



Załącznik 2

# Koszty adaptacji do zmian klimatu

## Raport ekonomiczny

**Autorzy:**

**Ewelina Siwiec**

**Jan Gąska**

Warszawa, 2017



## Spis treści

Streszczenie .....	5
1. Koszty adaptacji do zmian klimatu.....	6
2. Ocena ryzyka wystąpienia strat w Tomaszowie Mazowieckim .....	11
3. Zastosowanie analizy kosztów i korzyści w procesie decyzyjnym .....	15
Podsumowanie .....	19

## Spis tabel

Tab.1.Koszty adaptacji do zmian klimatu

Tab.2.Koszty wybranych projektów adaptacyjnych w miastach Polski

Tab.3.Etapy przygotowania analizy kosztów i korzyści

Tab.4.Koszty i korzyści ogrodów deszczowych

## Spis wykresów

Wyk.1.Liczba okresów o długości przynajmniej 3 dni z temperaturą maksymalną  $> 30^{\circ}\text{C}$

Wyk.2.Liczba okresów o długości przynajmniej 3 dni z temperaturą minimalną  $< 10^{\circ}\text{C}$

Wyk.3.Zmiana średniego dziennego opadu w symulacjach klimatycznych

Wyk.4.Zmiana liczby dni z opadem większym niż 10 i 20 mm w symulacjach klimatycznych

Wyk.5.Zmiana częstotliwości opadów występujących obecnie co 2 lata w Tomaszowie Mazowieckim

Wyk.6.Zmiana częstotliwości opadów występujących obecnie co 5 lat w Tomaszowie Mazowieckim

Wyk.7.Zmiana częstotliwości opadów występujących obecnie co 10 lat w Tomaszowie Mazowieckim

Wyk.8.Zmiana częstotliwości opadów występujących obecnie co 100 lat w Tomaszowie Mazowieckim

## Streszczenie

Koszty adaptacji do zmian klimatu są jednym z bardziej dyskutowanych dziś zagadnień adaptacyjnych. Precyzyjne koszty działań adaptacyjnych określone są poziomem planów oraz projektów adaptacyjnych. Nie mniej jednak na etapie przygotowania Strategii, możemy przyjrzeć się szacunkowym kosztom działań adaptacyjnych z perspektywy projektów adaptacyjnych zrealizowanych dotychczas w wybranych miastach Polski. Okazuje się, że wiele Samorządów realizuje działania związane z retencjonowaniem wód opadowych bądź rozbudową zielonej infrastruktury. Szczegółowe zestawienie kosztów projektów adaptacyjnych zawarto w Rozdziale 1.

W średniej wielkości miastach istnieją dwie podstawowe kategorie kosztów zmian klimatycznych: pierwsza to koszty zdrowotne związane z falami gorąca i chłodu, a druga to straty materialne spowodowane ekstremalnymi zjawiskami klimatycznymi. Koszty zdrowotne (koszty chorób klimatozależnych) nie są uwzględniane w dostępnych statystykach z przyczyn metodycznych – wpływ zmian klimatycznych na zdrowie jest bowiem trudny do przełożenia na wskaźniki monetarne. W Rozdziale 2 przygotowano zatem ocenę ryzyka wystąpienia przyszłości opadów 2, 5, 10 i 100-letnich powodujących straty w mieście Tomaszów Mazowiecki.

Doświadczenia norweskiego partnera projektu Climcities – firmy Vista Analyse – wskazują, że najczęściej opłacalność działań adaptacyjnych oceniana jest przy wykorzystaniu analizy kosztów i korzyści. W Rozdziale 3 zawarto zatem wskazówki przydatne do przygotowania takiej analizy, opracowane przez firmę Vista Analyse.

## 1. Koszty adaptacji do zmian klimatu

Koszty adaptacji do zmian klimatu są jednym z bardziej dyskutowanych dziś zagadnień adaptacyjnych. Dyskusja sprowadza się często do oceny wysokości sum potrzebnych na realizację inwestycji oraz źródeł ich finansowania. Tymczasem koszty adaptacji swoim zasięgiem obejmują również trudne do wymiernego oszacowania koszty społeczne i środowiskowe. I o ile wycena kosztów działań adaptacyjnych w przypadku inwestycji nie jest trudnym zadaniem, problem jest kwantyfikacja kosztów społecznych i środowiskowych. Poniższa tab. 1 zawiera zestawienie przykładowych kosztów, które powinny zostać uwzględnione na etapie przygotowania projektu adaptacyjnego.

Tab. 1. Koszty adaptacji do zmian klimatu.

<i>Koszty ekonomiczne</i>	<i>Koszty społeczne i środowiskowe</i>
Przygotowanie planów, wykup terenu pod inwestycje	Zmiana formy użytkowania terenu, która będzie stresująca dla osiedlonych na danym obszarze gatunków
Koszty inwestycji np. błękitno-zielonej infrastruktury	Uciążliwość wynikająca z ograniczeń komunikacyjnych w mieście
Koszty utrzymania inwestycji	Ograniczenia produkcji i usług w mieście

*Źródło: Materiały e-learningowe projektu ClimCities, opracowanie własne*

Zgodnie ze metodyką zaproponowaną w Strategicznym planie adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z perspektywa do roku 2030 na koszty adaptacji należy spojrzeć z dwóch stron. Z jednej strony ocenić koszty działań adaptacyjnych (koszty działania), a z drugiej strony należy rozważyć, ile dotychczas kosztuje oraz ile będzie kosztować nie podejmowanie działań adaptacyjnych (koszty bezczynności, koszty zaniechania, braku adaptacji). Koszty bezczynności opierają się na oszacowaniu potencjalnych strat związanych ze zjawiskami ekstremalnymi przy założeniu, że nie zostały podjęte żadne dodatkowe działania zapobiegawcze oraz adaptacyjne. Porównanie kosztów adaptacji oraz kosztów bezczynności pozwala przesądzić o finansowej opłacalności adaptacji.

Przygotowanie i przyjęcie Miejskiej Strategii Adaptacji stanowi działanie zmierzające w kierunku redukcji skutków zjawisk ekstremalnych, nie mniej jednak o sukcesie w obszarze adaptacji przesądza wdrożenie zapisów, które są zawarte w Strategii. Proces wdrażania Strategii będzie polegał na realizacji sformułowanych w niej celów strategicznych i kierunków działań poprzez wykonanie precyzyjnych projektów. Z uwagi na brak informacji o projektach, które zostaną zaakceptowane przez Miasto, z powodu kilkunastoletniego horyzontu czasowego Strategii, a także wiążącej się z nim niepewności zarówno co do wysokości nakładów, jak i możliwości pozyskania środków, na etapie tworzenia Strategii nie jest możliwym wskazanie precyzyjnych kosztów działań adaptacyjnych. Co więcej w perspektywie czasowej, którą obejmuje Strategia, mogą zachodzić znaczące zmiany technologiczne, które będą miały wpływ na wysokość przyszłych nakładów na adaptację.

Decydenci mają jednak możliwość zapoznania się z szacunkowymi kosztami działań adaptacyjnych z perspektywy zrealizowanych już projektów adaptacyjnych w wybranych miastach Polski. Poniżej przedstawiono Tab. 2 zawierającą zestawienie kosztów wybranych projektów adaptacyjnych. Zaletą Tab.2 jest również wskazanie podmiotów, które realizowały takie projekty, co pozwala na wymianę wiedzy i doświadczeń pomiędzy jednostkami oraz usprawnia proces wdrażania działań adaptacyjnych.

Tab. 2 . Koszty wybranych projektów adaptacyjnych w miastach Polski

Działanie	Wariant	Lokalizacja	Koszt realizacji/ utrzymania	Jednostka wdrażająca	Źródło
Wprowadzanie elementów zazieleniających obszary zabudowane (rozwój błękitno – zielonej infrastruktury)	Ogrody deszczowe	Marki k. Warszawy, Łódź	2 000 – 2 500 zł za 2 m <sup>2</sup> – koszt inwestycji	Fundacja Sedzimira	<a href="http://sendimir.org.pl/">http://sendimir.org.pl/</a>
	Zielone podwórka	Łódź , przy ul. Marynarskiej 11/17a, ul. Lipowej 52, ul. Przybyszewskiego 46/48, ul. Wrocławskiej 10/Limanowskiego 46/48, ul. Piotrkowskiej 71, ul. Harnama 7, ul. Odolanowskiej 8, ul. Kasprzaka 20, ul. Bardowskiego 3	445 184,89 zł – koszt inwestycji w 9 lokalizacjach	Miasto Łódź	Materiał przekazany przez Urząd Miasta Łódź
	Zielony dach	Warszawa, Centrum Nauki Kopernik	12 475 m <sup>2</sup> zielonego terenu zewnętrznego oraz zielony dach o powierzchni około 6900 m <sup>2</sup> – miesięczny koszt utrzymania 9 895 zł netto	Centrum Nauki Kopernik	Materiał przekazany przez Dział Obsługi Gospodarczej i Technicznej, Centrum Nauki Kopernik
	Parki kieszonkowe	Łódź, ul. 28 Pułku Strzelców Kaniowskich 34	121 945,95 zł o powierzchni 0,056 ha – koszt inwestycji	Miasto Łódź	Materiał przekazany przez Urząd Miasta Łódź
	Podwórce miejskie (Woonerfy)	Łódź, ul. Piramowicz	1 958 220, 32 zł za ok. 2400 m <sup>2</sup> – koszt inwestycji	Miasto Łódź	Materiał przekazany przez Urząd Miasta Łódź
		Łódź, ul. Traugutta na	2 073 446,93 zł za ok. 3400	Miasto Łódź	Materiał przekazany przez



Działanie	Wariant	Lokalizacja	Koszt realizacji/ utrzymania	Jednostka wdrażająca	Źródło
		odcinku od ul. Sienkiewicza do ul. Piotrkowskiej	m <sup>2</sup> – koszt inwestycji		Urząd Miasta Łódź
Rozbudowa i modernizacja kanalizacji deszczowej (burzowej) na terenach zurbanizowanych	System kanalizacji deszczowej o łącznej długości 12 km oraz trzy urządzenia służące gospodarowaniu wodami opadowymi	Ząbki	43 000 000 zł	Gmina Miasta Ząbki	<a href="http://swiatoze.pl/nfosigw-wesprze-zabki-adaptacji-zmian-klimatu/">http://swiatoze.pl/nfosigw-wesprze-zabki-adaptacji-zmian-klimatu/</a>
Zwiększanie retencji wody w mieście	Studnie chłonne	b.d.	600 – 900 zł za szt.	FPP Enviro	<a href="http://deszczowka.info">http://deszczowka.info</a> Krakowski program małej retencji – UM Kraków
	Oczka wodne	b.d.	900 zł za m <sup>2</sup>		
	Zbiorniki podziemne	b.d.	Zbiorniki o pojemności 1600 l – 1700 zł		
	Zbiorniki naziemne	b.d.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zbieracz 50 – 150 zł</li> <li>• Zbiornik od ok. 100 zł</li> </ul>		
Ograniczenie zanieczyszczenia zbiorników wodnych i eutrofizacji	Osadnik wirowy + SSSB* o powierzchni 150 m <sup>2</sup>	Łódź, Arturówek Górny	26 218 zł – koszt inwestycji, 4 500 zł – koszt utrzymania w ciągu 10 lat	Uniwersytet Łódzki	<a href="http://www.arturówek.pl">www.arturówek.pl</a>
	Osadnik wirowy + separator lamelowy + SSSB o powierzchni 120 m <sup>2</sup>	Łódź, Arturówek Środkowy	67 404 zł – koszt inwestycji, 9 000 zł – koszt utrzymania w ciągu 10 lat		

Działanie	Wariant	Lokalizacja	Koszt realizacji/ utrzymania	Jednostka wdrażająca	Źródło
	System SSSB o powierzchni 750 m <sup>2</sup> na wlocie rzeki do zbiornika (AG –)	Łódź, Arturówek Górny	141 874 zł – koszt inwestycji, 18 000 zł – koszt utrzymania w ciągu 10 lat	Uniwersytet Łódzki	<a href="http://www.arturówek.pl">www.arturówek.pl</a>
	Wpusty uliczne + studnia połączeniowa + osadnik wirowy + separator lamelowy + studnia wyrównawcza + SSSB o powierzchni 300 m <sup>2</sup>	Łódź, Wycieczkowa	274 855 zł – koszt inwestycji, 36 000 zł – koszt utrzymania w ciągu 10 lat		
	System SSSB o powierzchni 160 m <sup>2</sup> na wlocie rzeki do zbiornika wraz z modyfikacją budowli piętrzącej	Łódź, Arturówek	74 453 zł – koszt inwestycji, 2 000 zł koszt utrzymania w ciągu 10 lat		
	System SSSB o powierzchni 200 m <sup>2</sup> na wlocie rzek do zbiornika	Łódź, Arturówek	71 644 zł – koszt inwestycji, 2 000 zł koszt utrzymania w ciągu 10 lat		

Źródło: IOS – PIB, FPP Enviro

## 2. Ocena ryzyka wystąpienia strat w Tomaszowie Mazowieckim

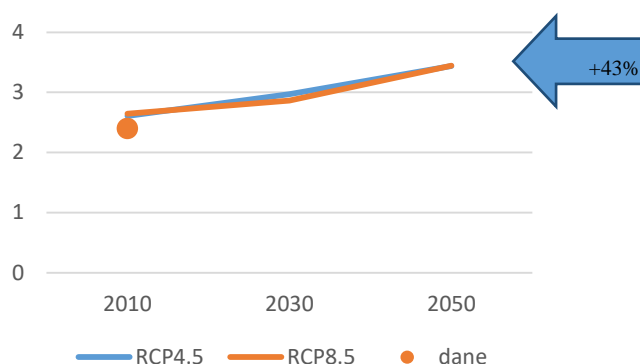
W średniej wielkości miastach istnieją dwie podstawowe kategorie kosztów zmian klimatycznych: pierwsza to koszty zdrowotne związane z falami gorąca i chłodu, a druga to straty materialne spowodowane ekstremalnymi zjawiskami. Koszty zdrowotne (koszty chorób klimatozależnych) nie są uwzględniane w dostępnych statystykach z przyczyn metodycznych – wpływ zmian klimatycznych na zdrowie jest bowiem trudny do przełożenia na wskaźniki monetarne.

W oparciu o Symulacje Zakładu Modelowania i Atmosfery IOS- PIB przygotowano:

- ocenę ryzyka wystąpienia w przyszłości fal upadów powodujących koszty zdrowotne oraz
- ocenę ryzyka wystąpienia opadów 2, 5, 10 i 100 – letnich powodujących straty.

Z uwagi na brak szczegółowych danych dotyczących wysokości strat, w przypadku Tomaszowa Mazowieckiego, nie jest możliwym oszacowanie kosztów bezczynności.

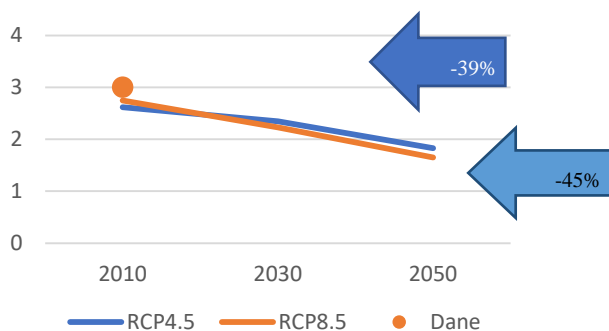
W przypadku Tomaszowa, liczba okresów o długości przynajmniej 3 dni z temperaturą maksymalną powyżej 30°C wzrośnie w Tomaszowie Mazowieckim do 2050 roku o 43%, niezależnie od przyjętego scenariusza klimatycznego (wyk.1). Spowoduje wzrost zagrożenia dla mieszkańców szczególnie wrażliwych na oddziaływanie fal upałów – osób starszych, chorych, dzieci – i wpłynie na wzrost kosztów zdrowotnych oraz nakładów na ochronę zdrowia.



Wyk.1. Liczba okresów o długości przynajmniej 3 dni z temperaturą maksymalną > 30°C

Źródło: Zakład Modelowania Atmosfery i Klimatu IOS – PIB

Z drugiej strony, w podobnym stopniu do wzrostu częstotliwości fal upałów spadnie częstotliwość fal chłodu co pozwoli zmniejszyć liczbę zamarznięć w okresach największych chłodów (wyk. 2).

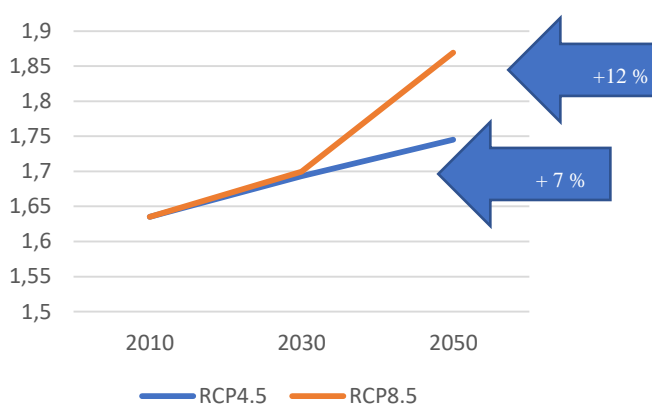


Wyk. 2. Liczba okresów o długości przynajmniej 3 dni z temperaturą minimalną < 10°C

Źródło: Zakład Modelowania Atmosfery i Klimatu IOS – PIB

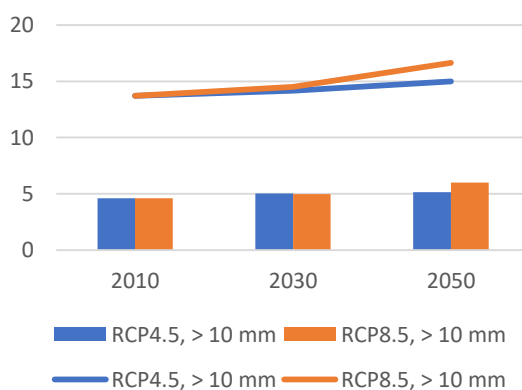
W średniej wielkości miastach najczęściej przyczynami strat są opady deszczu powodujące podtopienia oraz silny wiatr będący przyczyną uszkodzeń infrastruktury. Z tego powodu ocenę ryzyka wystąpienia strat spowodowanych tymi ekstremami przeprowadzono w oparciu o dostępne dane dotyczące opadów (symulacje Zakładu Modelowania Atmosfery i Klimatu IOŚ – PIB)

Symulacje wskazują, że średni dzienny opad oraz liczba dni z opadem większym niż 10 i 20 mm będzie wzrastać. Średni dzienny opad rośnie o 7% w scenariuszu RCP 4.5 i 14% w RCP8.5. Podobnie zwiększa się liczba dni z opadem większym niż 10 mm – z 14 do 15 dni (RCP 4.5) – 17 dni (RCP 8.5) w 2050 roku i większym niż 20 mm – z 5 do 6 dni, w scenariuszu RCP 8.5 (wyk.3. oraz wyk.4). W związku z tym, należy się spodziewać wzrostu natężenia intensywnych zjawisk klimatycznych wywołujących straty.



Wyk.3. Zmiana średniego dziennego opadu w scenariuszach klimatycznych

Źródło: Zakład Modelowania Atmosfery i Klimatu IOŚ–PIB

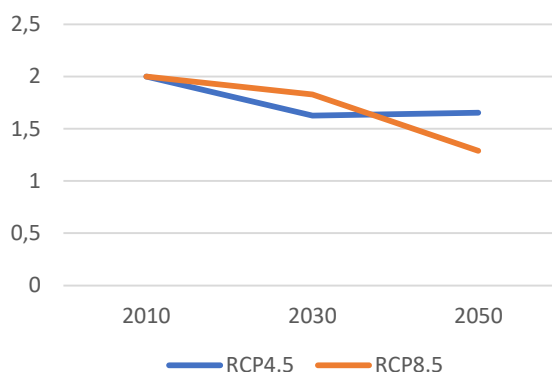


Wyk. 4. Zmiana liczby dni z opadem większym niż 10 i 20 mm w symulacjach klimatycznych

Źródło: Zakład Modelowania Atmosfery i Klimatu IOŚ – PIB

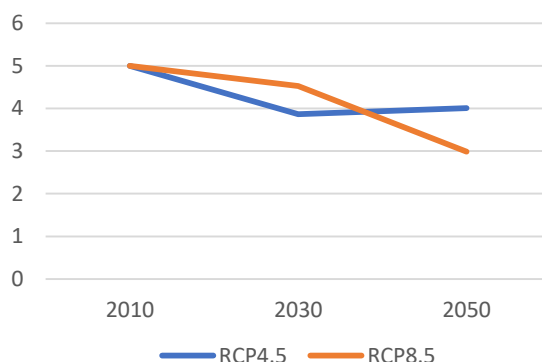
Przytoczone powyżej informacje pokazują kierunek zmian prawdopodobieństwa wystąpienia ekstremalnych opadów. W celu precyzyjnego oszacowania tych zmian, do danych wynikających z modeli klimatycznych dopasowano rozkłady Gamma, odzwierciedlające dzienny rozkład opadów.

Wykresy 5, 6, 7 oraz 8 przedstawiają zmiany czasów powrotu dla opadów, które obecnie występują z częstotliwością 2, 5, 10 i 100-letnią. Pokazują one, że nawet niewielkie zmiany średniej dziennej wartości opadów przekładają się na znaczne zwiększenie częstotliwości ekstremów.



Wyk.5. Zmiana częstotliwości opadów występujących obecnie co 2 lata w Tomaszowie Mazowieckim

Źródło: Opracowanie własne

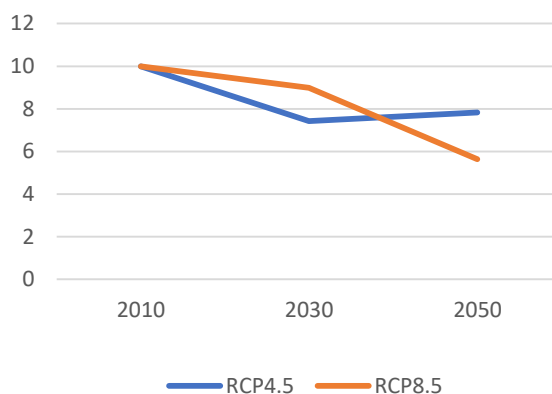


Wyk.6. Zmiana częstotliwości opadów występujących obecnie co 5 lat w Tomaszowie Mazowieckim

Źródło: Opracowanie własne

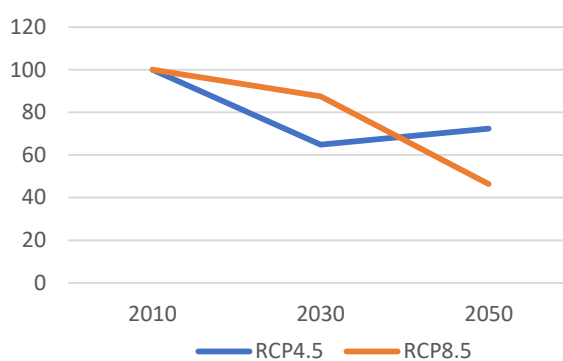
Okazuje się, że opad, który obecnie w Tomaszowie występuje raz na dwa lata (i powoduje straty o bliżej nie sprecyzowanym poziomie z powodu braku danych), w 2050 roku będzie, zgodnie z symulacjami, występował raz na 15 miesięcy (w scenariuszu RCP 8.5). Opad, który obecnie powtarza się co 5 lat w przyszłości będzie występował raz na 3 lata<sup>1</sup>. Oznacza to niemal dwukrotne skrócenie czasu powrotu (wyk. 5 i wyk. 6).

<sup>1 1</sup> Wszystkie informacje opisano dla scenariusza RCP8.5, w scenariuszu RCP4.5 jest to odpowiednio mniej



Wyk. 7. Zmiana częstotliwości opadów występujących obecnie co 10 lat w Tomaszowie Mazowieckim

Źródło: Opracowanie własne



Wyk. 8. Zmiana częstotliwości opadów występujących obecnie co 100 lat w Tomaszowie Mazowieckim

Źródło: Opracowanie własne

Analogiczne skrócenie czasów powrotów obserwowane jest dla opadów powtarzających się co 10 i co 100 lat. Opad, który powtarza się co 10 lat (powodując straty o bliżej nie sprecyzowanym poziomie z powodu braku danych) w przyszłości będzie powtarzał się co 5,6 roku (wyk. 7). Opad, który pojawia się co 100 lat będzie dotykał miasto co 46 lat (wyk. 8).

**Oznacza to ponad dwukrotne zwiększenie ryzyka wystąpienia strat z powodu opadów deszczu i podtopień. Należy przedsięwziąć istotne działania zmierzające do ograniczenia ich wystąpienia.**

### 3. Zastosowanie analizy kosztów i korzyści w procesie decyzyjnym

W rozdziale zawarto wskazówki przydatne do przygotowania analizy kosztów i korzyści, opracowane przez firmę Vista Analyse. Analiza kosztów i korzyści jest narzędziem najczęściej wykorzystywanym do oceny opłacalności działań adaptacyjnych.

Projekty adaptacyjne mają szeroki wachlarz oddziaływań, których ważenie jest skomplikowane i podnosi potrzebę zastosowania metodyki pozwalającej na ich porównanie. Analiza kosztów i korzyści (CBA) jest odpowiedzią na tę potrzebę i narzędziem służącym do ustalania priorytetów i oceny różnych działań, które można podjąć, aby osiągnąć cel. CBA umożliwia porównanie projektów poprzez ujęcie ich na wspólnej skali – wyrażenie w jednostkach monetarnych. Pomimo, że analiza próbuje wycenić wszystkie koszty i korzyści projektu w kategoriach pieniężnych, mogą wystąpić przypadki, w których nie można tego zrobić. Wszelkie efekty, których nie można ująć w kategoriach pieniężnych, należy opisać jakościowo i określić liczbowo (np. powierzchnie dotkniętego krajobrazu, liczbę przypadków problemów zdrowotnych). Analiza kosztów i korzyści jest cennym narzędziem do oceny efektu netto projektu, ale nie podstawą podejmowania decyzji. Proces podejmowania decyzji powinien opierać się na całościowej ocenie projektu, a CBA stanowi tylko formę jego wsparcia. Poniżej (tab.4.) umieszczono informacje o kolejnych etapach przygotowania analizy kosztów i korzyści na podstawie Raportu Vista Analyse.

Tab.3. Etapy przygotowania analizy kosztów i korzyści.

Kroki	Opis
1. Określenie problemu i celu	<p><i>Zidentyfikowanie problemu</i>, który należy rozwiązać oraz kontekstu w jakim występuje poprzez wskazanie grup szczególnie dotkniętych, określenie jego zasięgu oraz czynników wpływających powstanie problemu</p> <p>Określenie <i>celów</i> projektu np. ochrona zdrowia ludzkiego, ochrona infrastruktury i mienia, zmniejszenie presji na zasoby naturalne, ochrona lasu i parków przed degradacją, zwiększenie odporności ekosystemu</p>
2. Przygotowanie scenariusza bazowego	<p>Opracowanie scenariusza, który opisuje obecną sytuację i spodziewany jej rozwój, jeśli działania adaptacyjne nie zostaną podjęte w celu rozwiązania problemu tzw. scenariusza bazowego. Scenariusz bazowy opiera się zazwyczaj na założeniach dotyczących wzrostu liczby ludności, wzrostu gospodarczego i polityk łagodzących.</p>
3. Określenie rozwiązań alternatywnych	<p>Określenie różnych sposobów (alternatyw) rozwiązania problemu na podstawie oceny problemu, celów projektu oraz scenariusza bazowego. Alternatywne rozwiązania mogą przynieść korzyści netto o różnym poziomie.</p>
4. Mapowanie efektów	<p>Następnym etapem analizy jest zidentyfikowanie skutków rozwiązań alternatywnych, zarówno pozytywnych jak i negatywnych, rynkowych i nierynkowych. Należy również rozważyć możliwość pojawienia się dodatkowych skutków, np. wdrożenie zielonej</p>

Kroki	Opis
	infrastruktury w przyszłości może mieć dodatkowe korzyści, takie jak oczyszczanie powietrza czy tworzenie walorów turystycznych
5. Monetaryzacja efektów	<p>Kluczowe efekty rynkowe projektu adaptacyjnego mogą obejmować koszty wdrożenia, koszty operacyjne oraz koszt utrzymania projektu. Efekty nierynkowe to usługi, dla których wartość rynkowa nie jest dostępna. Wycena skutków nierynkowych często jest obarczona trudnościami metodycznymi i praktycznymi.</p> <p>Po oszacowaniu kosztów i korzyści różnych alternatyw przystępuje się do oszacowania wartości bieżącej netto każdej alternatywy. Wartość bieżąca netto to wartość korzyści projektowych pomniejszoną o wartość kosztów projektu. W celu obliczenia wartości bieżącej netto należy uwzględnić roczne szacunki oczekiwanych kosztów i korzyści, stopę dyskonta społecznego oraz okres realizacji projektu.</p>
6. Opis efektów nie monetarnych	W przypadku projektów, które powodują skutki środowiskowe, wystąpią również pewne skutki nie możliwe do kwantyfikacji. W każdym przypadku powinny zostać opisane jakościowo.
7. Opis efektów dystrybucyjnych	Przygotowanie analizy podziału kosztów i korzyści pomiędzy różnych interesariuszy. Pierwszym krokiem analizy dystrybucji jest zidentyfikowanie zainteresowanych podmiotów, które zostaną dotknięte w sposób zauważalny przez wdrożenie projektu np. mieszkańcy danego obszaru, użytkownicy, dostawcy. Następnie, aby podsumować wszystkie efekty, opracowywana jest macierz łącząca każdy efekt z zainteresowanymi stronami tzw. macierz zainteresowanych stron.
8. Analiza wrażliwości	Z oceną przyszłych kosztów i korzyści wiąże się często niepewność dotycząca rzeczywistych ilości i cen. Celem analizy wrażliwości jest identyfikacja "krytycznych" zmiennych projektu, które mają wpływ na wyniki finansowe projektu.
9. Ocena podsumowująca	Celem tego etapu jest podsumowanie wyników analizy w przejrzysty i prosty sposób oraz przedstawienie rzetelnych zaleceń dotyczących środków dostosowawczych

*Źródło: Anne Maren Erlandsen, Haakon Vennemo, Sofie Waage Skjeflo, Cost –Benefit Analysis of Climate Change Adaptation Projects, 2017*

Analizy kosztów i korzyści jest narzędziem najczęściej wykorzystywanym do oceny opłacalności działań adaptacyjnych. W niniejszym Raporcie wskazano potencjalne koszty i korzyści płynące z wdrożenia ogrodów deszczowych. Ogród deszczowy to obszar obsadzony roślinami hydrofitowymi, zlokalizowany w gruncie bądź pojemniku, najczęściej w pobliżu kanalizacji burzowej. Charakteryzuje go specjalnie zaprojektowana struktura podłoża, dzięki której napełnia się wodą opadową, która stopniowo infiltruje do gruntu.



Odpowiednio dobrane rośliny usuwają zanieczyszczenia z przepływającej wody deszczowej zbieranej z powierzchni dróg, placów i dachów oraz ograniczają odprowadzanie wody z powierzchni nieprzepuszczalnych do kanalizacji. Ogrody zwiększają retencję wód, co ma ogromne znaczenie w kontekście adaptacji do zmian klimatu i ograniczania szkód spowodowanych przez intensywne opady.<sup>2</sup>

Poniżej umieszczono zestawienie kosztów i korzyści wynikających z wdrożenia ogrodów deszczowych (tab.5). Miasto, rozważając wybór takiego rozwiązania adaptacyjnego, może wykorzystać przygotowany materiał w celu przeprowadzenia CBA.

Tab. 4. Koszty i korzyści ogrodów deszczowych

<i>Koszty</i>	<i>Korzyści</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Koszty inwestycyjne</li> <li>• Koszty utrzymania</li> <li>• Koszt alternatywny</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uniknięte straty (retencja wody)</li> <li>• Poprawa jakości wody</li> <li>• Redukcja hałasu</li> <li>• Poprawa jakości powietrza</li> <li>• Wzrost poziomu bioróżnorodności</li> <li>• Efekty wizualne</li> </ul>

*Źródło: Opracowanie własne*

Koszty ogrodów deszczowych można podzielić na koszty inwestycji, utrzymania, a także alternatywnego wykorzystania gruntów.

Informacje o kosztach ogrodów deszczowych w Polsce są ograniczone. Według Fundacji Sędzimir koszt 2 m<sup>2</sup> ogrodu deszczowego wynosi od 2 000 do 2 500 zł, a koszty utrzymania, dzięki odpowiednio dobranej strukturze podłoża i roślinności, określane są jako „niewysokie”. Precyzyjne koszty inwestycji i utrzymania ogrodu szacowane są jednak na etapie przygotowania szczegółowego projektu ogrodu, ponieważ ich wysokość zależy od kilku czynników: wielkości ogrodu, warunków glebowych, lokalizacji, rodzaju projektu oraz roślin i użytych materiałów.

W analizie kosztów i korzyści należy również uwzględnić koszt alternatywnego wykorzystania gruntu. Wdrożenie ogrodu deszczowego wymaga pewnego obszaru ziemi, który mógłby być wykorzystany w innym celu (alternatywnym). Z tego powodu w szacunkach należy uwzględnić wartość powierzchni ziemi przeznaczoną pod ogrody deszczowe.

Najważniejszą korzyścią z inwestycji w ogrody deszczowe są straty uniknięte w wyniku przyszłych podtopień. Uniknięta strata obliczana jest jako różnica między spodziewaną z powodu podtopień stratą, a stratą, która pojawi się, gdy działanie adaptacyjne zostanie wdrożone (tzw. nieunikniona strata).

Ponadto ogród deszczowy może poprawić jakość wody poprzez filtrowanie zanieczyszczeń z odpływu wody deszczowej dzięki odpowiednio dobranym roślinom hydrofitowym. Na obszarach

<sup>2</sup> Anne Maren Erlandsen, Haakon Vennemo, Sofie Waage Skjeflo, Siwiec E., Zazielenianie miast poprzez ogrody deszczowe – koszty i korzyści; working paper; 2017

miejskich problemem może być również hałas. Zielona infrastruktura, taka jak trawniki, drzewa, ogrody deszczowe w pojemnikach zmniejsza hałas przez pochłanianie i odbijanie fal dźwiękowych.

Zieleń w mieście przyczynia się do poprawy jakości powietrza poprzez filtrowanie cząstek zanieczyszczających oraz gazów, takich jak dwutlenek węgla (CO<sub>2</sub>), dwutlenek azotu (NO<sub>2</sub>) i dwutlenek siarki (SO<sub>2</sub>). Powietrze słabej jakości prowadzi do nadmiernej śmiertelności i zachorowalności, większej liczby zwolnień lekarskich, a w efekcie wydatków na leczenie, niższej produkcji i spadku dobrobytu.

Pomimo ograniczeń narzuconych przez urbanizację, ekosystemy miejskie są siedliskami różnych gatunków zwierząt i roślin. Prawdopodobnie jednak wizja miasta z bogactwem bioróżnorodności nie będzie główną motywacją do podejmowania adaptacji. Pomimo to różnorodność gatunków roślin i zwierząt wzmacnia efekty wizualne terenów zielonych i bez wątpienia ma wpływ na wzrost atrakcyjności turystycznej miasta.

## Podsumowanie

- 1) W średniej wielkości miastach istnieją dwie podstawowe kategorie kosztów zmian klimatycznych: pierwsza to koszty zdrowotne związane z falami gorąca i chłodu, a druga to straty materialne spowodowane ekstremalnymi zjawiskami.
- 2) W przypadku Tomaszowa Mazowieckiego, w wyniku zwiększenia częstotliwości fal upałów wrośnie zagrożenie dla wrażliwych grup mieszkańców, co w konsekwencji spowoduje podniesienie poziomu kosztów zdrowotnych oraz nakładów na ochronę zdrowia
- 3) W podobnym stopniu do wzrostu częstotliwości fal upałów spadnie częstotliwość fal zimna, co pozwoli zmniejszyć liczbę zamarznięć w okresach największych chłódów
- 4) Opad, który obecnie występuje w mieście raz na dwa lata (i powoduje straty o bliżej nie sprecyzowanym poziomie z powodu braku danych), w 2050 roku będzie, zgodnie z symulacjami, występował raz na 15 miesięcy. Opad, który obecnie powtarza się co 5 lat w przyszłości będzie występował raz na 3 lata. Oznacza to niemal dwukrotne skrócenie czasu powrotu. Analogiczne skrócenie czasów powrotów obserwowane jest dla opadów powtarzających się co 10 i co 100 lat. Opad, który powtarza się co 10 lat (powodując straty o bliżej nie sprecyzowanym poziomie z powodu braku danych) w przyszłości będzie powtarzał się co 5,6 roku. Opad, który pojawia się co 100 lat, dotknie miasto co 49 lat.
- 5) W przypadku Tomaszowa symulacje wskazują na dwukrotne zwiększenie ryzyka wystąpienia strat z powodu opadów deszczu i podtopień. Należy zatem przedsięwziąć istotne działania zmierzające do ograniczenia ich wystąpienia