

**Instytut Badawczy Dróg i Mostów**

Road and Bridge Research Institute  
Institut de Recherche des Ponts et Chaussées  
Forschungsinstitut für Strassen und Brücken

**ZAKŁAD MOSTÓW**

03-302 WARSZAWA, UL. INSTYTUTOWA 1

---

**Identyfikacja i zestawienie  
propozycji działań  
służących ograniczeniu  
skutków zmian klimatu  
dla sektora transportu**

Opracowanie:

prof. dr hab. inż. Barbara Rymśza,  
Z-ca Kierownika Zakładu Mostów

**Warszawa, październik 2011 r.**

<b>SPIS TREŚCI</b>	<b>Str.</b>
<b>1. PODSTAWA FORMALNA WYKONANIA OPRACOWANIA</b>	3
<b>2. CEL PRACY</b>	3
<b>3. ZAKRES PRACY</b>	4
<b>4. ANALIZA PROGNOZ ZMIAN KLIMATU - CZYNNIKÓW KLIMATYCZNYCH O ISTOTNYM WPLYWIE NA ELEMENTY SYSTEMU TRANSPORTOWEGO W POLSCE</b>	5
4.1. Wprowadzenie	5
4.2. Umowne kategorie klimatyczne oraz skala wrażliwości sektora	5
4.3. Informacja o prognozach zmian klimatu	8
4.4. Zasoby wodne w roku hydrologicznym 2010	11
4.5. Powódzie a infrastruktura transportowa	14
4.6. Podsumowanie	15
<b>5. OCENA CHARAKTERU I WIELKOŚCI WPLYWU ZMIAN WYBRANYCH CZYNNIKÓW KLIMATYCZNYCH NA ELEMENTY SYSTEMU TRANSPORTOWEGO</b>	17
5.1. Wprowadzenie	17
5.2. Analiza szkodowości w odniesieniu do transportu drogowego	18
5.2.1. Omówienie danych z Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji	18
5.2.2. Omówienie danych z Głównego Urzędu Nadzoru Budowlanego	18
5.2.3. Omówienie danych z Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad	21
5.2.4. Zimowe utrzymanie dróg zarządzanych przez GDDKiA	24
5.2.5. Podsumowanie problemu szkodowości w transporcie drogowym	25
5.3. Analiza szkodowości w odniesieniu do transportu kolejowego	26
5.4. Analiza szkodowości w odniesieniu do transportu lotniczego	32
5.5. Ocena wpływu klimatu na sektor transportu a strategię działań adaptacyjnych	35
5.6. Narzędzia badania wrażliwości sektora na zmiany klimatu	37

---

<b>6. ANALIZA ROZWIĄZAŃ ZABEZPIECZAJĄCYCH PRZED WYSTĄPIENIEM NIEKORZYSTNYCH SKUTKÓW ZMIAN KLIMATU LUB ADAPTUJĄCYCH ELEMENTY SYSTEMU TRANSPORTOWEGO DO PROGNOZOWANYCH ZMIAN</b>	41
<b>6.1. Ocena wrażliwości sektora na umowne kategorie klimatu</b>	41
<b>6.2. Legislacja w sektorze transportu a zmiany klimatu</b>	45
6.2.1. Wybrane akty prawne związane z funkcjonowaniem sektora transportu	45
6.2.2. Wybrane normy budowlane	48
6.2.3. Wykaz asortymentowy aprobat technicznych	54
6.2.4. Wybrane instrukcje wewnętrzne PKP PLK	57
<b>7. OPRACOWANIE ZESTAWIENIA MOŻLIWYCH DZIAŁAŃ NA RZECZ ADAPTACJI DO ZMIAN KLIMATU</b>	60
<b>7.1. Działania legislacyjne i prace naukowo-badawcze</b>	60
<b>7.2. Działania techniczno-inżynierskie</b>	61
<b>7.3. Działania monitorująco-kontrolne</b>	63
<b>7.4. Podsumowanie oraz tabelaryczne zestawienie wybranych działań adaptacyjnych</b>	64

## 1. PODSTAWA FORMALNA WYKONANIA OPRACOWANIA

Podstawą wykonania opracowania jest umowa nr 0267/2011 z dnia 27 lipca 2011 r. (nr M3-16), zawarta między Ministrem Infrastruktury, reprezentowanym przez Departament Polityki Transportowej i Spraw Międzynarodowych, z siedzibą przy ul. Chałubińskiego 4/6, 00-928 Warszawa, a Instytutem Badawczym Dróg i Mostów z siedzibą przy ul. Instytutowej 1, 03-302 Warszawa.

## 2. CEL PRACY

W związku z coraz częściej odnotowywanymi zmianami klimatu w przyjętym przez Komitet do Spraw Europejskich w dniu 3 lipca 2009 roku Stanowisku Rządu w sprawie *Białej Księgi KE KOM(2009)147: Adaptacja do zmian klimatu: W kierunku europejskich działań ramowych* zdecydowano o konieczności opracowania do połowy 2012 roku, przez właściwych ministrów, strategii adaptacji poszczególnych sektorów do zmian klimatu, w tym również w odniesieniu do sektora transportu. Niniejsze opracowanie stanowi wkład Ministerstwa Infrastruktury w realizację tego zadania.

W pracy podjęto próbę zidentyfikowania działań, jakie należy przedsięwziąć w celu opracowania strategii adaptacji sektora transportu do potencjalnych zmian klimatu.

Scenariusze zmian klimatu są opracowywane przez klimatologów i w chwili obecnej nie ma gotowych prognoz wskazujących, które czynniki klimatyczne ulegną jakim zmianom. Z tego względu w niniejszej pracy podjęto próbę wskazania kierunków działań adaptacyjnych odnośnie do infrastruktury transportowej i środków transportu, w obszarze transportu: drogowego, kolejowego i lotniczego oraz żeglugi śródlądowej, szczególnie wrażliwych na zmiany klimatu.

W pracy przyjęto założenie, że należy analizować działania dotyczące jedynie tych czynników klimatycznych, które w wyniku oddziaływania na elementy sektora transportu determinują znaczące pogorszenie usługi transportowej lub uniemożliwiają jej realizację. Założenie takie wpływa na bardzo uproszczony sposób opisu całego zagadnienia, ale umożliwia wskazanie najbardziej wrażliwych elementów sektora transportu – co powinno w przyszłości ułatwić opracowanie strategii adaptacji.

### 3. ZAKRES PRACY

Praca obejmuje wykonanie takich zadań, jak:

- Analiza prognoz zmian klimatu pod kątem czynników klimatycznych o zidentyfikowanym istotnym wpływie na elementy systemu transportowego w Polsce.
- Ocena charakteru i wielkości wpływu zmian wybranych czynników klimatycznych na elementy systemu transportowego.
- Analiza rozwiązań zabezpieczających przed wystąpieniem niekorzystnych skutków zmian klimatu lub adaptujących elementy systemu transportowego do prognozowanych zmian.
- Opracowanie zestawienia możliwych działań na rzecz adaptacji do zmian klimatu (o charakterze techniczno-inżynierskim, kontrolno-monitorującym, naukowo-badawczym) dla poszczególnych rodzajów transportu w perspektywie do 2080, w podziale na infrastrukturę transportową, środki transportu i usługi.

W opracowaniu zaprezentowano przykłady oddziaływania czynników klimatycznych na sektor transportu, uwypuklając te czynniki na które poszczególne rodzaje transportu są szczególnie wrażliwe, np. powódź w odniesieniu do infrastruktury zaprezentowano korzystając z informacji na temat transportu drogowego. Jednocześnie ze względu na zróżnicowaną dostępność informacji na temat funkcjonowania poszczególnych rodzajów transportu w kontekście oddziaływania czynników klimatycznych, zaprezentowane niżej dane należy traktować jako dane przykładowe, które powinny posłużyć do opracowania zasad postępowania w wypadku zaistnienia zjawiska istotnej zmiany klimatu.

W pracy podjęto próbę określenia kierunków działań ze wskazaniem podstaw do podejmowania decyzji o charakterze strategicznym, przyjmując założenie, że należy:

- wskazać obszary szczególnej wrażliwości sektora transportu na czynniki klimatyczne,
- wyspecyfikować w formie uproszczonej czynniki klimatyczne istotne w ocenie podatności sektora na zaburzenia w jego funkcjonowaniu,
- określić kategorie działań i wskazać, jakie działania należy wdrożyć w bliskiej i dalszej perspektywie,
- omówić możliwość i warunki oceny kosztów ponoszonych z tytułu oddziaływania czynników klimatycznych na sektor transportu.

## 4. ANALIZA PROGNOZ ZMIAN KLIMATU - CZYNNIKÓW KLIMATYCZNYCH O ISTOTNYM WPŁYWIE NA ELEMENTY SYSTEMU TRANSPORTOWEGO W POLSCE

### 4.1. Wprowadzenie

Do przeprowadzenia analiz oraz sformułowania propozycji rozwiązań adaptacyjnych wykorzystano, obok licznych publikacji związanych z omawianą tematyką, pracę p.t. *Opracowanie wskaźników wrażliwości sektora transportu na zmiany klimatu. Wybór kluczowych elementów systemu transportu (infrastruktura, środki transportu, warunki ruchu) szczególnie wrażliwych na zjawiska klimatyczne wraz z oceną wpływu* wykonaną przez B. Rymśkę w 2010 r. na zlecenie Departamentu Polityki Transportowej i Spraw Międzynarodowych Ministerstwa Infrastruktury.

W niniejszej pracy wykorzystano założenia i umowy definicyjne zaproponowane w w/w pracy, która w niniejszym opracowaniu będzie przywoływana pod skróconą nazwą ***Opracowanie wskaźników wrażliwości sektora transportu dla MI***. Niżej podano przyjęte w tym opracowaniu umowne kategorie klimatu (UKK) i charakteryzujące je właściwości oraz skalę wrażliwości oddziaływania klimatu na elementy sektora transportu.

### 4.2. Umowne kategorie klimatyczne oraz skala wrażliwości sektora

W tabeli 4.1. przypisano czynnikom klimatu, zjawiska meteorologiczne i opisujące je parametry. Podjęto próbę pogodzenia określeń z zakresu meteorologii z pojęciami obiegowo stosowanymi w sektorze transportu.

Tak sformułowany opis czynników klimatycznych został zaakceptowany w wyniku przyjęcia w/w pracy *Opracowanie wskaźników wrażliwości sektora transportu dla MI*.

Z analizy bibliografii dotyczącej zagadnień wpływu klimatu i ekstremalnych zjawisk pogodowych na funkcjonowanie sektora transportu wynika, że zjawiska klimatyczne należy opisać ograniczoną do kilku liczbą elementów, które w celu oceny potencjalnych zmian klimatu, będą charakteryzowane różnymi parametrami lub zjawiskami meteorologicznymi.

**Tabela 4.1. Wykaz umownych kategorii klimatu istotnych w sektorze transportu**

<b>L.p.</b>	<b>Umowna kategoria klimatu</b>	<b>Wybrane parametry charakteryzujące klimat</b>	<b>Zjawisko meteorologiczne</b>
1	2	3	4
1.	Wiatr	średnia prędkość wiatru, max prędkość wiatru w porywach, porywy wiatru, ciśnienie atmosferyczne	sztormy, huragany, burze, wyładowania atmosferyczne trąby powietrzne, uskok wiatru, silna turbulencja
2.	Deszcz	max intensywność opadów, suma opadów, przepływ rzeczny, stany wody niskie/wysokie, wilgotność powietrza	opady atmosferyczne, ulewy, deszcze nawalne, deszcz marznący, gradobicie, powodzie
3.	Śnieg	wysokość pokrywy śnieżnej intensywność opadów śniegu	śnieżyca, zadymka, nawisy lodowe
4.	Mróz	wskaźnik dni chłodnych, temperatura najniższa, najniższa temperatura średnia, data pojawienia się lodu, data zniknięcia lodu, pokrywa lodowa	gołoledź, oblodzenie, pochód lodu
5.	Upał	usłonecznienie, długość okresu upałów, temperatura najwyższa, najwyższa temperatura średnia	promieniowanie słoneczne
6.	Mgła	ograniczenie widzialności, podstawa chmur	mgła, emisje gazów i pyłów wulkanicznych, zachmurzenie

Z tego względu w tabeli 4.2. przyjęto, że chociaż większość umownych kategorii klimatu jest wynikiem jednoczesnego występowania kilku czynników klimatycznych, dane zjawisko zostało przypisane do czynnika mającego decydujące znaczenie dla funkcjonowania sektora transportu. Takie podejście znajduje także potwierdzenie w wypowiedziach respondentów proszonych o udzielenie opinii na temat wrażliwości na czynniki klimatyczne funkcjonowania zarządzanego przez nich przedsiębiorstwa transportowego.

**Tabela 4.2. Umowne kategorie klimatu o istotnym wpływie na sektor transportu**

<b>L.p.</b>	<b>Umowna kategoria klimatu</b>	<b>Opis czynników składających się na daną kategorię</b>
1	2	3
1.	mróz	bardzo niska temperatura, przemarzanie gruntu, pokrywa lodowa na ciekach wodnych, gołoledź
2.	śnieg	intensywne opady przy niskiej temperaturze powietrza, zamiecie śnieżne, pokrywa śnieżna, gradobicie
3.	deszcz	intensywne opady deszczu w dodatniej temperaturze powietrza, występowanie powodzi lub podtopień
4.	wiatr	bardzo silne wiatry i wyładowania atmosferyczne, (sztorm, huragan, trąba powietrzna, różnice ciśnienia atmosferycznego, turbulencja)
5.	upał	bardzo wysoka temperatura, usłonecznienie
6.	mgła	zjawiska ograniczające widzialność, mgła, niska podstawa chmur, pył wulkaniczny

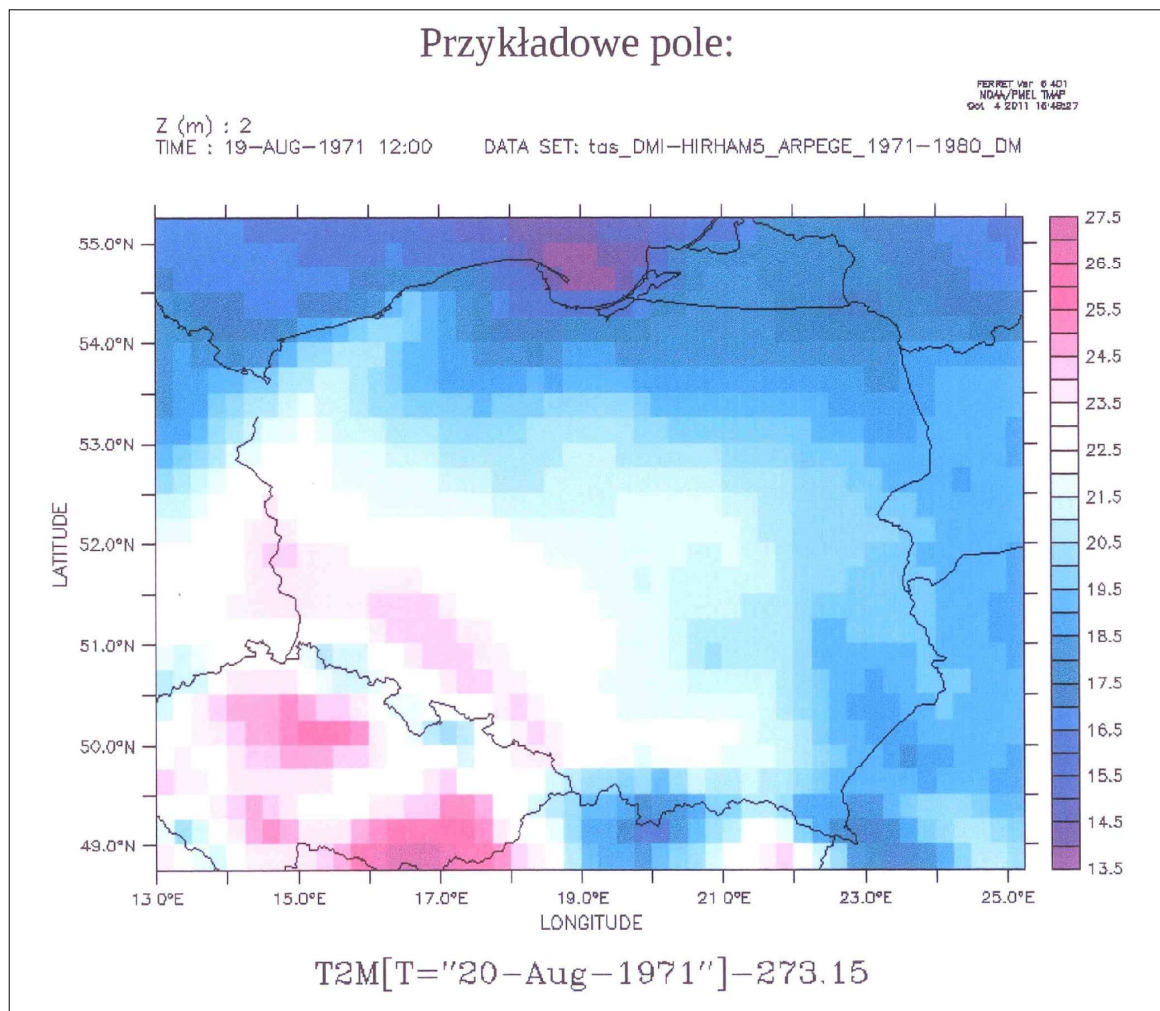
Przyjęto, że każda z wymienionych kategorii może oddziaływać na elementy sektora transportu w 4-stopniowej skali wrażliwości, opisanej w tabeli 4.3.

**Tabela 4.3. Skala wrażliwości sektora transportu na oddziaływania klimatu**

<b>Stopień</b>	<b>Warunki</b>	<b>Charakterystyka oddziaływania</b>
1	2	3
0	neutralne	warunki korzystne lub obojętne
1	utrudniające	warunki utrudniające funkcjonowanie, występują odczuwalne utrudnienia w funkcjonowaniu sektora
2	ograniczające	warunki bardzo uciążliwe, obok utrudnień występują szkody, które powodują ograniczenia w funkcjonowaniu sektora
3	uniemożliwiające	warunki uniemożliwiające funkcjonowanie wskazanego elementu sektora

### 4.3. Informacja o prognozach zmian klimatu

Do chwili wykonywania niniejszego opracowania nie uzyskano scenariuszy, ani prognoz opracowywanych przez klimatologów. W takiej sytuacji analiza oddziaływania zmian klimatu na sektor transportu została wykonana w odniesieniu do potencjalnych zmian klimatu i polega na wskazaniu w niniejszej pracy tych umownych elementów klimatu, na które w sposób szczególny należy zwrócić uwagę, jako na czynniki o zidentyfikowanym istotnym wpływie na elementy systemu transportowego w Polsce.



**Rys. 4.1. Przykładowe pole o rozdzielczości ~25x25km**

*Źródło: Prezentacja M. Liszewskiej z ICM UW*

Scenariusze zmian klimatu dla Polski i wybranych regionów mają być opracowane pod kierunkiem Małgorzaty Liszewskiej z Interdyscyplinarnego Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego Uniwersytetu Warszawskiego.

Zgodnie z informacjami uzyskanymi od M. Liszewskiej w przyszłości mają być udostępnione dobowe i miesięczne pola wybranych elementów meteorologicznych oraz wybranych wskaźników klimatycznych, dla okresów 1971-2000, 20121-2050 oraz 2071-2100. Przykład takiego pola pokazano na rysunku 4.1.

Do elementów meteorologicznych zaliczono:

- temperaturę powietrza na wysokości 2m,
- opad (suma dobowa),
- wiatr średni dobowy,
- wiatr maksymalny dobowy,
- wilgotność względną/właściwą,
- promieniowanie krótkofalowe na powierzchni Ziemi,
- promieniowanie długofalowe na powierzchni Ziemi,
- pokrywę śnieżną [ $\text{kg/m}^2$ ] z godz. 0 UTC,

a do wskaźników klimatycznych:

- najdłuższy okres z  $T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$ ,
- liczba dni z  $T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$ ,
- najdłuższy okres z  $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$ ,
- liczba dni z  $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$ ,
- najdłuższy suchy okres (opad  $< 1\text{mm/d}$ ),
- liczba suchych okresów dłuższych od 5 dni w roku,
- najdłuższy mokry okres (opad  $> 1\text{mm/d}$ ),
- liczba mokrych okresów dłuższych od 5 dni w roku,
- maksymalny opad dobowy,
- liczba dni z wiatrem powyżej zadanego progu.

Z analizy przedstawionych wyżej elementów meteorologicznych i wskaźników klimatycznych wynika, że jeżeli ICM UW przedstawi dane dotyczące wybranych spośród nich elementów i wskaźników, będzie można sformułować ogólny scenariusz zmian klimatu na potrzeby opracowania strategii adaptacji sektora transportu. Na potrzeby sektora transportu należy wykorzystać następujące dane (tabela 4.4.):

**Tabela 4.4. Dane charakteryzujące umowne kategorie klimatu w prognozach ICM UW**

L.p.	Umowna kategoria klimatu	Podstawowe dane charakteryzujące UKK	
		Elementy meteorologiczne	Wskaźniki klimatyczne
1	2	3	4
1.	mróz	temperatura powietrza na wysokości 2m	najdłuższy okres z $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$ , liczba dni z $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$
2.	śnieg	pokrywa śnieżną	najdłuższy okres z $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$ , liczba dni z $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$
3.	deszcz	opad (suma dobowy)	najdłuższy mokry okres, liczba mokrych okresów dłuższych od 5 dni w roku, maksymalny opad dobowy
4.	wiatr	wiatr maksymalny dobowy	liczba dni z wiatrem powyżej zadanego progu
5.	upał	temperatura powietrza na wysokości 2m	najdłuższy okres z $T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$ , liczba dni z $T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$
6.	mgła	(brak danych)	(brak danych)

Reasumując dane, które mają być przekazane z ICM UW na temat prognozy zmian klimatu, nie zaspakają potrzeb sektora transportu. Potrzebne dane, które w pełniejszym stopniu charakteryzują zmiany klimatu w odniesieniu do umownych kategorii klimatu o zidentyfikowanym istotnym wpływie na elementy systemu transportowego w Polsce zestawiono w tabeli 4.5.

**Tabela 4.5. Dodatkowe dane charakteryzujące umowne kategorie klimatu**

L.p.	Umowna kategoria klimatu	Dodatkowe dane charakteryzujące UKK
1	2	3
1.	mróz	temperaturę przemarzania gruntu, najniższą temperaturę powietrza, liczba dni z temperaturami najniższymi
2.	śnieg	liczba dni z opadem śniegu
3.	deszcz	liczba lub częstość występowania deszczów nawalnych
4.	wiatr	liczba lub częstość występowania dni z wiatrem o maksymalnym natężeniu (huragany, trąby powietrzne)
5.	upał	-
6.	mgła	liczba lub częstość występowania dni z ograniczoną widocznością z powodu mgły, pyłu wulkanicznego

#### **4.4. Zasoby wodne w roku hydrologicznym 2010**

Ze względu na brak scenariuszy, niżej zaprezentowano jedno z najważniejszych zagrożeń klimatycznych, a mianowicie problem powodziowy w odniesieniu do infrastruktury transportu drogowego

Informacje na temat warunków meteorologicznych oraz hydrologicznych panujących w Polsce podaje Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Codziennie słyszymy w radiu komunikaty na temat stanu wód. Zbiorcze zestawienie tych danych wynikających z obserwacji prowadzonych w trybie ciągłym oraz ich analiza jest prezentowana w Biuletynie Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Biuletyn Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej, Rok 2010, Nr 13 (98), ISSN 1730-6124, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej

Niżej zaprezentowano wybrane informacje z biuletynu za rok 2010, które charakteryzują zjawiska klimatyczne występujące w tym roku, a mające wpływ na powstawanie zagrożenia powodziami lub podtopieniami.

Średnia roczna suma opadów w skali kraju stanowiła 136,3% normy za okres 1971-2000 (na podstawie danych z 54 stacji na terenie Polski). Rok 2010 został oceniony jako rok bardzo wilgotny na przeważającym terenie kraju, ze znacznym udziałem obszarów skrajnie wilgotnych. W ujęciu sezonowym opady w skali kraju stanowiły: zimą 105% normy, wiosną 144% normy, latem 135% norm, i jesienią 132% normy.

Najbardziej obfite opady wystąpiły w maju (256,4% normy), sierpniu (201,7% normy) oraz listopadzie (205,2% normy), w tych miesiącach odnotowano także lokalne ekstrema miesięcznych sum opadów. Najwyższe miesięczne opady w odniesieniu do normy odnotowano np. w maju w Bielsku-Białej (509% normy) oraz w Krakowie (411% normy).

Wystąpiły także bardzo wysokie wartości:

- opadu dobowego: np. 186,2 mm w Bogdanówce (woj. małopolskie, 16 maja 2010 r.), (dotychczasowe ekstremum opadów dobowych to 102,8 mm - Krosno, 1987 r.);
- sum opadów miesięcznych powyżej 300 mm, np. Bielsko-Biała (511,5 mm),

Tak duże opady spowodowały podniesienie poziomu wody w rzekach oraz zwiększenie przepływu ekstremalnego w roku hydrologicznym 2010 w stosunku do przepływu ekstremalnego z wielolecia 1951-2005. Wyniki przeprowadzonej analizy porównawczej danych uzyskanych z Biuletynu Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej<sup>1</sup> zamieszczono w tabeli 46.

Zaprezentowane dane dowodzą, że chociaż ubiegły rok był rokiem wilgotnym i w wielu miejscowościach odnotowano przekroczenia wieloletnich wartości maksymalnych to w skali całego kraju maksymalny przepływ w roku 2010 w stosunku do absolutnego maksimum z wielolecia 1951-2005 kształtuje się na poziomie ok. 60%. Niestety rok 2011 prawdopodobnie będzie oceniony, jako rok jeszcze bardziej wilgotny niż rok 2010.

**Tabela 4.6. Porównanie wartości maksymalnego przepływu rocznego, na podstawie danych z wodowskazów na głównych rzekach Polski**

Rzeka	Wodowskaz	Zlewnia	Absolutne maksimum (1951-2005)	Maksimum z 2010 r.	Stosunek: Max / Abs. Max
		km <sup>2</sup>	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[-]
Wisła	Sandomierz	31846	5690	5270	0,93
Wisła	Warszawa	84540	5650	5940	1,05
Wisła	Tczew	194376	6490	6540	1,01
Dunajec	Nowy Sącz	4341	3300	2123	0,64
San	Przemyśl	3686	1450	662	0,46
Wieprz	Kośmin	10231	591	126	0,21
<b>Pilica</b>	<b>Sulejów</b>	<b>3909</b>	<b>210</b>	<b>222</b>	<b>1,06</b>
Narew	Ostrołęka	21862	1360	282	0,21
Bug	Wyszaków	39119	2400	729	0,30
Łyna	Sępól	3647	172	99,5	0,58
Odra	Miedonia	6744	3120	2020	0,65
Odra	Ścinawa	29584	3000	2074	0,69
Odra	Nowa Sól	36780	3040	1708	0,56
Odra	Gozdowice	109729	3180	2210	0,69
Nysa Kłodzka	Skorogoszcz	4514	1200	348	0,29
Barycz	Osetno	4579	204	115	0,56
Bóbr	Żagań	4254	887	349	0,39
<b>Warta</b>	<b>Sieradz</b>	<b>8140</b>	<b>387</b>	<b>411</b>	<b>1,06</b>
Warta	Poznań	25911	832	631	0,76
Noteć	Nowe Drezdenko	15970	263	112	0,43
Rega	Resko	1122	32,5	17,2	0,53
Słupia	Słupsk	1450	56,2	34,8	0,62
Wartość średnia			1 977,94	1 455,61	0,62

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Biuletynu Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej, Rok 2010,

#### 4.5. Powodzie a infrastruktura transportowa

Problem oddziaływania powodzi na infrastrukturę transportową zostanie przybliżony na przykładzie zaprezentowanej niżej analizy bibliografii dotyczącej zniszczeń powodziowych powstałych na infrastrukturze transportu drogowego. Z analizy bibliografii tematu, zamieszczonej w pracy *Opracowanie wskaźników wrażliwości sektora transportu dla MI*, oraz licznych, ale nie cytowanych tutaj publikacji prasowych wynika, że uszkodzeniom powodziowym ulegały zazwyczaj mosty oraz kładki dla pieszych, zlokalizowane głównie w ciągach dróg niższych kategorii (gminnych i powiatowych). Tymczasem podczas powodzi w 1997 r. woda uszkodziła w różnym stopniu 245 mostów, całkowicie zerwała – 31, z czego 25 na drogach wojewódzkich. Podczas tegorocznej powodzi wielka woda poczyniła szkody także na placach budów, m.in. na budowie mostu podwieszzonego w ciągu autostradowej obwodnicy Wrocławia.

Jako główne przyczyny szkód powstających w wyniku wystąpienia wody powodziowej są wymieniane: podmycie podpór, rozmycie stożków nasypowych, zmiana poziomu posadowienia w wyniku zmiany warunków gruntowo-wodnych w poziomie posadowienia podpór, rozmycie nasypów, uszkodzenia murów oporowych itp. W skrajnych wypadkach woda powodziowa prowadziła do mechanicznego uszkodzenia podpór i przęseł w wyniku oddziaływania energii spiętrzanej wody oraz materiałów niesionych przez wodę (pni drzew, sprzętu, elementów konstrukcji).

Usystematyzowanie i skatalogowanie typowych popowodziowych uszkodzeń obiektów mostowych wymaga jednak szczegółowej analizy zniszczeń poszczególnych obiektów, a przede wszystkim oceny: wielkości światła mostu, sposobu umocnienia brzegów oraz warunków posadowienia podpór. Jak wynika z analizy wielu opracowań cytowanych w tej pracy, głównymi przyczynami uszkodzenia obiektów mostowych podczas powodzi były: zbyt małe światło mostu prowadzące do przelewania się wody przez ustrój niosący, za małą głębokość posadowienia podpór sprzyjająca utracie stateczności konstrukcji oraz zaniedbania z zakresu zabezpieczenia skarp nasypów, utrzymania czystości brzegów i pogłębiania koryta rzek.

Analiza publikacji dowodzi, że w większości wypadków jest stosowane indywidualne podejście do każdego uszkodzonego obiektu. Brakuje systemowego rozwiązania ułatwiającego w sposób standardowy odbudowę podobnych obiektów o typowych

uszkodzeniach. Zadanie to powinno ułatwić określenie parametrów decydujących o wyborze zakresu działania: odbudowy, remontu, przebudowy czy rozbiórki, w zależności od typu i zakresu uszkodzeń (np. zniszczone: przyczółek, filar, pomost lub dojazdy - nasypy).

Zatem w odniesieniu do mostów oraz kładek dla pieszych, uszkodzonych w wyniku powodzi, należy opracować:

- ogólne zasady odbudowy popowodziowej obiektu mostowego,
- ogólne zasady remontu popowodziowego obiektu mostowego,
- ogólne zasady przebudowy popowodziowej obiektu mostowego,
- ogólne zasady rozbiórki popowodziowej obiektu mostowego,
- ogólne zasady budowy tymczasowej przeprawy popowodziowej .

Przygotowanie dokumentacji projektowej powinno uwzględniać możliwość zastosowania rozwiązań typowych (katalog takich rozwiązań powinien być także opracowany na potrzeby terenów szkód powodziowych) oraz odpowiedniego zabezpieczenia przeciwpowodziowego zgodnego ze strategią ograniczania skutków powodzi.

W odniesieniu do transportu kolejowego zjawiska są podobne, ale sygnalizowany zakres zniszczeń jest zdecydowanie mniejszy.

Natomiast transport lotniczy, choć odnotowuje utrudnienia wynikające z bardzo intensywnych opadów atmosferycznych, to nie sygnalizuje zagrożeń wynikających z powodzi, co wynika głównie z warunków lokalizacyjnych lotnisk.

#### **4.6. Podsumowanie**

Powodzie i podtopienia, które wystąpiły w tym i w ubiegłym roku dobitnie wykazały, że należy opracować zasady budowania i utrzymania obiektów mostowych na terenach „szkód powodziowych”, analogicznie do zasad stosowanych na terenach szkód górniczych.

Zawarta w niniejszej pracy uwaga, chociaż wynika z analizy danych dotyczących transportu drogowego odnosi się do całej infrastruktury transportowej, tutaj jest jedynie sygnałem zwiastującym zapotrzebowanie na stosowanie w praktyce inżynierskiej pojęcia

„tereny szkód powodziowych” oraz na opracowanie zasad postępowania na tych terenach w zakresie: projektowania i budowy oraz utrzymania obiektów mostowych.

Osobnym problemem jest opracowanie zasad postępowania z obiektami uszkodzonymi w wyniku powodzi, a więc określenie procedur przydatnych przy: remoncie, odbudowie, przebudowie, rozbiórce lub budowie przeprawy tymczasowej.

W dalszej kolejności powinna być opracowana statystyczna ocena typowych uszkodzeń powstających w wyniku powodzi pozwalająca na wprowadzenie systematyki uszkodzeń, w zależności od lokalizacji obiektu (kategorii drogi) oraz zakresu uszkodzenia.

## **5. OCENA CHARAKTERU I WIELKOŚCI WPŁYWU ZMIAN WYBRANYCH CZYNNIKÓW KLIMATYCZNYCH NA ELEMENTY SYSTEMU TRANSPORTOWEGO**

### **5.1. Wprowadzenie**

Podjęto próbę oceny wrażliwości sektora transportu na czynniki klimatyczne na podstawie analizy danych dotyczących szkód wyrządzonych przez czynniki klimatyczne. Zostały przeanalizowane materiały informacyjne, które pozyskiwano z różnych źródeł, w tym z:

- Biura ds. usuwania skutków klęsk żywiołowych Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji;
- Głównego Urzędu Nadzoru Budowlanego;
- Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad;
- Biura Strategii i Ochrony Środowiska Polskich Linii Kolejowych S.A.;
- Departamentu Lotnictwa Ministerstwa Infrastruktury.

W odniesieniu do żeglugi śródlądowej nie pozyskano danych na temat szkodowości wywołanej czynnikami klimatycznymi.

Z przeprowadzonych prac mających na celu pozyskanie danych dotyczących oszacowania kosztów ponoszonych w sektorze transportu w wyniku działań prewencyjnych oraz likwidacji skutków oddziaływania czynników klimatycznych wynika, że pozyskane dane są bardzo skromne. Oznacza to, że nie jest prowadzona ewidencja kosztów działań podejmowanych z tytułu oddziaływania klimatu na sektor. Niżej zostaną przedstawione szczegółowe dane, jakie udało się pozyskać z różnych źródeł. Wycinkowość prezentowanego materiału oraz silne eksponowanie wpływu jedynie niektórych czynników klimatycznych wynika z danych jakie są zbierane u poszczególnych zarządców infrastruktury lub organów nadzorczych. Przykładowo dysponują oni dość bogatymi danymi dotyczącymi start spowodowanych powodziami, a brakuje danych dotyczących oddziaływania np. ekstremalnych wiatrów.

## 5.2. Analiza szkodowości w odniesieniu do transportu drogowego

### 5.2.1. Omówienie danych z Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji

W odniesieniu do infrastruktury transportowej Ministerstwo Spraw Wewnętrznych i Administracji nie dysponuje statystykami mogącymi stanowić podstawę do analizy wrażliwości infrastruktury na czynniki klimatyczne. Uniemożliwia to wyciągnięcie choćby wstępnych wniosków dotyczących wrażliwości poszczególnych elementów infrastruktury transportowej.

Z danych uzyskanych z Biura ds. usuwania skutków klęsk żywiołowych MSWiA wynika, że w ramach powołanego Międzyresortowego Zespołu do spraw Szacowania Skutków Powodzi w 2010 roku, straty infrastruktury transportowej wywołane przez to zjawisko wyceniono na prawie **1,5 mld zł**. Szczegółowe rozbitcie tej sumy na infrastrukturę drogową i kolejową, zaprezentowano w tabeli 5.1.

**Tabela 5.1. Zestawienie strat związanych z infrastrukturą transportową spowodowanych powodzią w okresie maj - czerwiec 2010 r.**

Lp.	Wyszczególnienie	Wartość strat [mln zł]
1	Ministerstwo Infrastruktury (Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad)	1 165,87
2	Ministerstwo Infrastruktury (Polskie Koleje Państwowe PLK S.A. i PKP S.A)	251,32
<b>Straty ogółem</b>		<b>1 417,19</b>

*Źródło: Sprawozdania Międzyresortowego Zespołu d/s Szacowania Skutków Powodzi w 2010 r.*

### 5.2.2. Omówienie danych z Głównego Urzędu Nadzoru Budowlanego

Podobnie jak w wypadku statystyk MSWiA, najlepsze i praktycznie jedyne dane Głównego Urzędu Nadzoru Budowlanego, dotyczą powodzi z roku 2010. Zebrane dane dotyczą stopnia uszkodzenia poszczególnych elementów infrastruktury transportowej. Szczegółowe zestawienia zebranych informacji przedstawiono w tabelach 5.2.÷5.4.

**Tabela 5.2. Drogi uszkodzone w powodzi w 2010 r.**

Drogi	Liczba odcinków dróg poddanych przeglądowi	Łączna liczba km dróg poddanych przeglądowi	Wg wstępnej kwalifikacji zniszczeń stwierdzono:		
			zniszczenia uzasadniające konieczność rozbiórki [km]	uszkodzenia uzasadniające konieczność odbudowy lub remontu [km]	uszkodzenia umożliwiające remont w terminie późniejszym [km]
1	2	3	4	5	6
Krajowe	62	751		24	1
Wojewódzkie	65	80		14	6
Powiatowe	197	296	1	82	107
Gminne	628	425		322	237
Inne ogólnodostępne	73	47	3	12	18
<b>Razem</b>	<b>1025</b>	<b>1599</b>	<b>4</b>	<b>454</b>	<b>369</b>

*Źródło: Główny Urząd Nadzoru Budowlanego*

Jak wynika z przytoczonych danych, w infrastrukturze transportowej, w wyniku powodzi najbardziej ucierpiała infrastruktura drogowa. Na prawie 1600 km dróg poddanych przeglądowi 28% wykazywało uszkodzenia uzasadniające konieczność pilnej odbudowy, natomiast 23% było uszkodzonych w stopniu pozwalającym na późniejszy remont. Jedynie 4 km (około 0,2%) z badanych dróg wykazywało potrzebę rozbiórki, co świadczy o stosunkowo dużej odporności infrastruktury drogowej na całkowite zniszczenie w wyniku powodzi. Niemniej jednak ponad 50% dróg objętych zalaniem zostało w różnym stopniu uszkodzonych i wymagało napraw co z kolei świadczy o dużym prawdopodobieństwie częściowego uszkodzenia infrastruktury drogowej w efekcie wystąpienia zjawiska powodzi.

W tabeli 5.3. podano zestawienie efektów przeglądów wykonanych na drogowych obiektach inżynierskich. Spośród przebadanych drogowych obiektów inżynierskich, 54% wymagało natychmiastowej naprawy, 28% w późniejszym terminie, a 7% nadawało się jedynie do rozbiórki. 11% spośród przebadanych obiektów nie odniosło żadnych uszkodzeń.

**Tabela 5.3. Drogowe obiekty inżynierskie uszkodzone w powodzi w 2010 r.**

Drogowe obiekty inżynierskie	Liczba obiektów poddanych przeglądowi wg rodzaju (ze wskazaniem kategorii drogi)	Liczba obiektów, w których wg wstępnej kwalifikacji stwierdzono:		
		zniszczenia uzasadniające konieczność rozbiórki	uszkodzenia uzasadniające konieczność odbudowy lub remontu	uszkodzenia umożliwiające remont w terminie późniejszym
1	2	3	4	5
Mostowe	223	11	124	68
Tunele	-	-	-	-
Przepusty	398	35	229	108
Konstrukcje oporowe	-	-	-	-
Inne	12	2	8	2
<b>Razem</b>	<b>633</b>	<b>48</b>	<b>361</b>	<b>178</b>

*Źródło: Główny Urząd Nadzoru Budowlanego*

Okazuje się, że dużo większą wrażliwość na powódź wykazała infrastruktura kolejowa. 100% spośród dróg kolejowych poddanych przeglądowi wykazywało potrzebę naprawy, z czego 87% w trybie natychmiastowym, a 13% w terminie późniejszym (dane dotyczące dróg kolejowych podano w tabeli 5.4.).

**Tabela 5.4. Drogi kolejowe uszkodzone w powodzi w 2010 r.**

Drogi kolejowe	Liczba odcinków dróg kolejowych poddanych przeglądowi	Łączna liczba km dróg kolejowych poddanych przeglądowi	Wg wstępnej kwalifikacji zniszczeń stwierdzono:		
			zniszczenia uzasadniające konieczność rozbiórki [km]	uszkodzenia uzasadniające konieczność odbudowy lub remontu [km]	uszkodzenia umożliwiające remont w terminie późniejszym [km]
<b>Razem</b>	<b>57</b>	<b>15,8</b>	<b>0</b>	<b>13,7</b>	<b>1,6</b>

*Źródło: Główny Urząd Nadzoru Budowlanego*

### 5.2.3. Omówienie danych z Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad

Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad jest praktycznie jedynym źródłem informacji w Polsce posiadającym dane na temat szkód na infrastrukturze drogowej wywołanych przez czynniki klimatyczne. Dla badanego okresu tj. 1997 – 2011, podobnie jak GUNB i MSWiA, GDDKiA dysponuje w większości jedynie szacunkowymi i ogólnymi danymi dotyczącymi takich szkód. Jedyne bardziej szczegółowe opracowania dotyczą 2010 roku.

#### Straty finansowe i szkody w infrastrukturze drogowej w latach 1997 – 2011

Niżej przedstawiono uzyskane dane dotyczące oszacowania strat w infrastrukturze drogowej, w niektórych latach dotyczą one jedynie dróg krajowych, w innych wszystkich dróg publicznych.

**1997 rok** - straty oszacowano na ok. **1,0 mld zł** – kwota ta dotyczyła szkód na całej sieci dróg publicznych i obiektów mostowych;

**1998 rok** - straty w infrastrukturze drogowej dróg wojewódzkich, wówczas zarządzanych przez Okręgowe Dyrekcje Dróg Publicznych a nadzorowane przez Generalną Dyrekcję Dróg Publicznych, oszacowano na kwotę ok. **10 167,1 tys. zł;**

**2001 rok** - Łączna wielkość strat została oszacowana na kwotę ok. **62 485,10 tys. zł;**

**2002 rok** - Łączna wielkość strat została oszacowana na kwotę ok. **6 767,00 tys. zł;**

**2004 rok** - Łączna wielkość strat została oszacowana na kwotę ok. **1 883,00 tys. zł;**

**2006 rok** - Łączna wielkość strat została oszacowana na kwotę ok. **2 422,00 tys. zł;**

**2008 rok** - Łączna wielkość strat została oszacowana na kwotę ok. **7 400,60 tys. zł;**

**2009 rok** - Łączna wielkość strat została oszacowana na kwotę ok. **21 930,00 tys. zł,**

**2010 rok** - Łączna wartość strat została oszacowana na kwotę ok. **103 mln zł**, a szczegółowy podział strat na poszczególne oddziały GDDKiA przedstawiono w tabeli 5.5.

Z analizy danych wynika, że do roku 2009 nie były prowadzone usystematyzowane i szczegółowe statystyki dotyczące strat w obszarze infrastruktury drogowej wywołanych przez czynniki klimatyczne. Przedstawione dane w sposób bardzo ogólny dotyczą notowanych strat

i odnoszą się jedynie do jednego zjawiska - powodzi. Zakres podmiotowy i ilościowy dróg objętych szacunkami również różni się w poszczególnych latach, raz dotyczy wszystkich dróg publicznych, innym razem jedynie konkretnych kategorii dróg.

Natomiast dla kilku lat (1999, 2000, 2003, 2005, 2007) nie dysponujemy żadnymi statystykami dotyczącymi analizowanego tematu.

Bardziej szczegółowe dane dotyczące strat materialnych wywołanych przez czynniki klimatyczne są dostępne dla roku 2010 (tab. 5.5) oraz pierwszej połowy 2011 r. (tab. 5.6.).

**Tabela 5.5. Straty powodziowe na drogach krajowych w 2010 roku**

Lp.	Oddział GDDKiA	Wysokość strat w 2010 r. [tys. zł]
1	GDDKiA Oddział Bydgoszcz	39,997
2	GDDKiA Oddział Gdańsk	748,960
3	GDDKiA Oddział Katowice	17 219,292
4	GDDKiA Oddział Kielce	703,857
5	GDDKiA Oddział Kraków	38 806,919
6	GDDKiA Oddział Lublin	2 895,74
7	GDDKiA Oddział Łódź	822,600
8	GDDKiA Oddział Olsztyn	1 263,066
9	GDDKiA Oddział Opole	13 269,178
10	GDDKiA Oddział Poznań	912,867
11	GDDKiA Oddział Rzeszów	5 891,63
12	GDDKiA Oddział Szczecin	15,000
13	GDDKiA Oddział Warszawa	15 471,477
14	GDDKiA Oddział Wrocław	4 911,284
	<b>Straty ogółem</b>	<b>102 971,863</b>

Koszty strat poniesionych w pierwszej połowie 2011 roku, wynikające przede wszystkim z podtopień, GDDKiA oszacowała na poziomie 26 mln zł. Szczegółowe rozbiecie tej sumy na oddziały zaprezentowano w tabeli 5.6.

**Tabela 5.6. Straty powodziowe na drogach krajowych w I połowy 2011 roku**

Lp.	Oddział GDDKIA	Wysokość strat w I poł. 2011 r. [tys. zł]
1	GDDKiA Oddział Bydgoszcz	10,00
2	GDDKiA Oddział Katowice	250,00
3	GDDKiA Oddział Kielce	796,00
4	GDDKiA Oddział Kraków	14086,72
5	GDDKiA Oddział Lublin	620,50
6	GDDKiA Oddział Olsztyn	4373,34
7	GDDKiA Oddział Zielona Góra	145,50
8	GDDKiA Oddział Warszawa	1156,08
9	GDDKiA Oddział Szczecin	158,00
10	GDDKiA Oddział Wrocław	4268,70
	<b>Straty ogółem</b>	<b>25 864,84</b>

*Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad*

Należy zwrócić uwagę na duże rozbieżności między szacunkami strat na infrastrukturze wykonywanymi przez Biuro ds. usuwania klęsk żywiołowych MSWiA, a przedstawionymi przez GDDKiA. Prawie dziesięciokrotna różnica bardzo dobrze obrazuje problem braku rzetelnych danych.

#### 5.2.4. Zimowe utrzymanie dróg zarządzanych przez GDDKiA

Konsekwencją klimatu, jaki panuje na terenie Polski są m.in. koszty ponoszone z tytułu zimowego utrzymania dróg. Koszty zimowego utrzymania dróg, można zakwalifikować jako część składową rachunku kosztów walki z czynnikami klimatycznymi. Koszty ponoszone z tego tytułu są znaczące, w latach 2000÷2011 utrzymanie zimowe dróg krajowych kosztowało GDDKiA ponad **2,1 mld zł**.

Co więcej wydatki na zimowe utrzymanie dróg co roku rosną i w przyszłości będą stanowić istotny element wszystkich kosztów walki z czynnikami klimatycznymi wpływającymi na funkcjonowanie infrastruktury.

Zestawienie kosztów zimowego utrzymania dróg w latach 2000÷2011 przedstawiono w tabeli 5.7.

**Tabela 5.7. Koszty zimowego utrzymania dróg w latach 2000÷2011**

<b>Sezon</b>	<b>Koszty zimowego utrzymania dróg [tys. zł]</b>
<b>2000/2001</b>	118 000
<b>2001/2002</b>	138 000
<b>2002/2003</b>	127 000
<b>2003/2004</b>	144 000
<b>2004/2005</b>	177 000
<b>2005/2006</b>	213 000
<b>2006/2007</b>	141 000
<b>2007/2008</b>	152 000
<b>2008/2009</b>	243 000
<b>2009/2010</b>	367 236
<b>2010/2011</b>	367 236
<b>Koszty ogółem</b>	<b>2 187 472</b>

*Źródło: Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad*

Jednak koszty zimowego utrzymania są tylko jednym z istotniejszych składników całkowitych kosztów ponoszonych z tytułu warunków klimatycznych występujących zimą na polskich drogach. W koszty sumaryczne należałoby wliczyć także koszty np. przygotowania sprzętu do pracy w okresie zimowym (stosowanie dodatkowych izolacji termicznych, zimowego paliwa i smarów technicznych, urządzeń do rozruchu i odładzania, itp.) ale przede wszystkim koszty naprawy uszkodzonych w okresie zimowym np. nawierzchni jezdni, chodników, zajezdni i placów manewrowych. Niestety nie ma metody szacowania takich kosztów całkowitych

#### **5.2.5. Podsumowanie problemu szkodowości w transporcie drogowym**

Sumaryczne straty GDDKiA w latach 1997-2011 związane ze zjawiskami powodziowymi to prawie **1,25 mld zł**.

Jeżeli dodamy do tego wydatki na zimowe utrzymanie dróg to „klimatyczne” wydatki GDDKiA wyniosą prawie **3,5 mld zł**.

Przy tak dużych kwotach niezbędne jest odpowiednie zarządzanie środkami finansowymi, tak aby właściwie inwestować w najbardziej wrażliwe sektory zarządzanej sieci. Niestety dane będące w posiadaniu GDDKiA są niepełne i nieusystematyzowane.

Brakuje statystyk dotyczących poszczególnych lat, a duże rozbieżności w szacunkach GDDKiA oraz MSWiA stawiają pod znakiem zapytania wiarygodność przedstawionych danych i możliwość przeprowadzania na ich podstawie analizy wrażliwości.

Dodatkowo należy podkreślić, że omówione wyżej koszty są to koszty obecnie uwzględniane przy szacowaniu strat wynikających ze zjawisk klimatycznych.

Natomiast powstają także straty, które nie są tutaj wyszczególnione, ponieważ respondenci nie dysponowali danymi dotyczącymi strat powstałych w wyniku oddziaływania np. wiatru lub wysokich temperatur (dane tego typu nie są pozyskiwane ani przez zarządców ani przez organy nadzoru). Są to straty wynikające z występowania co najmniej kilkudniowych okresów bardzo wysokiej temperatury powietrza (np. koszty chłodzenia) oraz

np. szkody wywołane wystąpieniem wiatrów ekstremalnych. W ostatnich latach coraz częściej docierają informacje o wietrze huraganowym, który pozrywał dachu z budynków, powalił drzewa lub pozrywał linie energetyczne. Wszystkie zjawiska ekstremalne powodują powstawanie szkód, które następnie należy usuwać

Natomiast, analogicznie do strat powstających z tytułu powodzi oraz zimowego utrzymania dróg, także w odniesieniu do strat wynikających z oddziaływania wysokich temperatur lub wiatrów ekstremalnych nie dysponujemy w Polsce danymi określającymi koszty strat wywołanych tymi zjawiskami.

### **5.3. Analiza szkodowości w odniesieniu do transportu kolejowego**

Polskie Koleje Liniowe S.A. jako jedyny z ogólnokrajowych zarządców infrastrukturalnych, we własnym zakresie prowadzi statystyki dotyczące wpływu czynników klimatycznych na funkcjonowanie spółki. Zaprezentowane dane są dobrym przykładem prowadzenia takiej ewidencji strat oraz związanych z nimi skutków, pozwalających analizować wrażliwość poszczególnych elementów infrastruktury.

Na podstawie otrzymanych danych, do najpoważniejszych zagrożeń klimatycznych zagrażających infrastrukturze kolejowej zaliczono intensywne opady deszczu powodujące powodzie i podmycia torów oraz niskie temperatury.

Dane statystyczne posiadane przez PLK S.A. wyróżniają się zakresem zbieranych danych, zwłaszcza na tle pozostałych zarządców infrastrukturalnych np. GDDKiA, ale nie są pozbawione mankamentów. Przede wszystkim dotyczą tylko roku 2010, a brak długookresowych statystyk nie pozwala na szerszą analizę i ustalenia wrażliwości infrastruktury kolejowej. Szacunki nie zawierają także danych dotyczących kosztów zwalczania wszystkich z wymienionych zjawisk klimatycznych, co również uniemożliwia prawidłową analizę wrażliwości.

Szczegółowe zestawienie omawianych informacji zaprezentowano w tabelach 5.8. i 5.9. na podstawie danych Biura Strategii i Ochrony środowiska, Polskich Linii Kolejowych.

**Tabela 5.8. Wpływ czynników klimatycznych na funkcjonowanie  
spółki PLK SA w 2010 roku**

Lp.	Czynnik klimatyczny	Krótki opis zaburzenia działalności	Wpływ na funkcjonowanie spółki
1	2	3	4
1	Niskie temperatury (długotrwałe mrozy), intensywne opady śniegu i marznącego deszczu	Pęknięcie szyn, zamarzanie rozjazdów, zawieje i zamiecie śnieżne powodujące powstawanie zasp, oblodzenie sieci trakcyjnej i linii energetycznej.	Poważne utrudnienia w realizacji procesu eksploatacyjno-przewozowego; Ograniczenie możliwości prowadzenia prac inwestycyjnych, opóźnienia w realizacji procesów inwestycyjnych.
2	Intensywne opady deszczu powodujące powodzie i podmycia torów	Zalanie szlaków, uszkodzenie elementów infrastruktury kolejowej (torów, podtorza, nawierzchni, słupów trakcyjnych i oświetleniowych, urządzeń sterowania ruchem kolejowym, nasypów, zerwanie mostów, obiektów kolejowych, uszkodzenia środków łączności), obsunięcia ziemi powodujące zasypywanie linii kolejowych oraz uszkodzenia sieci trakcyjnych wskutek osuwających się wraz z ziemią drzew.	Poważne utrudnienia w realizacji procesu eksploatacyjno-przewozowego; wysokie straty finansowe spowodowane uszkodzeniami infrastruktury kolejowej i koniecznością długotrwałego zamknięcia szlaków.
3	Silne wiatry	Uszkodzenie sieci trakcyjnej i linii energetycznych na skutek opadania drzew na sieć, upadki drzew powodujące tarasowanie szlaków kolejowych.	Utrudnienia w realizacji procesu eksploatacyjno-przewozowego, straty finansowe wskutek uszkodzenia infrastruktury kolejowej.
4	Długotrwałe utrzymujące się wysokie temperatury	Deformacja toru w planie i profilu wskutek wydłużania się szyn.	Wprowadzenie ograniczeń w prędkości kursowania pociągów, straty finansowe na skutek opóźnień pociągów.

Identyfikacja i zestawienie propozycji działań służących ograniczeniu skutków zmian klimatu dla sektora transportu

Instytut Badawczy Dróg i Mostów

<b>Lp.</b>	<b>Czynnik klimatyczny</b>	<b>Krótki opis zaburzenia działalności</b>	<b>Wpływ na funkcjonowanie spółki</b>
1	2	3	4
5	Intensywne wyładowania atmosferyczne	Uszkodzenia urządzeń sterowania ruchem kolejowym, uszkodzenia urządzeń energetycznych, zaniki napięcia w sieci trakcyjnej, przerwy w zasilaniu energią elektryczną urządzeń kolejowych, uszkodzenia łączności.	Utrudnienia w realizacji procesu eksploatacyjno-przewozowego; straty finansowe wskutek uszkodzenia infrastruktury oraz systemów łączności.
6	Požary na obszarach kolejowych	Występowanie pożarów powodujących uszkodzenia infrastruktury kolejowej	Ograniczenia w realizacji procesu eksploatacyjno-przewozowego; straty finansowe wskutek uszkodzenia infrastruktury.
7	Mgły	Ograniczenie widoczności	Utrudnienia w realizacji procesu eksploatacyjno-przewozowego spowodowane koniecznością wprowadzenia ograniczeń prędkości biegu pociągów.

*Źródło: Biuro Strategii i Ochrony środowiska, Polskie Linie Kolejowe*

**Tabela 5.9. Działania zapobiegawcze i koszty zjawisk klimatycznych**

Lp. Czynnik klimatyczny	Charakter podjętych działań			
	Techniczny	Organizacyjny	Zapobiegawczy	Ratowniczy
1	2	3	4	5
1. Niskie temperatury (długotrwałe mrozy), intensywne opady śniegu i marznącego deszczu.	1. Użycie specjalistycznego sprzętu (kombajnów i pługów odśnieżnych, odśnieżarek, zespołów do szybkiego usuwania awarii, pociągów sieciowych wyposażonych w urządzenia do oczyszczania sieci trakcyjnej z lodu, pogotowia energetycznego) dla potrzeb udrażniania linii kolejowych, 2. Podgrzewanie rozjazdów celem utrzymania ich sprawności.	Zwiększenie liczby personelu do usuwania skutków niekorzystnych warunków atmosferycznych. Wprowadzenie całodobowych dyżurów; powołanie zespołów zarządzania kryzysowego w Spółce, wprowadzenie stosownych zmian w rozkładzie jazdy pociągów. Wprowadzenie do Umowy na utrzymanie sieci trakcyjnej zapisów o wyposażeniu pociągów sieciowych w urządzenia do oczyszczania sieci trakcyjnej z lodu.	Wprowadzenie jazd patrolowych dla potrzeb utrzymania przejezdności szlaków, przekazywanie informacji do jednostek organizacyjnych Spółki o możliwości zaistnienia niepożądanych zjawisk. Podjęto działania zapobiegające, polegające na podgrzewaniu oblodzonych przewodów jezdnych oraz na zapobieganiu powstawaniu oblodzenia przez interwencję środkami chemicznymi.	Skierowanie lokomotyw spalinowych dla potrzeb przeciągania składów pociągów, które nie mogły kontynuować dalszej jazdy, nawiązanie współpracy z jednostkami ratowniczymi celem zapewnienia pomocy pasażerom, których pociągi zostały zatrzymane na skutek zaistniałych zjawisk.
<b>Szacunkowe koszty</b>				
W przebiegu zimy w 2010 r. zjawiska pogodowe mieściły się podstawowo w granicach objętych ogólnym ryzykiem prowadzenia działalności. Poniesione koszty w wysokości ok. 82 mln zł były niezwiązane z występowaniem warunków ekstremalnych - Środki własne poza zjawiskiem oblodzenia sieci trakcyjnej, której koszt usuwania wyniósł ok. 1 mln zł.				

Lp. Czynnik klimatyczny	Charakter podjętych działań- c.d.			
	Techniczny	Organizacyjny	Zapobiegawczy	Ratowniczy
1	2	3	4	5
2. Intensywne opady deszczu powodujące powodzie i podmycia torów.	1.Utrzymanie drożności urządzeń odwadniających. 2.Wykorzystanie pomp do wypompowywania wody na podtopionych liniach.	1.Stałe monitorowanie miejsc zagrożonych. 2.Wprowadzenie całodobowych dyżurów, powołanie zespołów zarządzania kryzysowego w Spółce, wprowadzenie stosownych zmian w rozkładzie jazdy pociągów.	Przekazywanie informacji do jednostek organizacyjnych Spółki o możliwości występowania niepożądanych działań; wyprowadzenie pociągów ze stacji w rejonach zagrożonych; wymontowanie urządzeń istotnych dla prowadzenia ruchu pociągów, które mogłyby ulec uszkodzeniu na skutek działania wody.	Ewakuowanie pracowników kolejowych z rejonów zagrożonych, wykorzystanie sprzętu kolejowego ratownictwa technicznego.
	<b>Szacunkowe koszty</b> Wg stanu na 04.10.2010 r. szacunkowe straty to 302 mln zł. Kwota ta może wzrosnąć, ponieważ podczas usuwania skutków powodzi są ujawniane nowe miejsca uszkodzeń infrastruktury. - Środki własne			
3. Silne wiatry	Użycie pociągów sieciowych, pogotowia energetycznego oraz sprzętu szybkiego usuwania awarii do naprawy sieci trakcyjnej i linii energetycznych oraz usuwania zalegających drzew.	Wprowadzenie stosownych zmian w rozkładzie jazdy pociągów.	Prowadzenie systematycznej wycinki drzew zagrażających bezpieczeństwu ruchu kolejowego.	Ściąganie pociągów, które utknęły na szlaku.

Lp. Czynnik klimatyczny	Charakter podjętych działań – c.d.			
	Techniczny	Organizacyjny	Zapobiegawczy	Ratowniczy
1	2	3	4	5
4. Długotrwale utrzymujące się wysokiej temperatury	Sprawdzanie stateczności toru bezстыkowego.	Wprowadzenie dodatkowych obserwacji odcinków toru bezстыkowego. Wprowadzenie ograniczeń prędkości.	Wykonanie robót zabezpieczających tory przed okresem wysokich temperatur. Monitorowanie linii kolejowych celem podjęcia stosownych działań.	Usunięcie skutków deformacji toru z wykorzystaniem sprzętu ratownictwa technicznego i zespołów szybkiego usuwania awarii.
5. Intensywne wyładowania atmosferyczne	Naprawa i wymiana uszkodzonych elementów, wykorzystanie pociągów sieciowych i pogotowia energetycznego celem naprawy uszkodzonej sieci trakcyjnej i linii energetycznej	Prowadzenie turnusowego systemu pracy dla pracowników zajmujących się utrzymaniem urządzeń.	Stosowanie zabezpieczeń przeciwprzepięciowych, zawieranie stosownych umów z firmami utrzymaniowymi dla potrzeb usuwania skutków zaistniałych zagrożeń.	Usunięcie szkód spowodowanych wyładowaniami i atmosferycznymi.
6. Pożary	Utrzymywanie w należytym stanie pasów przeciwpożarowych	Wyposażenie jednostek organizacyjnych w sprzęt ppoż., (zasady informowania PSP o zaistniałym zagrożeniu).	Realizowanie stosownych procedur w zakresie utrzymania obszarów kolejowych, np. utrzymanie pasów przeciwpożarowych.	Usunięcie szkód spowodowanych wyładowaniami atmosferycznymi.
7. Mgły		Wprowadzenie ograniczeń prędkości.		

Źródło: Biuro Strategii i Ochrony środowiska, Polskie Linie Kolejowe

#### 5.4. Analiza szkodowości w odniesieniu do transportu lotniczego

Wrażliwość infrastruktury lotniczej na zmiany klimatyczne jest trudno mierzalna, na dzień dzisiejszy nie są prowadzone żadne szczegółowe statystyki w tym temacie.

Z przeprowadzonych badań ankietowych (omówionych bliżej w pracy *Opracowanie wskaźników wrażliwości sektora transportu dla MI*) wynika, że transport lotniczy ze względu na bardzo silne uzależnienie od warunków klimatycznych w porównaniu do innych rodzajów transportu jest w największym stopniu przygotowany do funkcjonowania w niekorzystnych warunkach klimatycznych.

Dane dotyczące strat wynikających z utrudnień w realizacji usługi transportowej podane w dalszej części niniejszego opracowania dotyczą przede wszystkim strat wynikających z pyłów powstających w wyniku erupcji wulkanów. Natomiast dużo ważniejszymi aspektami dotyczącymi adaptacji do zmian klimatu, wymagającymi zbadania, są m.in.:

- wpływ czynników klimatycznych np. niskich temperatur na infrastrukturę naziemną lotnisk,
- koszty klęsk żywiołowych dla infrastruktury lotniczej,
- wpływ czynników klimatycznych na przychody użytkowników infrastruktury lotniczej,
- koszty przygotowania infrastruktury lotniczej do skutków czynników klimatycznych.

Tylko opracowanie szczegółowych danych dotyczących powyższych zależności pozwoli na analizę wrażliwość infrastruktury lotniczej na czynniki klimatyczne i przedsięwzięcie efektywnych działań wspomagających jej adaptację do zmian klimatu oraz minimalizujących ponoszone straty.

Niżej podano jedyne istniejące dane dotyczące kosztów czynników klimatycznych w kontekście infrastruktury lotniczej. Są to dane, które dotyczą strat związanych z erupcją wulkanu Eyjafjallajökull w 2010 roku.

Straty te są związane z zamknięciem przestrzeni powietrznej z powodu unoszącego się pyłu wulkanicznego i dotyczą zarówno portów lotniczych, jak i linii działających na terenie kraju. Szczegółowe zestawienie tych kosztów podano w tabelach 5.10.÷5.13.

**Tabela 5.10. Straty portów lotniczych w Polsce  
wywołane erupcją wulkanu Eyjafjallajökull**

<b>Lp.</b>	<b>Port lotniczy</b>	<b>Utracone przychody [PLN]</b>	<b>Liczba utraconych operacji</b>	<b>Liczba utraconych pasażerów</b>	<b>Prognozowana strata za 1 dzień [PLN]</b>
<b>1</b>	Port Lotniczy im. F. Chopina w Warszawie	8 200 000	1 676	119 523	1 500 000
<b>2</b>	Port Lotniczy Katowice w Pyrzowicach	684 998	340	31 754	121 897
<b>3</b>	Port Lotniczy im. Jana Pawła II w Krakowie	1 775 000	518	50 428	280 000
<b>4</b>	Port Lotniczy Poznań-Ławica	500 000	242	19 000	120 000
<b>5</b>	Port Lotniczy im. Lecha Wałęsy w Gdańsku	1 250 000	450	30 000	178 571
<b>6</b>	Port Lotniczy w Łodzi	100 000	42	7 000	14 285
<b>7</b>	Port Lotniczy Szczecin	345 000	28	4 500	58 000
<b>8</b>	Port Lotniczy w Bydgoszczy	100 000	40	6 500	14 286
<b>9</b>	Port Lotniczy Zielona Góra-Babimost	5 000	14	100	1 500
<b>10</b>	Port Lotniczy Rzeszów	450 000	47	6 200	70 000
<b>11</b>	Port Lotniczy Wrocław	800 000	425	28 000	130 000
<b>SUMA</b>		<b>14 209 998</b>	<b>3 822</b>	<b>303 005</b>	<b>2 488 539</b>

*Źródło: Ministerstwo Infrastruktury, Departament Lotnictwa*

**Tabela. 5.11. Straty Polskiej Agencji Żeglugi Powietrznej  
wywołane erupcją wulkanu Eyjafjallajokull**

Agencja	Utracone przychody [PLN]	Wielkość utraconych operacji	Prognozowana strata za 1 dzień [PLN]
PAŻP	7 500 000	67%	1 500 000

*Źródło: Ministerstwo Infrastruktury, Departament Lotnictwa*

**Tabela 5.12. Straty wywołane erupcją wulkanu Eyjafjallajokull  
poniesione przez przewoźników zarejestrowanych w Polsce**

Lp.	Port lotniczy	Utracone przychody [PLN]	Liczba utraconych operacji	Liczba utraconych pasażerów	Prognozowana strata za 1 dzień [PLN]
1	JETAIR	409 323	125		37 211
2	SPRINTAIR SA.	1 148 984	77	20	360 483
3	SPRINTAIR Cargo Sp.z o. o.	83 558	6	0	27 853
4	IBEX U.L. sp. z o. o.	94 000	36	60	16 000
5	PLL LOT S.A.	32 100 000	1 165	61 287	6 800 000
6	EuroLOT S.A. (wliczone w straty LOT)	0	0	0	0
7	Air Itali Polska S.A.	-	-	-	-
8	Sky Taxi sp.z o.o.	302 640	17	247	50 440
9	Exin sp.z o.o.	322 622	18	0	53 000
10	Blue Jet sp.z o. o.	342 441	9	0	34 244
11	Ad Astra Executive Charter sp.z o.o.	0	0	0	0
<b>Straty ogółem</b>		<b>34 803 568</b>	<b>1 453</b>	<b>61 614</b>	<b>7 379 231</b>

*Źródło: Ministerstwo Infrastruktury, Departament Lotnictwa*

**Tabela 5.13. Suma strat wywołanych przez erupcją wulkanu Eyjafjallajökull**

Miejsce strat	Suma strat	
	[PLN]	[Euro]
<b>Porty Lotnicze</b>	14 209 998	3 627 313
<b>Przewoźnicy</b>	34 803 568	8 884 127
<b>Polska Agencja Żeglugi Powietrznej</b>	7 500 000	1 914 486
<b>Straty ogółem</b>	<b>56 513 566</b>	<b>14 425 926</b>

*Źródło: Ministerstwo Infrastruktury, Departament Lotnictwa*

Pomimo zamknięcia przestrzeni powietrznej nad Polską na zaledwie kilka dni, straty spowodowane tym faktem wyniosły ponad 56 mln zł.

Erupcje wulkanów zagrażające kursowaniu samolotów są jednak bardzo rzadkim zjawiskiem i w ogólnym rozrachunku nie stanowią znaczącego składnika sumarycznych kosztów walki z oddziaływaniem czynników klimatycznych.

## **5.5. Ocena wpływu klimatu na sektor transportu a strategię działań adaptacyjnych**

Ocena zjawisk klimatycznych oraz ich wpływu na funkcjonowanie sektora transportu przedstawiona wyżej, także w aspekcie szacowania kosztów ponoszonych przez sektor na zapewnienie realizacji funkcji transportowych w dostosowaniu do warunków klimatycznych została przeprowadzona na bazie informacji dotyczących obecnie występujących zjawisk klimatycznych. Jest zatem pewnym kompendium wiedzy na temat tego z czym dzisiaj każdy przewoźnik i zarządca infrastruktury transportowej musi się liczyć i jak przygotowuje się do zapewnienia sprawnej usługi. W ocenie tej nie są zawarte żadne scenariusze klimatyczne, które są obecnie opracowywane w Polsce i na świecie. Jest to obszar, który powinien być w pełni znany.

Jak wykazano w przedstawionym materiale (danych dotyczących szkodowości) w kraju dysponujemy jedynie fragmentarycznymi informacjami na temat kosztów

zabezpieczenia przed oddziaływaniami klimatycznymi oraz kosztów usuwania skutków tych oddziaływań.

Wydaje się, że strategia adaptacji sektora transportu do zmian klimatu musi bazować w równej mierze na scenariuszach klimatycznych, a więc przewidywaniu jakich zmian klimatycznych można się spodziewać, jaki i na analizie kosztów.

Niezależnie od opracowanych scenariuszy i strategii podstawą do podejmowania decyzji odnośnie do adaptacji sektora transportu do zmian klimatu powinien być rachunek ekonomiczny. Analiza kosztów postępowania powinna podpowiadać, która z wymienionych niżej strategii jest najkorzystniejsza:

- nie prowadzi się żadnych prac przygotowawczych, a jedynie likwiduje skutki (straty),
- wprowadza się zabezpieczenia jedynie do pewnego poziomu, co gwarantuje ograniczenie strat, ale ich nie eliminuje,
- wprowadza się bardzo kosztowne pełne zabezpieczenie (trudne do przewidzenia, szczególnie w sytuacji dużej niepewności oceny ryzyka), ale znacząco minimalizuje koszty ponoszonych strat.

Jednocześnie działania adaptacyjne w tym także monitoring tych działań oraz zmian klimatu powinien być ograniczony do obszarów wskazanych m.in. w niniejszym opracowaniu jako obszary dużej wrażliwości na zmiany klimatyczne (wrażliwość transportu drogowego, kolejowego i lotniczego oraz żeglugi śródlądowej na oddziaływania klimatu opisano w pkt. 6. niniejszego opracowania).

Efektywność tak zdefiniowanych działań będzie uzależniona między innymi od danych uzyskiwanych od klimatologów. Z tego względu ilość danych, jakich sektor transportu będzie oczekiwał od klimatologów powinna być zredukowana do kilku najważniejszych wskaźników, np. ekstremalne temperatury, maksymalny średni opad miesięczny, głębokość przemarzania, liczba przejść temperatury przez °C, ... .

Przystosowanie sektora transportu do zmian klimatu może wymagać opracowania nowych technologii, nowych materiałów i wyrobów – dostosowanych do nowych, ekstremalnych warunków klimatycznych. A to wymaga także współpracy z innymi sektorami

gospodarki, aby ujednoczyć działania, wskazać wspólne obszary badawcze oraz sposoby wdrażania nowych technologii, a także metody ich wyceny. Pomocne mogą tutaj być przyszłe, krótkoterminowe lub wieloletnie Programy Operacyjne oraz od regionalnych po europejskie programy badawcze finansowane w ramach Perspektyw finansowych Unii Europejskiej lub budżetu krajowego.

## **5.6. Narzędzia badania wrażliwości sektora na zmiany klimatu**

Do podjęcia efektywnych działań adaptacyjnych i zapobiegawczych jest niezbędna prawidłowa ocena wrażliwości sektora na czynniki klimatyczne. Do takiej oceny jest konieczne posiadanie wiarygodnych informacji dotyczących badanego majątku i środowiska.

Z jednej strony należy analizować dane klimatyczne, z drugiej strony jest ważny monitoring kosztów ponoszonych przez sektor na profilaktykę lub likwidację skutków powstałych (w infrastrukturze, urządzeniach transportowych lub funkcjonowaniu usługi transportowej) w wyniku oddziaływania czynników klimatycznych.

W tej części pracy zostaną przedstawione potencjalne narzędzia (rozwiązania) mogące ułatwić utworzenie takiego zbioru danych.

### **Pozyskiwanie informacji do oceny ryzyka i wrażliwości infrastruktury**

Celem pozyskania danych o wrażliwości infrastruktury jest wsparcie procesów decyzyjnych dla zarządzających jej zasobami. W ujęciu teoretycznym, rekomendowana identyfikacja oraz klasyfikacja typów infrastruktury transportowej w zależności od ich wrażliwości na czynniki klimatyczne powinna składać się z następujących etapów:

- sporządzenie szczegółowego spisu i wyceny istniejącej infrastruktury oraz parku urządzeń transportowych wraz z hierarchią ich wartości;
- zebranie informacji na temat czynników klimatycznych występujących w danym regionie;
- ocena ryzyka oraz wdrażanie działań zabezpieczających.

### Sporządzenie spisu oraz hierarchizacja istniejącej infrastruktury

W wypadku infrastruktury transportowej, taki wykaz powinien zawierać wszystkie istotne informacje, np. w wypadku transportu drogowego są to:

- długość analizowanej sieci drogowej,
- wiek oraz stan techniczny drogi oraz podbudowy drogi,
- lokalizacja geograficzna,
- sposób wykorzystania (np. gospodarczy, turystyczny, lokalny),
- wartość odtworzeniowa,
- przewidywany czas funkcjonowania.

Powyższe dane są podane dla przykładu infrastruktury drogowej, jednak przy niewielkich modyfikacjach mogą być zastosowane do każdego rodzaju infrastruktury np. infrastruktury kolejowej, portów lotniczych i żeglugi śródlądowej.

Bardzo ważną informacją jest wartość odtworzeniowa analizowanego majątku. Przez pojęcie „**wartość odtworzeniowa**” rozumie się: koszty (w cenach bieżących), jakie należałoby ponieść w celu budowy np. dróg i obiektów mostowych typowych dla danej kategorii drogi poddanej wycenie.

Pojęciem uzupełniającym definicję wartości odtworzeniowej jest „**wartość umorzeniowa (zużycia)**” – jest to wysokość kosztów (w cenach bieżących), jakie należałoby ponieść na wykonanie zabiegów remontowych w celu uzyskania pierwotnych cech techniczno-eksploatacyjnych utraconych w wyniku oddziaływania klimatu.

Po wyliczeniu wartości odtworzeniowej danej infrastruktury oraz uzyskaniu danych dotyczących szkód materialnych spowodowanych przez konkretny czynnik klimatyczny można ustalić procentową utratę wartości badanego rodzaju infrastruktury. Porównanie wyników takich rachunków pozwoli na ustalenie, który rodzaj infrastruktury jest najbardziej wrażliwy na czynniki klimatyczne w ujęciu kosztowym – czyli jakie czynniki klimatyczne kosztują Skarb Państwa najwięcej oraz jakiego rzędu procentowy spadek wartości wiąże się z konkretnym czynnikiem klimatycznym na poszczególnych rodzajach infrastruktury.

Jest to najprostszy sposób analizy opisywanego problemu, teoretycznie spełnia przesłanki dotyczące zmierzenia „wrażliwości” infrastruktury, lecz tylko w ujęciu finansowym. Nie uwzględnia on jednak strategicznego znaczenia infrastruktury, równie

ważnego dla zarządzających siecią. Ustalenie hierarchii inwestycji w ocenie wrażliwości infrastruktury na czynniki klimatyczne jest równie ważne jak sporządzenie dokładnego wykazu zarządzanego majątku i jest opisane w dalszej części raportu.

### **Hierarchia infrastruktury**

Podczas oceny strat spowodowanych przez czynniki klimatyczne, należy także brać pod uwagę strategiczne znaczenie uszkodzonej infrastruktury. Nawet niewielkie w ujęciu kosztowym uszkodzenie drogi, może spowodować np. zamknięcie korytarza transportowego kluczowego dla gospodarki danego regionu.

Przy ustalaniu hierarchii infrastruktury należy brać pod uwagę takie czynniki jak:

- koszty ekonomiczne wynikające z wyłączenia z funkcjonowania danej infrastruktury,
- zagrożenia strategiczne związane z wyłączeniem z funkcjonowania danej infrastruktury,
- czas odbudowy w wypadku ewentualnego zniszczenia infrastruktury,
- możliwość zastąpienia funkcji uszkodzonego odcinka infrastruktury przez pozostałe elementy sieci (np. objazdy zablokowanej drogi, przekierowanie na lotnisko rezerwowe) itp.

Przykładem hierarchizacji może być planowanie zimowego utrzymania dróg w konkretnej kolejności (standardzie), w zależności od znaczenia poszczególnych odcinków dla funkcjonowania całej sieci transportowej.

### **Podsumowanie**

Analiza danych z powyższych punktów pozwoli na oszacowanie ryzyka wystąpienia konkretnych zagrożeń klimatycznych zagrażających funkcjonowaniu sektora transportu. W ocenie ryzyka powinno brać się pod uwagę zarówno prawdopodobieństwo wystąpienia danego zjawiska oraz ekonomiczne skutki z nim związane. Środki zapobiegawcze i adaptacyjne, w pierwszej kolejności powinny zostać przeznaczone na niwelację najpoważniejszych zagrożeń obliczanych na podstawie danych zebranych powyżej opisanymi narzędziami.

Analiza wpływu zjawisk klimatycznych na prawidłowe funkcjonowanie sektora transportu ma niepodważalne znaczenie dla prawidłowego i efektywnego zabezpieczania się

przed nadmiernymi kosztami walki z klimatem.

Do pełnej oceny tych skutków jest niezbędne prowadzenie odpowiednich statystyk kosztów oddziaływania czynników klimatycznych. Tylko dzięki długoterminowej analizie skutków zjawisk klimatycznych i klęsk żywiołowych występujących w przeszłości jesteśmy w stanie ocenić wrażliwość poszczególnych rodzajów transportu (infrastruktury) na konkretne klęski żywiołowe.

Dzięki tej wiedzy jesteśmy w stanie tak przygotować zarządzany majątek, aby minimalizować koszty ponoszone w przyszłości.

Biorąc pod uwagę zaprezentowane dane można stwierdzić, że najpoważniejszym zagrożeniem dla krajowej infrastruktury było zjawisko powodzi. Jednakże do wyciągnięcia takiego wniosku nie są potrzebne żadne głębsze analizy, wystarczy zapoznanie się z historią i zakresem występowania powodzi w naszym kraju.

Szczegółowe analizy są natomiast potrzebne do dokładnego określenia wpływu tego zjawiska na poszczególne rodzaje elementów sektora transportu. Tylko taka wiedza pozwoli na sprawne i efektywne zabezpieczenie najbardziej wrażliwych elementów infrastruktury transportowej.

Dotyczy to wszystkich zjawisk klimatycznych – oprócz powodzi poważnymi problemami w Polsce są m.in. niskie temperatury (problem przemarzania podłoża gruntowego i mrozoodporność wyrobów budowlanych oraz nasilające się w ostatnich latach huragany).

Co więcej, te niekompletne statystyki dotyczą jedynie bezpośrednich kosztów usuwania skutków zjawisk klimatycznych. Nie uwzględniają wszystkich negatywnych zjawisk występujących w obszarze gospodarki w następstwie klęsk żywiołowych.

Zaliczamy do nich takie czynniki jak: wzrost inflacji wywołany podwyżką cen artykułów spożywczych, zmniejszenie produkcji przemysłowej na terenie całego kraju, ogólny spadek aktywności małych i średnich przedsiębiorstw, zmniejszenie konsumpcji itp.

Tego typu pośrednie skutki są także bardzo ważne dla rządzących i powinny być uwzględniane w polityce zabezpieczania i adaptacji infrastruktury transportowej do zmian klimatycznych.

---

## 6. ANALIZA ROZWIĄZAŃ ZABEZPIELAJĄCYCH PRZED WYSTĄPIENIEM NIEKORZYSTNYCH SKUTKÓW ZMIAN KLIMATU LUB ADAPTUJĄCYCH ELEMENTY SYSTEMU TRANSPORTOWEGO DO PROGNOZOWANYCH ZMIAN

### 6.1. Ocena wrażliwości sektora na umowne kategorie klimatu

Na podstawie zebranych danych, wiedzy w zakresie funkcjonowania sektora oraz uwzględniając przyjęte wyżej założenia dotyczące: umownych kategorii klimatu (por. tab. 4.1. i 4.2.) i skali ocen od 0 do 3 (por. tab. 4.3.) przeprowadzono analizę mającą na celu opracowanie uproszczonej oceny wrażliwości sektora transportu na czynniki klimatyczne.

Ocenę tę w odniesieniu do rodzajów transportu oraz ich elementów (infrastruktury, urządzeń transportowych i komfortu socjalnego) przedstawiono w tabelach 6.1÷6.4.

W stosunku do pierwotnej propozycji sformułowanej w pracy *Opracowanie wskaźników wrażliwości sektora transportu dla M.* z 2010 r. wprowadzono korektę upraszczającą polegającą na założeniu, że:

- oddziaływanie umownej kategorii klimatycznej na dany element sektora transportu ma miejsce przez znaczący w skali roku okres, tzn. zjawiska występujące przez okres kilku dni są uznane za uciążliwe w stopniu 2 nawet wtedy, jeżeli całkowicie uniemożliwiają funkcjonowanie transportu, ale tylko przez kilka dni,
- oddziaływanie umownej kategorii klimatycznej na dany element sektora transportu jest istotne ze względu na potrzebę prowadzenia prac adaptacyjnych wówczas, gdy wrażliwość na daną kategorię występuje w stopniu 2 lub 3,
- przyjęto, że w stopniu 3 mogą występować uciążliwości dotyczące istotnego wyłączenia infrastruktury, ponieważ w odniesieniu do środków transportu oraz komfortu socjalnego są możliwe działania tymczasowe, krótkookresowe, podejmowane w chwili wystąpienia problemu klimatycznego, a infrastruktura jest budowana na okres obejmujący 100 i więcej lat.

Wykorzystując opisane wyżej założenia opracowano tabele 6.1÷6.4. i zaprezentowano je niżej.

**Tabela 6.1. Wrażliwość transportu drogowego na oddziaływanie klimatu**

L.p.	Umowna kategoria klimatu	Wrażliwość elementów transportu drogowego		
		infrastruktura	środek transportu	komfort socjalny
1	2	3	4	5
1.	mróz	2	2	2
2.	śnieg	3	1	2
3.	deszcz	3	1	1
4.	wiatr	3	2	1
5.	upał	2	1	2
6.	mgła	1	0	2
0 – neutralne; 1 – utrudniające; 2 – ograniczające; 3 - uniemożliwiające				

**Tabela 6.2. Wrażliwość transportu kolejowego na oddziaływanie klimatu**

L.p.	Umowna kategoria klimatu	Wrażliwość elementów transportu kolejowego		
		infrastruktura	środek transportu	komfort socjalny
1	2	3	4	5
1.	mróz	3	1	1
2.	śnieg	3	1	1
3.	deszcz	3	0	1
4.	wiatr	3	0	0
5.	upał	1	0	1
6.	mgła	0	0	2
0 – neutralne; 1 – utrudniające; 2 – ograniczające; 3 - uniemożliwiające				

**Tabela 6.3. Wrażliwość transportu lotniczego na oddziaływanie klimatu**

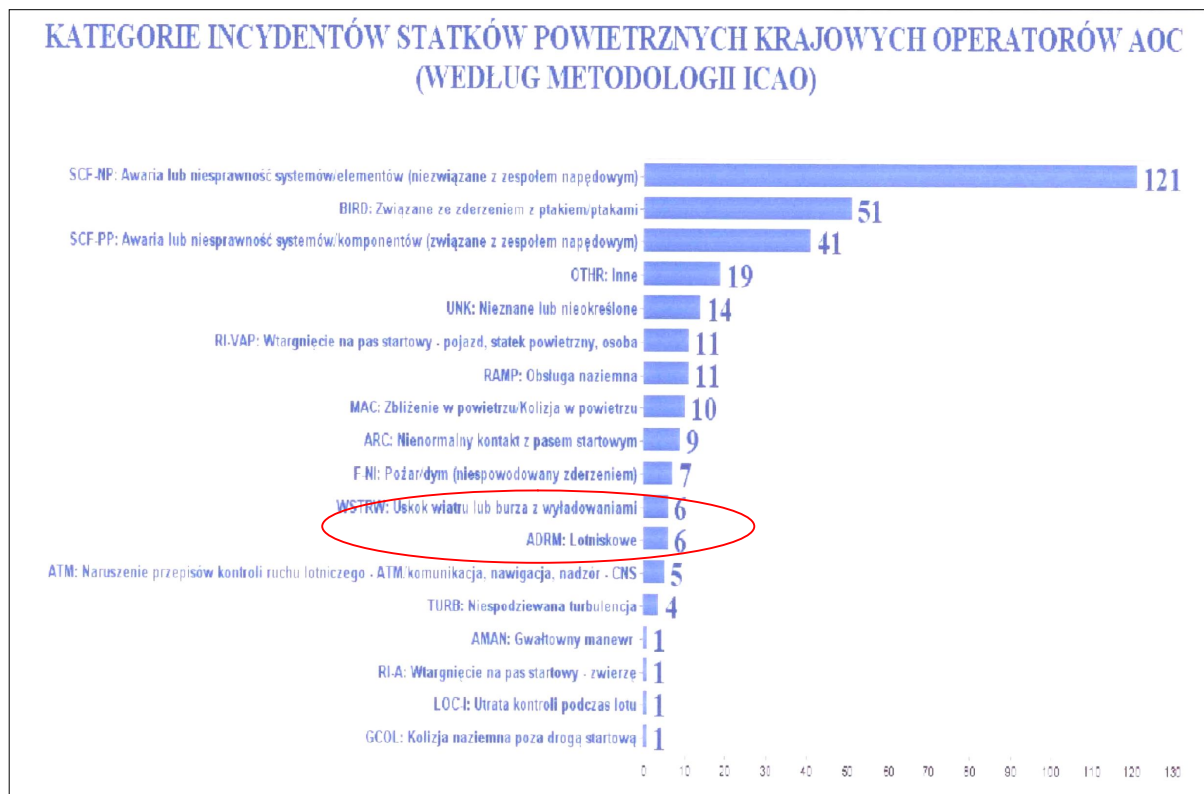
L.p.	Umowna kategoria klimatu	Wrażliwość elementów transportu kolejowego		
		infrastruktura	środek transportu	komfort socjalny
1	2	3	4	5
1.	mróz	2	2	1
2.	śnieg	3	1	1
3.	deszcz	1	1	1
4.	wiatr	2	2	2
5.	upał	1	2	1
6.	mgła	0	2	1
<b>0 – neutralne; 1 – utrudniające; 2 – ograniczające; 3 - uniemożliwiające</b>				

**Tabela 6.4. Wrażliwość żeglugi śródlądowej na oddziaływanie klimatu**

L.p.	Umowna kategoria klimatu	Rodzaje elementów sektora żeglugi śródlądowej		
		infrastruktura	środek transportu	komfort socjalny
1	2	3	4	5
1.	mróz	3	2	2
2.	śnieg	2	2	0
3.	deszcz	2	0	1
4.	wiatr	2	2	2
5.	upał	0	2	1
6.	mgła	0	2	2
<b>0 – neutralne; 1 – utrudniające; 2 – ograniczające; 3 - uniemożliwiające</b>				

Należy zwrócić szczególną uwagę na fakt, że transport lotniczy i żegluga śródlądowa, które w powszechnym mniemaniu są bardzo silnie związane z warunkami klimatycznymi w przedstawionych wyżej ocenach tabelarycznych nie wykazują bardzo dużej wrażliwości na umowne kategorie klimatu. Wynika to z faktu, że np. lotnictwo już w chwili obecnej jest przygotowane na funkcjonowanie w trudnych warunkach klimatycznych lub tak, jak żegluga śródlądowa pełni swoje funkcje transportowe sezonowo w okresie dogodnych warunków klimatycznych.

Uzupełnieniem tych rozważań może być wykres pokazany na rys. 6.1. zawarty w *Informacji o zdarzeniach w lotnictwie cywilnym w 2010 r.* Na wykresie pokazano, że incydenty wywołane czynnikami klimatycznymi takimi, jak: uskok wiatru lub burza z wylądowaniami, stanowią zaledwie 6% w ogólnej liczbie incydentów. Podobnie zdarzenia lotniskowe, wśród których mieszczą się problemy związane ze stanem nawierzchni lotniskowej, stanowią także zaledwie 6% zdarzeń.



**Rys. 1 Kategorie incydentów statków powietrznych**

Źródło: *Informacja o zdarzeniach w lotnictwie cywilnym w 2010 r.*, Wydział Analiz i Statystyki Bezpieczeństwa Lotów Urzędu Lotnictwa Cywilnego (stan na 2011-03-16)

## 6.2. Legislacja w sektorze transportu a zmiany klimatu

W niniejszym punkcie zestawiono wykazy przykładowych aktów prawnych i przepisów technicznych stosowanych w odniesieniu do infrastruktury transportowej, w których ujawnia się problem oddziaływania klimatu na sektor. Jest to wykaz:

- ustaw i rozporządzeń stosowanych w sektorze,
- wybranych norm budowlanych, które dotyczą zasad projektowania budowli oraz właściwości wyrobów budowlanych z uwzględnieniem czynników klimatycznych,
- asortymentowy wyrobów budowlanych, na które są wydawane aprobaty ze względu na wrażliwość na czynniki klimatyczne.

Wykazy te dowodzą w jak wielu dokumentach może powstać konieczność zmiany zapisów wynikającą z wprowadzenia strategii adaptacji do zmian klimatu. Konieczna jest zatem wnikliwa analiza takich dokumentów, aby zmiany legislacyjne wprowadzać sukcesywnie i tam, gdzie jest to rzeczywiście konieczne

### 6.2.1. Wybrane akty prawne związane z funkcjonowaniem sektora transportu

Wykaz obejmujący ważniejsze akty prawne dotyczące sektora transportu podano niżej w układzie alfabetycznym.

1. Konwencja o ujednoczeniu niektórych zasad dotyczących międzynarodowego przewozu lotniczego (Dz. U. Nr 37, poz. 235).
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 11 lipca 2008 r. w sprawie przewozu lotniczego materiałów wymagających szczególnego traktowania (Dz. U. Nr 126, poz. 814).
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 września 2005 r. w sprawie przygotowania lotnisk do sytuacji zagrożenia oraz lotniskowych służb ratowniczo-gaśniczych (Dz. U. Nr 197, poz. 1634 z późn. zm.).
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 16 stycznia 2002 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych (Dz. U. z dnia 15 lutego 2002 r. z późn. zm.).
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 18 lipca 2005 r. w sprawie ogólnych warunków prowadzenia ruchu kolejowego i sygnalizacji (Dz. U. Nr 172, poz. 1444 z późn. zm.).

6. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. z dnia 14 maja 1999 r. z późn. zm.).
7. Rozporządzenie Ministra Transportu z dnia 18 stycznia 2007 r. w sprawie wypadków i incydentów lotniczych (Dz. U. Nr 35, poz. 225).
8. Rozporządzenie Ministra Transportu z dnia 30 kwietnia 2007 r. w sprawie poważnych wypadków, wypadków i incydentów na liniach kolejowych (Dz. U. Nr 89, poz. 593).
9. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) Nr 1008/2008 z dnia 24 września 2008 r. w sprawie wspólnych zasad przewozów lotniczych na terenie wspólnoty (Dz. U. UE L Nr 293, s. 3).
10. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) Nr 785/2004 z dnia 21 kwietnia 2004 r. w sprawie wymogów w zakresie ubezpieczenia w odniesieniu do przewoźników lotniczych i operatorów statków powietrznych (Dz. U. UE L Nr 138, s. 1).
11. Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 16 listopada 2007 r. w sprawie szczegółowego zakresu działania Ministra Infrastruktury (Dz. U. Nr 216, poz. 1594).
12. Rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie z dnia 7 maja 2002 r. w sprawie klasyfikacji śródlądowych dróg wodnych (Dz. U. z 2002 nr 77 poz. 695 z późn. zm.).
13. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 6 stycznia 1998 r. w sprawie tworzenia, gospodarowania, dysponowania i finansowania rezerw państwowych, kontroli i tworzenia systemu informacyjnego o rezerwach gospodarczych (Dz. U. Nr 5, poz. 15).
14. Rozporządzeniu. Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz. U. z dnia 3 sierpnia 2000 r. z późn. zm.).
15. Ustawa z dnia 15 listopada 1984 r. Prawo przewozowe (Dz. U. z 2000 r. Nr 50, poz. 601 z późn. zm.).
16. Ustawa z dnia 16 grudnia 2005 r. o finansowaniu infrastruktury transportu lądowego (Dz. U. Nr 267, poz. 2251 z późn. zm.).
17. Ustawa z dnia 17 lipca 1997 r. o szczególnych zasadach remontów i odbudowy obiektów budowlanych zniszczonych lub uszkodzonych wskutek powodzi (Dz. U. z 1997 r. Nr 80, poz. 492).

18. Ustawa z dnia 18 kwietnia 2002 r. o stanie klęski żywiołowej (Dz. U. Nr 62, poz. 558 z późn. zm.).
19. Ustawa z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych (Dz. U. Nr 19, poz. 115 z późn. zm.).
20. Ustawa z dnia 21 grudnia 2000 r. o żegludze śródlądowej (Dz. U. z 2001 r. Nr 5, poz. 43 z późn. zm.).
21. Ustawa z dnia 23 października 1987 r. o przedsiębiorstwie państwowym „Porty Lotnicze” (Dz. U. Nr 33, poz. 185 z późn. zm.).
22. Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzania kryzysowym (Dz. U. Nr 89, poz. 590 z późn. zm.).
23. Ustawa z dnia 27 października 1994 r. o autostradach płatnych oraz Krajowym Funduszu Drogowym (Dz. U. z 2004 r., Nr 256, poz. 2571 z późn. zm.).
24. Ustawa z dnia 27 sierpnia 2009 r. o finansach publicznych (Dz. U. Nr 157, poz. 1240).
25. Ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym (Dz. U. z 2007 r., Nr 16, poz. 94 z późn. zm.).
26. Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze (Dz. U. z 2006 r. Nr 100, poz. 696 z późn. zm.).
27. Ustawa z dnia 31 marca 2004 r. o przewozie koleją towarów niebezpiecznych (Dz. U. Nr 97, poz. 962 z późn. zm.);
28. Ustawa z dnia 4 września 1997 r. o działach administracji rządowej (Dz. U. z 2007 r., Nr 65, poz. 437 z późn. zm.).
29. Ustawa z dnia 6 września 2001 r. o transporcie drogowym (Dz. U. z 2007 r. Nr 125, poz. 874 z późn. zm.).
30. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane (Dz. U. z 2006 r. Nr 156, poz. 118).
31. Ustawa z dnia 8 grudnia 2006 r. o Polskiej Agencji Żeglugi Powietrznej (Dz. U. Nr 249, poz. 1829 z późn. zm.).

### 6.2.2. Wybrane normy budowlane

W tabeli 6.5. zestawiono wybrane normy dotyczące materiałów lub wyrobów budowlanych oraz zasad projektowania obiektów infrastruktury komunikacyjnej. W wykazie tym zasygnalizowano wymagania związane z oddziaływaniem czynników klimatycznych oraz metodami badania wyrobów ze względu na czynniki klimatyczne.

**Tabela 6.5. Wykaz norm uwzględniających elementy klimatu  
w odniesieniu do infrastruktury transportowej**

Lp.	Numer normy	Tytuł normy	Opis
1	2	3	4
<b>1. Kruszywa</b>			
1.	PN-EN 13043:2004	Kruszywa do mieszanek bitumicznych i powierzchniowych utwaleń stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu	Trwałość a zamrażanie i odmrażanie. Kategorie odporności na szok termiczny.
2.	PN-EN 13242+A1:2008	Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym	Nasiąkliwość jako badanie wskaźnikowe mrozoodporności: WA <sub>241</sub> , WA <sub>242</sub> . Kategorie mrozoodporności - zamrażanie i odmrażanie F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> , F <sub>4</sub> , F <sub>deklar</sub> , F <sub>NR</sub> .
<b>2. Wypełniacze i zalewy</b>			
1.	PN-EN 14188-1:2010	Wypełniacze złączy i zalewy – Część 1: Specyfikacja zalew na gorąco	Zakres zmian temperatury +25/–30°C. Stabilność cieplna/zmiana penetracji w temp. +70°C. Kohezja, maksymalne naprężenia rozciągające w niskiej temperaturze.
2.	PN-EN 14188-2:2010	Wypełniacze szczelin i zalew – Część 2: Specyfikacja zalew na zimno	Sztuczne starzenie w warunkach atmosferycznych spowodowane promieniami UV. Kohezja w chłodnym klimacie -30oC

Lp.	Numer normy	Tytuł normy	Opis
1	2	3	4
3.	PN-EN 14188-3:2010	Wypełniacze szczelin i zalewy drogowe – Część 3: Wymagania wobec wkładek uszczelniających	Odkształcenia trwałe w temperaturze -25°C. Nawrót sprężysty -25°C, +70°C. Minimalna siła ściskająca w chłodnym klimacie -30°C.
<b>3. Lepiszcza i materiały nawierzchniowe</b>			
1.	PN-EN 12591:2009	Asfalty i produkty asfaltowe - Wymagania dla asfaltów drogowych	Odporność na starzenie: wzrost temperatury mięknięcia – odporność na koleinowanie i pękanie
2.	PN-EN 12697-12:2004	Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-bitumicznych na gorąco. Część 12: Określanie wrażliwości próbek asfaltowych na wodę ( <i>oryg.</i> )	Ocena wrażliwości na temperaturę i zawilgocenie
3.	PN-EN 13808:2005	Asfalty i lepiszcza asfaltowe - Zasady specyfikacji kationowych emulsji asfaltowych ( <i>oryg.</i> )	Konsystencja w pośredniej i wysokiej temperaturze eksploatacji – Badanie penetracji PN-EN 1426 lub czasy wypływu PN-EN 13357, temperatury mięknięcia PN-EN 1427 lub lepkości dynamicznej PN-EN 12596
4.	PN-EN 13877-1:2007	Nawierzchnie drogowe - Część 1: Materiały	Cykle zamrażania i odmrażania – stopień narażenia klasyfikowany wg PN-EN 206, mrozoodporność wybrana i klasyfikowana wg PN-EN 12390
5.	PN-EN 13877-2:2007	Nawierzchnie drogowe - Część 2: Wymagania funkcjonalne dla nawierzchni	Kategorie mrozoodporności określane ubytkiem masy po 28 i 56 cyklach
6.	PN-EN 14023:2006	Asfalty i lepiszcza asfaltowe - Zasady specyfikacji dla asfaltów modyfikowanych polimerami ( <i>oryg.</i> )	Stołość konsystencji. Odporność na starzenie. Badania cienkiej warstwy RTFOT w temp. 163°C do 180°C.
7.	PN-EN 12271:2009	Powierzchniowe utrwalanie – Wymagania	Odporność na płygnięcie/deformację (łącznie z zależnością od temperatury)

Lp.	Numer normy	Tytuł normy	Opis
1	2	3	4
<b>4. Wyroby cementowe (betonowe) i ceramiczne</b>			
1.	PN-EN 206-1:2003	Beton - Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność	Agresywne oddziaływanie zamrażania i odmrażania bez środków odladzających lub ze środkami odladzającymi - klasa XF1, XF2, XF3, XF4z.
2.	PN-B-06265:2004	Krajowe uzupełnienia PN-EN 206-1:2003 Beton - Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność	Zdefiniowane wymagania.
3.	PN-EN 295-1	Rury i kształtki kamionkowe i ich połączenia do sieci drenażowej i kanalizacyjnej	Odporność na cykle termiczne – zmiany temp. –10°C do +70°C.
4.	PN-EN 1433:2005	Kanały odwadniające nawierzchnię dla ruchu pieszego i kołowego - Klasyfikacje, wymagania konstrukcyjne, badanie, znakowanie i ocena zgodności	Odporność na zamrażanie i odmrażanie.
5.	PN-EN 1338:2005	Betonowa kostka brukowa – Wymagania i badania	Odporność na warunki atmosferyczne – odporność na zamrażanie i odmrażanie z udziałem soli odladzającej – cykli 150
6.	PN-EN 1339: 2006	Betonowe płyty brukowe Wymagania i metody badań	Odporność na warunki atmosferyczne – odporność na zamrażanie i odmrażanie z udziałem soli odladzającej – cykli 150
7.	PN-EN 1340:2004	Krawężniki betonowe - Wymagania i metody badań	Odporność na warunki atmosferyczne – odporność na zamrażanie i odmrażanie z udziałem soli odladzającej – cykli 150

Lp.	Numer normy	Tytuł normy	Opis
1	2	3	4
8.	PN-EN 1504-2:2006	Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności - Część 2: Systemy ochrony powierzchni betonu	Zamrażanie i odmrażanie w obecności soli – 20 cykli. Są wydawane aprobaty techniczne – 200 cykli
9.	PN-EN 1344:2004	Ceramiczna cegła drogowa - Wymagania i metody badań	Odporność na zamrażanie i odmrażanie – klasa
10.	PN-EN 1504-3:2006	Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych – Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności - Część 3: Naprawy konstrukcyjne i niekonstrukcyjne	Kompatybilność cieplna. Zamrażanie – rozmrażanie - 50 cykli. Są wydawane aprobaty techniczne – 200 cykli
11.	PN-EN 1504-5:2006	Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności - Część 5: Iniekcja betonu	Temperatura stosowania niższa niż 3°C, wyższa niż 21°C.
12.	PN-EN 1504-9:2008	Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych - Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności - Część 9: odstawowe zasady dotyczące stosowania wyrobów i systemów ( <i>oryg.</i> )	Oddziaływania fizyczne, zamrażanie – rozmrażanie, oddziaływanie cieplne, erozja – przyczyny uszkodzeń betonu.
13.	PN-EN 13369:2005	Wspólne wymagania dla prefabrykatów z betonu	Trwałość – okres użytkowania wg PN-EN 1992-1
14.	PN-EN 14487-1:2007	Beton natryskowy - Część 1: Definicje, wymagania i zgodność	Mrozoodporność w EN nie określona, załącznik krajowy, którym jest wg PN-EN PN-B-06250.  Temperatura mieszanki przed zastosowaniem +5°C do +30°C.

Lp.	Numer normy	Tytuł normy	Opis
1	2	3	4
15.	PN-EN 15050:2010	Prefabrykaty z betonu - Elementy mostów ( <i>oryg.</i> )	<p>Warunki otoczenia</p> <p>C - powierzchnie wewnętrzne nie podlegające działaniu soli odladzającej, kontakt z nieagresywnym gruntem</p> <p>E - działanie soli odladzających, środowisko wody morskiej,</p> <p>G - powierzchnie narażone na wpływ soli odladzających w ostrych warunkach.</p> <p>Trwałość z uwagi na cykle zamrażania i odmrażania.</p>
<b>5. INNE</b>			
1.	PN-EN 1790:2002	Materiały do poziomego oznakowania dróg - Prefabrykowane materiały do poziomego oznakowania dróg	<p>Odporność na promieniowanie ultrafioletowe - określenie współczynnika iluminacji przed i po starzeniu w wyniku oddziaływania promieni UV.</p> <p>Klasy odporności.</p>
2.	PN-EN 13249:2002	Geotekstylia i wyroby pokrewne - Właściwości wymagane w odniesieniu do wyrobów stosowanych do budowy dróg i innych powierzchni obciążonych ruchem (z wyłączeniem dróg kolejowych i nawierzchni asfaltowych)	<p>Trwałość. Odporność na starzenie w warunkach atmosferycznych.</p> <p>Przewidywana trwałość co najmniej 25 lat w temp. 25°C w gruntach o <math>4 &lt; \text{pH} &lt; 9</math></p>
3.	PN-EN ISO 12944-5	Farby i lakiery- Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich - Część 5: Ochronne systemy malarskie	<p>6 kategorii korozyjności atmosfery –C1, C2, C3, C4, C5-1 C5-M</p>

Lp.	Numer normy	Tytuł normy	Opis
1	2	3	4
<b>6. Obiekty mostowe</b>			
1.	PN-EN 1990:2004	Eurokod - Podstawy projektowania konstrukcji	Informacje ogólne dotyczące projektowania
2.	PN-EN 1991-1-3:2005 PN-EN 1991-1-3:2005/NA	Eurokod 1 - Oddziaływania na konstrukcje - Część 1-3: Oddziaływania ogólne - Obciążenie śniegiem	Podano klasyfikacje oddziaływań, sytuacje obliczeniowe w zależności od warunków : normalnych, wyjątkowych, określono współczynnik ekspozycji dla różnych warunków terenowych, podano zależności obciążenia śniegiem od wysokości npm. Podano mapy regionów klimatycznych i mapy obciążenia śniegiem w różnych regionach. Załącznik krajowy NA Podaje podział Polski na strefy obciążenia śniegiem.
3.	PN-EN 1991-1-4:2008	Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje - Część 1-4: Oddziaływania ogólne - Oddziaływania wiatru	Określono wpływ terenu; chropowatość każdej kategorii terenu; współczynnika orografii, wzrostu prędkości wiatru nad wzniesieniem terenu.
4.	PN-B-02011	Obciążenia w obliczeniach statycznych - Obciążenie wiatrem	Podział stref wartości bazowej prędkości wiatru

Lp.	Numer normy	Tytuł normy	Opis
1	2	3	4
5.	PN-EN 1991-1-5:2005 PN-EN 1991-1-5:2005/NA	Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje - Część 1-5: Oddziaływania ogólne - Oddziaływania termiczne	Zasady i reguły obliczeń termicznych na budynki, mosty i inne konstrukcje.  Opisano zmiany temperatury w elementach konstrukcyjnych. Charakterystyczne wartości oddziaływań termicznych na konstrukcje wystawione na dobowe i sezonowe zmiany klimatyczne.  Załącznik krajowy NA podaje rozkłady temperatur na terenie Polski.

Podobne wykazy norm można opracować dla obszaru transportu kolejowego i lotniczego raz żeglugi śródlądowej. W wielu wypadkach będą to te same, co wskazane wyżej normy, np. dotyczące mrozoodporności wyrobów budowlanych lub obciążenia śniegiem i wiatrem.

Powyższy wykaz ma za zadanie jedynie wskazać pewien obszar związany z aktami normalizacyjnymi, który będzie wymagał w przyszłości przeprowadzenia działań mających na celu dostosowanie przepisów technicznych (wymagań normowych) do zmieniających się warunków klimatycznych.

### 6.2.3. Wykaz asortymentowy aprobat technicznych

Aprobaty techniczne są dokumentami technicznymi, które podobnie jak normy, umożliwiają wprowadzenie wyrobu budowlanego na rynek. Mogą być opracowywane w odniesieniu do wyrobów wskazanych w stosownych mandatach wymaganych w dokumentach unijnych, lub jeżeli jest konieczne wprowadzenie dodatkowego wymagania, np. wynikającego z oddziaływania czynników klimatycznych.

W tabeli 6.6. podano przykładowy wykaz asortymentowy wyrobów, na które mogą być wydawane przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów aprobaty techniczne, ze względu na wymagania związane z oddziaływaniem czynników klimatycznych, w zakresie inżynierii

komunikacyjnej. W odniesieniu do wyrobów budowlanych stosowanych w budownictwie ogólnym analogiczne uprawnienia do wydawania aprobat technicznych posiada Instytut Techniki Budowlanej.

**Tabela. 6.6. Wykaz asortymentowy aprobat technicznych**

Lp.	Asortyment	Właściwość wyrobu uzależniona od czynników klimatycznych
1	2	3
1	Studzienki kablowe, prefabrykowane, (betonowe, żelbetowe, z polietylenu (PE), z polipropylenu (PP), z poli(chlorku winylu) (PVC-U), z utwardzalnych tworzyw sztucznych wzmocnionych włóknem szklanym (GRP))	Odporność na działanie mrozu (głębokość przemarzania gruntu)
2	Geosyntetyki komórkowe GCE (polipropylenowe (PP), polietylenowe (PE), poliestrowe), do (wzmacniania i powierzchniowych zabezpieczeń przeciwoerozyjnych)	Odporność na działanie mrozu i promieni UV
3	Separatory ruchu ciągle (stalowe, gumowe, z tworzyw sztucznych)	Odporność na działanie mrozu i promieni UV
4	Płyty akustyczne (szklane, poliwęglanowe, polimetakrylanowo-metylowe, aluminiowe) do ekranów przeciwdźwiękowych	Obciążenia wiatrem, śniegiem, odporność na działanie promieni UV
5	Maty przeciwwibracyjne (elastomerowe) do nawierzchni szynowych	Odporność na działanie mrozu i promieni UV
6	Pręty żebrowane (stalowe) do zbrojenia betonu	Odporność na działanie wysokiej temperatury
7	Studzienki włazowe (betonowe, żelbetowe, polimerobetonowe, z polietylenu (HDPE), z polipropylenu (PP), z poli(chlorku winylu) (PVC-U) z utwardzalnych tworzyw sztucznych, z utwardzalnych tworzyw sztucznych wzmocnionych włóknem szklanym (GRP)) do kanalizacji	Odporność na działanie mrozu
8	Umocnienia prefabrykowane (betonowe, żelbetowe) do skarp i dna rowów drogowych, wlotów i wylotów przepustów	Odporność na działanie mrozu, nasiąkliwość

L.p.	Asortyment	Właściwość wyrobu uzależniona od czynników klimatycznych
1	2	3
9	Płyty drogowe wielootworowe, prefabrykowane (stalowe, betonowe, żelbetowe)	Odporność na działanie mrozu, nasiąkliwość
10	Izolacje wodochronne w arkuszach, zgrzewalne, (papowe - polimeroasfaltowe) do pomostów	Giętkość w temp – 20°C, nasiąkliwość
11	Izolacje nawierzchnie wodochronne (asfaltowe, z emulsji asfaltowych, poliuretanowe, epoksydowe, metakrylowe, z kopolimerów) do pomostów	Mrozoodporność po 200 cyklach
12	Powłoki cienkowarstwowe, (akrylowe, epoksydowe, poliuretanowe, kopolimerowe, cementowe), do ochrony powierzchniowej betonu	Mrozoodporność po 200 cyklach
13	Wyprawy do zabezpieczenia powierzchni betonu	Mrozoodporność po 200 cyklach
14	Powłoki cienkowarstwowe (akrylowe, epoksydowe, poliuretanowe, kopolimerowe, cementowe) do ochrony powierzchniowej betonu	Mrozoodporność po 200 cyklach
14	Mieszanki (mineralno-asfaltowe) na zimno do napraw cząstkowych	Temperatura układania +60°C
15	Zaprawy (cementowe) do układania nawierzchni brukowych	Mrozoodporność, nasiąkliwość
16	Kleje (z tworzyw sztucznych, z kopolimerów epoksydowych, poliuretanowe) do mocowania szyn	Mrozoodporność, odporność na UV
17	Wkładki (elastomerowe) do mostowych urządzeń dylatacyjnych	Mrozoodporność, odporność na UV
18	Mostowe wkładki (elastomerowe) do szczelin dylatacyjnych	Mrozoodporność, odporność na UV

Zaprezentowane wyżej wykazy dotyczące norm oraz aprobat technicznych nie wyczerpują zakresu tematycznego są jedynie sygnałem wskazującym na potrzebę przeprowadzenia dogłębnej analizy naukowej wskazującej w jakich aktach normalizacyjnych należy znowelizować zapisy i to stosownie do przewidywanych scenariuszy zmian klimatu.

#### 6.2.4. Wybrane instrukcje wewnętrzne PKP PLK

Niżej w tabeli 6.7. przedstawiono wykaz wybranych, przykładowych instrukcji wewnętrznych stosowanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., które zawierają odniesienia do warunków atmosferycznych i mogą wymagać nowelizacji dostosowującej wymagania do przewidywanych zmian klimatu.

**Tabela 6.7. Wykaz ważniejszych instrukcji wewnętrznych PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. zawierających odniesienia do warunków atmosferycznych**

L.p.	Symbol instrukcji	Nazwa instrukcji	Obowiązuje od
1	2	3	4
1	Ir-1 (R-D)	Instrukcja o prowadzeniu ruchu pociągów	24 września 2007 r.
2	Ir-2 (R-7)	Instrukcja dla personelu obsługi ruchowych posterunków technicznych	1 marca 2005 r.
3	Ir-7 (R-20)	Instrukcja obsługi przejazdów kolejowych	1 czerwca 2005 r.
4	Ir-8 (R-3)	Instrukcja o postępowaniu w sprawach poważnych wypadków, wypadków, incydentów oraz trudności eksploatacyjnych na liniach kolejowych	1 października 2006 r.
5	Ir-13 (R-23)	Instrukcja dla dyspozytora zarządcy infrastruktury kolejowej	6 kwietnia 2009 r.
6	Ir-1 5 (D-21)	Instrukcja o kolejowym ratownictwie technicznym	1 lipca 2007 r.
7	Ir-17	Instrukcja o zapewnieniu sprawności kolei w zimie	6 października 2010 r.
8	Id-1 (D-1)	Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych	1 sierpnia 2005 r.
9	Id-2 (D-2)	Warunki techniczne dla kolejowych obiektów inżynierskich	15 grudnia 2005 r.
10	Id-3	Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego	18 maja 2009 r.

L.p.	Symbol instrukcji	Nazwa instrukcji	Obowiązuje od
1	2	3	4
11	Id-4 (D-6)	Instrukcja o oględzinach, badaniach technicznych i utrzymaniu rozjazdów	1 sierpnia 2005 r.
12	Id-8	Instrukcja diagnostyki nawierzchni kolejowej	19 maja 2005 r.
13	Id-13 (D-41)	Instrukcja użytkowania oraz utrzymania pługów i zespołów odśnieżnych	24 czerwca 2005 r.
14	Id-14 (D-75)	Instrukcja o dokonywaniu pomiarów, badań i oceny stanu torów	15 sierpnia 2005 r.
15	Iet-1	Instrukcja eksploatacji i utrzymania urządzeń elektrycznego ogrzewania rozjazdów	22 stycznia 2008 r.
16	Iet-2	Instrukcja utrzymania sieci trakcyjnej	1 września 2010 r.
17	Itw-3	Instrukcja obsługi i utrzymania w eksploatacji hamulców pojazdów kolejowych	5 maja 2011 r.
18	Itw-4	Instrukcja utrzymania pojazdów kolejowych	5 maja 2011 r.

Należy zaznaczyć, że instrukcje stosowane na kolei w wielu wypadkach mają zapisy o charakterze ogólnym lub szczegółowym, dostosowanym do bardzo zróżnicowanych sytuacji jakie mogą wystąpić na trasie. Z tego względu nowelizacja instrukcji powinna uwzględniać zalety dotychczasowych zapisów.

Dla zobrazowania problemu niżej zamieszczono cytaty z **Instrukcji Obsługi Przejazdów Kolejowych Ir-7 (R-20)** (Załącznika do Uchwały Nr 81 Zarządu Spółki PKP PLK S.A. z dnia 03 marca 2005r., PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2005 r.):

**§25. Postępowanie w czasie opadów atmosferycznych, zamieci śnieżnych, mrozów oraz odwilży**

*1. Stosownie do panujących warunków pogodowych dróżnik przejazdowy powinien:*

- 1) zachować szczególną ostrożność w warunkach ograniczonej opadami śnieżnymi, zamiecią, mgłą oraz ulewą, widoczności i słyszalności,
  - 2) usuwać powstałe na przejeździe zasy py śnieżne zagrażające lub utrudniające przejazd pociągów i pojazdów drogowych w granicach rogatek,
  - 3) w czasie gołoledzi posypywać piaskiem jezdnię pomiędzy rogatkami,
  - 4) oczyszczać żłobki szynowe na przejeździe ze śniegu, lodu i z innych zanieczyszczeń,
  - 5) usuwać śnieg i oblodzenie z dróg rogatkowych i jego elementów oraz czyścić ze śniegu sygnalizatory drogowe na przejazdach,
  - 6) zabezpieczyć w razie odwilży lub ulewy odpływ wód z przejazdu do rowów bocznych, by nie został zamulony przejazd, zwłaszcza żłobki,
  - 7) ręcznie załączać oświetlenie przejazdu, jeżeli nie zostało załączone automatycznie.
- Czynności określone w pkt. 2, 3, 4, 5 i 6 może wykonywać inny pracownik wskazany w regulaminie obsługi przejazdu.
2. W razie zatrzymania się pociągu w zaspie (utknięcia) w pobliżu przejazdu dróżnik przejazdowy powinien okazać wszelką pomoc, stosując się do zarządzeń kierownika akcji odśnieżnej, nie naruszając własnych obowiązków w zakresie bezpieczeństwa ruchu na przejeździe.

Dodatkowo należy także wspomnieć, że instrukcje zawierają wykazy dokumentów normatywnych (np. w instrukcji Id-2 (D2) z 2005 r. jest przywołanych 86 dokumentów, w tym 65 norm), z których część to normy budowlane przywołane wyżej.

## **7. OPRACOWANIE ZESTAWIENIA MOŻLIWYCH DZIAŁAŃ NA RZECZ ADAPTACJI DO ZMIAN KLIMATU**

Wykorzystując zaprezentowane wyżej wyniki analiz oraz przeprowadzone studia tematu zaproponowano działania (rozwiązania) mające na celu przygotowanie sektora transportu do potencjalnych zmian klimatu. Zostały one pogrupowane w następujące grupy działań:

- działania legislacyjne i prace naukowo-badawcze,
- działania techniczno-inżynierskie,
- działania monitorująco-kontrolne.

### **7.1. Działania legislacyjne i prace naukowo-badawcze**

Zakres działań w obszarze nowelizacji aktów prawnych został zasygnalizowany w punkcie 6.2. niniejszego opracowania. Obejmuje on ustawy i rozporządzenia oraz akty normalizacyjne (normy lub aprobaty techniczne).

Wprowadzenie stosownych zmian w zapisach tych dokumentów musi być poprzedzone z jednej strony opracowaniem scenariuszy zmian klimatu, z drugiej pracami naukowo-badawczymi, które określą zakres zmian w zapisach.

Jest konieczne wprowadzenie zmian w przepisach określających skalę oddziaływania klimatu w szczególności na:

- infrastrukturę transportową (przede wszystkim w zakresie oddziaływania niskiej temperatury i opadów atmosferycznych oraz ekstremalnych oddziaływań wiatru i śniegu);
- urządzenia transportowe (przede wszystkim w zakresie oddziaływania temperatur ekstremalnych).

Zaprezentowane wyżej przykładowe wykazy poszczególnych rodzajów dokumentów dowodzą w jak wielu dokumentach może powstać konieczność zmiany zapisów wynikającą z wprowadzenia strategii adaptacji do zmian klimatu. Konieczna jest zatem wnikliwa analiza takich dokumentów, aby zmiany legislacyjne wprowadzać sukcesywnie i tam, gdzie jest to rzeczywiście konieczne

## 7.2. Działania techniczno-inżynierskie

Działania te obejmują przede wszystkim przygotowania infrastruktury transportowej do warunków klimatycznych, jakie mogą wystąpić po długim okresie zmian klimatu (prognoza na 50 lub 100 lat).

Przykładem działań w tym zakresie, prowadzonych już obecnie, jest zimowe utrzymanie infrastruktury transportowej oraz walka z powodzią.

W obu wypadkach są prowadzone prace przygotowawcze do sezonu, w którym następuje nasilenie niekorzystnych zjawisk, ale o skuteczności działań decyduje intensywność występowania niekorzystnego czynnika oraz wielkość nakładów finansowych, jakie można przeznaczyć na przeciwdziałanie tym czynnikom.

Wśród działań techniczno-inżynierskich na szczególną uwagę zasługują zagadnienia związane z zagrożeniem powodziowym oraz zwiększonymi opadami atmosferycznymi, zasygnalizowane niżej:

- Tereny szkód powodziowych Należy opracować zasady budowania i utrzymania infrastruktury transportowej (w szczególności obiektów mostowych) na terenach „szkód powodziowych”, analogicznie do zasad stosowanych na terenach szkód górniczych. Należy opracować zasady postępowania na tych terenach w zakresie: projektowania i budowy oraz utrzymania obiektów mostowych.  
Osobnym problemem jest opracowanie zasad postępowania z obiektami uszkodzonymi w wyniku powodzi, a więc określenie procedur przydatnych przy: remoncie, odbudowie, przebudowie, rozbiórce lub budowie przeprawy tymczasowej.
- Uwarunkowania hydrauliczne i hydrologiczne Ze względu na bezpieczeństwo obiektów infrastruktury transportowej, należy obserwować:
  - wielkość wezbrań, w szczególności wzrost prawdopodobieństwa powodzi przekraczających warunki obliczeniowe stosowane obecnie dla mostów,
  - częstotliwość i natężenie deszczów miarodajnych do wymiarowania przepustów oraz odwodnień: dróg, mostów i lotnisk,
  - maksymalnych prędkości wiatru ze względu na konstrukcje mostowe, zwłaszcza dla mostów wiszących i podwieszonych oraz konstrukcji osłonowych.

W wypadku stwierdzenia istotnych zmian tych parametrów, będzie należało:

- Przeliczyć bezpieczeństwo istniejących obiektów mostowych i ewentualnie wykonać dodatkowe roboty: w celu ułatwienia przepływu wody pod mostami (przebudowa koryt rzecznych prowadząca do obniżenia stanów wody przy tym samym przepływie może zmniejszyć niebezpieczeństwo podtopienia przęsła, ale może zwiększyć rozmycia przy filarach). Nowe mosty należałoby wymiarować na większe przepływy;
- Przy mostach na ciekach górskich i podgórskich należy ocenić i ewentualnie wzmocnić przyczółki i nasypy dojazdowe dla uniknięcia przerwań, zwłaszcza przy zatamowaniu przepływu pod mostami o małych światłach przez drzewa i inne obiekty niesione przez wodę. Koryta powinny być utrzymywane w dobrym stanie i zabezpieczane przed porywaniem przez wodę drzew i innych obiektów, które mogłyby zatkać światło lub uszkodzić konstrukcje mostowe. Przy odbudowie obiektów zniszczonych bądź uszkodzonych przez powódź, powinno się powiększyć światło budowli, inaczej ukształtować przyczółki, zwiększyć przepusty;
- Przepusty i małe mosty powinny być systematycznie oczyszczane, a koryta odpływowe oraz rowy przydrożne utrzymywane we właściwym stanie; oczywiście jest to konieczne już teraz, ale argument wzrostu zagrożeń może być dodatkowym impulsem dla wykonywania tych robót;
- Długotrwałe deszcze i podniesienie się wód gruntowych w dłuższych okresach zagraża stabilności nasypów i zboczy, może prowadzić do zalania dróg w niższych partiach i do zniszczenia dróg słabo- lub nieutwardzonych;
- Sieci kanalizacyjne Obserwowane w ostatnich latach zwiększenie liczby opadów o charakterze nawalnym może powodować, że tzw. opady obliczeniowe, stosowane do projektowania sieci deszczowych, wyznaczone za pomocą wzorów (bazujących na danych z pierwszej połowy XX (wzór Błaszczyka) wieku oraz lat 1960-1990 (wzór IMGW)) nie mają właściwych parametrów. W takiej sytuacji sieci zaprojektowane według obecnych przepisów mogą nie spełniać wymaganego poziomu ochrony terenów przed zalaniem. Aktualizacja empirycznych formuł opadowych oraz ich regionalizacja jest obecnie jednym z najważniejszych aspektów związanych z projektowaniem systemów kanalizacyjnych.

### 7.3. Działania monitorująco-kontrolne

Przygotowanie sektora transportu do zmian klimatu może być właściwie zaprogramowane jedynie w sytuacji rzetelnej oceny i zbilansowania kosztów ponoszonych na etapie przygotowań oraz usuwania skutków oddziaływania czynników klimatycznych.

Z tego względu jest konieczne prowadzenie monitoringu zmian klimatycznych i porównywanie ich z przewidywanymi zmianami założonymi w opracowywanych scenariuszach i prognozach zmian klimatu. W tym celu należy wnioskować o uwzględnienie danych odnośnie do umownych kategorii klimatu określonych w niniejszej pracy w tabelach 4.1. i 4.2. oraz 4.4. i 4.5. zarówno w tworzonych scenariuszach, jak i pozyskiwanie tych danych z baz klimatycznych.

Drugim bardzo ważnym elementem działań jest pozyskanie danych finansowych o wrażliwości sektora transportu na czynniki klimatyczne, co pozwoli na wsparcie procesów decyzyjnych w zarządzaniu zasobami. Ocena wrażliwości poszczególnych rodzajów transportu na czynniki klimatyczne powinna obejmować m.in.:

- szczegółową wycenę infrastruktury oraz urządzeń transportowych,
- wskazanie hierarchii wartości wycenianych wyżej elementów,
- ocenę ryzyka oraz koszt wdrażania działań zabezpieczających,
- wycenę wartości odtworzeniowej analizowanego majątku.

Na chwilę obecną brakuje statystyk dotyczących szkodowości w podziale na poszczególne lata oraz kategorię klimatyczną będącą przyczyną powstania szkody.

W odniesieniu do transportu lotniczego, który charakteryzuje się wrażliwością na inne niż pozostałe rodzaje transportu czynniki klimatyczne, stwierdzono np. w ostatnim roku wystąpienie szkód wynikających z erupcji wulkanu, ale erupcje wulkanów zagrażające kursowaniu samolotów są bardzo rzadkim zjawiskiem i w ogólnym rozrachunku nie stanowią znaczącego składnika sumarycznych kosztów walki z oddziaływaniem czynników klimatycznych. Dużo ważniejszymi aspektami, wymagającymi zbadania są m.in.:

- wpływ czynników klimatycznych np. niskiej temperatury na infrastrukturę naziemną lotnisk, zmiany charakteru wiatrów na sprawność statków powietrznych;
- koszty klęsk żywiołowych dla infrastruktury lotniczej,
- koszty przygotowania transportu lotniczego na oddziaływania czynników klimatycznych.

Tylko opracowanie szczegółowych danych dotyczących powyższych zależności pozwoli na analizę wrażliwość infrastruktury lotniczej na czynniki klimatyczne i przedsięwzięcie efektywnych działań wspomagających jej adaptację do zmian klimatu oraz minimalizujących ponoszone straty.

#### **7.4. Podsumowanie oraz tabelaryczne zestawienie wybranych działań adaptacyjnych**

Na zakończenie należy jeszcze raz powtórzyć i podkreślić, że niezależnie od przygotowywanych scenariuszy klimatycznych (być może będzie ocieplenie, a może ochłodzenie klimatu, może nie będzie mroźnych zim ale za to wzrośnie liczba i częstość występowania zjawisk ekstremalnych) podstawą do podejmowania strategicznych decyzji dotyczących w sektorze transportu działań adaptacyjnych do zmian klimatu powinien być rachunek ekonomiczny.

Analiza strat i kosztów powinna podpowiadać, która z wymienionych niżej strategii jest najkorzystniejsza:

- zaniechanie prac przygotowawczych, a jedynie likwidacja skutków,
- zabezpieczenie częściowe - do pewnego poziomu, co gwarantuje ograniczenie strat,
- pełna prewencja, bardzo kosztowna ale minimalizująca koszty ponoszonych strat.

Równocześnie należy zwrócić uwagę, że już teraz mogą być podejmowane pewne kierunki działań (działania krótkoterminowe), niektóre mogą i powinny mieć charakter długotrwały. Pewną propozycją uszczegółowienia działań, o których była mowa w niniejszym punkcie jest zestawienie tabelaryczne działań adaptacyjnych przedstawione w tabeli 7.1.

Ze względu na to, że wiele działań powinno być realizowanych we wszystkich czterech rodzajach transportu, w tabeli 7.1. nie wprowadzono rozgraniczenia na działania odnośnie do transportu drogowego, kolejowego lotniczego i żeglugi śródlądowej.

**Tabela 7.1. Zestawienie wybranych działań adaptacyjnych w odniesieniu do transportu**

<b>Działania adaptacyjne</b>	
<b>Lp.</b>	<b>I Działania legislacyjne i prace naukowo-badawcze</b>
1.	<p>Opracowanie rozwiązań prawnych dotyczących:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- wyceny i bilansowania kosztów ponoszonych prewencji i likwidacji szkód z tytułu oddziaływania czynników klimatycznych,</li><li>- pomocy budżetowej (systemu rekompensat) na pokrycie kosztów strat powstałych na skutek ekstremalnych zjawisk klimatycznych, w tym wsparcia finansowego przewoźników realizujących usługę transportową w tych warunkach,</li><li>- systemu i warunków ubezpieczeń obejmujących ryzyka wynikające z ekstremalnych zjawisk klimatycznych,</li><li>- zasad postępowania z bezdomnymi</li></ul>
2.	<p>Dostosowanie do zmian klimatu aktów prawnych oraz przepisów technicznych (w szczególności ustaw i rozporządzeń oraz norm, instrukcji i zaleceń) odnośnie do projektowania, budowy i utrzymania infrastruktury transportowej, dotyczących przykładowo:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- głębokości przemarzania gruntu,</li><li>- mrozoodporności wyrobów i materiałów budowlanych,</li><li>- intensywności opadów śniegu lub deszczu (w kontekście np. światła mostów i przepustów oraz przekrojów instalacji odprowadzenia wody),</li><li>- poziomu wód gruntowych,</li><li>- intensywności i częstości występowania wiatrów (np. ekstremalnych, uskoków wiatru),</li><li>- występowania bardzo wysokiej temperatury (w kontekście np. stateczności torów bezстыkowych)</li></ul> <p>oraz</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- widoczności na drogach, liniach kolejowych i lotniskach</li><li>- zasad zimowego utrzymania (w szczególności: dróg, linii kolejowych, lotnisk, sieci trakcyjnych, portów),</li><li>- trwałości elementów wyposażenia tras komunikacyjnych (np. ekranów przeciwhałasowych, oznakowania lub odwodnienia),</li><li>- szacowania kosztów opracowania i wdrożenia nowych technologii związanych z adaptacją do zmian klimatu</li></ul>
3.	<p>Opracowanie zaleceń dotyczących budowy obiektów budowlanych na terenach zalewowych (na wzór zaleceń dotyczących budowy na terenach szkód górniczych)</p>

4.	<p>Opracowanie procedur określających zasady współpracy służb odpowiedzialnych za funkcjonowanie: transportu, ratownictwa technicznego i medycznego oraz za bezpieczeństwo publiczne, w tym np. zasady:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- ewakuacji sprzętu i ludzi z zagrożonych terenów oraz korzystania ze sprzętu specjalistycznego,</li><li>- zasad zimowego i letniego utrzymania ze szczególnym uwzględnieniem podziału obowiązków i współpracy z gminami,</li><li>- honorowania ważności biletów innego przewoźnika</li></ul>
	<p style="text-align: center;"><b>II Działania techniczno-inżynierskie</b></p>
1.	<p>Budowa nowej i przebudowa istniejącej infrastruktury transportowej z dostosowaniem do przewidywanej w scenariuszach klimatycznych zmiany:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- temperatury (silne i długotrwałe mrozy lub długotrwałe upały),</li><li>- intensywności i długotrwałości opadów (śniegu lub deszczu),</li><li>- intensywności i częstości występowania wiatrów (w tym ekstremalnych)</li></ul>
2.	<p>Przygotowanie u przewoźników procedur postępowania na wypadek wystąpienia zjawisk ekstremalnych (UKK – 3: mróz, śnieg, wiatr), np. przygotowanie: agregatów prądotwórczych, urządzeń rozruchowych, stanowisk do podgrzewania rozjazdów lub płynu w układzie chłodzenia pojazdów, oraz dodatkowego pogotowia technicznego i ratownictwa</p>
3.	<p>Opracowanie harmonogramów kolejności utrzymania przejezdności tras komunikacyjnych lub zmiany tras i stosowania zastępczych środków transportowych</p>
4.	<p>Opracowanie systemu wczesnego ostrzegania (podawania prognozy krótko i długoterminowej) o zjawiskach ekstremalnych na szczeblu regionalnym i ogólnokrajowym z powiadamianiem m.in.:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- służb komunalnych,</li><li>- jednostek zarządzania kryzysowego,</li><li>- pasażerów na przystankach,</li><li>- kierowców pojazdów na trasie</li></ul>
5.	<p>Wyposażenie lotnisk w systemy i urządzenia umożliwiające poprawne ich funkcjonowanie w warunkach złej widzialności, silnych i porywistych wiatrów oraz wyładowań atmosferycznych</p>
6.	<p>Wdrożenie produkcji wyrobów dostosowanych do przewidywanych zmian klimatycznych (np. zimowego paliwa, oleju napędowego i smarów lub klimatyzatorów, zraszaczy, urządzeń przeciwmgielnych osłon przeciwpodmuchowych, itp.)</p>

7.	Zwiększenie zakresu temperatury pracy (+dodatniej i ujemnej) dla urządzeń transportowych i wyposażenia technicznego terminali, szczególnie w zakresie urządzeń importowanych z krajów o łagodniejszych warunkach klimatycznych niż w Polsce
8.	Opracowanie systemu zgłaszania odpowiednim służbom awarii wywołanych zjawiskami ekstremalnymi oraz wzywania pomocy
9.	Opracowanie i wdrożenie nowych technologii z zakresu przeciwdziałania negatywnym skutkom ekstremalnych zjawisk klimatycznych (np. technologie: oczyszczania trakcji z lodu, podgrzewania skrzyżowań i obiektów mostowych, przeciwdziałania oblodzeniem i śliskości, poprawy widoczności w trudnych warunkach)
<b>III Działania monitorująco-kontrolne</b>	
1.	Monitorowanie zmian klimatu odnośnie do UKK (Umownych Kategorii Klimatu: mróz, śnieg, deszcz, wiatr, upał, mgła) i bieżąca weryfikacja zmian w scenariuszach klimatycznych
2.	Monitorowanie poziomu wody w ciekach i zbiornikach wodnych oraz akwenach portowych
3.	Kontrola drożności instalacji kanalizacyjnych
4.	Kontrola drożności systemów odprowadzenia wody, w tym z tuneli
5.	Podczas upałów monitorowanie deformacji odcinków torów w szczególności torów bezстыkowych
6.	Systematyczne przeglądy drzewostanu i doraźna wycinka drzew oraz usuwanie wiatrołomów wzdłuż tras komunikacyjnych
7.	Monitorowanie kosztów: - zabezpieczenia przed skutkami oddziaływania klimatu, - strat powstałych w wyniku oddziaływania klimatu, - usuwania skutków działania oddziaływania klimatu
8.	Zwiększenie częstości przeglądów miejsc szczególnie wrażliwych, np. zagrożonych podtopieniem, zamarznięciem
9.	Utworzenie centralnej bazy danych „KLIMAT A INFRASTRUKTURA TRANSPORTOWA”