

ALEKSANDER ORŁOWSKI

Politechnika Gdańska

PAULINA ROSIŃSKA

Arla Poland sp. z o.o. w Gdańsku

KONCEPCJA *SMART CITIES* – OBSZAR *SMART ENVIRONMENT*

Abstract: *The Smart Cities Concept – Smart Environment.* The paper concentrates on the possibilities of checking the extent to which cities meet the smart city concept. The presented concept concentrates on one of the main smart cities characteristic: smart environment. This paper is a result of joint work of specialist from two different areas: management and environmental protection. The interdisciplinary character of the paper is characteristic for smart cities.

Keywords: City management, smart cities.

Wprowadzenie

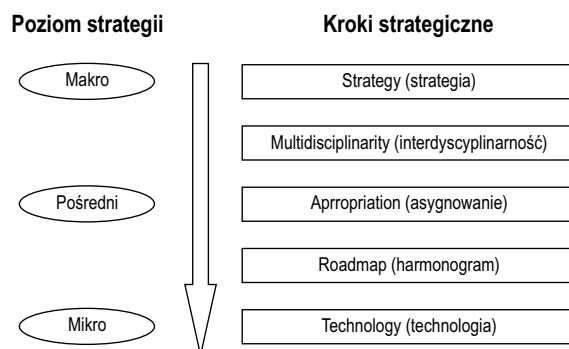
Koncepcja *Smart City* pomimo zyskującej popularności na świecie nie jest pojęciem usystematyzowanym, posiada wiele definicji, które ze względu na dużą złożoność zagadnienia przybierają różniące się detalami i stopniem szczegółowości formy. Uniemożliwia to rzetelną ocenę tego, które z miast i w jakim stopniu implementują ten model działania miasta. Aby naznaczyć ramy szerokiej koncepcji, powstał podział *Smart City* na wymiary, które grupują działania w danych dziedzinach funkcjonowania miasta, należą do nich: *Smart Mobility* (Mobilność), *Smart Environment* (Środowisko), *Smart Economy* (Gospodarka), *Smart Governance* (Zarządzanie), *Smart Living* (Jakość życia) i *Smart People* (Ludzie).

Celem przedstawionej pracy jest opracowanie zestawu wskaźników do oceny polskich miast, w przypadku tej pracy pod kątem realizacji jednego z wymiarów *Smart City – Smart Environment*.

1. Koncepcja *Smart City*

W obecnych czasach dynamicznego rozwoju technologii oraz innowacyjności współczesne miasta stają przed wyzwaniem wykorzystania tego potencjału w celu zwiększenia funkcjonalności działania, ograniczenia zużycia zasobów i poprawy jakości życia mieszkańców. W odpowiedzi na to zapotrzebowanie powstała koncepcja *Smart City*. W ogólnym założeniu idea ta przedstawia miasto, które *szeroko wykorzystuje nowe, inteligentne techniki i technologie oraz innowacyjne metody organizacji życia* [Gotlib, Olszewski 2016]. Jest to jednak opis bardzo ogólnikowy i nie obejmujący szerokiego pola aspektów, które zawiera to zagadnienie. *Smart City* jest koncepcją wielopłaszczyznową, która dotyka problematyki wielu dziedzin m.in. natury ekonomicznej, politycznej, technologicznej, jak i socjologicznej i filozoficznej. Wielowymiarowość zagadnienia powoduje, że trudno jest określić jedną uniwersalną i akceptowalną przez wszystkich badaczy definicję *Smart City* [Gotlib, Olszewski 2016]. Ponadto niekiedy mylnie nazwa koncepcji jest używana jako synonim pokrewnych pojęć – *intelligent city*, *creative city*, *knowledge-based city*, *digital city*, *ekomiasto*. Chronologicznie pierwszym konceptem tego typu było *intelligent city*, które bazuje głównie na rozwiązaniach technologicznych, natomiast *creative city* skupia się bardziej na społecznym aspekcie rozwoju miasta – inicjatywach sektora prywatnego i społecznej przedsiębiorczości [Ben Letaifa 2015]. Koncepcja *knowledge-based city* skoncentrowana jest na edukacji, ciągłym rozwoju kapitału intelektualnego i poziomu innowacyjności. Motorem rozwoju idei *digital city* był rozwój technologii informacyjnych i komunikacyjnych, natomiast *ekomiasta* skupiają swoje działania na ochronie środowiska i wykorzystaniu źródeł energii odnawialnej [Stawasz, Sikora-Fernandez 2015]. Według badaczy koncepcja *Smart City* integruje wszystkie powyższe aspekty rozwoju miasta. Ze względu na tę kompleksowość zagadnienia, w literaturze mamy do czynienia z różnymi definicjami *Smart City*, które w zależności od obszaru zainteresowania badaczy prezentują idee z różnych perspektyw.

W artykule Bena Letaifa [2015] określenie *Smart City* definiuje miasto, które potrafi integrować i synchronizować formalne przywództwo i demokratyczne uczestnictwo w opartym na technologii informatycznej miejskim ekosystemie. Miasta *smart* są zarówno inteligentne i kreatywne. Autor określa *Smart Cities* jako hybrydowe modele łączące otwartość innowacji społecznych ze wsparciem, koordynacją i monitorowaniem przez miasto. W artykule mamy do czynienia z przedstawionym na ryc. 1 podziałem modelu SMART na etapy składowe – *Strategy*, *Multidisciplinary*, *Appropriation*, *Roadmap*, i *Technology*. Pierwszym krokiem jest opracowanie strategii rozwoju miasta, następnie określenie interdyscyplinarnych podmiotów i zasobów, kolejny etap to asygnowanie środków, następnie opracowanie harmonogramu, który pozwoli na staranne monitorowanie działań, a finalnie identyfikacja wymaganych technologii. Autor artykułu zwraca także uwagę na to, że miasta różnią się od



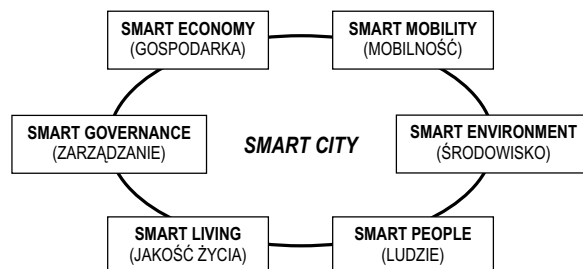
Ryc.1. Model SMART

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: [Ben Letaifa 2015].

siebie pod względem wizji i strategicznych wyborów, a więc pojęcie miasta *smart* zmienia się w zależności od tożsamości i zasobów danego miasta.

1.1. Wymiary *Smart City*

Szerokie pole tematów, które obejmuje koncepcja *Smart City* wymagało podziału zagadnienia na mniejsze sektory, które dzielą rozległą koncepcję i skupiają się na danych dziedzinach funkcjonowania miasta. Ogólnie przyjmowanym przez badaczy podziałem jest fragmentacja zaproponowana przez Politechnikę Wiedeńską [Giffinger *et al.* 2007], która wyszczególnia w koncepcji sześć wymiarów: gospodarkę, ludzi, zarządzanie, mobilność, środowisko i jakość życia (ryc. 2).

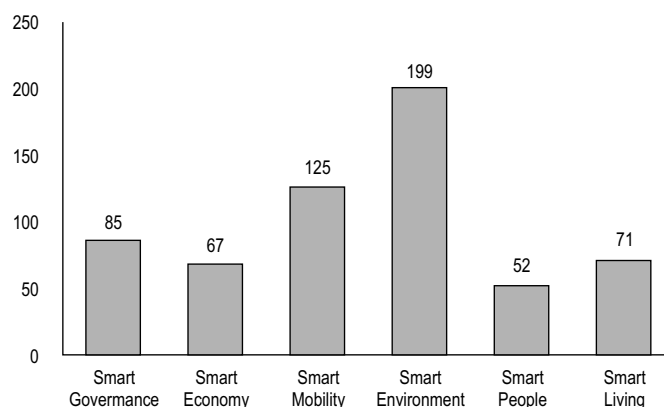
Ryc. 2. Wymiary *Smart City*

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: [Giffinger *et al.* 2007].

Wymiar stanowi wyodrębnioną część ogólnej koncepcji *Smart City*, która dotyczy danej tematyki w funkcjonowaniu miasta. W niniejszej pracy określenie «wymiar», będzie stosowane zamiennie z określeniami «obszar», «charakterystyka» oraz «segment».

2. Wymiar *Smart Environment*

Rozdział poświęcony jest przedstawieniu jednego z sześciu wymiarów *Smart City* – *Smart Environment* oraz dotychczasowych wskaźników, które mierzą ten obszar. W pracy skupiono się na tym obszarze gdyż według badań (ryc. 3) przeprowadzonych przez Komisję Przemysłu, Badań Naukowych i Energii Parlamentu Europejskiego (2014), działania w wymiarze *Smart Environment* są najczęściej podejmowane przez metropolie aspirujące do miana *Smart City*. Jednocześnie spektrum tematyczne zawarte w omawianym obszarze jest niezwykle szerokie, od gospodarki energetycznej po lokalizację stacji pomiarowych pyłów [Orłowski *et al.* 2017].



Ryc. 3. Liczba miast *Smart* spełniających dane wymiary *Smart City*
 Źródło: [Mapping Smart Cities... 2014].

2.1. Charakterystyka wymiaru *Smart Environment*

Wymiar *Smart Environment* jest jednym z sześciu wymiarów *Smart City* wyszczególnionych przez Politechnikę Wiedeńską. Segment ten jest kluczowym obszarem w definiowaniu miasta «smart», gdyż według autorów jedną z najczęściej przywoływanych cech *Smart City* stanowi stosowanie *zaawansowanych technologii dla bardziej efektywnego wykorzystania zasobów energetycznych i zmniejszenia emisji CO₂* [Stawasz, Sikora-Fernandez 2015]. Powyższe podkreśla wagę działań proekologicznych w stanowieniu o tym, w jakim stopniu miasto spełnia koncepcję *Smart City*.

W czasach dynamicznego wzrostu potrzeb rozwojowych miasta, właściwa strategia wobec zrównoważonej gospodarki miejskimi zasobami naturalnymi oraz jakości środowiska stanowi o konkurencyjności miasta, jego atrakcyjności dla potencjalnych inwestorów i mieszkańców oraz długofalowych możliwościach. Do głównych cech *Smart Environment* według zespołu Giffingera *et al.* [2014] zaliczane są: atrakcyjne warunki naturalne miasta (klimat, przestrzeń zielone), niski poziom za-

nieczyszczenia środowiska, zrównoważone zarządzanie zasobami, działania na rzecz ochrony środowiska.

Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że niejednoznaczność definicji *Smart City* wiąże się również z nieokreślonymi granicami pojęcia *Smart Environment*. Elementy składowe wyznaczone przez Politechnikę Wiedeńską, stanowią najbardziej ogólny zestaw cech, do bardziej szczegółowych możemy zaliczyć, zbudowane także na modelu 6 wymiarów, elementy wymienione w *Environmental Guideline for Smart Cities [Environmental Guideline... [2015]*. Opracowanie wyszczególnia: rozsądne planowanie przestrzenne, atrakcyjność warunków naturalnych, ochrona środowiska i kontrola zanieczyszczenia, inteligentna energia, w tym źródła odnawialne i efektywność energetyczna, zrównoważone budownictwo, recykling odpadów, efektywność wodna.

Bardziej szczegółowy opis pozwala bez zagłębiania się we wskaźniki kwantyfikujące wymiar na zapoznanie się z tym co zawiera się w pojęciu *Smart Environment*. Ponadto lista czynników zawarta w *Environmental Guideline* zawiera elementy, których nie znajdziemy wyszczególnionych wśród czynników ani wskaźników opracowanych przez zespół Giffingera – planowanie przestrzenne, zrównoważone budownictwo, recykling odpadów, działania w tych obszarach są również bardzo istotne dla poprawy stanu środowiska. W związku z powyższym, aby lepiej przybliżyć działania proekologiczne, które charakteryzują *Smart Environment*, w kolejnej części podrozdziału zostały przedstawione charakterystyki każdego z podanych czynników według listy opracowanej w *Environmental Guideline [2015]*.

2.2. Przykłady dotychczasowych wskaźników badających wymiar *Smart Environment*

Ranking opracowany przez zespół Giffingera w *Smart Environment* wyróżnia następujące czynniki: atrakcyjność warunków naturalnych, zanieczyszczenia, ochronę środowiska oraz zrównoważone zarządzanie zasobami. Wskaźniki mierzące każdy z tych aspektów przedstawione są w tab. 1. Dane, na podstawie których bazuje badanie pochodzą z lokalnych i regionalnych źródeł, m.in. baz Eurostatu, Eurobarometru, Urban Audit, Espon [Giffinger *et al.* 2007].

We wcześniejszej części rozdziału została zwrócona uwaga na ogólnikowe przedstawienie elementów składowych *Smart Environment* opracowanych przez Politechnikę Wiedeńską. Analizując tab. 1 dostrzec można, że oprócz problemu zanieczyszczenia powietrza, to fragmentaryczne podejście ma również miejsce w odniesieniu do wskaźników. W opracowaniu brakuje ujęcia tematu gospodarki odpadami w mieście, wykorzystania alternatywnych źródeł energii oraz ekologicznego budownictwa. Lista natomiast zawiera wskaźniki, które zaburzają obiektywność i wymierność rankingu. Do takich cech zaliczyć można «liczbę godzin nasłonecznienia», która jest indywidualna dla każdego miasta i niezależna od miejskich działań, wobec

Tabela 1

Czynniki i wskaźniki *Smart Environment* opracowane przez zespół Giffingera

Czynnik	Wskaźnik
Atrakcyjność warunków naturalnych	Liczba godzin nasłonecznienia Udział powierzchni zielonych
Zanieczyszczenia	Letni smog (ozon) Stężenie cząstek stałych w powietrzu Śmiertelne przypadki chorób dróg oddechowych na 1 mieszkańca
Ochrona środowiska	Indywidualne działania na rzecz ochrony środowiska Opinia na temat ochrony środowiska
Zrównoważone zarządzanie zasobami	Efektywne wykorzystanie wody (zużycie względem PKB) Efektywne wykorzystanie energii (zużycie względem PKB)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: [Giffinger *et al.* 2007].

czego nie powinna wpływać na ocenę spełniania przez metropolię koncepcji *Smart City*. Ilość słońca w danym mieście oprócz waloru podwyższania jakości życia definiuje jego predyspozycję do wykorzystania energii solarnej, jednak aby wskaźnik był efektywny w takim aspekcie, powinien być skorelowany np. z liczbą instalacji fotowoltaicznych w mieście. Drugim wskaźnikiem, który budzi wątpliwości jest «opinia na temat ochrony środowiska». Jest to dana statystyczna, opierająca się na subiektywnych odczuciach mieszkańców, ich wiedzy na temat działań ekologicznych oraz ich świadomości o poczynaniach miasta w tym zakresie. W sytuacji, gdy wiedza w tych aspektach jest niepełna, uwzględnienie takiego czynnika może wpłynąć negatywnie na obiektywną ocenę faktycznych czynności podejmowanych przez urząd miejski w dziedzinie *Smart Environment*.

Bardziej rozbudowane opracowanie wskaźników *Smart Environment* przedstawione jest w rankingu sporządzonym przez profesora Uniwersytetu Del Desarrollo Boyda Cohena [2014]. Badacz wyróżnia w wymiarze trzy główne czynniki: inteligentne budynki, zarządzanie zasobami oraz zrównoważone planowanie przestrzenne. Każdy z czynników został ponadto podzielony na podczynniki konkretyzujące zagadnienie, podział wraz ze wskaźnikami. Ranking bazuje na udokumentowanych danych pozyskanych od miast, gdyż badanie przeprowadzane jest na zasadzie kwestionariusza wysyłanego do każdej z kwalifikujących się do zestawienia metropolii [Cohen 2014].

Zestaw wskaźników sporządzony przez Cohena [2014] w porównaniu z wcześniej przedstawionym opracowaniem uwzględnia większą liczbę obszarów działań miasta w dziedzinie środowiska. Zawiera wskaźniki dotyczące liczby certyfikowanych ekologicznych budynków, inteligentnych systemów pomiaru w budynkach,

szerzej bada temat energetyki, uwzględniając wykorzystanie źródeł odnawialnych, inteligentne sieci miejskie, a także ilości generowanych odpadów i ich recyklingu. Ponadto w temacie planowania przestrzennego, uwzględnia temat, który nie był poruszany we wcześniej omówionych definicjach i zestawieniach, a mianowicie miejski plan adaptacji do zmian klimatu. Jest to strategia zawierająca działania przystosowawcze do zmian klimatu oraz odporności na skutki tych zmian. Koncepcja tworzenia takiego planu ma swoje źródło w wymogach Komisji Europejskiej, w Polsce miejskie plany adaptacji do zmian klimatu tworzone są w ramach krajowej polityki adaptacyjnej «SPA 2020» [*Wczujmy się w klimat...* 2017]. Do działań uwzględnionych w takim planie należą m.in. te związane z pochłanianiem gazów cieplarnianych (np. zalesianie), przeciwdziałaniu skutkom zmian klimatycznych, jak fale upałów czy powodzie, przez rozwiązania infrastrukturalne (np. odpowiednią konstrukcję, lokalizację, awaryjne zasilanie w energię, zacienianie, systemy oszczędzania wody, itp.) (Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska). Posiadanie i wdrażanie takiej strategii przez miasto jest istotnym elementem miejskich działań środowiskowych i słusznie zostało uwzględnione w rankingu Cohena. W ocenie czynnika zrównoważonego planowania przestrzennego autor bierze pod uwagę również wskaźnik gęstości zaludnienia w mieście. Jest to aspekt mający wpływ na komfort funkcjonowania mieszkańców w mieście (hałas, duże natężenie ruchu, zanieczyszczenia), ale jednocześnie duża liczba ludności w mieście ma pozytywny wpływ na jego rozwój, m.in. jego kultury i oświaty. Spadająca gęstość zaludnienia może być wynikiem zjawiska rozlewania się miasta, co nie jest zjawiskiem korzystnym dla środowiska miejskiego. Powoduje to m.in. zwiększenie emisji poprzez dłuższe trasy dojazdów, konieczność rozszerzenia sieci mediów, zajmowanie przestrzeni zielonych. Wobec powyższego nie jest precyzyjnie określony charakter wpływu gęstości zaludnienia na stan środowiska w mieście. Także jest to wskaźnik, który powinien być uwzględniany bardziej pod względem wpływu miejskiego zagospodarowania przestrzennego na rozmieszczenie ludności, przykładowo jako działania zapobiegające rozlewaniu się miasta lub stopień rewitalizacji nieużytkowanych centralnych części miasta.

Oba opracowania przedstawiają odmienne podejście do oceny wymiaru *Smart Environment*. Zespół Giffingera podchodzi do zagadnienia w sposób bardziej ogólnikowy, uwzględniając wybrane elementy działań spośród spektrum rozwiązań miejskich w dziedzinie ochrony środowiska. Cohen przedstawia bardziej szczegółowe podejście do zagadnienia, jednak warto zwrócić uwagę na fakt, że opracowania tych metodologii dzieli duży odstęp czasowy. Opracowany przez Politechnikę Wiedeńską zestaw wskaźników pochodzi z 2007 r., natomiast przedstawione zestawienie Cohena jest z roku na rok poszerzane i zawarta w pracy wersja z 2014 r. jest wydaniem najnowszym. Uaktualnianie zestawienia jest istotnym czynnikiem, gdyż ze względu na mnogość i szybkość powstawania nowych rozwiązań w dziedzinie *Smart City*, ważne jest ujmowanie jak największej liczby czynników realizacji koncepcji. Istot-

nym punktem różnicującym opracowania jest także źródło pozyskania danych do badania, gdyż możliwe jest, że jest to także czynnik wpływający na liczbę wskaźników w każdym z zestawień. Ranking zespołu Giffingera opracowany jest na podstawie istniejących ogólnodostępnych baz danych, wobec czego należy uwzględnić fakt, że zestaw wskaźników został opracowany pod kątem informacji możliwych do uzyskania z takich źródeł. Natomiast opracowanie Cohena bazuje na danych uzyskanych od miast, które w większym stopniu operują danymi na temat rezultatów miejskich działań, co pozwoliło na ujęcie bardziej szczegółowych elementów. Jakkolwiek z informacji w opublikowanym raporcie [Cohen 2014] wynika, że badanie na zasadzie kwestionariusza nie pozwala ująć w zestawieniu wszystkich kwalifikujących się miast, gdyż nie każde z miast odpowiada na zaproszenie do udziału w badaniu. Wobec powyższego zauważyć można, że każdy z rankingów charakteryzuje się zarówno pozytywnymi, jak i niekorzystnymi cechami. Metodologia Politechniki Wiedeńskiej choć nie uwzględnia dużej liczby wskaźników umożliwia zbadanie większości miast europejskich, druga metoda natomiast jest bardziej dokładna, choć także nie ujmuje wszystkich elementów *Smart Environment*, gdyż w zestawieniu np. nie został uwzględniony temat recyklingu wody.

3. Opracowanie zestawu wskaźników do oceny *Smart Environment*

Usystematyzowanie pojęcia *Smart City* i stworzenie zestawu wskaźników umożliwiających jego pomiar, pozwoliłoby władzom miejskim na kontrolę rozwoju tego zjawiska. Na podstawie mierzalnych danych miasta byłyby w stanie tworzyć analizy, wyciągać z nich wnioski i na tej podstawie kreować strategię dalszego rozwoju koncepcji w mieście. Dzięki porównaniom wyników z kolejnych lat możliwe by było określenie czy miasto uzyskuje progres we wdrażaniu inteligentnych rozwiązań, czy wręcz przeciwnie. Również pomiar poszczególnych wymiarów koncepcji, był-



Ryc. 4. Możliwości płynące z zastosowania wskaźników do pomiaru poziomu koncepcji *Smart City*

Źródło: Opracowanie własne.

by cennym źródłem informacji, gdyż ukazywałyby obszary funkcjonowania miasta charakteryzujące się mniej intensywnymi działaniami *Smart*. Wskazywałoby to potrzebę poprawy rozdysponowania zasobów i koncentracji sił miejskich. Jednocześnie ze względu na niedoskonałość dotychczasowych metod oceny *Smart Environment*, przedstawioną w poprzednim rozdziale, zdecydowano się na stworzenie nowego, dedykowanego zestawu wskaźników.

Kwantyfikacja pojęcia *Smart* umożliwiłaby także porównanie wyników pomiędzy miastami. Z jednej strony jest to czynnik zachęcający do aktywności w wdrażaniu idei, wynikający z rywalizacji i chęci bycia miastem najlepszym w tej dziedzinie, co wpływa na renomę miasta, a przez to na jego atrakcyjność. Z drugiej strony natomiast, unaocznienie za pomocą wyników miast przodujących w temacie *Smart City*, ukazałoby metropolie, od których można czerpać inspiracje i szukać podpowiedzi w rozwiązywaniu problematycznych kwestii.

3.1. Dobór i uzasadnienie wyboru przyjętych wskaźników *Smart Environment*

Dobór wskaźników w niniejszej pracy został opracowany na bazie istniejących rozwiązań w dziedzinie *Smart Environment*, z wykorzystaniem doświadczeń obecnych rankingów, przedstawionej we wcześniejszych rozdziałach problematyki, z uwzględnieniem krajowych uwarunkowań i źródeł danych oraz na podstawie własnego doświadczenia zawodowego w obszarze ochrony środowiska/redukcji energetycznej. Opracowane wskaźniki częściowo bazują na danych możliwych do pozyskania z ogólnodostępnych źródeł informacji (m.in. z prowadzonego przez Główny Urząd Statystyczny Banku Danych Lokalnych oraz raportów miejskich). Jednak analiza elementów *Smart Environment* wykazała również potrzebę pomiaru nowych danych, aby móc precyzyjnie zbadać realizację koncepcji w metropolii, wobec czego w pracy przedstawiono także, jakie są możliwości pomiaru poszczególnych wskaźników.

Podobnie jak już w opracowanych rankingach, w zestawieniu podzielono wskaźniki na grupy tematyczne, które dzielą rozległą koncepcję na działy, które są kluczowe w ocenie *Smart Environment*. Pogrupowanie wskaźników oprócz ogólnej oceny, umożliwia zbadanie i porównanie każdego obszaru działań osobno. Są to kolejno: gospodarka energetyczna, gospodarka wodna, gospodarka odpadami, zanieczyszczenia, zagospodarowanie przestrzenne, zrównoważone budownictwo, nakłady na środowisko

W skład każdej grupy tematycznej wchodzi od 3 do 7 wskaźników badających dane zjawisko. Dobór każdego ze wskaźników został kompleksowo uargumentowany, jednak ze względu na ograniczenie objętości w pracy argumenty te zostaną przedstawione w osobnym opracowaniu. W prezentowanej pracy skoncentrowano się na budowie wskaźników, wagach oraz metodach weryfikacji i walidacji zaproponowanego rozwiązania.

3.2. Metodyka obliczeń oraz dobór wag poszczególnych wskaźników

W celu wyznaczenia ogólnej oceny miasta pod kątem *Smart Environment* wobec opracowanych wskaźników należy zastosować poniższą metodykę:

- jednostki danych użytych do obliczenia wskaźników nie są zadane, jednak aby pomiar wskaźników umożliwił porównanie badanych miast ze sobą, jednostki danych do kalkulacji poszczególnych wskaźników dla porównywanych miast muszą być jednakowe;
- wskaźniki przedstawiają zarówno zagadnienia korzystne, jak i niekorzystne dla środowiska miejskiego, aby działania pozytywne zwiększały końcowy wynik, a negatywne pomniejszały, należy zastosować poniższą zasadę:
 - o wskaźnik korzystny – obliczona wartość (W_k)
 - o wskaźnik niekorzystny – obliczona wartość przemnożona przez -1 ($-W_{nk}$)
- każdy ze wskaźników ujmuje zagadnienia, które w różnym stopniu wpływają na miejskie środowisko wobec czego każdemu ze wskaźników zostały przyporządkowane wagi, odpowiadające znaczeniu badanego zagadnienia dla całości koncepcji *Smart Environment*;
- suma wskaźników przemnożonych przez odpowiednie wagi w danej grupie stanowi ocenę danego czynnika w ogólnej koncepcji *Smart Environment*;
- końcowa ocena to suma ocen wyliczonych ze wszystkich 7 grup, im wyższy uzyskany wynik tym miasto lepiej realizuje koncepcję *Smart Environment*.
- Przydział odpowiednich wag oraz określenie charakteru wskaźników (korzystny/niekorzystny) zostały opracowane na podstawie doświadczenia i własnej oceny ważności danych elementów koncepcji.

W tab 2 przedstawiono przyporządkowanie wag wskaźnikom oceniającym miasto pod kątem gospodarki energetycznej. Do głównych założeń współczesnej gospodarki energetycznej należy redukcja zużycia energii oraz zwiększenie udziału energii odnawialnej ze względu na malejące zasoby tradycyjnych źródeł oraz konieczność ograniczenia emisji CO_2 . Z tego względu ogólne wskaźniki – udział energii ze źródeł odnawialnych oraz zużycie energii w przeliczeniu na mieszkańca charakteryzują się najwyższymi wagami. Średniej wysokości wagi zostały przyznane wskaźnikom badającym rozwiązania, które przyczyniają się do zwiększenia udziału OZE w energetyce oraz jej efektywności. Najniższą wagę przyporządkowano wskaźnikowi dotyczącemu udziałowi biopaliw w transporcie miejskim, gdyż jest to rozwiązanie inteligentne, które ogranicza wykorzystanie tradycyjnych paliw, jednak nie jest jeszcze powszechne i w małym stopniu wpływa na ich ogólną redukcję.

Tabela 3 przedstawia wagi i charakter wskaźników oceniających stopień realizacji koncepcji *Smart Environment* przez miasto w aspekcie gospodarki wodnej. Wagi wskaźników są na podobnym poziomie, jednak najwyższe wartości zostały przyporządkowane wskaźnikowi zużycia wody oraz recyklingu wody deszczowej

Tabela 2

Wskaźniki oceniające gospodarkę energetyczną

Gospodarka energetyczna		
wskaźnik	charakter	waga
Zużycie energii przez gospodarstwa domowe w przeliczeniu na mieszkańca	niekorzystny	0,20
Udział energii ze źródeł odnawialnych w całkowitym wykorzystaniu energii	korzystny	0,25
Udział budynków użyteczności publicznej z instalacją OZE	korzystny	0,15
Udział jednostek przystępujących do programu Prosument	korzystny	0,15
Procent sieci miejskich w systemie Smart Grid	korzystny	0,10
Udział jednostek z inteligentnym systemem pomiaru Smart Metering	korzystny	0,10
Udział biopaliw wykorzystywanych w transporcie miejskim	korzystny	0,05

Źródło: Opracowanie własne (tab. 2-8).

i wody szarej. Wynika to z nadrzędnego celu ograniczenia marnotrawstwa wody, co wpływa na konieczność kontroli i redukcji jej zużycia oraz dużej roli ponownego wykorzystania wody. Wskaźniki dotyczące inteligentnych sieci wodociągowych i korzystania z oczyszczalni ścieków, ze względu na zapobieganie stratom wody oraz zanieczyszczeniu środowiska, charakteryzują się niewiele niższymi wagami. Udział inteligentnych wodomierzy, które pozwalają mieszkańcom kontrolować swoje zużycie wody, przyczynia się do oszczędności zasobu, jednak nie w najwyższym stopniu, z tego względu wskaźnikowi przyporządkowana została najniższa waga.

W tab. 4 zostały zawarte wskaźniki oceniające gospodarkę odpadami w koncepcji *Smart City*. Największą rolę w gospodarce odpadami odgrywa ich recykling, który ogranicza ich składowanie i umożliwia ponowne wykorzystanie, z tego względu wskaźnik mierzący udział odpadów poddanych recyklingowi charaktery-

Tabela 3

Wskaźniki oceniające gospodarkę wodną

Gospodarka wodna		
wskaźnik	charakter	waga
Zużycie wody przez gospodarstwa domowe w przeliczeniu na mieszkańca	niekorzystny	0,23
Udział inteligentnych sieci wodociągowych	korzystny	0,20
Udział inteligentnych wodomierzy w miejskim systemie pomiarowym	korzystny	0,15
Stopień recyklingu wody deszczowej i wody szarej	korzystny	0,22
Odsetek mieszkańców korzystających z oczyszczalni ścieków	korzystny	0,20

Tabela 4

Wskaźniki oceniające gospodarkę odpadami

Gospodarka odpadami		
wskaźnik	charakter	waga
ilość wytworzonych odpadów w przeliczeniu na 1 mieszkańca	niekorzystny	0,20
Odpady zebrane w sposób selektywny w ogólnej masie odpadów komunalnych stałych	korzystny	0,25
Udział odpadów komunalnych poddanych recyklingowi	korzystny	0,30
Liczba inteligentnych miejskich zbiorników na odpady	korzystny	0,10
Powierzchnia dzikich wysypisk	niekorzystny	0,15

zuje się najwyższą wagą. Elementem, który w dużym stopniu stanowi o ilości przetwarzanych odpadów jest selektywna zbiórka, stąd wskaźnik badający to zagadnienie ma przyporządkowaną wagę o drugiej z kolei wysokości. Niemniej istotnym elementem jest ilość generowanych odpadów mieście, która w *Smart City* powinna być zredukowana z roku na rok, stąd średnia waga przypisana do tego wskaźnika. Najniższe wagi zostały przyporządkowane wskaźnikom badającym powierzchnie dzikich wysypisk i liczbę inteligentnych zbiorników na odpady, gdyż są to zjawiska o mniejszej skali występowania, a w związku z tym niższym wpływem na całość zagadnienia.

Tabela 5 zawiera wagi wskaźników oceniających stan zanieczyszczeń i ich kontroli w mieście. Ze względu na istotny negatywny wpływ urbanizacji na efekt

Tabela 5

Wskaźniki oceniające stan zanieczyszczeń w mieście

Zanieczyszczenia		
wskaźnik	charakter	waga
Emisja gazów cieplarnianych	niekorzystny	0,18
Stężenie pyłu zawieszonego	niekorzystny	0,17
Udział gospodarstw domowych ogrzewanych węglem lub innymi paliwami stałymi	niekorzystny	0,17
Liczba sensorów zanieczyszczenia w mieście	korzystny	0,11
Udział zakładów szczególnie uciążliwych dla czystości powietrza posiadających urządzenia do redukcji zanieczyszczeń	korzystny	0,12
Poziom hałasu w mieście	niekorzystny	0,13
Udział dróg z cichą nawierzchnią w stosunku do wszystkich asfaltowych dróg miejskich	korzystny	0,12

cieplarniany, wskaźnikowi badającemu stopień emisji w mieście została przyporządkowana najwyższa waga. Równie wysoka waga została przypisana elementom mającym bezpośredni wpływ na szkodliwe dla zdrowia mieszkańców zjawisko smogu – stężenie pyłu zawieszonego i udział gospodarstw domowych ogrzewanych węglem. W następnej kolejności pod względem wysokości przypisanej wagi znajduje się wskaźnik dotyczący poziomu hałasu w mieście, którego kontrola i redukcja jest konieczna dla poprawy stanu miejskiego środowiska, wynika to ze szkodliwości dla zdrowia mieszkańców, która jednak jest mniejsza niż w przypadku zanieczyszczeń powietrza. Średniej wysokości wagi zostały przyporządkowane wskaźnikom dotyczącym działań przeciwdziałających zanieczyszczeniom, gdyż oceniają one stopień wdrożenia rozwiązań, natomiast stopień skuteczności tych działań pośrednio badany jest m.in. w poprzednich wskaźnikach dotyczących ilości zanieczyszczeń.

W tab. 6 zostały przyporządkowane wagi wskaźnikom badającym *Smart Environment* pod względem zagospodarowania przestrzennego. Najwyższe wagi zostały przypisane udziałowi zieleni w powierzchni miasta – ze względu na ważną rolę dla środowiska przez pochłanianie zanieczyszczeń i konieczność zapewnienia wystarczającej przestrzeni dla żywej przyrody w mieście, wskaźnikowi badającemu rewitalizację – ze względu na konieczność ograniczenia rozlewania się miasta i dużą wagę ponownego wykorzystania zasobów w koncepcji *Smart City*, a także udziałowi miejskiego oświetlenia LED – jako rozwiązaniu miejskiego oświetlenia, które generuje największe oszczędności energii. Średniej wysokości wagi zostały przyporządkowane udziałowi zielonych terenów urządzonych – ze względu na większy wpływ na jakość życia mieszkańców i atrakcyjność przestrzeni, a jednak nie tak duży dla ogólnego stanu środowiska, oraz posiadaniu miejskiego planu adaptacji do zmian klimatu – gdyż miasto może wdrażać rozwiązania redukujące skutki zmian klimatycznych jednak niekoniecznie usystematyzowane w postaci planu adaptacji. Najniższa waga

Tabela 6

Wskaźniki oceniające zagospodarowanie przestrzenne

Zagospodarowanie przestrzenne		
wskaźnik	charakter	waga
Udział zieleni w powierzchni miasta	korzystny	0,19
Udział terenów urządzonych w całkowitej powierzchni terenów zieleni w mieście	korzystny	0,15
Udział zrewitalizowanych przestrzeni miejskich w ciągu roku	korzystny	0,19
Udział oświetlenia miejskiego typu LED	korzystny	0,19
Udział oświetlenia miejskiego z systemem <i>smart street lighting</i>	korzystny	0,13
Posiadanie miejskiego planu adaptacji do zmian klimatu	korzystny	0,15

Tabela 7

Wskaźniki oceniające skalę budownictwa zrównoważonego w mieście

Budownictwo zrównoważone		
wskaźnik	charakter	waga
Liczba budynków z certyfikatem budynku pasywnego	korzystny	0,20
Liczba budynków z certyfikatem BREEAM lub LEED	korzystny	0,20
Procent budynków poddanych termomodernizacji w ciągu roku	korzystny	0,30
Udział dachów zielonych w mieście	korzystny	0,15
Liczba budynków z systemem automatyzacji	korzystny	0,15

została przypisana udziałowi oświetlenia miejskiego z systemem sterowania, wynika to z mniejszych oszczędności energii niż generowane w wyniku zmian opraw oświetlenia na LED.

Tabela 7 przedstawia dobór wag wskaźników oceniających stopień zrównoważonego budownictwa w mieście. Ze względu na nadrzędny cel ograniczenia emisji gazów cieplarnianych przez redukcję konieczności ogrzewania największą wagą charakteryzuje się wskaźnik badający stopień przeprowadzonych termomodernizacji. Druga co do wysokości waga została przyporządkowana wskaźnikom weryfikującym liczbę certyfikowanych budynków pasywnych oraz BREEAM i LEED, wynika to z największej energooszczędności tego typu budynków, ale jednocześnie z ich niedużego udziału w miejskim budownictwie. Najniższa waga została przyporządkowana wskaźnikom badającym udział dachów zielonych oraz liczbę budynków z systemem automatyzacji, wynika to z niższego stopnia wykorzystania tych rozwiązań w miastach.

W tab. 8 przedstawione zostały wagi wskaźników oceniających nakłady miasta na działania służące poprawie środowiska w mieście. Kluczową rolę we wprowadzeniu

Tabela 8

Wskaźniki oceniające nakłady miasta na środowisko

Nakłady na środowisko		
wskaźnik	charakter	waga
Udział nakładów na inwestycje w ochronę środowiska i gospodarkę komunalną	korzystny	0,45
Wielkość wykorzystanych dofinansowań z Unii Europejskiej na inwestycje poprawiające stan środowiska	korzystny	0,40
Udział wydatków na promocję ochrony środowiska	korzystny	0,15

dzaniu trwałych usprawnień służących środowisku jest realizacja trwałych inwestycji, z tego względu wskaźnikowi udziału nakładów na inwestycje została przyporządkowana najwyższa waga. Równie wysoka waga została przypisana wielkości wykorzystanych dofinansowań z Unii Europejskiej, wynika to faktu stanowienia przez europejskie dotacje największej części nakładów ponoszonych na ekologiczne inwestycje. Najniższa waga została przyznana wskaźnikowi udziału wydatków na promocję ochrony środowiska, gdyż są to działania mające możliwość przełożenia na poprawę środowiska w przyszłości, jednak w nieznacznym stopniu wpływają na obecną sytuację miasta.

Przedstawione wagi wskaźników oraz metodyka pozwolą na wyliczenie zarówno oceny poszczególnych elementów, jak i końcowej oceny realizacji koncepcji *Smart Environment* przez badane miasto. Aby badanie mogło służyć porównaniom miast ze sobą każde miasto powinno być poddane obliczeniom w dokładnie taki sam sposób [Rosińska 2017].

Podsumowanie i przyszłe prace

W przedstawionej pracy zaprezentowano syntetyczne podsumowanie prac autorów dotyczące konieczności stworzenia oraz zdefiniowania nowego zestawu wskaźników pomiaru *Smart Environment*, które jest jednym z elementów *Smart Cities*. W toku dalszych prac niezbędny jest proces weryfikacji oraz walidacji przyjętego rozwiązania. Na etapie weryfikacji niezbędne jest określenie:

- jednoznaczności zrozumienia wskaźników,
- faktycznej możliwości uzyskania wiarygodnych danych niezbędnych do wyliczenia wskaźników,
- wymierności otrzymanych wyników (m.in. czy dane grupy wskaźników nie osiągną zdecydowanie przeważających wyników względem pozostałych, czy końcowe wyniki nie są wartościami zbyt niskimi do porównań)

Na etapie walidacji głównymi czynnikami wymagającymi sprawdzenia są:

- uniwersalność metody dla polskich miast,
- zakres działań uwzględniony we wskaźnikach – czy nie uwzględnia niepotrzebnych wskaźników, jednocześnie pomijając istotne dla koncepcji,
- zasadność przypisanych wskaźnikom wag – czy uszeregowana w grupach ważność wskaźników nie wymaga skorygowania według opinii specjalistów w danych dziedzinach,
- zbieżność końcowych wyników z subiektywną oceną badaczy w porównaniu miast.

W ramach prowadzonych obecnie prac definiowane są podobne zestawy wskaźników dla pozostałych obszarów *Smart Cities*, tak aby móc dokonać całościowego badania miast ze względu na wszystkie składowe *Smart Cities*.

Literatura

- Ben Letaifa S., 2015, *How to Strategize Smart Cities: Revealing the SMART Model*. Journal of Business Research.
- Cohen B., 2014, *The 10 Smartest Cities in Europe*, [https://www.fastcompany.com/3024721/the-10-smartest-cities-in-europe?show_rev_content].
- Environmental Guideline for Smart Cities*, Ministerstwo do Spraw Środowiska Mauritiusa, 2015.
- Giffinger R., Fertner C., Kramar H., Pichler-Milanović N., Meijers E., 2007, *Smart Cities Ranking of European Medium-Sized Cities*. Research Report, Vienna University of Technology.
- Giffinger R., Kramar H., Haindlmaier G., Strohmayer F., 2014, *European Smart Cities 3.0*. University of Technology, [<http://www.smart-cities.eu>], Vienna.
- Gotlib D., Olszewski R., 2016, *Smart City. Informacja przestrzenna w zarządzaniu inteligentnym miastem*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
- Mapping Smart Cities in the EU*, Komisja Przemysłu, Badań Naukowych i Energii Parlamentu Europejskiego, 2014.
- Orłowski A., Marć M., Namieśnik J., Tobiszewski M., 2017, *Assessment and Optimization of Air Monitoring Network for Smart Cities with Multicriteria Decision Analysis*. Springer.
- Rosińska P., 2017, *Ocena urzędów miejskich z punktu widzenia «Smart Environment»*. Politechnika Gdańska.
- Stawasz D., Sikora-Fernandez D., 2015, *Zarządzanie w polskich miastach zgodne z koncepcją smart city*. Placet, Warszawa.
- Wczujmy się w klimat – miejskie plany adaptacji do zmian klimatu*, 2017, [<http://zielonainfrastruktura.pl/miejskie-plany-adaptacji-do-zmian-klimatu/>, 15.06.2018].