojemników na śmieci. Są one zasilane energią słoneczną, bezprzewodowe oraz wyposażone w cyfrowy system informacji. Na terenie uniwersytetu rozlokowane są trzy rodzaje koszy służących do sortowania odpadów według ich przeznaczenia, a mianowicie kompostowanie, recykling i odpady zmieszane/pozostałe. W momencie kiedy któryś z pojemników jest zapełniony, wysyła SMS-a do personelu o konieczności jego opróżnienia. Pracownicy serwisu sprzątającego mają możliwość na bieżąco śledzić stopień zapełnienia pojemników, co znacznie oszczędza ich czas i nie generuje dodatkowych kosztów. Ponadto zainstalowany w ich wnętrzu kompakt zmniejsza objętość śmieci, przez co może się ich zmieścić o wiele więcej niż w standardowych koszach na śmieci. Kosze są również wyposażone w elektroniczne monitory, na których wyświetlane są informacje o charakterze edukacyjnym, dotyczące korzyści płynących z recyklingu i kompostowania, a także informacje o właściwym sposobie sortowania odpadów. Ma to podnosić świadomość ekologiczną studentów oraz osób przebywających w kampusie uniwersyteckim (<http://phys.org/news/2012-04-uw-intelligent-kiosks-composting-recycling.html>).

Przykładem zwiększenia efektywności w opróżnianiu koszy na śmieci ma być w przyszłości wykorzystany w tym celu robot. Szwedzka firma Volvo podjęła pracę nad stworzeniem inteligentnego robota ROAR (Robot-based Autonomous Refuse), który automatycznie zbiera i opróżnia pojemniki na śmieci. Cały system odbioru odpadów jest opracowany w ten sposób, że umieszczony na dachu śmieciarki dron po uniesieniu się w powietrze skanuje pobliski teren i lokalizuje śmietniki. Te informacje są przekierowane do robota. Ten następnie dzięki zainstalowanej w pamięci mapie okolicy opuszcza śmieciarkę i udaje się w kierunku konkretnych koszy na śmieci. Zabiera je w celu opróżnienia do pojazdu i następnie odstawia na miejsce. Za sprawą wyposażenia w szereg czujników robot jest w stanie omijać różnorodne przeszkody i bez problemu lokalizować się w terenie (<http://news.volvogroup.com/2016/02/25/drone-to-help-refuse-collecting-robot-find-refuse-bins/>).



Ryc. 66. Inteligentne pojemniki na śmieci na Uniwersytecie w Waszyngtonie

Źródło: <http://phys.org/news/2012-04-uw-intelligent-kiosks-composting-recycling.html>

W zakresie innowacyjnego, a zarazem całościowego podejścia do systemu gospodarowania odpadami w mieście dobrym przykładem jest Singapur. Do niedawna miasto, w którym mieszka 5,1 miliona ludzi, było zagrożone przez rosnącą falę śmieci. W 2000 roku Singapur generował 7600 ton odpadów dziennie, czyli prawie sześć razy więcej niż 30 lat wcześniej (Yep, 2015). Zaistniał ogromny problem ze składowaniem odpadów, gdyż na lądzie brakło już miejsca. To skłoniło władze do podjęcia szybkich działań i realizacji nowych inicjatyw. Począwszy od 2001 roku, rząd rozpoczął program mający na celu zwiększenie poziomu recyklingu. System sortowania odpadów objął swym zasięgiem wszystkie możliwe sfery aktywności człowieka, począwszy od gospodarstw domowych, przez szkoły, biura, szpitale, centra handlowe, restauracje i hotele, po przemysł wyspecjalizowany. Pod koniec 2005 roku 56% wszystkich gospodarstw domowych w Singapurze brało udział w programie zwiększania poziomu recyklingu. Kolejnym krokiem było rozpo-

wszechnienie innych metod unieszkodliwiania odpadów, w tym wypadku chodziło o spalarnie. Dzięki nim możliwe było zmniejszenie objętości odpadów, a także wytwarzanie energii elektrycznej. Kolejne działania będą zmierzały do ewidencji odpadów komunalnych z gospodarstw domowych za sprawą pojemników wyposażonych w wagi oraz technologię identyfikacji radiowej. To ma zmusić mieszkańców miasta do segregacji odpadów oraz do ich ograniczania, bowiem koszt wywozu śmieci ma być naliczany za każdy kilogram, a nie jak do tej pory była to stawka równa dla wszystkich. Zdarzało się zatem, że niektórzy mieszkańcy generowali więcej odpadów, a płacili tyle samo jak ci, którzy starali się ograniczać ich ilość. Taki system elektronicznej ewidencji odpadów dobrze funkcjonuje już w Korei Południowej. Dodatkowo w wysokich budynkach mieszkalnych, które wyposażone są w zsypy, ma zostać zainstalowany system identyfikacji odpadów. Mieszkaniec, który będzie chciał wyrzucić śmieci do zsypu, będzie musiał najpierw określić, jaki jest to typ odpadów, dopiero potem drzwi zostaną otwarte (Zengkun, 2016). Takie rozwiązania systemowe mogą stać się inspiracją dla wielu innych miast azjatyckich, jak również wdrażane mogą zostać w miastach na całym świecie.

Przykładem dobrych rozwiązań w gospodarce odpadami jest także Paryż. Wprowadzono tu system trójpojemnikowy, w którym do żółtych pojemników wrzucane są odpady przetwarzalne, do zielonych odpady z gospodarstw domowych, a do białych szkło. Następnie odpady przetwarzalne zawożone są do sortowni, w której dokonuje się segregacji na papier, metal i plastik. Cała reszta wraz z odpadami z gospodarstw domowych kierowana jest do nowoczesnej spalarni Isséane. Odpady przywożone są dwiema drogami, lądową z wykorzystaniem śmieciarek oraz wodną za pomocą kontenerów ulokowanych na barkach. Surowiec jest składowany w ogromnej fosie, która może pomieścić odpady potrzebne na 3–4 dni pracy spalarni (Szyjko, 2014). Taki zapas odpadów w razie problemów z ich dostawą jest niezbędny do zachowania trybu ciągłej pracy spalarni, która wyposażona jest w innowacyjne rozwiązania. Przede wszystkim, jak podkreśla dyrektor generalny spalarni, „Spaliny z procesu spalania są oczyszczane w specjalnym, wielostopniowym systemie oczyszczania spalin. Średnia skuteczność usuwania zanieczyszczeń ze spalin wynosi ok. 99%” (Szyjko, 2014: 118). W paryskiej spalarni emisja spalin jest nieustannie mierzona przez specjalny automatyczny system monitoringu, na bieżąco analizując otrzymane pa-

rametry, by nie przekroczyć dopuszczalnych norm emisyjnych. Pozostałości ze spalarni, to znaczy żuźle i popioły, wykorzystywane są jako kruszywo budowlane, a pyły i inne pozostałości kierowane są na składowisko odpadów niebezpiecznych lub poddawane procesom stabilizacji (Szyjko, 2014).

Portugalskie miasto Cascais położone niedaleko Lizbony również może pochwalić się wdrożeniem nowoczesnego systemu zarządzania w gospodarce odpadami. Zaimplementowało ono bowiem technologię SmartBin do swoich podziemnych pojemników na odpady, w ramach realizowanej w tym mieście inicjatywy Smart City. W rezultacie zmniejszyło to koszty zbiórki i bardzo usprawniło proces odbioru oraz gromadzenia odpadów. We współpracy z firmą Sotkon, odpowiadającą za dotychczasowy transport i przyjęcie odpadów, wypracowano całościowo zintegrowany system gospodarki odpadami w mieście. Na istniejących już podziemnych pojemnikach zamontowano nowoczesne czujniki, służące monitorowaniu i raportowaniu ich stanu wypełnienia. To ogranicza liczbę śmieciarek na ulicach przy jednoznacznym usprawnieniu zbiórki odpadów, a także ogranicza koszty i dba o to, by pojemniki nigdy nie były przepełnione (<https://www.smartbin.com/clients/cascais-municipality>).

W Europie działania z zakresu inteligentnego zarządzania odpadami wspierane są ze środków unijnych, w ramach których realizowany był trzyletni projekt BURBA (Bottom-up selection, collection and management of URBAn waste, czyli: Oddolna segregacja, zbiórka i zarządzanie odpadami miejskimi). Wdrażany był w wersji pilotażowej w trzech miastach różnej wielkości – Camogli we Włoszech, Santander w Hiszpanii oraz Rzeszów w Polsce. Głównym założeniem było dostarczenie korzyści finansowych związanych z powstałymi oszczędnościami czasu i paliwa podczas opróżniania pojemników na śmieci. Technologie, które zostały wykorzystane w tym systemie, to wspomniany już radiowy system automatycznej identyfikacji RFID oraz system lokalizacji LBS, które zintegrowane są z inteligentnym pojemnikiem na odpady (IWAC). Inteligentny kosz na śmieci identyfikuje użytkownika na podstawie jego osobistej karty RFID, kontroluje otwarcie pokrywy pojemnika oraz udziela informacji zwrotnej na temat prawidłowości usunięcia odpadów (http://www.pi.gov.pl/PARP/chapter_86197.asp?so-id=36DCD58B516B415D8B2EC33CA1B0B5AB). Ponadto dane zebrane podczas zbiórki są następnie analizowane przez ośrodki kontroli odpadów, które generują w dalszej kolejności zbiorcze raporty na temat zbiórki. Po-

wstałe w ten sposób informacje są pomocne w celu wypracowania dalszych przyjaznych środowisku rozwiązań w zakresie zarządzania odpadami oraz przekazywane są mieszkańcom za pośrednictwem telefonu komórkowego wraz z poradami i wskazówkami pomocniczymi dotyczącymi segregacji i usuwania śmieci (http://www.pi.gov.pl/PARP/chapter_86197.asp?so-id=36DCD58B516B415D8B2EC33CA1B0B5AB).

Innowacyjny system gospodarowania odpadami w mieście w założeniach powinien być obiegiem zamkniętym. Takie działania mają w niedalekiej przyszłości zostać zaimplementowane we Wrocławiu. Ich pomysłodawcą jest firma Frotum, właściciel miejskiej elektrociepłowni, a także w takich miastach jak Klajpeda na Litwie i Brista w Szwecji. System zaproponowany przez Frotum zakłada maksymalne wykorzystanie wszystkich surowców i odpadów przy jednoczesnym oszczędzaniu energii i redukcji gazów cieplarnianych. Efektywny odzysk odpadów wpisuje się w koncepcję zrównoważonej gospodarki odpadami i tym samym zwiększanie poziomu recyklingu odpadów w mieście. System oparty ma być na nowoczesnych rozwiązaniach technologicznych, między innymi wdrożonych w specjalistycznej i wysoce efektywnej sortowni odpadów, która gwarantowałaby wartościowy materiał poodzyskowy. Innym kluczowym elementem tego układu organizacyjnego ma być elektrociepłownia wielopaliwowa, wykorzystująca jako paliwo odpady resztkowe pozostałe po sortowaniu. To zapewniałoby efektywny odzysk zawartej w nich energii (<http://portalkomunalny.pl/innowacyjna-koncepcja-systemu-gospodarowania-odpadami-dla-wroclawia-331350/>). Tak zorganizowany system gospodarki odpadami przyczyniłby się do ograniczenia do minimum ilości odpadów trafiających na składowiska.

2.7. Zieleń w miastach

Miasto jest swoistym otwartym ekosystemem, przyrównuje się je do naturalnych ekosystemów, z dopływem materii z zewnątrz, spoza samego miasta (zachowana właściwa równowaga umożliwiająca niezachwiany obieg materii i energii, a tym samym zdolność do stałego odnawiania się ekosystemu). Możliwości samoregulacji takiego ekosystemu miejskiego są więc bardzo ograniczone. Dlatego tak istotna jest zieleń miasta i otaczających go regionów (lasy, parki, skwery, nabrzeża), która ma pozytywną i decydującą rolę

w kształtowaniu warunków aerasanitarnych i klimatycznych. Zielen miejska jest swoistym filtrem pochłaniającym zanieczyszczenia pyłowe i gazowe, barierą łagodzącą hałas, barierą przed wiatrami, wreszcie zielen miejska ożywia poziomą i pionową wymianę powietrza, znacznie wzbogaca powietrze miejskie w tlen i biologicznie aktywne fitoncydy, poprawia jonizację powietrza, wpływa na obniżenie temperatury powietrza i jej amplitudy dobowej, zwiększa wilgotność powietrza, zmniejsza prędkość wiatru, modyfikuje jego kierunek oraz modyfikuje cyrkulację powietrza.

Niezwykle ważne jest zatem zapewnienie mieszkańcom odpowiedniej ilości zieleni, jest ona bowiem płucami miasta. Należy więc dbać o zachowanie i tworzenie parków, skwerów, sadzić drzewa uliczne, tworzyć korytarze powietrzne (odpowiednie rozplanowanie miasta, zapewniające dopływ tlenu, i przewietrzenie miasta ze szkodliwych gazów i wylęgów samochodowych). Zielen stanowi doskonałą barierę przeciw zanieczyszczeniom komunikacyjnym, fabrycznym, a zielen osiedlowa zabezpiecza wręcz poszczególne osiedla przed wielkim miastem, pozostawia miejsce na spacer, na rekreację bez ryzyka wystawienia się wprost na rury wydechowe samochodów. Miasto ma specyficzny mikroklimat, tworzą się w nim miejskie wyspy ciepła, a więc zielen z jednej strony oczyszcza miasto, z drugiej zaś łagodzi temperaturę powietrza, zmniejsza wpływ miejskiej wyspy ciepła (Szymańska, Korolko, 2015).

Zielen to także siedlisko ptaków i ssaków. Jak podkreśla A. Kalinowska (1992), nawet tak kiedyś płochliwe kosi zagnieździły się w miejskich parkach i zieleni osiedlowej, zmieniając swoje obyczaje. Właśnie ta osiedlowa zielen, zadbana, ale w sposób ekologiczny, z różnorodnością krzewów, z niewycinanymi zbyt regularnie gałęziami, może stworzyć dobre warunki życia dla ptaków i drobnych zwierząt, sprawić, że przestrzeń miejska nie będzie tylko kamienną pustynią.

Musimy zacząć akceptować reguły życia w mieście. Niestety, są przypadki, na szczęście niezbyt liczne, że przedsiębiorcy i mieszkańcy miast zachowują się jak „dendrofoby”, wycinający wszystko, co popadnie, nie chcą zrozumieć specyfiki miejsca, omijając niekiedy przepisy. Wycinają drzewa stanowiące przecież o charakterze miasta lub budują wysokie, szczelne ogrodzenia całkowicie sprzeczne z howardowską ideą nieprzerywania ciągłości widoku lasu i szlaków komunikacyjnych drobnych zwierząt. Niekiedy nieuczciwi deweloperzy z chęci zysku niszczą całe przestrzenie zie-

leni. Na przykład w niektórych przybrzeżnych miastach w Australii, gdy nie mogą dostać pozwolenia na wycięcie drzew na nadmorskich plażach (by zyskać nowe przestrzenie i wybudować na nich apartamentowce dla wczasowiczów), za pośrednictwem wynajętych osób wstrzykują drzewom truciznę i te umierają, stojąc. Potem oczywiście takie drzewa są „wycinane” i pojawia się nowa przestrzeń pod budownictwo hotelowe (Szymańska, Korolko, 2015).

Zieleń miejska jako jeden z elementów ekosystemu miasta spełnia kilka funkcji, m.in.:

- ekologiczną – indyktor jakości środowiska, siedlisko żywych zasobów przyrody;
- klimatyczną – podnoszenie wilgotności powietrza, wpływ na temperaturę powietrza, stymulacja ruchów powietrza, redukcja CO₂;
- ochronną – pochłanianie części zanieczyszczeń powietrza, absorpcja kurzu i pyłów, retencja wody, tłumienie hałasu, izolacja przestrzenna;
- estetyczną – wzbogacenie krajobrazu poprzez formę i kolorystykę zieleni;
- rekreacyjną – zapewnienie miejsca i stworzenie warunków do wypoczynku (http://www.agenda21.waw.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=55&limitstart=5).

Jak już wspomniano, zieleń miejska wpływa na jakość powietrza: pochłania zanieczyszczenia pyłowe i gazowe oraz wydziela fitoncydy. Usuwanie zanieczyszczeń gazowych z atmosfery odbywa się w procesach osadzania substancji toksycznych na powierzchni roślin. Z badań wynika, że stężenie dwutlenku siarki i siarkowodoru przed i poza pasem zieleni miejskiej o szerokości 500 metrów ulega 3-krotnemu obniżeniu, a stężenie tlenków azotu zmniejsza się o 75%. Zieleń miejska absorbuje także zanieczyszczenia pochodzące z silników spalinowych, przy czym absorpcja ta zależy od wielkości drzewa i jego gatunku, od struktury przestrzennej izolacyjnego pasa zieleni, od warunków klimatycznych itp. Jedno dorosłe drzewo liściaste średniej wielkości jest zdolne wchłonać w ciągu jednego okresu wegetacyjnego 130–150 kg substancji toksycznych pochodzących ze spalania paliw. Wielopiętrowa zieleń o znacznej zwartości zmniejsza trzykrotnie stężenie pyłów zawieszonych w powietrzu, a niska zieleń okrywowa i trawiasta odgrywa rolę filtra, zapobiegając uciążliwemu wtórnemu pyleniu – np. przy drogach. Oczyszczanie powietrza z pyłów przez roślinność polega na osa-

dzaniu i przyczepianiu się zanieczyszczeń na powierzchni igieł lub liści, skąd są one usuwane do podłoża przez opady atmosferyczne. Skuteczność oczyszczania powietrza z pyłów zależy od poziomej i pionowej struktury powierzchni zadrzewionej. Najwyższa skuteczność cechuje obszary zieleni o wykształconej strukturze piętrowej. Następuje wówczas zwiększenie turbulencji powietrza. Zachodzące w zróżnicowanej strefie koron drzew zmiany kierunków przepływu powietrza natrafiają tam na zwiększony opór i w efekcie ziarna pyłu wypadają ze strumienia powietrza (Pietras, 2009 http://www.mojeopinie.pl/rola_zieleni_w_kształtowaniu_klimatu_miasta,3,1234108741 oraz http://www.agenda21.waw.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=55&limitstart=5).

Duże znaczenie w procesie oczyszczania ma szerokość powierzchni zajętej przez zielenią wysoką oraz stopień jej zwarcia. Zwarte zadrzewienia stanowią barierę dla mas powietrza i są przez nie omijane górami. Powoduje to kumulowanie się zanieczyszczeń pyłowych przed ścianą terenu zalesionego. W związku z tym optymalne są zadrzewienia o zwarcium luźnym, umożliwiającym przepływ powietrza zarówno nad drzewostanem, jak i przenikanie przez jego wnętrze. Również niska zielenią miejska, np. trawniki, pełni funkcję filtra zanieczyszczeń powietrza. Na trawnikach osadza się znaczna ilość pyłu z warstw przyziemnych powietrza. Trawniki zapobiegają także wtórnemu pyleniu z podłoża, które w warunkach miejskich jest bardzo uciążliwe (Pietras, 2009 – http://www.mojeopinie.pl/rola_zieleni_w_kształtowaniu_klimatu_miasta,3,1234108741).

Ważną funkcją roślinności, wpływającą na polepszenie warunków życia ludzi w mieście, jest wydzielanie fitoncydów. Związki te wydzielane są przez wiele gatunków drzew i krzewów, np. jodłę, sosnę, świerk, jałowiec, jesion, brzozę, głóg, czarny bez. Fitoncydy zwalczają drobnoustroje, a także niektóre grzyby i owady. Przyczyniają się także do wzbogacenia powietrza w jony ujemne, które wywierają korzystny wpływ na psychikę człowieka. Zielenią miejska wpływa na poprawę jakości powietrza również poprzez produkcję tlenu. Jest on wytwarzany w zielonych częściach roślin w procesie fotosyntezy z udziałem energii słonecznej i wody (Pietras, 2009 – http://www.mojeopinie.pl/rola_zieleni_w_kształtowaniu_klimatu_miasta,3,1234108741).

Niezwykle ważną funkcją zieleni w mieście jest tłumienie hałasu. Tłumienie fal akustycznych odbywa się na zasadzie ucięcia fal pod wpływem pni drzew i absorpcję przez gałęzie i liście działające jak rezonatory. Zdolność

2. Wybrane doświadczenia miast w zakresie wdrażania ekoinnowacji

tłumienia hałasu wzrasta wraz ze wzrostem powierzchni liści, z gęstością i piętrowością zieleni, częstotliwością dźwięku oraz całą wielkością drzewostanu. Drzewa i krzewy w pasach 7–8 m zmniejszają hałas o 10–13 Db, a dobrze rozwinięte drzewa w pasie o szer. 40 m tłumią dźwięk o 17–23 Db, a powierzchnie z przewagą traw i bylin obniżają dźwięk o 6–8 Db – w porównaniu z gruntem bez roślinności. Beton, asfalt, kamienne płyty i kostka w pobliżu źródła hałasu potęgują zjawiska akustyczne (http://www.agenda21.waw.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=55&limitstart=5).



Ryc. 67. Zielone kompozycje na dachu Biblioteki Głównej Uniwersytetu Warszawskiego

Źródło: fot. Daniela Szymańska, 2015.



Ryc. 68. Wodno-zielone kompozycje na dachu Biblioteki Głównej Uniwersytetu Warszawskiego

Źródło: fot. Daniela Szymańska, 2015.

Z licznych badań wynika, że zieleń miejska o dużym udziale drzew pozytywnie wpływa na warunki klimatu lokalnego:

- obniża maksymalną temperaturę powietrza o 10–25%, a temperaturę średnią dobową o 7–20% (w zależności od powierzchni parku) i podnosi temperaturę minimalną o 5–15 % – podobnie jak zieleń niska;

- magazynuje duże ilości wody, a wilgotność względna jest tam wyższa o 3–8% (w porze zimowej) i o 5–20% (w sezonie letnim) niż na terenach zabudowanych – zwiększa maksymalną wilgotność względną o 10–30%, a minimalną o 30% w porównaniu z terenami zabudowanymi (http://www.agenda21.waw.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=55&limitstart=5).

Największe różnice termiczne między terenem zieleni a terenami zabudowanymi występują w godzinach wieczornych i nocnych, co stymuluje lokalną cyrkulację powietrza pomiędzy zabudową a zielenią. A zatem zieleni poprzez regulację przepływu powietrza ma korzystny wpływ na warunki przewietrzania i wymiany powietrza w mieście. Wielopoziomowa zieleni przy dużej sile wiatru znacznie hamuje prędkość wiatru w warstwie przyziemnej. Ponadto roślinność w pasach przydrożnych tłumi fale akustyczne, powodując ich ugięcie oraz pochłanianie. Jako ilustracja istotnego wpływu roślinności na skład atmosfery można podać przykład Krakowa, w którym roczny pobór tlenu na potrzeby komunalne jest ok. 150 razy większy niż produkcja tlenu wytworzonego przez zieleni miejską. W warstwie o wysokości 1,5 m nad powierzchnią gruntu istnieje stały deficyt tlenu wynoszący ponad 2% (zawartość tlenu w tej warstwie wynosi 18,9%). A zatem do zmniejszenia niedoboru tlenu w strefie przygruntowej, z której najczęściej korzysta człowiek, może przyczynić się zwiększenie powierzchni terenów zieleni o wielowarstwowej strukturze (http://www.agenda21.waw.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=55&limitstart=5).

Wiele miast świata wprowadza plany zwiększające skalę „zazielenia” miast. Na przykład jedna z najbardziej zanieczyszczonych stoli Europy – Madryt, podjął realizację szeroko zakrojonego i długofalowego projektu (Madrid + Natural), który ma uczynić miasto przyjemniejszym dla ludzi i ochronić przed niekorzystnymi zmianami klimatu (<http://www.miasto2077.pl/madryt-ma-wzorcowy-plan-jak-stworzyc-zielone-miasto/>). Projekt zakłada podjęcie 16 różnego rodzaju aktywności. Poza strategicznymi programami, takimi jak bardziej zrównoważone planowanie, jest cały zestaw bardzo konkretnych rozwiązań podpatrzonych w innych metropoliach. Są to między innymi ogrody na dachach – w Madrycie jest sporo płaskich dachów, które są niewykorzystywane. Władze chcą, aby zrobić na nich nasadzenie roślin połączone z instalacjami fotowoltaicznymi. Poza korzyściami ekologiczno-energetycznymi wpłynie to także na zwiększenie

bioróżnorodności miasta. Są to także dachy chłodzące – tj. dachy malowane na biało tam, gdzie nie uda się założyć ogrodu. W ten sposób 90% energii słońca uda się odbić, co zmniejszy nagrzewanie się budynku w sezonie letnim. Ponadto planuje się stworzyć zieloną infrastrukturę, tj. wzdłuż dróg, wiaduktów i estakad, pomiędzy pasami ruchu i poszczególnymi trasami oraz wzdłuż ulic planuje się posadzenie (zagęszczenie) zieleni, stworzenie obsadzonych roślinami pasaży i rozmieszczenie tzw. kieszonkowych parków. Na przykład zazielenienie ulic, zagęszczenie nasadzenia drzew w ciągach ulic będzie miało kilka korzyści: przyniesie cień, oczyści powietrze, zachęci ludzi do chodzenia i jazdy na rowerze, a nawet zwiększy ich poczucie przynależności do miasta.

W starej, gęstej zabudowie, gdzie jest niewiele miejsca na trawniki, planuje się wprowadzenie zielonych ścian, tj. wertykalnych nasadzeń na ścianach kamienic. Poprawi to nie tylko jakość powietrza, ale będzie także redukować hałas, z same budynki będą lepiej izolować temperaturę – temperatura wewnątrz będzie bardziej stabilna (<http://www.miasto2077.pl/madryt-ma-wzorcowy-plan-jak-stworzyc-zielone-miasto/>).

W projekcie zakłada się także przywrócenie mieszkańcom rzeki Manzanares, która w czasie postępującej urbanizacji została mocno zabudowana. Przywrócenie tutaj przyrody powiększy nie tylko tereny rekreacyjno-wypoczynkowe, ale także przyczyni się do lepszej dystrybucji wody opadowej oraz wzmocni bezpieczeństwo powodziowe miasta. Na terenach zalewowych (wzorem innych miast – np. Rotterdamu, Kopenhagi) planuje się utworzenie zielonych terenów rekreacyjnych, które jednocześnie będą odgrywać rolę zbiorników retencyjnych. Jednym z priorytetów działalności władz miasta jest utrzymanie i rozwój lasów miejskich.

Madryt planuje również stworzenie warunków dla rozwoju farm miejskich, chce wciągnąć w to przedsięwzięcie dorosłych i młodszych mieszkańców miasta, wciągnąć ich w zdrową i ciekawą aktywność (również edukacyjną) oraz lepiej zintegrować społeczności lokalne. Ciekawą inicjatywą władz miasta jest wzmocnienie zaplecza socjalnego – *quipamiento* (tak Hiszpanie nazywają tzw. społeczne zaplecze, np. place zabaw). Dziś wiele z nich jest zaniedbanych i leży odłogiem. Miasto chce je reanimować, przede wszystkim przez lepsze powiązanie z naturą (<http://www.miasto2077.pl/madryt-ma-wzorcowy-plan-jak-stworzyc-zielone-miasto/>).



Ryc. 69. Zazielenienie Madrytu wg projektu Madrid + Natural opracowanego przez biuro projektowe Arup

Źródło: (<http://www.miasto2077.pl/madryt-ma-wzorcowy-plan-jak-stworzyc-zielone-miasto/>)

Zieleń miejska towarzyszyła siedliskom ludzkim od najdawniejszych czasów. Już w starożytnym Babilonie (XVII w. p.n.e.), który stanowił ważny ośrodek handlu i rzemiosła oraz budził podziw ówczesnych ludzi, odnajdujemy prawzory „wiszących ogrodów” (znajdowały się one na płaskich dachach i tarasach pałacowych – idea ogrodów na dachach przeżywa dziś prawdziwy renesans i wynika z troski o jakość środowiska i o zwiększanie powierzchni terenów zielonych w miastach (Szymańska, 2016). Również w późniejszych okresach licznie zakładane parki i ogrody, zachowane naturalne siedliska (lasz miejskie, różne obszary chronione) służyły mieszkańcom miast lub jego wybranym elitom do rekreacji i wypoczynku. Zawsze jednak obszary zielone miast były i są integralną częścią danego miasta, były one traktowane z należywym szacunkiem i często świadczyły o ich potędze i zamożności. W obecnych czasach, gdy większość ludności świata zamieszkuje miasta (zwłaszcza duże), rola zieleni jest wręcz nieprzecenienia, wpływa na podniesienie jakości życia mieszkańców miast i na kondycję ekologiczną naszego globu. Dlatego tak ważne jest zachowanie zieleni nie tylko w miastach, ale i w ich otoczeniu. Należy zatem kształtować świadomość mieszkańców miast, włodarzy miast i regionów, wszelkich decydentów (planistów, urbanistów, architektów i inwestorów), by właściwie dbali o zieleni miejską i przyczyniali się do jej zwiększania. Pamiętając, że zielone obszary miast to nie jest marnotrawstwo przestrzeni, a inwestycja w nasze zdrowie i zdrowie naszej planety.

3. Ekoinnowacje oparte na otwartym modelu – miasta biointeligentne

Ekoinnowacje utorowały sobie na trwałe drogę do polityki Unii Europejskiej wraz z przyjęciem przez państwa członkowskie podczas szczytu Rady Europejskiej w czerwcu 2010 roku strategii Europa 2020. Stanowi ona podstawę inteligentnego, zrównoważonego i sprzyjającego włączeniu społecznemu wzrostu gospodarczego Unii Europejskiej (zob. Komunikat Komisji z dnia 03.03.2010 r. „Strategia na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu”). W ramach tej strategii przyjęto siedem projektów przewodnich, w tym projekt „Unia Innowacji”, którego celem jest poprawa warunków i dostępu do finansowania badań naukowych i innowacji oraz doprowadzenie do tego, aby innowacyjne pomysły zamieniały się w produkty i usługi, które stanowią siłę napędową dla wzrostu gospodarczego i powstania nowych miejsc pracy w Unii Europejskiej (zob. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego komitetu Ekonomiczno-Społecznego oraz Komitetu Regionów „Projekt przewodni strategii Europa 2020 – Unia innowacji”). Dokument ten dostrzega wagę ekoinnowacji, wskazując, że obecnie wzrost gospodarczy w coraz większym stopniu napędzają kluczowe technologie, takie jak eko-, nano- i biotechnologie oraz technologie informacyjne. W konsekwencji dokument ten zobowiązał Komisję Europejską do zaprezentowania planu działań dotyczącego ekoinnowacji, który w szczególności winien położyć nacisk na konkretne problemy i przeszkody oraz możliwości, jakie stoją na drodze do osiągnięcia celów związanych z ochroną środowiska za pomocą innowacji. Poczesne miejsce znalazły również ekoinnowacje w kolejnym projekcie przewodnim strategii Europa 2020, a mianowicie w inicjatywie „Europa efektywnie korzystająca z zasobów” oraz przyjętym przez Komisję Europejską planie działań w tym obszarze (zob. Komunikat Komisji do

Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów z dnia 26.01.2011 r. „Europa efektywnie korzystająca z zasobów – inicjatywa przewodnia strategii Europa 2020”).

Projekt przewodni „Unia Innowacji” przywołuje w swej treści koncepcję otwartych innowacji, choć trudno tutaj mówić o stworzeniu trwałych podwalin polityki innowacyjnej opartej na modelu otwartym, który w równym stopniu traktowałby wewnętrzne i zewnętrzne zaplecze technologiczne przy pełnej otwartości organizacyjnej. Zauważa on, że coraz bardziej skomplikowane problemy i rosnące koszty innowacji powodują, że przedsiębiorstwa częściej nawiązują współpracę. Choć nadal prowadzą własne prace rozwojowe, coraz częściej uzupełniają je działalnością polegającą na wyszukiwaniu, rozpoznawaniu i przenoszeniu pomysłów z innych źródeł, takich jak uniwersytety lub firmy rozpoczynające działalność. Czasem też pracują one nad innowacjami wspólnie z użytkownikami i konsumentami, aby lepiej zaspokoić ich potrzeby lub otworzyć nowe drogi wejścia na rynek. Tendencja ta jest napędzana przez portale społecznościowe i możliwości mobilnej i wirtualnej współpracy wielu osób przy wykorzystaniu technologii informacyjnych. Zdaniem Komisji Europejskiej otwarte innowacje przyniosą długoterminowe korzyści gospodarcze i społeczne, stąd propaguje ona prowadzenie szeroko rozumianej polityki innowacji wychodzącej poza badania technologiczne i ich zastosowanie.

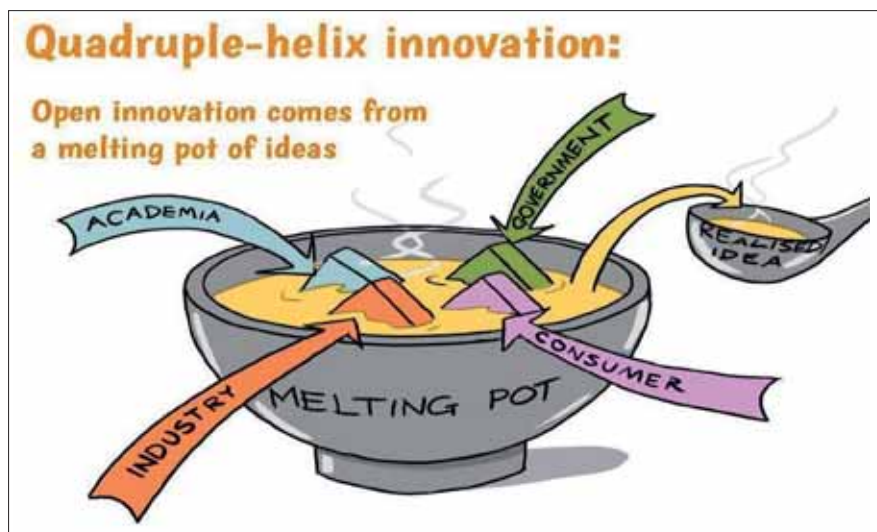
Punktem zwrotnym dla koncepcji otwartych innowacji w unijnej polityce badawczo-rozwojowej była zorganizowana w Dublinie w maju 2013 roku międzynarodowa konferencja Open Innovation 2.0, która zgromadziła ponad 350 uczestników reprezentujących środowiska uniwersyteckie, polityków, ekspertów z dziedziny zarządzania innowacjami oraz przedsiębiorców. Uczestnicy konferencji sygnowali dokument znany jako Deklaracja dublińska, który miał otworzyć modelowi otwartych innowacji 2.0 drogę do stworzenia podwalin nowej polityki innowacyjności Unii Europejskiej. Zgodnie z wizją określoną w deklaracji model otwartych innowacji 2.0 miał stać się nowym urzędowym językiem Unii Europejskiej (Szymańska, Korolko, 2015: 89).

Koncepcję otwartych innowacji wprowadził do nauki o zarządzaniu innowacjami Henry Chesbrough z Uniwersytetu w Berkeley. Koncepcja ta stanowi odpowiedź postępującej globalizacji, opartej na rewolucji informacyjno-komunikacyjnej na model zamkniętych innowacji charakteryzujący

się samodzielnością w poszukiwaniu, wdrażaniu i upowszechnianiu innowacji. Samodzielność ta polega na poszukiwaniu najlepszych rozwiązań wyłącznie spośród własnych zasobów przedsiębiorstwa przy minimalnym zaangażowaniu zewnętrznego otoczenia badawczo-rozwojowego. Sam Henry Chesbrough mówi o swojej koncepcji „otwartych innowacji” jako zdecydowanie bardziej partycypacyjnej i zdecentralizowanej metodzie poszukiwania najlepszych rozwiązań. Opiera się ona na stwierdzonym fakcie, iż we współczesnym świecie poszukiwana wiedza jest szeroko rozpowszechniona i żadne przedsiębiorstwo, niezależnie od tego jak duże i sprawne, nie może być innowacyjne wyłącznie samo w sobie. Najkrócej zatem otwarte innowacje scharakteryzować jako otwarcie przedsiębiorstwa na świat zewnętrzny, w tym ujawnienie własnych zasobów w celu poszukiwania najlepszych rozwiązań nie tylko spośród własnych pracowników, ale praktycznie w rzeczywistości globalnej. Otwarte innowacje to wykorzystanie zamierzonych przyływów i odpływów wiedzy w celu przyspieszenia wewnętrznych procesów innowacyjnych i odpowiedniego poszerzaniu rynku dla zewnętrznego wykorzystania innowacji. Powyższa definicja obejmuje dwa aspekty otwartych innowacji. Po pierwsze, przyływ wiedzy z zewnątrz oznacza wprowadzanie do własnych procesów innowacyjnych przedsiębiorstwa zewnętrznych pomysłów i technologii. Po drugie, wypływ wiedzy oznacza uwolnienie własnych niewykorzystanych idei i technologii w celu umożliwienia ich włączenia do procesów innowacyjnych innych przedsiębiorstw (<http://www.forbes.com/sites/henrychesbrough/2011/03/21/everything-you-need-to-know-about-open-innovation/>).

Paradygmat otwartych innowacji 2.0, w wymiarze ujętym we wspomnianej powyżej Deklaracji dublińskiej, to nowy model rozwoju innowacji oparty na zjawisku szerokiej współpracy i sieciowania (networking) oraz kreatywnego współdziałania państwa, przemysłu, uczelni oraz pojedynczych jednostek. Kluczem do stworzenia skutecznego ekosystemu innowacji jest tzw. „poczwórna helisa” współgrających ze sobą czynników. Zgodnie z powyższym modelem instytucje rządowe/samorządowe, przedstawiciele przemysłu, naukowcy oraz obywatele w jednym tyglu wspólnie wykuwają nowe idee, których innowacyjność znacząco przekracza granice możliwości ich indywidualnego działania. Istotnym uzupełnieniem akcentowanego przez Chesbrougha otwarcia na świat zewnętrzny w celu poszukiwania innowacyjnych rozwiązań jest w paradygmacie 2.0 kwestia

współdziałania oraz sieciowania partnerów procesu poszukiwania innowacyjności (<http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/growth-jobs/open-innovation>).



Ryc. 70. Model rozwoju innowacji oparty na poczwórnej helisie

Źródło: <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/news/bror-salmelin-innovation-can-not-be-controlled>.

Jeżeli w zaprezentowanym powyżej tyglu powstają koncepcje, których wynikiem lub celem jest znaczący i widoczny postęp w kierunku osiągnięcia zrównoważonego rozwoju poprzez zmniejszenie negatywnego wpływu na środowisko, zwiększenie odporności na obciążenia środowiskowe lub osiągnięcie efektywniejszego i bardziej odpowiedzialnego korzystania z zasobów naturalnych, to efektem współdziałania i sieciowania partnerów będą ekoinnowacje. Należy je rozumieć szeroko, a zatem jako innowacje w każdej możliwej formie obejmujące wprowadzanie na rynek nowych lub znacząco ulepszonych produktów lub usług, wdrażanie nowych lub znacząco ulepszonych metod organizacyjnych, strategii marketingowych lub procesów, na przykład procesów produkcyjnych lub metod dystrybucji. Beneficjentami korzyści płynących ze współdziałania oraz sieciowania partnerów pochodzących ze sfery biznesu, otoczenia naukowego oraz władz publicznych w efektywnym poszukiwaniu szeroko rozumianych ekoinnowacji są

bez wyjątku wszyscy uczestnicy tego procesu, choć – jak pokazano poniżej – każdy na swój indywidualny sposób (zob. rys. 2).



Ryc. 71. Wzajemne korzyści podmiotów współdziałających w otwartym modelu innowacji

Źródło: Schofield, 2015: 44.

Najnowsze badanie zaangażowania przedsiębiorstw w rozwój i wdrażanie innowacji w Unii Europejskiej wskazuje, że w porównaniu z rokiem 2015 nastąpił nieznaczny spadek liczby przedsiębiorstw efektywnie wprowadzających innowacje w swojej działalności. Przy czym najwięcej firm deklaruje wdrażanie nowych lub znacząco ulepszonych produktów lub usług (40%), nieco mniej poczyniło innowacje w zakresie metod organizacyjnych (34%) oraz strategii marketingowych (33%), a najmniej wdrożyło innowacje procesowe (30%) (*Innobarometer 2016 – EU business innovation trends*, 2016: 5). Oczywiście nie każda z tych innowacji ma charakter środowiskowy, a jeszcze mniej zostało wykutych w tyglu poczwórnej helisy.

Wsparcie innowacji o charakterze środowiskowym ma nieco inny charakter niż rozwój innowacyjności w ogólnym słowa tego znaczeniu. Innowacje środowiskowe są zdecydowanie bardziej podatne na bodźce natury legislacyjnej, tak jak ma to miejsce w wypadku standardów środowiskowych lub norm emisji zanieczyszczeń. Innowacje środowiskowe są także zdecydowanie bardziej podatne na wzajemną relację, jaka zachodzi pomiędzy bodźcami technologicznymi, w postaci na przykład odkryć naukowych w zakresie produkcji energii, a potrzebami rynku, takimi jak organizowanie przez przedsiębiorstwa bardziej zrównoważonych łańcuchów dostaw. Ekoinnowacje wymagają od przedsiębiorstw poszukiwania wiedzy poza granicami wyznaczanymi przez ich własne zaplecze badawczo-rozwojowe. Naturalny zatem wydaje się proces sieciowania zachodzący pomiędzy firmami a uczelniami i instytutami badawczymi, instytucjami otoczenia biznesu, władzami publicznymi odpowiedzialnymi za stanowienie standardów środowiskowych czy ostatecznie klientami, których świadomość ekologiczna może mieć kluczowe znaczenie dla rynkowego powodzenia innowacyjnych produktów lub usług (Ghisetti, Marzucchi, Montresor, 2013: 2). Model otwartych innowacji pozwala zatem pokonać ograniczenia własnego zaplecza badawczo-rozwojowego i znacząco przyczynić się do rozwoju ekoinnowacji gotowej do walki o byt na konkurencyjnym rynku produktów i usług. W konsekwencji rodzi się pytanie, czy Unia Europejska w całym skomplikowanym systemie stanowiących inicjatyw środowiskowych definiuje i promuje wykorzystanie tego modelu we wdrażaniu zielonych innowacji. Punktem wyjścia do poszukiwania odpowiedzi na to pytanie może być przyjęty w grudniu 2015 roku pakiet dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym. W przeciwieństwie do „klasycznego” modelu gospodarczego opartego na zasadzie „weź – wytwórz – wyrzuć”, w gospodarce o obiegu zamkniętym wartość produktów i materiałów jest utrzymywana jak najdłużej, ilość odpadów jest ograniczana do minimum, podobnie jak wykorzystanie zasobów, przy czym po osiągnięciu przez dany produkt końca przydatności do użycia zasoby pozostają w obrębie gospodarki, tak by móc je ponownie wykorzystywać i tworzyć dodatkową wartość. Przyjęty przez Komisję Europejską pakiet działań o charakterze ustawodawczym, finansowym i organizacyjnym obejmuje także niezbędne kroki, które należy podjąć w celu stymulowania rozwiązań innowacyjnych w tym obszarze. Należą do nich:

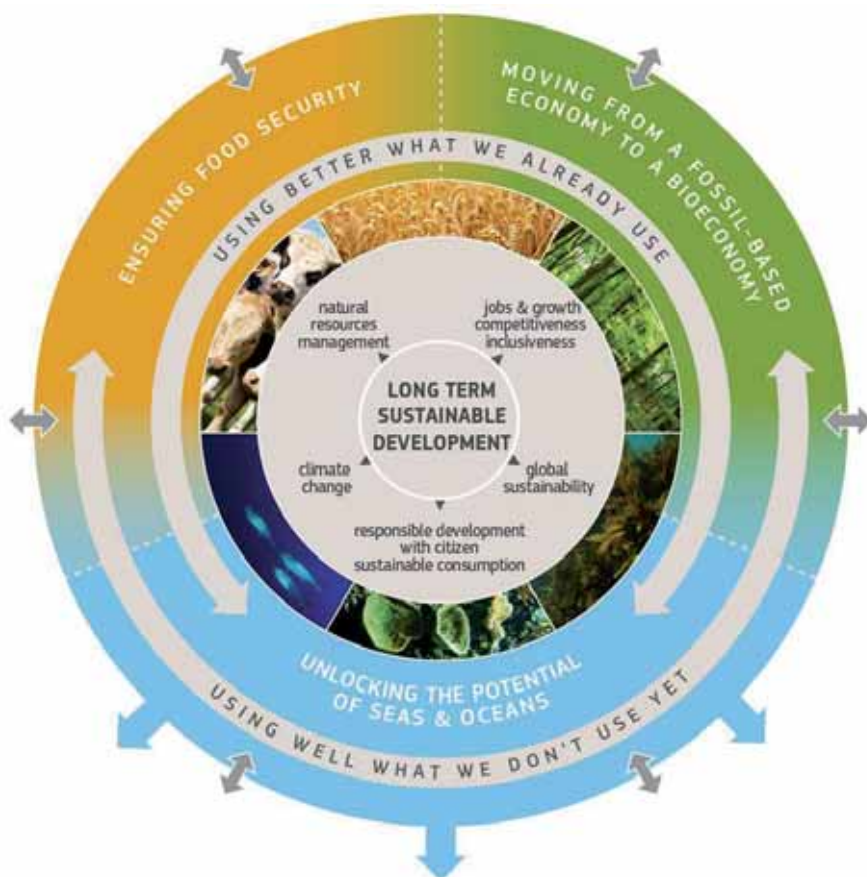
- powołanie inicjatywy „Przemysł 2020 w gospodarce o obiegu zamkniętym” w ramach programu „Horyzont 2020”;
- realizacja projektu pilotażowego w odniesieniu do „umów dotyczących innowacji” w celu wyeliminowania ewentualnych przeszkód prawnych dla innowatorów;
- ukierunkowanie działań informacyjnych zachęcających do składania wniosków o finansowanie w ramach funduszy strukturalnych i wspieranie realizacji projektów lub platform inwestycyjnych dotyczących gospodarki o obiegu zamkniętym;
- ukierunkowanie działań informacyjnych i komunikacyjnych wspierających państwa członkowskie i regiony w wykorzystywaniu funduszy polityki spójności na rzecz gospodarki o obiegu zamkniętym;
- udzielanie wsparcia dla państw członkowskich i regionów, aby zwiększyć innowacje na rzecz gospodarki o obiegu zamkniętym poprzez inteligentną specjalizację;
- dokonanie oceny możliwości uruchomienia, wspólnie z EBI i bankami narodowymi, platformy na rzecz wspierania finansowania gospodarki o obiegu zamkniętym;
- wspieranie zainteresowanych stron za pomocą działań w zakresie partnerstw publiczno-prywatnych, platform współpracy, wspierania dobrowolnych rozwiązań biznesowych oraz wymiany najlepszych praktyk (zob. załącznik do Komunikatu Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów „Zamknięcie obiegu – plan działania UE dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym”).

Pomimo systematycznego podkreślania korzyści płynących z wdrażania innowacyjnych rozwiązań w gospodarce o obiegu zamkniętym, brak w całym pakiecie przyjętym przez Komisję Europejską jednoznacznego wskazania modelu otwartych innowacji jako podstawy kształtowania polityki innowacyjnej przedsiębiorstw w tym obszarze.

Gospodarka o obiegu zamkniętym stanowi element szerszej polityki unijnej w zakresie rozwoju biogospodarki. Pojęcie to oznacza gospodarkę, w której lądowe i morskie zasoby biologiczne, a także odpady, wykorzystuje się jako wkład w produkcję żywności i paszy oraz produkcję przemysłową i wytwarzanie energii. Ponadto, obejmuje ono stosowanie bioprosesów w celu zrównoważenia działalności przemysłowej. Przekrojowy charakter

biogospodarki umożliwia jej podejmowanie wzajemnie powiązanych wyzwań społecznych – takich jak bezpieczeństwo żywnościowe, niedobór zasobów naturalnych, uzależnienie od zasobów kopalnych i zmiana klimatu. Przewiduje się, że wzrost populacji na świecie do 2050 roku doprowadzi do zwiększenia zapotrzebowania na żywność o 70% oraz do podwojenia spożycia mięsa. Przyjęta w lutym 2012 roku unijna strategia dotycząca biogospodarki przyczyni się do ustalenia globalnego podejścia w celu sprostania wyzwaniu bezpieczeństwa żywnościowego. Strategia będzie zachęcać do zmian wzorców produkcji i konsumpcji oraz opracowania zdrowszych i bardziej zrównoważonych diet. Z drugiej strony unijny sektor produkcji żywności i gospodarstwa domowe marnują około 90 milionów ton żywności rocznie, czyli 180 kg na osobę, nie licząc strat w rolnictwie i rybołówstwie. Obok bezpieczeństwa żywnościowego strategia dąży do ograniczenia zależności od źródeł nieodnawialnych. Europejska gospodarka w znacznej mierze opiera się na zasobach kopalnych jako źródłach węgla i energii, co powoduje, że jest zależna od niepewnych i malejących dostaw oraz zmienności rynków. Aby zachować konkurencyjną pozycję, Unia Europejska musi stać się społeczeństwem niskoemisyjnym, w którym zasobooszczędne sektory przemysłu, bioprodukty i bioenergia przyczyniają się do ekologicznego wzrostu i konkurencyjności. Celem strategii jest także zrównoważona gospodarka zasobami naturalnymi oraz przeciwdziałanie malejącej różnorodności biologicznej prowadzącej do pogorszenia jakości zasobów i ograniczenia wyników produkcji podstawowej, w szczególności w leśnictwie i rybołówstwie. Strategia dotycząca biogospodarki wspiera opracowywanie systemów produkcyjnych o mniejszej emisji gazów cieplarnianych (zob. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów „Innowacje w służbie zrównoważonego wzrostu: biogospodarka dla Europy”).

W tak zarysowanej polityce wsparcia europejskiej biogospodarki stymulowanie udziału przedsiębiorstw w modelu otwartych innowacji przywoływane jest bezpośrednio jako konieczny element procesu przechodzenia do gospodarki, której osią jest długoterminowy i zrównoważony wzrost (zob. Commission Staff Working Document do Komunikatu Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów „Innowacje w służbie zrównoważonego wzrostu: biogospodarka dla Europy”).



Ryc. 72. Model biogospodarki dla Europy

Źródło: <http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/index.cfm?pg=policy&lib=strategy>

Bardziej dobitnie rola otwartego modelu innowacji została wyrażona przez uczestników konferencji w Utrechcie w dniach 12–13 kwietnia 2016 roku – Bioeconomy Stakeholder Conference. Rezultatem tej konferencji było przyjęcie przez jej uczestników, to znaczy przedstawicieli przedsiębiorstw, organizacji pozarządowych, władz państwowych i samorządowych oraz środowisk naukowych, dokumentu określającego podstawy manifestu europejskiego dotyczącego biogospodarki, którego ostateczne sformułowanie i przyjęcie planowane jest w roku 2017. W propozycji *European Bioeconomy Stakeholders Manifesto – building blocs* nie zabrakło odniesienia

do otwartych innowacji. Po pierwsze, z uwagi na obecne ceny surowców kopalnych, a zwłaszcza ropy naftowej, konieczne są zwiększone nakłady na innowacje w sektorze biogospodarki. Po drugie, innowacje te wymagają współpracy pomiędzy wieloma sektorami gospodarki, a także pomiędzy przemysłem a otoczeniem naukowym. Po trzecie, to właśnie model otwartych innowacji sprzyja temu sieciowaniu i odnajdowaniu powiązań pomiędzy wieloma uczestnikami procesów innowacyjnych (<http://www.bioeconomyutrecht2016.eu/>).

Powyżej przywołany krótki przegląd wybranych polityk Unii Europejskiej w obszarze ochrony środowiska naturalnego wyraźnie wskazuje na powolne, ale systematyczne zdobywanie uznania w europejskiej polityce innowacyjności przez model otwartych innowacji. Praktyka zdaje się znacząco wyprzedzać inicjatywy polityków w tym zakresie. Najdobitniejszym tego dowodem są funkcjonujące od kilku lat w całej Unii Europejskiej „żywe laboratoria” (z ang. *living labs*). Żywe laboratoria to praktyczny instrument wdrażania popytowego podejścia do innowacji w Unii Europejskiej, czyli tworzenia otwartych innowacji dzięki współpracy różnych podmiotów, a przede wszystkim dzięki zaangażowaniu użytkowników, którzy inspirują ten proces i mogą stanowić jego siłę napędową. Żywe laboratorium tworzy środowisko, w którym powstają innowacje w wyniku procesów testowania i eksperymentowania, jako efekt wspólnej pracy pomysłodawcy i użytkownika. Konsument nie jest w tym przypadku jedynie potencjalnym źródłem informacji, lecz aktywnym uczestnikiem procesu, proponującym swoje rozwiązania i mającym wpływ na kształt nowego produktu lub usługi. W żywych laboratoriach innowacyjne produkty, usługi bądź aplikacje są opracowywane i weryfikowane, a następnie udoskonalane w warunkach rzeczywistych. Całość działań odbywa się w ramach międzydyscyplinarnych zespołów obejmujących wszystkie zainteresowane podmioty – od inżynierów i badaczy, poprzez przedsiębiorców, władze lokalne, organizacje społeczne, aż po obywateli (Ferm, Hongisto, Kiviniemi, 2011: 3). Niektórzy autorzy do cech charakterystycznych żywych laboratoriów zaliczają także ich adaptacyjność. Powinny one być zorganizowane w taki sposób, aby ich działania mogły zostać przeniesione w dowolne środowisko pracy stosownie do wymagań specyficznych dla innowacji, która w nim powstaje, np. całe miasto, szkoła, szpital lub uprawa rolna (Cakir, 2015: 74). Żywe laboratorium pełni zatem wiele funkcji, z których na pierwszy plan wysuwa się funkcja badawczo-roz-

wojowa. Dysponując odpowiednim zapleczem, laboratorium stanowi punkt styku pomiędzy biznesem i nauką, w którym zachodzi proces prototypowania nowych rozwiązań i ich ewaluacja w warunkach laboratoryjnych. Po drugie, pełni ono funkcję wdrożeniową, przeprowadzając prototyp z fazy laboratoryjnej do testów w warunkach rzeczywistych. W tym miejscu dochodzi do eksperymentu z końcowym użytkownikiem nowego urządzenia lub odbiorcą innowacyjnej usługi. Wynikiem tego eksperymentu jest ocena rynkowa i idące za nią propozycje udoskonalenia produktu lub usługi. Istotne jest, aby żywe laboratorium pełniło też w swoim otoczeniu funkcję edukacyjną. Niezbędne jest ciągle podnoszenie jakości prowadzonych prac badawczo-rozwojowych, ale też świadomości odbiorców innowacyjnych rozwiązań. Jakość ich oceny jest bowiem kluczowa dla procesu tworzenia innowacji. Wiele żywych laboratoriów dysponuje także powierzchnią wystawienniczą, na której prezentowane są innowacyjne rozwiązania szerszej publiczności. Niektóre pełnią także funkcje inkubatorów przedsiębiorczości, oferując nowo powstałym przedsiębiorstwom powierzchnię użytkową wraz ze specjalistycznym wsparciem w zakresie rozwoju firmy oraz dostępem do szeregu usług wspólnych, takich jak prowadzenie księgowości lub marketing.

Większość funkcjonujących żywych laboratoriów angażuje się w realizację projektów, których celem są ekoinnowacje. Przykładem może być *Bristol Living Lab* prowadzony przez *Knowle West Media Centre*, organizację pozarządową z ponaddwudziestoletnim doświadczeniem w zakresie angażowania wspólnot oraz indywidualnych osób w wykorzystanie technologii komunikacyjnych w życiu codziennym. Organizacja ta znajduje się w południowej części miasta Bristol, obejmującej wspólnotę mieszkaniową Knowle West, na którą składa się około 5500 domostw. Jest to obszar problemowy społecznie, dlatego też aktywność organizacji koncentruje się na projektach związanych z ograniczeniem wykluczenia cyfrowego i udzielaniu wsparcia mieszkańcom w korzystaniu z technologii komunikacyjnych. Utworzone przez tę organizację żywe laboratorium stanowi przestrzeń ciągłego eksperymentu w warunkach rzeczywistych. Jest to miejsce, w którym mieszkańcy, artyści, przedsiębiorcy, naukowcy oraz przedstawiciele sektora publicznego mogą wspólnie pracować nad nowymi koncepcjami, instrumentami oraz technologiami, które odpowiadają lokalnym potrzebom mieszkańców Knowle West. Obszary szczególnej aktywności laboratorium

obejmują rozwój umiejętności cyfrowych w oparciu o dostęp do otwartych danych miejskich oraz rozwój innowacyjnych rozwiązań w obszarze ochrony środowiska naturalnego i zrównoważonego rozwoju. Celem organizacji jest, aby każdy mieszkaniec, a zwłaszcza grupy narażone na wykluczenie społeczne i cyfrowe, otrzymały wsparcie prowadzące do aktywności obywatelskiej i wyrównania dostępu do możliwości, jakie stwarza przestrzeń miejska. Laboratorium często pełni funkcję „brokera” pomiędzy mieszkańcami a organizacjami miejskimi, zapewniając mieszkańcom uczestniczącym w projektach podmiotowe traktowanie odzwierciedlone poszanowaniem ich indywidualnych doświadczeń i posiadanej wiedzy. Jednym z projektów środowiskowych prowadzonych od kwietnia 2012 roku do maja 2013 roku przez żywe laboratorium w Bristolu był finansowany ze środków europejskich projekt 3E Houses. Był to projekt o charakterze międzynarodowym, w którym uczestniczyły także niemieckie miasta Lipsk i Bitterfeld oraz hiszpańskie miasto Sant Cugat del Valles. Zasadniczym celem przedsięwzięcia była zmiana nawyków mieszkańców w zakresie korzystania z energii elektrycznej i gazu, która w rezultacie miała prowadzić do dwudziestoprocentowego zmniejszenia zużycia energii rocznie. Cel ten miał zostać osiągnięty za pomocą innowacyjnego produktu w postaci internetowego portalu monitorującej zużycie energii. Eksperymentem objęto 43 domy zlokalizowane w Knowle West oraz 57 mieszkań przy Dove Street. Jak wspomniano powyżej, dzielnica Knowle West jest częścią miasta charakteryzującą się znacznymi problemami społecznymi. To samo można powiedzieć o Dove Street, choć tutaj dodatkowym problemem jest zróżnicowanie etniczne mieszkańców. Projekt polegał na zainstalowaniu w domach bezprzewodowych urządzeń monitorujących zużycie energii elektrycznej i gazu. Uczestnicy zostali wyposażeni w tablety, dzięki którym mogli obserwować zużycie energii w czasie rzeczywistym poprzez łatwą w obsłudze i atrakcyjnie zaprojektowaną stronę internetową. W ramach portalu mogli monitorować do pięciu wybranych urządzeń indywidualnych, takich jak pralka, telewizor czy czajnik bezprzewodowy. Uczestnicy zostali przeszkoleni w zakresie korzystania z różnych funkcjonalności strony internetowej, mogli też korzystać z darmowej infolinii oraz zamawiać wizyty domowe personelu technicznego w razie awarii urządzeń monitorujących. Rezultat projektu był dwojaki, po pierwsze powstał portal internetowy pozwalający na bieżące obserwowanie i analizowanie zużycia energii i gazu oraz związanych z tym kosztów. Dodat-

kowym atutem byłyby aplikacja na urządzenia mobilne, której brak zgłasza-
li niektórzy uczestnicy projektu. Po drugie, motywacja związana z realnym
obniżeniem kosztów energii elektrycznej i gazu spowodowała istotne zmia-
ny w zachowaniu domowników objętych projektem. Niektóre rodziny za-
częły racjonalnie planować pranie, aby nie uruchamiać pralki wypełnionej
tylko w części. Inni przestali pozostawiać urządzenia elektroniczne w pozy-
cji gotowości lub napełniać czajnik elektryczny tylko w połowie. Pojawiły
się także bardziej ambitne zmiany związane z wymianą żarówek na energo-
oszczędne, czy też wymianą urządzeń gospodarstwa domowego na bardziej
oszczędne. W konsekwencji wszyscy uczestnicy ograniczyli swoje indywi-
dualne wydatki ponoszone na zakup energii elektrycznej i gazu o ponad
20%. Sukces tego projektu zachęcił pracowników *Bristol Living Lab* do reali-
zacji kolejnego przedsięwzięcia związanego ze zrównoważonym rozwojem
przestrzeni miejskiej – *Democratree*. Okres realizacji tego projektu przypadł
na rok 2015, w którym Bristol został ogłoszony Europejską Zieloną Stolicą.
Celem stało się innowacyjne podejście do dokonywania nasadzeń zieleni
miejskiej. W formule tradycyjnej o sadzeniu drzew i krzewów w przestrzeni
publicznej decydowali zatrudnieni przez administrację miejską specjaliści
w zakresie architektury krajobrazu. Niemniej jednak przestrzeń publiczna
należy do mieszkańców miasta i to oni właśnie powinni mieć decydujący
głos w sprawie jej kształtowania. Ten sposób myślenia doprowadził do po-
wstania strony internetowej oraz aplikacji na urządzenia mobile, dzięki któ-
rym sadzenie drzew i krzewów w Bristolu nabrało bardziej demokratyczne-
go charakteru. Aplikacja zachęcała użytkowników do wskazywania miejsc
w ich bezpośrednim sąsiedztwie, które mogłyby stać się bardziej atrakcyj-
ne dzięki posadzeniu określonego gatunku drzewa. I chodziło tu nie tylko
o atrakcyjność wizualną, ale także o komfort życia uzyskiwany dzięki zacie-
nieniu miejsc odpoczynku lub na przykład placu zabaw. Mieszkańcy mogli
zatem zaproponować miejsce posadzenia nowego drzewa oraz brać czynny
udział w głosowaniu nad propozycjami innych mieszkańców. Innowacyj-
nym produktem, który powstał w ramach tego projektu, jest nowa aplikacja,
która w istotny sposób odmieniła sposób zarządzania przestrzenią publicz-
ną, czyniąc ten proces zdecydowanie bardziej demokratycznym. Aplikacja
ta powstała w sposób charakterystyczny dla żywego laboratorium, a więc
przy czynnym udziale przyszłych użytkowników, którzy testowali kolejne
wersje prototypu aplikacji, postulując określone zmiany zarówno w spo-

sobnie jej funkcjonowania, jak i w projekcie interfejsu użytkownika (<http://kwmc.org.uk/>).

Nowe aplikacje na urządzenia mobilne stanowią istotną część innowacji powstających w modelu otwartym. Wiele z nich ma charakter ekoinnowacji, gdyż w sposób istotny oddziałuje na środowisko naturalne. Interesującym przykładem jest aplikacja o nazwie BuyMeBy opracowana przez mieszkańca Nowego Jorku, miasta, które sukcesywnie dygitalizuje posiadane przez siebie dane publiczne i udostępnia je społeczności globalnej. Na mocy uchwalonego 29 lutego 2012 roku prawa lokalnego, wszystkie agendy miejskie odpowiedzialne za zarządzanie poszczególnymi obszarami miasta zostały zobowiązane do pełnego udostępnienia posiadanych baz danych do końca 2018 roku. Udostępnianie danych odbywa się w oparciu o ujednolicone standardy technologiczne. Proces ten został zainicjowany w 2013 roku. Od tego czasu udostępniono nieodpłatnie opinii publicznej ponad 113 mln rekordów pochodzących z 60 różnych agencji odpowiedzialnych za zarządzanie różnymi obszarami miasta. Sercem przedsięwzięcia jest platforma internetowa NYC. OPEN DATA (<https://data.cityofnewyork.us>). Nowy Jork to przykład miasta, dla którego upowszechnianie publicznych zasobów informacyjnych jest zarówno elementem systematycznie prowadzonej polityki miejskiej, jak i uporządkowanym zbiorem działań praktycznych, w których miasto występuje jako podmiot upowszechniający dane publiczne, wykorzystujący te dane we własnej działalności związanej z zarządzaniem miastem oraz podmiot aktywnie promujący możliwość wykorzystania tych danych w twórczej aktywności mieszkańców miasta. Charakterystyczną i coraz bardziej rozpowszechnioną metodą takiej promocji jest organizowanie imprez o charakterze konkursowym. W przypadku Nowego Jorku jest to konkurs na rozwój aplikacji komputerowych *New York City Big Apps Competition* (Nowy Jork jest nazywany w slangu amerykańskim Wielkim Jabłkiem – ang. *Big Apple*). Jego adresatami są przedsiębiorcy oraz osoby fizyczne będące twórcami aplikacji komputerowych. Startować w nim może każdy, kto ma pomysł na stworzenie nowej, nieodpłatnej aplikacji służącej mieszkańcom miasta w oparciu o udostępnione przez miasto dane. Carlos de Santiago na podstawie miejskich danych dotyczących ilości odpadów pochodzących z przeterminowanej żywności zgłosił do tego konkursu aplikację BuyMeBy. Jej celem jest upowszechnianie cen rabatowych na produkty, których termin ważności się kończy, zgodnie z zasadą im bliżej przekroczenia terminu waż-

ności produktu, tym proponowana cena jest niższa. Aplikacja jest korzystna dla konsumentów, którzy mają możliwość nabycia produktów spożywczych w konkurencyjnych cenach. Zyskują także właściciele sklepów, którzy zamiast wyrzucać przeterminowaną żywność, mogą ją sprzedać, odzyskując przynajmniej część poniesionych kosztów. Beneficjentem jest także środowisko naturalne. Jak wspomniano wcześniej, gospodarstwa domowe w Unii Europejskiej marnują rocznie około 180 kg żywności w przeliczeniu na jedną osobę. Żywność ta staje się odpadem, którego właściwe zagospodarowanie może być problematyczne. BuyMeBy jest skojarzona z serwisem delivery.com, aby umożliwić klientom zamówienie towaru przez Internet wraz z dostawą do domu. Jeżeli produkty nie zostaną sprzedane pomimo upustu cenowego, aplikacja w sposób automatyczny wysyła powiadomienia do instytucji takich jak banki żywności, które przyjmują produkty po upływie terminu ważności. Największym wyzwaniem stającym przed twórcami aplikacji jest automatyzacja procesu. Większość wykorzystywanego przez sklepy oprogramowania do inwentaryzacji produktów nie śledzi danych dotyczących terminu przydatności do spożycia. W konsekwencji wykorzystanie aplikacji BuyMeBy musi zostać powiązane z zastosowaniem odpowiedniego oprogramowania przez właścicieli sklepów w zakresie gromadzenia i analizowania danych produktowych dotyczących ich terminu ważności. Nie jest bowiem możliwe, w przypadku większych sklepów, samodzielne przeglądanie towarów przez personel w celu identyfikacji produktów, które mogłyby zostać zaoferowane klientom w niższych cenach za pośrednictwem aplikacji BuyMeBy (<https://www.fastcompany.com/3048453/elasticity/buymeby-saves-food-from-the-landfill-with-discounts-as-expiration-dates-loom>).

Model otwartych innowacji służy nie tylko tworzeniu nowych aplikacji, które mają korzystny wpływ na środowisko naturalne. Innowacje produktowe także wykorzystują ten model w celu pokonania słabości własnego zaplecza badawczo-rozwojowego poprzez zaangażowanie zewnętrznych zasobów intelektualnych. Przykładem może być ekologiczna farba firmy AkzoNobel. To międzynarodowy koncern działający w ponad 75 krajach, zatrudniający około 68 000 osób. Główna siedziba koncernu znajduje się w Arnheim w Holandii. AkzoNobel to znany producent chemikaliów, materiałów wykończeniowych i wyrobów farmaceutycznych. W odpowiedzi na zapotrzebowanie rynkowe na ekologiczne produkty lakiernicze i farby firma ta postanowiła otworzyć się w nowym modelu innowacji i poszukać rozwią-

zań w otoczeniu zewnętrznym. Zaowocowało to linią produktową farb *Dulux Trade Ecosure*, która z uwagi na swoje ograniczone negatywne oddziaływanie na środowisko naturalne została dostrzeżona w wielu konkursach ekologicznych, w tym w międzynarodowym *Green Apple Award*. Stworzenie tego innowacyjnego produktu było możliwe dzięki zawiązaniu przez firmę AkzoNobel strategicznego partnerstwa z organizacją pozarządową *Forum for the Future* z siedzibą w Wielkiej Brytanii oraz z przedsiębiorstwem *Carillion Building*. *Forum for the Future* funkcjonuje od roku 1996 i zajmuje się doradztwem biznesowym w zakresie zrównoważonego rozwoju. Do swych największych osiągnięć zalicza stworzenie strategii dla koncernu Unilever *Sustainable Living Plan*, której celem jest ograniczenie negatywnego oddziaływania na środowisko naturalne, przy jednoczesnym zwiększonym zaangażowaniu w społeczną odpowiedzialność biznesu (<https://www.forum-forthe-future.org>). W projekcie tworzenia ekologicznych farb *Dulux Trade Ecosure* organizacja ta stanowiła zewnętrzne zaplecze eksperckie w zakresie zrównoważonego rozwoju. Dzięki szerokiemu dostępowi do specjalistów z wielu branż była ona w stanie stworzyć model analizujący wpływ na środowisko – *Environmental Impact Analyzer* – produktów firmy AkzoNobel. Wykorzystany został on do testowania farb, gromadzenia i przetwarzania danych w celu ulepszania produktu w zakresie jego pozytywnego oddziaływania na środowisko. Z drugiej strony przedsiębiorstwo budowlane *Carillion Building*, znane w Wielkiej Brytanii ze swojego zaangażowania w kwestie zrównoważonego rozwoju, zapewniło rzetelną ocenę produktu z punktu widzenia użytkownika. Stosując farbę na placu budowy, pracownicy firmy obserwowali jej zachowanie w różnych warunkach pogodowych, na różnych materiałach i dostarczali AkzoNobel rzetelnej informacji zwrotnej, która pozwalała na sukcesywne ulepszanie produktu. W rezultacie powstała nowa linia farb o znacznie ograniczonym śladzie ekologicznym. Należy też wspomnieć, że firma prowadzi własny portal otwartych innowacji, którego celem jest wykorzystywanie kreatywnych rozwiązań zgłaszanych przez społeczność globalną w działalności firmy (<https://www.akzonobel.com/openinnovation>).

Model otwartych innowacji otwiera przed mieszkańcami miast zupełnie nowe możliwości poszukiwania lepszych, bardziej wydajnych i mniej kosztownych rozwiązań w zakresie kształtowania zrównoważonej przestrzeni miejskiej. Miasto, podobnie jak przedsiębiorstwo, korzysta z tego modelu

na wiele sposobów. Po pierwsze, model otwartych innowacji pozwala wsłuchać się w rzeczywiste potrzeby tych, dla których innowacyjne rozwiązania są tworzone. Dla przedsiębiorstwa ogranicza to ryzyko wytworzenia produktu lub usługi, którą klienci nie będą zainteresowani. Podobnie jest z administracją miejską, która testując nowe usługi dla mieszkańców, z samymi mieszkańcami w ramach otwartego modelu może w większym stopniu odpowiedzieć na ich rzeczywiste i wyartykułowane potrzeby. Po drugie, zasoby badawczo-rozwojowe pojedynczego przedsiębiorstwa są zazwyczaj ograniczone, dlatego poszukiwanie „na zewnątrz” przynosi korzyści w postaci potencjalnych powiązań międzybranżowych, obniżenia kosztów działalności własnej i przyspieszenia procesu urynkowania innowacji. Ma to szczególne znaczenie w wypadku ekoinnowacji, których otoczenie jest szczególnie złożone z uwagi na zmieniające się środowiskowe normy prawne, postęp technologiczny w tym obszarze oraz rosnące wymagania klientów. Sektor publiczny w obliczu faktu braku własnego zaplecza badawczo-rozwojowego musi przyjąć strategię współpracy z podmiotami zewnętrznymi. Obowiązkiem miasta, które aspiruje do miana inteligentnego, jest strategiczne podejście do stworzenia trwałego ekosystemu dla rozwoju innowacji w oparciu o model poczwórnej helisy. Dynamicznie rozwijająca się polityka miejska Unii Europejskiej dostrzega tę konieczność. Europejskie Partnerstwo Innowacyjne „Inteligentne miasta i społeczności” stawia sobie za cel przekształcanie europejskich miast w inteligentne ekosystemy innowacji. Strategiczny Plan Wdrożeniowy zakłada większe zaangażowanie mieszkańców miast w eksperymentalne inicjatywy związane z tworzeniem innowacyjnych produktów w przestrzeni miejskiej (zob. Komunikat Komisji z dnia 10.07.2012 roku „Inteligentne Miasta i Społeczności”). Wyrazem tego podejścia jest powstający europejski manifest dot. zaangażowania mieszkańców (<https://eu-smartcities.eu/content/inclusive-smart-cities-european-manifesto-citizen-engagement>). Nawołuje on do bezpośredniego włączenia mieszkańców w procesy badawcze, budowania regionalnych ekosystemów innowacji przy wykorzystaniu modelu poczwórnej helisy i koncentracji na użytkowniku końcowym. Manifest nie odnosi się bezpośrednio do kwestii środowiskowych, choć w swym wstępie deklaruje zaangażowanie sygnatariuszy w tworzenie nowych usług miejskich dla mieszkańców w celu poprawy jakości ich życia oraz w tworzenie bardziej zrównoważonych przestrzeni miejskich. Europejskie Partnerstwo Innowacyjne na rzecz inteligentnych

3. Ekoinnowacje oparte na otwartym modelu – miasta biointeligentne

miast i wspólnot zakłada, że przekształcenie europejskich miast w inteligentne ośrodki otwartych innowacji powinno odbywać się w oparciu o przyjętą na szczeblu politycznym strategię. W budowaniu dokumentów strategicznych i późniejszym ich wdrażaniu nie można pominąć bezpośredniego odniesienia do kwestii środowiskowych, takich jak gospodarka o obiegu zamkniętym, czy szerzej do biogospodarki obejmującej bezpieczeństwo żywnościowe, wsparcie bioróżnorodności, promocję odnawialnych źródeł energii i dążenie do stworzenia społeczeństwa niskoemisyjnego. Większość tych problemów środowiskowych koncentruje się właśnie w miastach, dlatego też dla mieszkańców Unii Europejskiej większą wartość dodać niż budowa miast inteligentnych jest tworzenie miast biointeligentnych, w których model poczwórnej helisy posłuży poszukiwaniu ekoinnowacji.

Zakończenie – ekoinnowacje wyzwaniem dla obecnych i przyszłych pokoleń

Najstotniejszymi sprawami dla społeczności światowej, polityków oraz władz są: redukcja emisji gazów cieplarnianych, zwiększanie efektywności energetycznej oraz wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii; ograniczenie nadmiernego transportu prywatnego i wprowadzenie transportu proekologicznego; dostępność i oszczędność wody oraz dostępność zasobów słodkiej wody; utylizacja i zarządzanie odpadami; gospodarka wodno-ściekowa oraz zwiększenie obszarów zieleni w miastach jako środek przeciwdziałający zanieczyszczeniom i zmianom klimatu. W rozwiązywaniu i łagodzeniu tych problemów pomaga wdrażanie idei inteligentnych miast (smart city) zwłaszcza w zakresie ekoinnowacji. Nie jest to jedyne „lekarstwo” na bolączki współczesnych miast, ale chyba jedno z najlepszych i najskuteczniejszych (Szymańska, 2016).

Przykłady niektórych miast świadczą o tym, że można podjąć te wyzwania (jeśli nie kompleksowo, to chociaż częściowo) i im sprostać. Nie zawsze musi to wynikać z inicjatywy odgórnej, czasem wystarczą działania oddolne, wpływające od społeczności lokalnych. Nie zawsze musi to być również kosztowna inwestycja, czasami wystarczy np. wprowadzić mechanizmy sprawnego zarządzania miastem, zbudować ścieżki rowerowe i wypożyczalnię rowerów, udrożnić transport, stworzyć parking, polepszyć dostęp do służby zdrowia, zracjonalizować utylizację i zarządzanie odpadami, usprawnić gospodarkę wodno-ściekową. Należy mieć na uwadze, że idea tworzenia inteligentnych miast z wdrożonymi różnorodnymi ekoinnowacjami ma zasadnicze znaczenie, ale najważniejsze jest to, żeby zrozumieć, że przyczynić się do ich powstania możemy sami.

Należy równocześnie pamiętać, że sukces oraz zrównoważony i zintegrowany rozwój zapewniają miastom (jak pokazano na przykładach zawar-

tych w niniejszej książce) nie tylko najnowsze technologie (często bardzo drogie), ale że wiele można osiągnąć, ukierunkowując politykę miejską i ulepsząc to, co już jest, chociażby poprzez kształtowanie świadomości ekologicznej, a także nowelizację prawa budowlanego, która wymusi większą sprawność energetyczną budynków (np. w wyniku poprawy izolacji) oraz odpowiednią kolorystykę budynków i dachów; usprawniając transport miejskich i wiele innych działań. Wszystkie działania, nawet te pojedyncze, są bardzo wskazane, i jak pokazały liczne przykłady (omówione w niniejszej książce) najskuteczniejsza jest modernizacja i przekształcanie już istniejących miast w ośrodki bardziej przyjazne dla środowiska i mniej kosztowne dla życia mieszkańców. Niejednokrotnie wystarczy je unowocześnić, poprawić ich rozplanowanie, by stały się bardziej przewietrzane, usprawnić i „zekologizować” transport miejski, zadrzewić nowe przestrzenie oraz zazielenić ściany i dachy budynków, by miasta były bardziej ekologiczne i zmniejszyły swą presję na środowisko; wznosząc nowe budynki, orientować je w sposób optymalny do stron świata, zoptymalizować gospodarkę odpadami. Nie zawsze muszą to być kosztowne przedsięwzięcia. Nieraz trzeba uruchomić wyobraźnię, kreatywność. Potencjał miasta tkwi w jego mieszkańcach, władzach, podmiotach gospodarczych i ich współuczestniczącym, odpowiedzialnym rozwiązywaniu problemów i wdrażaniu ekoinnowacji.

W niniejszej pracy chcieliśmy wykazać, że ekoinnowacje w miastach mogą być z sukcesem wdrażane w różne sektory życia społeczno-gospodarczego miast, że powinniśmy podjąć ogromny wysiłek w celu poprawy materii miast już istniejących, że wprowadzanie ekoinnowacji jest jedną z ważniejszych dróg prowadzących do zrównoważonego rozwoju miast i proekologicznej urbanizacji. Musimy wdrażać wszystkie możliwe przedsięwzięcia, by tak się nie stało.

Przed ludzkością stoją wciąż ogromne, nowe wyzwania, ale działania nowo powstałych miast i modernizacje już istniejących napawają optymizmem. Nie należy walczyć z miastem jako zjawiskiem cywilizacyjnym, ale trzeba podjąć walkę z problemami, jakie niesie za sobą urbanizacja. Właśnie miasta dowiodły bowiem, że potrafią rozwiązywać te problemy. To w miastach od setek lat rodzą się śmiałe pomysły i odważne działania – rozwiązania największych problemów, a omówione przykłady (słowa uczą, a przykłady pociągają) świadczą o tym, że można je przezwyciężać (Szymańska, Korolko, 2015).

Musimy uczynić wszystko, by życie w miastach obecnych i przyszłych było czystsze, zdrowsze, tańsze i wygodniejsze, z jak najmniejszą presją na środowisko. Czy to osiągniemy, zależy tylko od nas. Powstają więc projekty nowoczesnych miast przyszłości oraz przebudowy i modernizacji już istniejących, w których nie będzie zanieczyszczeń przemysłowych, dzikich wysypisk śmieci, brudnej wody w kranach czy starych, dymiących i smrodzących samochodów, w których będzie sprawny i wydajny transport, miejsca na rekreację, w których będzie cicho i wygodnie (Szymańska, Korolko, 2015: 155–156). Jak wskazano w niniejszej książce, nie są to tylko wizje, ale już realnie wdrożone projekty. W skali światowej urbanizacji jest ich nadal niezbyt dużo i większość mieszkańców miast, zwłaszcza w krajach rozwijających się i słabo rozwiniętych, nadal doświadcza negatywnych skutków galopującego procesu urbanizacji.

Daniela Szymańska

Literatura

- Aalok A., Tripathi A. K., Soni P., 2008, *Vermicomposting: A better option for organic solid waste management*, J. Hum. Ecol, 24(1), 59–64.
- Adamczyk J., 2014, *Recykling czterech ścian*, Przegląd Komunalny. Ekoinnowacje w budownictwie, 10, 10–11.
- Aslam A., Tariq S., Syed W. A. A., Ali S. S., 2012, *Green Architecture & Environmental Benefits: A Review With Reference To Energy Deficient Pakistan*, Sci. Int. (Lahore), 24(4), 495–498.
- Bandosz Ł., 2014, *Ekoinnowacje i ekobudowanie*, Przegląd Komunalny. Ekoinnowacje w budownictwie, 10, 12–13.
- Bizon-Górecka J., 2007, *Innowacje w budownictwie i ich ryzyko*, Przegląd Budowlany, 3, 43–47.
- Bossink B., 2012, *Eco-innovation and Sustainability Management*, Routledge Taylor & Francis Group, New York and London.
- Buczyńska A., 2015, *Kwiat energetyczny – najefektywniejszy energetycznie budynek na świecie*, http://swiatoze.pl/aktualnosci/kwiat-energetyczny-najefektywniejszy-energetycznie-budynek-na-swiecie_176.html.
- Cakir Y., 2015, *Basaksehir Living Lab*, „Open Innovation 2.0. Yearbook 2015”, Luxembourg Publication Office for the European Union.
- Carrillo-Hermosilla J., del Río González P., Könnölä T., 2009, *Eco-Innovation: When Sustainability and Competitiveness Shake Hands*, Palgrave Macmillan.
- Chodkowska-Miszczuk J., Szymańska D., 2014, *Modernisation of public buildings in Polish towns and the concept of sustainable building*, Quaestiones Geographicae, 33(4), 89–99.
- Cierpiszewski R., 2015, *Opakowania inteligentne*, Acta Poligraphica, 6, 9–17.
- Colliers International, 2015, *Zielone budynki w Polsce 2015. Certyfikacja w liczbach*, Warszawa.
- Commission Staff Working Document do Komunikatu Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów z dnia 13.02.2012 r. „Innowacje w służbie zrównoważonego wzrostu: biogospodarka dla Europy” KOM (2012) 60 wersja ostateczna.

- Cooper I., Symes M. (ed.), 2009, *Sustainable Urban Development, Volume 4: Changing Professional Practice*, Routledge, London.
- DeMaio P., 2009, *Bike-sharing: History, impacts, models of provision, and future*, *Journal of Public Transportation*, 12(4), 41–56.
- Deutsche Bank Research, 2010, *Zielone budownictwo*.
- Díaz-García C., González-Moreno Á., Sáez-Martínez F. J., 2015, *Eco-innovation: insights from a literature review*, *Innovation: Management, Policy & Practice*, 17 (1), 6–23.
- Duda J., Wasilewski M., 2014, *Innowacyjna technologia utylizacji osadów ściekowych*, [w:] *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, red. R. Knosala, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 68–77.
- EEA, 2013, *Powietrze w Europie dzisiaj*, <http://www.eea.europa.eu/pl/sygnal42y/sygnaly-2013/artykuly/powietrze-w-europie-dzisiaj>.
- Ferm T., Hongisto P., Kiviniemi O., 2011, *Developing ICT infrastructure for a Living Lab using Living Lab methodology – experiences and challenges*, www.efita.net.
- Francesse D., Mensitieri G., Iannace S., Balestra C., 2013, *New Materials for Ecological Building Products*, *Characterization and Development of Biosystems and Biomaterials Advanced Structured Materials*, 29, 203–215.
- Freney M., Soebarto V., Williamson T., 2012, *Learning from 'Earthship' based on monitoring and thermal simulation*, *Proceedings of the 46th Annual Conference of the Architectural Science Association (ANZAScA)*, Griffith University, Queensland.
- Fussler C., James P., 1996, *Driving Eco-Innovation: A Breakthrough Discipline for Innovation and Sustainability*, Pitman Publishing: London.
- Ghisetti C., Marzucchi A., Montresor S., 2013, *The green – impact of the open innovation mode*, Luxembourg Publication Office for the European Union.
- Go4Energy. *Perspektywy rozwoju budownictwa energooszczędneho w Polsce*.
- Górecki J., 2009, *Ekologiczne inwestycje budowlane. Innowacyjne wizje Vincenta Callebauta*, *Przegląd Budowlany*, 5, 32–36.
- Green E. H., 1981, *Roads, Streets and Footpaths. In Building, Planning and Development*, Macmillan Education UK, 50–58.
- Grodzicka-Kozak D., Wojtach A., <http://www.forum3e.pl/download/gfx/fese/pl/nfoaktualnosci/3/4/4/ekoinnovacje-publicacja.pdf>.
- Guo Q., Liang Q. Y., Zhao L. Q., 2013, *Ecological Development of Building Materials*, *Advanced Materials Research*, 712/715, 887–890.
- Hargreaves T., Hielscher S., Seyfang G., Smith A., 2013, *Grassroots innovations in community energy: The role of intermediaries in niche development*, *Global Environmental Change*, 23/5, 868–888.

- Hernik A., 2010, *Dom ze słomy i gliny. Ekologiczne budownictwo w zgodzie z naturą*, http://www.chronmyklimat.pl/wiadomosci/dom_ze_slomy_i_gliny__ekologiczne_budownictwo_w_zgodzie_z_natura.
- Innobarometer 2016 – EU business innovation trends. Flash Eurobarometer 433. Summary. Survey requested by the European Commission, Directorate – General for Internal Market, Industry and Entrepreneurship and SMEs and coordinated by the Directorate – General for Communication, <http://ec.europa.eu/COMMFrontOffice/PublicOpinion>.
- Ip K., Miller A., 2009, *Thermal behaviour of an earth-sheltered autonomous building – The Brighton Earthship*, *Renewable Energy*, 34(9), 2037–2043.
- IST – FRAME: Planning an Intelligent Transport System. A Guide to transport System Architecture. April 2004. <http://www.frame-online.net/>.
- ITS Handbook 2000, Recommendations from the World Road Association (PIERC). Artech House, Boston 1999.
- Iwanek M., 2009, *W poszukiwaniu znaczenia architektury ekologicznej – ciągłość historyczna architektury współczesnej*, *Teka Kom. Arch. Urb. Stud. Krajobr*, OL PAN, 43–49.
- Jaffe A. B., Newell R. G., Stravins R. N., 2005, *A tale of two market failures: Technology and environmental policy*, *Ecological Economics*, Elsevier, 54(2–3), 164–174.
- James P., 1997, *The Sustainability Circle: a new tool for product development and design*, *Journal of Sustainable Product Design*, 2, 52–57, <http://www.cfsd.org.uk/journal>.
- Jamroz K., Krystek R., 2006, *Inteligentne Systemy Transportu – Rozwój i struktura*, *Transport Miejski i Regionalny*, 5, 2–11.
- Jamroz K., Oskarbski J., Dejk W., 2002, *Przesłanki zastosowania zintegrowanego systemu zarządzania ruchem w Aglomeracji Trójmiejskiej*. II Konferencja Telematyka i Bezpieczeństwo Ruchu Drogowego, Politechnika Śląska, Katowice.
- Kalinowska A., 1992, *Ekologia – wybór przyszłości*, Kraków.
- Kamionka L., 2010, *Standardy architektury zrównoważonej jako istotny czynnik miasta oszczędnego na przykładzie wypranych programów certyfikacyjnych*, *Czasopismo Techniczne*, 14, 27–38.
- Katzev R., 2003, *Car sharing: A new approach to urban transportation problems*, *Analyses of Social Issues and Public Policy*, 3(1), 65–86.
- Kemp R.L., Stephani C. J., 2012, *Cities Going Green: A Handbook of Best Practices*.
- Komisja Europejska, 2004, *Stimulating Technologies for Sustainable Development: An Environmental Technologies Action Plan for the European Union*, COM(2004) 38, Bruksela.
- Komisja Europejska, 2011a, *Innowacja na rzecz zrównoważonej przyszłości – Plan działania w zakresie ekoinnowacji (Eco-AP)*, COM(2008) 899, Bruksela.

- Komisja Europejska, 2011b, Uruchomienie planu działania na rzecz ekoinnowacji: pomoc dla przedsiębiorstw w zakresie zapewnienia ekologicznego wzrostu gospodarczego i korzyści dla środowiska, http://europa.eu/rapid/press-release_IP-11-1547_pl.htm.
- Komisja Europejska, 2014, HORIZON 2020 w skrócie. Program ramowy UE w zakresie badań naukowych i innowacji.
- Komisja Europejska, 2015, Wytyczne dla Wnioskodawców 2016, LIFE Środowisko i efektywne gospodarowanie zasobami.
- Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów z dnia 26.01.2011 r. „Europa efektywnie korzystająca z zasobów – inicjatywa przewodnia strategii Europa 2020”, KOM (2011) 21 wersja ostateczna.
- Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego oraz Komitetu Regionów z dnia 06.10.2010 r. „Projekt przewodni strategii Europa 2020 – Unia innowacji”, KOM (2010) 546 wersja ostateczna.
- Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów z dnia 13.02.2012 r. „Innowacje w służbie zrównoważonego wzrostu: biogospodarka dla Europy”, KOM (2012) 60 wersja ostateczna.
- Komunikat Komisji z dnia 03.03.2010 r. „Strategia na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu”, KOM (2010) 2020 wersja ostateczna.
- Komunikat Komisji z dnia 10.07.2012 r. „Inteligentne Miasta i Społeczności – Europejskie Partnerstwo Innowacyjne”, KOM (2012) 4701 wersja ostateczna.
- Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów z dnia 02.12.2015 r. „Zamknięcie obiegu – plan działania UE dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym”, KOM (2015) 614 wersja ostateczna.
- Kos B., 2013, *Kierunki poprawy efektywności zarządzania siecią drogową w Polsce*, Studia Ekonomiczne, 136, 149–164.
- Kostecka J., Pączka G., Garczyńska M., Podolak-Machowska A., Dunin-Mugler C., Szura R., 2014, *Wykorzystanie wermikompostowania do zagospodarowania odpadów organicznych w gospodarstwach domowych*, Inżynieria i Ochrona Środowiska, 17(1), 21–30.
- Kozłowicz K., Sułkowska M., Kluza F., 2011, *Powłoki jadalne i ich wpływ na jakość i trwałość owoców i warzyw*, Acta Sci. Pol., Technica Agraria, 10, 3–4.
- Kozłak A., 2008, *Inteligentne systemy transportowe jako instrument poprawy efektywności transportu*, Logistyka, 2.
- KPK PB UE 2016, http://www.kpk.gov.pl/?page_id=10433.
- Krajowa Polityka Miejska, 2015, Warszawa.

- Kruis N. J., Heun M. K., 2007, *Analysis of the performance of earthship housing in various global climates*, ASME 2007 Energy Sustainability Conference, 431–440.
- Lewandowska A., 2015, *Ekoinnowacje w zrównoważonym budownictwie – wprowadzenie do zagadnienia*, Edukacja Biologiczna i Środowiskowa, 4, 34–50.
- Leźnicki M., Lewandowska A., 2014, *Zielona architektura jako istotowo ważny element miasta zrównoważonego*, [w:] *Zrównoważony rozwój – idea czy konieczność?*, red. Kleśta A., Terlecka M., Wydawnictwo Amagraf, Krosno, 119–130.
- Leźnicki M., Lewandowska A., 2016, *Contemporary concepts of a city in the context of sustainable development: perspective of humanities and natural sciences*, *Problemy Ekorozwoju*, 11(2), 45–54.
- Litwin M., 2003, *The role of Intelligent Transportation System (ITS) National Architecture and Standards – the Canadian Experience*, [w:] IV Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego”. Poznań– Będlewo.
- Łobejko S., Stankowska A., Zabielski M., 2015, *Planning and Management in Ecocities*, CeDeWu.
- Malley C., Nair J., Ho G., 2006, *Impact of heavy metals on enzymatic activity of substrate and on composting worms Eisenia fetida*, *Bioresource technology*, 97(13), 1498–1502.
- Mercier J., Duarte F., Domingue J., Carrier M., *Understanding continuity in sustainable transport planning in Curitiba*.
- Michalik Ł., 2014, *Do czego wykorzystać serwery? Amazon daje przykład, warto go naśladować!*, <http://gadzetomania.pl/1861,do-czego-wykorzystac-serweryamazon-daje-przyklad-warto-go-nasladowac>.
- Milczarek, M., & Niewalda, M., *Introduction to Intelligent Transportation System*, http://wiinom.us.edu.pl/sites/default/files/WSPOLPRACA/Art_2012_02.pdf.
- Millard-Ball A., 2005, *Car-Sharing: Where and how it succeeds (Vol. 108)*. Transportation Research Board.
- Ministerstwo Środowiska, 2006, *Mapa drogowa wdrażania Planu działań na rzecz Technologii Środowiskowych w Polsce*, Warszawa.
- Ministerstwo Środowiska, 2007, *Program wykonawczy do Krajowego Planu Działania na rzecz Technologii Środowiskowych na lata 2007–2009 z uwzględnieniem perspektywy na lata 2010–2012*.
- Mroziński A., 2010, *Problemy recyklingu tworzyw polimerowych*, *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 49(5), 89–90.
- Nikiel S., Doligalski M., Włodarczyk M., Bandrowski B., 2013, *Monitorowanie wywozu odpadów w technologii RFID*, *Logistyka*, (5), 348–351.
- OECD, <https://www.oecd.org/>.

- Oskarbski J., Jamroz K., Litwin M., 2006, *Inteligentne systemy transportu – zaawansowane systemy zarządzania ruchem*. Materiały konferencyjne z I-szego Polskiego Kongresu Drogowego – Lepsze drogi – lepsze życie, Warszawa.
- Pawlak M., Mazurek R., 2012, *Najbardziej ekologiczny budynek świata*, <http://www.rp.pl/artykul/936961-Najbardziej-ekologiczny-budynek-swiata.html#ap-1>.
- Pietras M., 2009, http://www.mojeopinie.pl/rola_zieleni_w_ksztaltowaniu_klimatu_miasta,3,1234108741.
- Plan działań na rzecz mobilności miejskiej, KOM (2009) 490 final.
- Proczek R., 2014, *Chodnik zamiast drzew jako powierzchnia redukująca CO₂? Tak!*, <http://urbnews.pl/chodnik-powierzchnia-redukujaca-co2/>.
- Proper Allen T., 2001, *Intelligent Transportation System Benefits: 2000 Update*. U.S. Department of Transportation Washington D.C.
- Rao R., 2014, *Biomimicry in Architecture*, International Journal of Advanced Research in Civil, Structural, Environmental and Infrastructure Engineering and Developing, 1/2, 101–107.
- Ray B., 2012, *Dutch unleash intelligent robot bins: No ID, no rubbish*; http://www.theregister.co.uk/2012/09/12/robo_bins/.
- Rennings K., 2000, *Redefining innovation – eco-innovation research and the contribution from ecological economics*, Ecological Economics, 32 (2): 319–332.
- Runkiewicz L., 2012, *Innowacyjne rozwiązania obiektów budowlanych w energetyce*, Przegląd Budowlany, 5, 11–13.
- Rutkowska I., 2012, http://www.pi.gov.pl/PARP/chapter_86200.asp?so-id=217861497BDF4DBAB0E24242F9DEA3D5.
- Rychlewski, J., 2014, *Możliwości ITS na przykładzie sygnalizacji świetlnej*, Przegląd Komunalny, (9), 84–86.
- Schofield T., 2015, *Open Innovation and Its Implication for Universities*, „Open Innovation 2.0. Yearbook 2015”, Luxemburg Publication Office for the European Union.
- Seyfang G., 2009, *The new economics of sustainable consumption*, Minería transnacional, narrativas del desarrollo y resistencias sociales. Buenos Aires, Biblos.
- Shaheen S., Cohen A., 2007, *Growth in worldwide carsharing: An international comparison*, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, (1992), 81–89.
- Shaheen S., Guzman S., & Zhang H., 2010, *Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia: past, present, and future*, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, (2143), 159–167.
- Shahmansouri M. R., Pourmoghadas H., Parvaresh A. R., Alidadi H., 2005, *Heavy metals bioaccumulation by Iranian and Australian earthworms (Eisenia fetida) in the sewage sludge vermicomposting*, Journal of Environmental Health Science & Engineering, 2(1), 28–32.

- Sharma S., 2003, *Municipal solid waste management through vermicomposting employing exotic and local species of earthworms*, Bioresource Technology, 90(2), 169–173.
- Sika, 2015, *Innowacyjne rozwiązania dla zrównoważonego budownictwa*, <https://pol.sika.com/dms/getdocument.get/24658040-b576-3434-a37b-8582071966c7/We%20Are%20Sika%20%20Innowacyjne%20rozwi%3Fzania%20dla%20zr%3Fwnowa%3Fonego%20budownictwa.pdf>.
- Singh R. P., Singh P., Araujo A. S., Ibrahim M. H., Sulaiman O., 2011, *Management of urban solid waste: Vermicomposting a sustainable option*, Resources, Conservation and Recycling, 55(7), 719–729.
- Stanowisko Rządu wobec Komunikatu Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Innowacja na rzecz zrównoważonej przyszłości – Plan działania w zakresie ekoinnowacji (Eco-AP), 2011.
- Stappen R. K., 2006, A sustainable world is possible, Der Wise Consensus: Problemlösungen für das, 21.
- Strategia rozwoju transportu do roku 2020 a polityka transportowa Unii Europejskiej. Raport nr 4/2015. Centrum Zrównoważonego Rozwoju, Warszawa, 2015.
- Sussman J., 2000, *Introduction to Transportation Systems*. Artech House, Boston.
- Systemy sterowania ruchem ulicznym. Praca zbiorowa pod red. K. Jamroza. Warszawa, WKŁ 1984.
- Szpor A., Sniegocki A., 2012, *Ekoinnowacje w Polsce*, http://ibs.org.pl/app/uploads/2016/03/IBS_Report_03_2012_pl.pdf.
- Sztuka K., Kołodziejka I., 2008, *Jadalne folie oraz powłoki powierzchniowe z polimerów naturalnych stosowane do opakowań żywności*, Polimery, 53(10), 725.
- Szyjko C. T., 2014, *Innowacyjne zarządzanie technologiami środowiskowymi w gospodarce francuskiej*, Zarządzanie Innowacyjne w Gospodarce i Biznesie, 2(19), 113–123.
- Szymańska D., 2016, *Inteligentne miasto*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń.
- Szymańska D., Korolko M., 2015, *Inteligentne miasta. Idea, koncepcje i wdrożenia*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń.
- Trzeźniewski Ł., 2013, *Finansowanie energetycznych projektów innowacyjnych w zakresie efektywności energetycznej i odnawialnych źródeł energii*, Jelenia Góra.
- Wainwright P. J., Cresswell D. J. F., 2001, *Synthetic aggregates from combustion ashes using an innovative rotary kiln*, Waste Management, 21(3), 241–246.
- White Paper: European transport policy for 2010: time to decide. EC 2001.
- WHO, http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/.
- Widera B., 2014, *Budynek Rady Miejskiej w Bolonii jako przykład architektury proekologicznej*, Architectus, 2(38), 59–68.

- Wines J., 2008, *Zielona architektura*, Taschen GmbH, Warszawa.
- Wong T-Ch., Belinda Yuen B., 2011, *Eco-city Planning: Policies, Practice and Design*.
- Wójcik W., Generowicz A., 2015, *Innowacyjna metoda zagospodarowania odpadów organicznych na przykładzie wybranej gminy wiejskiej*, Acta Universitatis Nicolai Copernici EKONOMIA, XLVI nr 2, 247–257.
- Wspólne dążenie do osiągnięcia konkurencyjnej i zasobooszczędnej mobilności w miastach, KOM(2013) 913 final.
- Yang Z., 2012, *Eco-Cities: A Planning Guide*, CRC Press, Taylor & Francis Grup, London, New York.
- Yep E., 2015, *Singapore's Innovative Waste-Disposal System*, <http://www.wsj.com/articles/singapores-innovative-waste-disposal-system-1442197715>.
- Zengkun F., 2016, *Clearing the way to a waste-free Singapore*, <http://www.eco-business.com/news/clearing-the-way-to-a-waste-free-singapore/>.
- Zhang J., Liu J., Li C., Jin Y., Nie Y., Li J., 2009, *Comparison of the fixation effects of heavy metals by cement rotary kiln co-processing and cement based solidification/stabilization*, Journal of Hazardous Materials, 165(1), 1179–1185.
- Zhuo C., Levendis Y. A., 2014, *Upcycling waste plastics into carbon nanomaterials: A review*, Journal of Applied Polymer Science, 131(4), 39931.
- Zurich University of Applied Sciences, 2012, *Eco-cities & Ecological Engineering: New Solutions Through Transforming Traditional Ways of Thinking*, Switzerland.
- <http://archinea.pl/living-garden-house-w-izbicy-robert-konieczny-kwk-promes/>.
- <http://blog.visualarq.com/wp-content/uploads/sites/4/2014/03/Fachada-Hospital-Manue-Gea-Gonzalez.jpg>.
- <http://bookshop.europa.eu/>.
- <http://cdn.bestdesignideas.com/wp-content/uploads/2015/07/WaterNest-100-Floating-House-by-Giancarlo-Zema-1.jpg>; <http://www.giancarlozema.com/mediagdgz/WaterNest-100-10.jpg>.
- <http://chronmyklimat.pl/wiadomosci/transport/innowacyjny-chinski-autobus-naszczudlach-moze-zastapic-az-40-autobusow-i-nie-stac-w-korkach>.
- <http://earth2045.com/>.
- <http://earthship.pl/>.
- <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/growth-jobs/open-innovation>.
- <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/news/bror-salmelin-innovation-can-not-be-controlled>.
- <http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/index.cfm?pg=policy&lib=strategy>.
- <http://edroga.pl/mobilnosc/elektryczny-car-sharing-rowniez-w-polsce-020612747>.
- <http://edroga.pl/mobilnosc/itf-bezpieczne-miejskie-ulice-090913119>.
- <http://edroga.pl/mobilnosc/jak-wieden-ulatwia-przesiadke-na-rowery-miejskie-210913154>.

Literatura

- <http://edroga.pl/mobilnosc/mobilnosc-w-miescie-wyzwania-duzych-aglomeracji-290612828>.
- <http://edroga.pl/mobilnosc/nowe-centrum-przeiadkowe-w-gliwicach-200412632>.
- <http://edroga.pl/mobilnosc/pierwsza-w-polsce-swiecaca-sieczka-rowerowa-270913177>.
- <http://edroga.pl/mobilnosc/potrzebne-rozsadne-granice-rozwoju-miast-190512710>.
- <http://edroga.pl/mobilnosc/rowerzysci-zajma-centrum-i-zrobia-park-z-parkingu-210913153>.
- <http://edroga.pl/mobilnosc/system-dla-niewidzacych-w-tarnowskich-autobusach-220312541>.
- <http://edroga.pl/mobilnosc/warszawa-miejskie-samochody-juz-w-2017-310813076>.
- <http://edroga.pl/mobilnosc/wroclaw-ulica-dla-mieszkanow-a-nie-samochodow-260212468>.
- <http://edroga.pl/mobilnosc/za-4-lata-auta-pojada-same-140712902>.
- <http://futu.pl/biobeton/>.
- <http://gadzetomania.pl/57752,inteligentna-droga>.
- <http://inhabitat.com/novacem-develops-carbon-eating-green-cement/>.
- <http://inhabitat.com/scientists-developing-self-healing-concrete-with-microcapsules-and-bacteria/>.
- <http://inhabitat.com/tag/green-building-materials/>.
- <http://innogy.forbes.pl/autonomiczne-pojazdy-na-szwedzkich-drogach,artykuly,205461,1,1.html>.
- <http://innogy.forbes.pl/drogi-rowerowe-w-europie-tu-pomkniesz-na-dwoch-kolkach-autostrada,artykuly,205935,1,2.html>.
- <http://innogy.forbes.pl/gandawa-ulice-zmieniaja-sie-w-miejsce-do-piknikowania,artykuly,204598,1,1.html>.
- <http://innogy.forbes.pl/helsinki-pierwsze-miasto-na-swiecie-bez-samochodow,artykuly,206326,1,1.html>.
- <http://innogy.forbes.pl/swiatlo-z-tych-latarni-nic-nie-kosztuje,artykuly,207435,1,1.html>.
- <http://innogy.forbes.pl/takie-beda-taksowki-w-nieodleglej-przyszlosci-,artykuly,204859,1,1.html>.
- <http://innogy.forbes.pl/transport-przyszlosci-kapsuly-rowery-i-dronowe-taksowki,artykuly,204654,1,2.html>.
- <http://koszalin7.pl/ko/?p=611>.
- <http://kwmc.org.uk/>.
- <http://marketingwpigulce.pl/10-najciekawszych-technologie-smart-city-dzieki-tym-zycie-w-miastach-bedzie-latwiejsze/>.
- <http://marketrealist.com/2016/07/automakers-jumping-car-sharing-business/>.

- <http://miastowruchu.pl/inteligentne-lampy-dla-rowerzystow-na-ulicach-kopenhagi/>.
- <http://miastowruchu.pl/przestrzen-miejska/>.
- <http://moto.onet.pl/aktualnosci/inteligentne-oswietlenie-led-na-polskich-drogach/2qy5h>.
- <http://news.volvogroup.com/2016/02/25/drone-to-help-refuse-collecting-robot-find-refuse-bins/>.
- <http://phys.org/news/2012-04-uw-intelligent-kiosks-composting-recycling.html>.
- <http://polskiedrogi.com.pl/2016/03/21/oraz-wiecej-miast-inwestuje-w-nowoczesne-systemy-oswietlania-ulic/>.
- <http://portalkomunalny.pl/innowacyjna-koncepcja-systemu-gospodarowania-odpadami-dla-wroclawia-331350/>.
- <http://salihcaglayan.wordpress.com>.
- <http://tempo30.dlalodzi.info/>.
- <http://thecityfix.com/blog/four-facts-carsharing-report-emerging-markets-surprise-you-aileen-carrigan/>.
- <http://tvn24bis.pl/tech,80/kolumbia-sztuczne-drzewa-pomagaja-w-walceszmogiem,636196.html>.
- <http://tvnmeteo.tvn24.pl/informacje-pogoda/swiat,27/w-paryzu-autem-pojadacodrugidzien-zdecyduja-numery-rejestracyjne,116491,1,0.html>.
- <http://ulicaekologiczna.pl/umysl-i-cialo/drogi-bardziej-przyjazne-dlarowerystow-i-piesznych-znacie-takie-w-swym-miescie/>.
- <http://urbnews.pl/chodnik-powierzchnia-redukujaca-co2/>.
- <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:YNcXVyhTQwcJ:www.old.katowice.eu/uploads/RMG/Zarz%25C4%2585dzanie%2520ruchem%2520-%2520Wydzia%25C5%2582%2520Rozwoju%25202014.doc+%&c-d=35&hl=pl&ct=clnk&gl=pl&client=firefox-b>.
- <http://www.4mobility.pl>.
- http://www.agenda21.waw.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=55&limitstart=5.
- <http://www.akcjamiasto.org/wp-content/uploads/2015/12/Wizja-Zero-w-Nowym-Jorku.pdf>.
- <http://www.archdaily.com/484334/the-sustainability-treehouse-mithun>.
- <http://www.bioeconomyutrecht2016.eu/>.
- <http://www.chinese-architects.com/files/projects/3729/images/600%3Aw/a5.jpg?1373557834>.
- <http://www.chip.pl/artykuly/trendy/2015/04/inteligentne-drogi-1#ixzz4LS8HenlB>.
- <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2577347/China-successfully-testssmog-fighting-drones-spray-chemicals-capture-air-pollution.html>.
- <http://www.designboom.com/wp-content/uploads/2014/05/solar-powered-roads--designboom04.jpg>.

- http://www.eco-innovation.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=481&Itemid=69.
- <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/annual-mean-pm10-concentration-observed-1>.
- <http://www.e-streetlight.com/>.
- <http://www.focus.pl/czlowiek/chodnik-na-smog-4994>.
- <http://www.forbes.com/sites/henrychesbrough/2011/03/21/everything-you-need-to-know-about-open-innovation/>.
- <http://www.forum.motokobiety.pl/inteligentne,drogi,solarne,t10927.html>.
- <http://www.geograph.org.uk/photo/4799806>.
- <http://www.gizmaniak.pl/75890/bin-e-inteligentny-kosz-smieci/>.
- <http://www.itspolska.pl/?page=11>.
- <http://www.miasto2077.pl/madryt-ma-wzorcowy-plan-jak-stworzyc-zielonemiasto/>.
- <http://www.miasto2077.pl/pociagi-bez-maszynistow-rozwioza-miasta/>.
- <http://www.miasto2077.pl/w-szwajcarii-pasazerowie-sami-projektuja-sobie-pociagi/>.
- <http://www.miastothinktank.pl/na-ratunek-pieszym-w-miescie>.
- http://www.pi.gov.pl/PARP/chapter_86197.asp?soid=36DCD58B516B415D8B2EC33CA1B0B5AB.
- http://www.pi.gov.pl/parp/chapter_86197.asp?soid=E59EAE5FD9834AADA-169C286A0C9212A.
- http://www.pi.gov.pl/PARP/chapter_86200.asp?soid=217861497BDF4DBAB0E-24242F9DEA3D5.
- <http://www.polityka.pl/tygodnikpolityka/spoleczenstwo/1628043,1,polskajednymz-najniebezpieczniejszych-krajow-dla-piesznych.read>.
- http://www.rupprecht-consult.eu/uploads/tx_rupprecht/NICHES_overview_concepts_PL.pdf.
- <http://www.steerdaviesgleave.com/news-and-insights/global-bike-sharing-success>.
- <http://www.streetfilms.org/nyc-mayor-bill-de-blasio-makes-historic-vision-zeroannouncement/>.
- <http://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/technologie-spolecznie-wrazliwa-smart-city-30-rozmowa-52189.html>.
- http://www.ubergizmo.com/2012/09/intelligent-robot-bins-require-id-to-disposeof-rubbish-in-the-netherlands/?utm_source=mainrss.
- <http://www.warsawsmartcity.pl/ruszyl-pierwszy-carsharing-w-warszawie/>.
- http://wyborcza.biz/biznes/1,147584,17713518,Wciaz_czekamy_na_inteligentne_drogi.html?disableRedirects=true.
- <http://wychowaniekomunikacyjne.org/index.php?mact=News,cntnt01,print,0&cntnt01articleid=35&cntnt01showtemplate=false&cntnt01returnid=53>.
- <https://data.cityofnewyork.us>.

Literatura

https://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-eco-innovation_en.
<https://eu-smartcities.eu/content/inclusive-smart-cities-european-manifestocitizen-engagement>.
https://transalt.org/sites/default/files/news/reports/2011/Vision_Zero.pdf.
<https://www.akzonobel.com/openinnovation>.
<https://www.fastcompany.com/3048453/elasticity/buymeby-saves-food-from-the-landfill-with-discounts-as-expiration-dates-loom>.
<https://www.forumforthefuture.org>.
<https://www.przystanek-eko.pl/2015/09/ekologiczny-dom-na-wodzie/>.
<https://www.signs.pl/nie-tylko-cyklisci:-reklamodawcy-pokochali-rowery,29373,artykul.html>.
<https://www.smartbin.com/clients/cascais-municipality>.
<https://www.statista.com/chart/3325/bike-sharing-systems-worldwide/>.
<https://www.thecrystal.org/>.
<https://www.theguardian.com/environment/2014/mar/19/china-drones-pollution-smog-beijing>.
www.um.walbrzych.pl.

Spis rycin

Ryc. 1. Sumaryczny wskaźnik Eco-Innovation Scoreboard w państwach Unii Europejskiej	15
Ryc. 2. Komponenty sumarycznego wskaźnika Eco-Innovation Scoreboard w Polsce w 2015 roku w porównaniu ze średnią UE.....	16
Ryc. 3. Cele szczegółowe Krajowej Polityki Miejskiej	19
Ryc. 4. Obszary wsparcia i rodzaje projektów możliwych do realizacji w ramach programu Infrastruktura i Środowisko 2014–2020.....	24
Ryc. 5. Produkcja energii z OZE w 2013 roku.....	30
Ryc. 6. Wykorzystanie różnych źródeł energii w Mtoe w latach 2000–2013 (przedstawione w skali logarytmicznej) i trendy rozwoju do 2020 roku	31
Ryc. 7. Łączna moc energii pochodzącej z OZE (bez hydroelektrowni) w roku 2013.....	32
Ryc. 8. Globalna akceptacja publiczna dla różnych źródeł energii na podstawie sondażu Ipsos Global @dvisor z 2011 roku	33
Ryc. 9. Struktura inwestycji w odnawialne źródła energii w wybranych krajach świata w miliardach dolarów USA.....	34
Ryc. 10. Moc energii w GW pochodzącej z energii wiatru w latach 1996–2015.....	35
Ryc. 11. Moc energii pochodzącej z energii słońca w latach 2004–2013....	36
Ryc. 12. Zatrudnienie w sektorze OZE w 2013 roku	37
Ryc. 13. Zatrudnienie w sektorze OZE wg wybranych krajów w 2013 roku	37
Ryc. 14. Fragment elektrowni słonecznej w Ivanpah w Kalifornii (USA). ..	39
Ryc. 15. Żarówka ledowa zasilana energią solarną (fot. M. Kopa – http://odnawialnezrodlaenergii.pl/energia-sloneczna-aktualnosci/item/1955-male-systemy-pv-i-led-oswietla-domy-w-afrykanskich-wioskach	41
Ryc. 16. Żarówka – litr światła (z filmu http://www.thewaterchannel.tv/media-gallery/2084-a-liter-of-light	41
Ryc. 17. Solar Bottle Bulb – Słoneczna żarówka – jak jedna butelka może zmienić świat na lepsze	42

Spis rycin

Ryc. 18. Rodzinny biznes w Pretorii (fot. Gallo Images / Rex Features Gallo Images / Rex Features)	43
Ryc. 19. Emisja gazów cieplarnianych w UE w podziale na środki transportu w 2010 roku	45
Ryc. 20. Szkolenia w zakresie korzystania z transportu publicznego dla dzieci. Fot. u góry: E. Grzelak-Kostulska, na dole:	53
Ryc. 21. Szkolenia wśród pracowników komunikacji publicznej w zakresie obsługi niepełnosprawnych pasażerów	56
Ryc. 22. Wagon zaprojektowany przez pasażerów	58
Ryc. 23. Intermodalny węzeł przesiadkowy w Wiedniu	59
Ryc. 24. Intermodalny węzeł przesiadkowy w Londynie	60
Ryc. 25. Projekt multimodalnego centrum przesiadkowego w Gliwicach ..	61
Ryc. 26. System Citybike w Wiedniu	63
Ryc. 27. Londyn – intermodalne centrum przesiadkowe	66
Ryc. 28. Stansted Airport Transit System – w pełni zautomatyzowany system transportu łączący terminal główny z dwoma innymi na lotnisku Stansted	70
Ryc. 29. Zautomatyzowana linia londyńskiego metra Central	73
Ryc. 30. Autonomiczne samochody w Szwecji	74
Ryc. 31. Autostrada dla rowerów w Danii	75
Ryc. 32. Parking dla rowerów elektrycznych	77
Ryc. 33. System bikesharing w Rzymie i Wiedniu. Fot. Z lewej: bike-sharing.blogspot.com; z prawej: Autor	78
Ryc. 34. Udział miast, w których funkcjonuje system bikesharing w 2014 roku	79
Ryc. 35. Liczba miast, które wdrożyły bikesharing w 2014 roku	80
Ryc. 36. Prognoza zysków w przemyśle carsharingowym	81
Ryc. 37. Zmiany liczby korzystających z carsharingu (w tys.)	82
Ryc. 38. Rozwój carsharingu na świecie – zmiany liczby operatorów i miast, w których funkcjonują systemy carsharingu	83
Ryc. 39. Stacja ładowania samochodu elektrycznego	87
Ryc. 40. Chiński autobus-tunel. Fot. China TBS Limited	88
Ryc. 41. Innowacyjne środki transportu (kapsuła Next, PEV i Ehang 184) .	89
Ryc. 42. Hybryda drona i wiatrakowca polskiej konstrukcji. Fot. Politechnika Lubelska	90
Ryc. 43. Nowoczesne rozwiązania komunikacyjne w Helsinkach. Fot. Li Jizhi/Xinhua via ZUMA Wire	91
Ryc. 44. Ulice Gandawy	93
Ryc. 45. Przykłady innowacji w branży budowlanej	96
Ryc. 46. Crystall w Londynie	101
Ryc. 47. Siedziba Rady Miejskiej w Bolonii	103

Spis rycin

Ryc. 48. Ekologiczne domy na wodzie WaterNest 100.	105
Ryc. 49. Liczba uzyskanych certyfikatów w wybranych miastach w Polsce w 2015 roku.	112
Ryc. 50. Proces certyfikacji BREEAM.	112
Ryc. 51. Średnioroczny poziom koncentracji pyłów PM10 w 2013 roku ...	115
Ryc. 52. Najbardziej zanieczyszczone miasta w Europie – średnia wartość PM 2.5	116
Ryc. 53. Manuel Gea Gonzalez Hospital w Meksyku.	118
Ryc. 54. Sztuczne drzewo pochłaniające dwutlenek węgla w Kolumbii ...	119
Ryc. 55. Fluorescencyjne oznakowanie jezdni – Holandia	120
Ryc. 56. Droga z pasem dla pojazdów elektrycznych, Wielka Brytania.	121
Ryc. 57. Drogi solarne.	123
Ryc. 58. Ścieżka rowerowa wykonana z materiałów luminescencyjnych, woj. warmińsko-mazurskie, Polska	124
Ryc. 59. Oświetlenie typu LED w Polsce	128
Ryc. 60. Latarnia zasilana energią ze źródeł odnawialnych.	129
Ryc. 61. Płyta zawierająca GeoSilex pochłaniający CO ₂ z atmosfery.	130
Ryc. 62. Rodzaje ekoinnowacji w zakresie gospodarki odpadami	132
Ryc. 63. Altana zbudowana ze starych znaków	134
Ryc. 64. Domki dla ptaków z odpadów	135
Ryc. 65. Kosze na odpady komunalne wyposażone w czytniki kart w Holandii.	141
Ryc. 66. Inteligentne pojemniki na śmieci na Uniwersytecie w Waszyngtonie	143
Ryc. 67. Zielone kompozycje na dachu Biblioteki Głównej Uniwersytetu Warszawskiego	150
Ryc. 68. Wodno-zielone kompozycje na dachu Biblioteki Głównej Uniwersytetu Warszawskiego	151
Ryc. 69. Zazielenienie Madrytu wg projektu Madrid + Natural opracowanego przez biuro projektowe Arup	154
Ryc. 70. Model rozwoju innowacji oparty na poczwórnej helisie.	160
Ryc. 71. Wzajemne korzyści podmiotów współdziałających w otwartym modelu innowacji	161
Ryc. 72. Model biogospodarki dla Europy.	165

Spis tabel

Tabela 1. Strategia Rozwoju Transportu do roku 2020 a polityka transportowa Unii Europejskiej.....	49
Tabela 2. Charakterystyka systemów certyfikacyjnych budynków zrównoważonych	108
Tabela 3. Ilość odpadów poddawanych recyklingowi w wybranych krajach OECD	133
Tabela 4. Przykłady opakowań inteligentnych dostępnych na rynku	140