

Załącznik do uchwały Nr/2019


Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

z dnia 2019 r.




PKP POLSKIE LINIE KOLEJOWE S.A.

Zarządca narodowej sieci linii kolejowych



PLAN ADAPTACJI INFRASTRUKTURY KOLEJOWEJ DO ZMIAN KLIMATU



Właściciel: PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

Wydawca: PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

Biuro Ochrony Środowiska

ul. Targowa 74, 03-734 Warszawa

Tel.: +48 22 473 32 91

www.plk-sa.pl, e-mail: ios@plk-sa.pl

Wszelkie prawa zastrzeżone.

Modyfikacja, wprowadzanie do obrotu, publikacja, kopiowanie i dystrybucja w celach komercyjnych, całości lub części przepisu, bez uprzedniej zgody PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. – są zabronione

Tabela 1 Zespół opracowujący

Lp.	Imię i nazwisko	Funkcja
1.	Krzysztof Kutek	Kierownik projektu / Koordynator ds. klimatu
2.	Andrzej Przeworski	Koordynator ds. kolejowych
3.	Piotr Białecki	Ekspert ds. automatyki i telekomunikacji kolejowej
4.	Michał Boczuła	Ekspert ds. drogi kolejowej
5.	Zbigniew Madej	Ekspert ds. energetyki kolejowej
6.	Rafał Kuśmierz	Ekspert ds. kolejowych obiektów inżynieryjnych
7.	Tomasz Wilk	Ekspert ds. hydrologii
8.	Prof. Dr hab. Joanna Wibig	Ekspert meteorolog / klimatolog
9.	Magdalena Golińska	Ekspert ds. oddziaływania na środowisko
10.	Marcin Cholewa	Specjalista ds. środowiska / Metodyka obliczania śladu węglowego
11.	Barbara Rososińska	Specjalista ds. gospodarki wodnej / Analiza wpływu zmian klimatu
12.	Marcin Ćmielewski	Specjalista GIS / Analiza wpływu zmian klimatu / Analizy CBA / SWOT
13.	Magdalena Skrzyńska	Klimatolog
14.	Magdalena Polus	Specjalista ds. oddziaływania na środowisko
15.	Joanna Walewska	Specjalista ds. gospodarki wodnej
16.	Katarzyna Kobiela	Starszy specjalista ds. ochrony środowiska
17.	Tadeusz Bawolski	Specjalista ds. gospodarki wodnej

Lp.	Imię i nazwisko	Funkcja
18.	Jolanta Olbracht	Specjalista ds. gospodarki wodnej

Opracowanie: Arcadis Sp. Z o.o.

ZAWARTOŚĆ

PLAN ADAPTACJI INFRASTRUKTURY KOLEJOWEJ DO ZMIAN KLIMATU 1

1. WSTĘP	12
2. Analiza dokumentów strategicznych	14
3. Klimat - stan obecny i prognozowane zmiany	20
3.1. Aktualne warunki pogodowe	20
3.2. Prognozowane zmiany warunków pogodowych	22
3.3. Wpływ klimatu na infrastrukturę kolejową	28
4. Diagnoza stanu infrastruktury kolejowej	31
4.1. Podatność infrastruktury kolejowej na obecne warunki pogodowe i prognozowane zmiany klimatu	32
4.2. Wpływ warunków pogodowych na prowadzenie ruchu kolejowego i bezpieczeństwo przewożonych osób i towarów	47
4.3. Wpływ warunków pogodowych na koszty utrzymania linii kolejowych	50
4.4. Wpływ infrastruktury kolejowej na zmiany klimatu oraz ocena konieczności wdrażania działań	51
4.5. Obszary z nieodpowiednim dostosowaniem infrastruktury kolejowej do obecnych i przyszłych zmian klimatu	52
4.6. Ocena zdolności adaptacji polskiej infrastruktury kolejowej do zmian klimatu i łagodzenia wpływu na klimat	67
5. Adaptacja infrastruktury kolejowej do zmian klimatu oraz jej wpływ na klimat	69
5.1. Działania zmniejszające wpływ infrastruktury kolejowej na klimat	69
5.2. Działania adaptacyjne do zmian klimatu dla infrastruktury kolejowej	70
5.3. Infrastruktura kolejowa i projekty ujęte w Krajowym Programie Kolejowym	75
5.4. Koszty jednostkowych działań	77
4.4.1 Działania adaptacyjne do zmian klimatu	78
5.5. Potencjalne skutki adaptacji do zmian klimatu i łagodzenia wpływu na klimat	80
5.6. Skutki metod zmniejszania wpływu na klimat	80
5.7. Skutki metod adaptacji do zmian klimatu	80
5.8. Koszty i korzyści zmniejszania wpływu na klimat i adaptacji do zmian klimatu	81

6. Opcje adaptacji	82
6.1. Metodyka opracowania, oceny i wyboru opcji adaptacji	82
6.2. Strategiczne kierunki adaptacji do zmian klimatu i łagodzenia wpływu na klimat	83
7. Opcje adaptacji infrastruktury kolejowej do zmian klimatu i łagodzenia wpływu na klimat.....	85
7.1. Opcje adaptacji do zmian klimatu i łagodzenia wpływu na klimat	85
7.2. Analiza SWOT i CBA	88
7.3. Wybór rekomendowanej opcji adaptacji do zmian klimatu	94
8. Opcje adaptacji projektów kolejowych ujętych w Krajowym Programie Kolejowym do zmian klimatu i łagodzenia wpływu na klimat	96
9. Podmioty zaangażowane w adaptację infrastruktury kolejowej do zmian klimatu i łagodzenia wpływu na klimat	97
10. Horyzont czasowy wdrażania niezbędnych działań.....	99
11. Streszczenie w języku niespecjalistycznym	100
ZAŁĄCZNIK 1 - Założenia opracowania, pojęcia i definicje.....	103

SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1 Etapy wykonania ekspertyzy Plan Adaptacji infrastruktury kolejowej do zmian klimatu	13
Rysunek 2 Dynamika rozwoju rynku kolejowego w krajach Unii Europejskiej w latach 2008-2011	32
Rysunek 3 Mapa najbardziej i najmniej podatnych linii kolejowych na niskie temperatury (w tym gołoledź) i opady śniegu, z uwzględnieniem prognozowanych zmian według scenariusza RCP 8.5. Źródło: opracowanie własne.	53
Rysunek 4 Mapa najbardziej i najmniej podatnych linii kolejowych na wysokie temperatury (w tym pożary), z uwzględnieniem prognozowanych zmian według scenariusza RCP 8.5.	54
Rysunek 5 Mapa najbardziej i najmniej podatnych linii kolejowych na występowanie silnego i bardzo silnego wiatru, z uwzględnieniem prognozowanych zmian według scenariusza RCP 8.5	55
Rysunek 6 Mapa najbardziej i najmniej podatnych linii kolejowych na występowanie burz, wyładowań atmosferycznych (w tym burz z gradem), z uwzględnieniem prognozowanych zmian według scenariusza RCP 8.5	56
Rysunek 7 Mapa najbardziej i najmniej podatnych linii kolejowych na występowanie opadów deszczu – ekstremalnych przepływów, powodzi (od strony rzek, morza, powodzi nagłych/miejskich), osuwisk, z uwzględnieniem prognozowanych zmian według scenariusza RCP 8.5. Źródło: opracowanie własne.	57
Rysunek 8 Mapa najbardziej i najmniej podatnych linii kolejowych na występowanie mgły, z uwzględnieniem prognozowanych zmian według scenariusza RCP 8.5	58
Rysunek 9 Mapa najbardziej i najmniej podatnych linii kolejowych na występowanie powodzi od strony rzek. Źródło: opracowanie własne.	59
Rysunek 10 Mapa najbardziej i najmniej podatnych linii kolejowych na występowanie powodzi od strony morza. Źródło: opracowanie własne.	60
Rysunek 11 Zmiana podatności linii kolejowych na niskie temperatury (w tym gołoledź) i opady śniegu. Źródło: opracowanie własne.	61
Rysunek 12 Zmiana podatności linii kolejowych na wysokie temperatury (w tym pożary)	62
Rysunek 13 Zmiana podatności linii kolejowych na silny i bardzo silny wiatr. Źródło: opracowanie własne.	63
Rysunek 14 Zmiana podatności linii kolejowych na burze, wyładowania atmosferyczne (w tym burze z gradem). Źródło: opracowanie własne	64
Rysunek 15 Zmiana podatności linii kolejowych na opady deszczu – ekstremalne przepływy, powodzie (od strony rzek, morza, powodzie nagłe/miejskie), osuwiska. Źródło: opracowanie własne.	65
Rysunek 16. Analiza SWOT opcji 0	89

Rysunek 17 Analiza SWOT opcji 1	90
Rysunek 18 Analiza SWOT opcji 2	91

SPIS TABEL

Tabela 1 Zespół opracowujący	3
Tabela 2 Sezonowe i roczne wartości współczynników trendu (°C/10 lat) średniej temperatury powietrza w poszczególnych regionach i Polsce obliczone dla wielolecia 1951-2008 (pogrubiono wartości istotne statystycznie na poziomie $1 - \alpha = 0,95$) (Biernacik i in. 2010)	21
Tabela 3 Porównanie projekcji, w przypadku temperatury wartości oznaczają wzrost temperatury w okresie 2071-2100 względem okresu referencyjnego (1971-2000), w przypadku opadów suma opadów w okresie 2071-2100 w procentach sumy okresu referencyjnego. Dla projekcji AR5 okresem referencyjnym są lata 1985-2005	26
Tabela 4 Analiza czynników pogodowych (które potencjalnie obecnie i w ujęciu długofalowym mogą podlegać oddziaływaniu infrastruktury kolejowej oraz te, które mogą oddziaływać na infrastrukturę kolejową) z uwzględnieniem poszczególnych etapów planowania	28
Tabela 5 Skala oceny ekspozycji infrastruktury kolejowej na czynniki pogodowe i ich pochodne	35
Tabela 6 Ocena ekspozycji infrastruktury kolejowej na zagregowane zjawiska pogodowe i ich pochodne.	35
Tabela 7 Skala oceny zdolności adaptacyjnej (potencjału adaptacyjnego) infrastruktury kolejowej na czynniki pogodowe i ich pochodne	37
Tabela 8 Ocena zdolności adaptacyjnej infrastruktury kolejowej	38
Tabela 9 Potencjał adaptacyjny poszczególnych branż i elementów infrastruktury kolejowej	41
Tabela 10 Podatność infrastruktury kolejowej na czynniki pogodowe	43
Tabela 11 Wartość współczynnika podatności w odniesieniu do oceny stopnia podatności	44
Tabela 12 Podatność poszczególnych elementów infrastruktury kolejowej (od najbardziej do najmniej podatnego)	45
Tabela 13 Podatność branż na czynniki pogodowe (od najbardziej do najmniej podatnej)	45
Tabela 14 Tabela konsekwencji zaistnienia czynników pogodowych i ich pochodnych – niskie temperatury	47
Tabela 15. Tabela konsekwencji zaistnienia czynników pogodowych i ich pochodnych – wysokie temperatury w tym pożary	48
Tabela 16 Tabela konsekwencji zaistnienia czynników pogodowych i ich pochodnych – silny i bardzo silny wiatr	48
Tabela 17. Tabela konsekwencji zaistnienia czynników pogodowych i ich pochodnych – burze, wyładowania atmosferyczne (w tym burze z gradem)	49

Tabela 18. Tabela konsekwencji zaistnienia czynników pogodowych i ich pochodnych – opady deszczu, – ekstremalne przepływy, powódzie (od strony rzek, morza, powódzie nagłe/miejskie), osuwiska	49
Tabela 19. Tabela konsekwencji zaistnienia czynników pogodowych i ich pochodnych – mgła	50
Tabela 20 Suma kosztów poniesionych przez PKP PLK w latach 2013-2016 na minimalizację zdarzeń wywołanych przez czynniki pogodowe	51
Tabela 21 Zestawienie długości linii kolejowych najbardziej i najmniej podatnych na niskie temperatury (w tym gołoledź) i opady śniegu	53
Tabela 22 Zestawienie długości linii kolejowych najbardziej i najmniej podatnych na występowanie wysokich temperatur (w tym pożarów)	54
Tabela 23 Zestawienie długości linii kolejowych najbardziej i najmniej podatnych na występowanie silnego i bardzo silnego wiatru	55
Tabela 24 Zestawienie długości linii kolejowych najbardziej i najmniej podatnych na występowanie burz, wyładowań atmosferycznych (w tym burz z gradem)	56
Tabela 25 Zestawienie długości linii kolejowych najbardziej i najmniej podatnych na występowanie opadów deszczu – ekstremalnych przepływów, powodzi (od strony rzek, morza, powodzi nagłych/miejskich), osuwisk	57
Tabela 26 Zestawienie długości linii kolejowych najbardziej i najmniej podatnych na występowanie mgły	58
Tabela 27 Zestawienie długości linii kolejowych najbardziej i najmniej podatnych na występowanie powodzi od strony rzek	60
Tabela 28 Zestawienie długości linii kolejowych najbardziej i najmniej podatnych na występowanie powodzi od strony morza	60
Tabela 29 Zestawienie długości linii kolejowych w poszczególnych przedziałach zmiany podatności na niskie temperatury (w tym gołoledź) i opady śniegu	61
Tabela 30 Zestawienie długości linii kolejowych w poszczególnych przedziałach zmiany podatności na wysokie temperatury (w tym pożary)	62
Tabela 31 Zestawienie długości linii kolejowych w poszczególnych przedziałach zmiany podatności na silny i bardzo silny wiatr	63
Tabela 32 Zestawienie długości linii kolejowych w poszczególnych przedziałach zmiany podatności na burze, wyładowania atmosferyczne (w tym burze z gradem)	64

Tabela 33 Zestawienie długości linii kolejowych w poszczególnych przedziałach zmiany podatności na opady deszczu – ekstremalne przepływy, powodzie (od strony rzek, morza, powodzie nagłe/miejskie), osuwiska	65
Tabela 34 Skala oceny zdolności adaptacyjnej (potencjału adaptacyjnego) infrastruktury kolejowej na czynniki pogodowe i ich pochodne	67
Tabela 35 Lista możliwych działań adaptacyjnych	70
Tabela 36 Przypisanie działań adaptacyjnych do wypełniania celów szczegółowych kluczowych dokumentów strategicznych	75
Tabela 37 Wskaźniki efektywności ekonomicznej	83
Tabela 38 Analiza kosztów i korzyści	92
Tabela 39 Analiza kosztów i korzyści	93
Tabela 40 Podmioty odpowiedzialne za realizację działań adaptacyjnych	98
Tabela 41 Podział na branże i elementy infrastruktury/ systemu kolejowego	103
Tabela 42 Podział czynników klimatycznych uwzględnionych w ekspertyzie	106
Tabela 43 Skróty i definicje najważniejszych pojęć stosowanych w ekspertyzie	108

1. WSTĘP

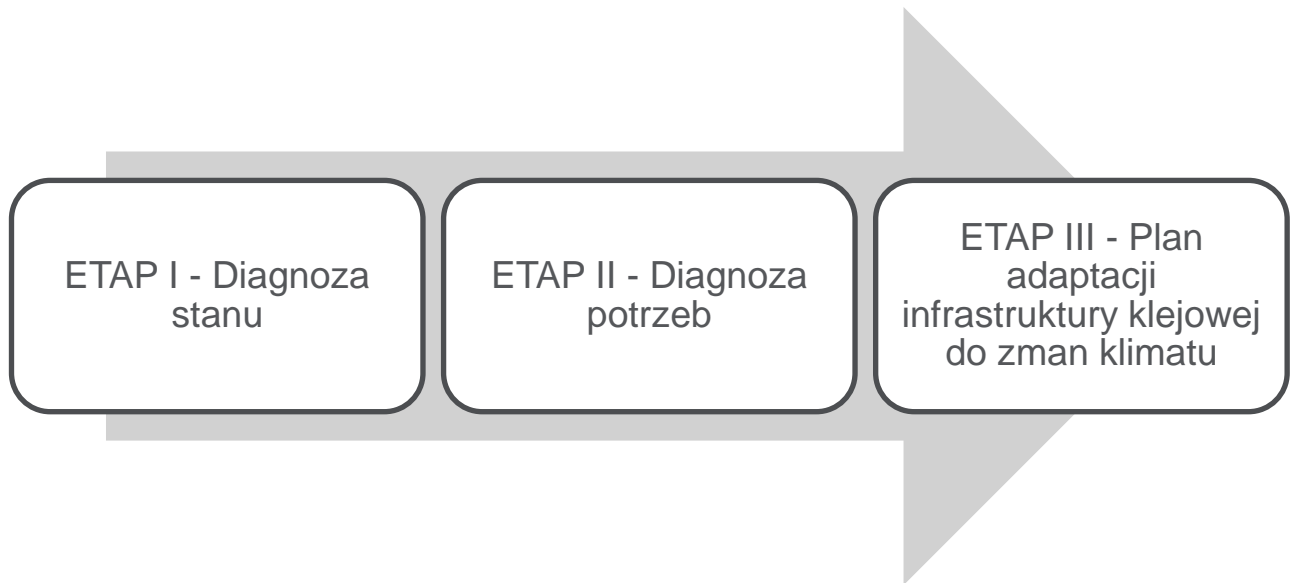
Opracowanie Planu Adaptacji infrastruktury kolejowej do zmian klimatu, które obejmuje analizę infrastruktury zarządzanej przez PKP PLK S.A. oraz innych podmiotów odpowiedzialnych za realizację transportu kolejowego w Polsce, zostało poprzedzone dwoma etapami:

- ➔ Diagnoza stanu, w którym zostały przeanalizowane wymagania, obowiązki oraz cele z zakresu polityki klimatycznej i transportowej zawarte w dokumentach strategicznych i aktach prawnych; aktualne warunki klimatyczne i przewidywane zmiany a także ich związek z infrastrukturą kolejową i wzajemne oddziaływanie. W pierwszym etapie dokonano także analizy podatności, wrażliwości, ekspozycji infrastruktury kolejowej na zmiany klimatu. Diagnoza stanu polegała również na identyfikacji parametrów technicznych, których projektowanie związane jest z uwzględnieniem czynników pogodowych; zawiera analizę sposobu przewidywania, reagowania i usuwania skutków wpływu czynników pogodowych na infrastrukturę kolejową, wyposażenia kolejowego ratownictwa technicznego i serwisowania infrastruktury kolejowej. Ostatnim opracowaniem w tym etapie była analiza istniejącej sieci kolejowej i projektów w Krajowym Programie Kolejowym pod kątem podatności na warunki klimatyczne.
- ➔ Diagnoza potrzeb opierała się na identyfikacji: konieczności i propozycji zmian parametrów technicznych związanych z czynnikami pogodowymi, niezbędnych do podjęcia badań wdrożeniowych dla infrastruktury kolejowej, sprzętu i wyposażenia kolejowego ratownictwa technicznego, serwisowania infrastruktury kolejowej, wzmocnienia obsady kadrowej. Zawarte zostały także propozycje odnośnie przewidywania, monitorowania ekstremalnych warunków pogodowych, możliwości wdrożenia zielonej i błękitnej infrastruktury, działań organizacyjnych, zapobiegawczych, ratowniczych i technicznych mogących minimalizować oddziaływanie PKP PLK S.A. na klimat i wpływu klimatu na infrastrukturę kolejową, dobrych praktyk dla projektantów i utrzymania linii

kolejowej. Dodatkowo opracowano wytyczne dotyczące sposobu uwzględniania zagadnień klimatycznych w dokumentacji środowiskowej.

Przeprowadzone analizy w wymienionych wyżej obszarach pozwoliły na przygotowanie Planu Adaptacji infrastruktury kolejowej na zmiany klimatu.

Etapy opracowania:



Rysunek 1 Etapy wykonania ekspertyzy Plan Adaptacji infrastruktury kolejowej do zmian klimatu

2. Analiza dokumentów strategicznych

Skutki zmian klimatu, częstotliwości i nasilenia zjawisk ekstremalnych zwłaszcza wzrostu temperatury, oraz występowania gwałtownych zjawisk atmosferycznych (deszcze nawalne, silny wiatr, burze w tym burze z gradem) w ostatnich kilku dekadach pogłębiają się i z tego względu stały się przedmiotem zainteresowania rządów i społeczności międzynarodowej. Wyniki badań naukowych jednoznacznie wskazują, że zjawiska powodowane przez zmiany klimatu stanowią zagrożenie dla społecznego i gospodarczego rozwoju wielu krajów na świecie, w tym także dla Polski. Wysiłki na rzecz dostosowania się do skutków zmian klimatu powinny być zatem podejmowane jednocześnie z realizowanymi przez Polskę działaniami ograniczającymi emisję gazów cieplarnianych. Właściwie dobrane działania zmniejszające wrażliwość kraju na zmiany klimatyczne będą stanowiły istotny czynnik sprzyjający wzrostowi efektywności i innowacyjności polskiej gospodarki.

Z tego powodu harmonizacja krajowych przepisów ustawowych, wykonawczych i administracyjnych, w tym istniejących warunków technologicznych, społecznych i podatkowych, nabiera stopniowo coraz większego znaczenia. Zwraca się uwagę na niedostateczne wykorzystanie potencjału transportu w wielu sektorach i podkreśla wagę systemu zorientowanego na wzajemne połączenia, a także opierającego się na jednolitym na poziomie europejskim zarządzaniu infrastrukturą w celu eliminowania różnic między państwami członkowskimi we wszystkich rodzajach transportu.

Spełnianie wymogów prawnych, zarówno krajowych, jak również europejskich, spójność działalności PKP PLK S.A. z politykami poziomu krajowego oraz europejskiego stanowią podstawy rozwoju przedsiębiorstwa mającego w zakresie swojej działalności utrzymanie strategicznych elementów infrastruktury do jakich bezsprzecznie zaliczają się linie kolejowe.

O ile spełnianie wymogów prawnych odnośnie działań technicznych w sferze aktywności PKP PLK S.A. jest oczywiste to aspekty związane z przystosowywaniem infrastruktury kolejowej na zmiany klimatu wynika z wdrażania kierunków działań zawartych w

dokumentach strategicznych a także ze zdarzeń katastrofalnych¹ jakie miały miejsca w ostatnich latach, które niosły za sobą istotne straty materialne.

Dokumenty strategiczne zostały opracowane w celu wyznaczenia najważniejszych kierunków działań w poszczególnych obszarach. Ich wdrożenie pozwoli na usunięcie istniejących barier w sektorze transportu kolejowego zarówno w zakresie infrastruktury, zarządzania, systemów przewozowych oraz pomoże w osiągnięciu zdolności adaptacyjnej infrastruktury kolejowej do zmian klimatu.

Sektor transportu kolejowego musi przygotować się na realizację szeregu zadań określonych w politykach o tematyce: transportowej, klimatycznej, ochrony środowiska oraz innych dokumentach strategicznych przyjmowanych w ubiegłych latach. Nowe wyzwania wynikają z coraz większego nacisku kładzionego na ochronę środowiska i zrównoważony rozwój, ale także z potrzeby reagowania na zagrożenia jakie niosą ze sobą ekstremalne zjawiska pogodowe.

Transport to jedna z najbardziej wrażliwych na zmiany klimatu dziedzina gospodarki². Wrażliwość na warunki klimatyczne należy rozpatrywać przede wszystkim z punktu widzenia infrastruktury, która jest budowana na długi okres funkcjonowania. W okresie do 2070 r. należy się liczyć przede wszystkim ze zdarzeniami ekstremalnymi, które będą utrudniać funkcjonowanie sektora³.

W transporcie kolejowym intensywne opady śniegu, oblodzenie, deszcze ulewne i nawałne oraz silne wiatry powodują zakłócenia przejezdności szlaków komunikacyjnych, sprawności urządzeń sterowniczych i in. Wysoka temperatura oddziałuje nie tylko na infrastrukturę, przez deformacje torów w wyniku wydłużania się szyn i pożary powodujące jej uszkodzenia, ale przede wszystkim na warunki pracy (stres termiczny), a także przyczynia się do zmniejszenia komfortu podróży. Silny wiatr i trąby powietrzne, towarzyszące burzom, powodują uszkodzenia sieci trakcyjnych i linii energetycznych, tarasowanie dróg kolejowych przez powalone drzewa, może skutkować zrywaniem dachów i uszkodzenia budynków zaplecza technicznego. Podobnie jak w wypadku

¹ Zdarzenia katastrofalne – wywołane ekstremalnymi warunkami meteorologicznymi (np. deszcze nawałne, fale upałów), wywołujące duże zniszczenia, niekiedy ofiary śmiertelne (*Słownik meteorologiczny, IMGW, Warszawa, 2003*)

² <http://klimada.mos.gov.pl/blog/2013/04/15/transport/>

³ Strategiczny Plan Adaptacji dla obszarów i sektorów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z perspektywą do roku 2030

opadów ulewnych należy oczekiwać zwiększenia częstości występowania takich zjawisk. Jednym z najbardziej dokuczliwych zjawisk są wahania temperatury, w szczególności tzw. przejścia przez zero. W połączeniu z opadami lub topniejącym śniegiem sprzyjają zjawisku gołoledzi, a także intensyfikują korozyjne oddziaływanie wody na infrastrukturę kolejową. Niskie temperatury ujemne sprzyjają zwiększeniu awaryjności sprzętu, zmniejszają sprawność działania środków transportu, zmniejszają komfort podróżowania, oraz utrudniają prace przeładunkowe, wydłużając czas załadunku i wyładunku⁴.

Szczególnie uciążliwe w warunkach zmienionego klimatu są zjawiska o charakterze incydentalnym, przez co mogą być groźniejsze, ponieważ mała częstość występowania nie sprzyja mobilizacji służb do zapobiegania skutkom takich zjawisk i ich usuwania.

W działaniach adaptacyjnych należy mieć na uwadze także różnorodność biologiczną, której utrata staje się poważnym problemem zarówno w Europie, jak i na świecie ze względu na realne i wymierne zagrożenia jakie niesie ze sobą naruszenie funkcji ekosystemów. Proces utraty różnorodności biologicznej oraz wymierania gatunków roślin i zwierząt jest bezpośrednio związany ze zmianami klimatu, co wskazane zostało jednoznacznie m. in. w Konwencji ONZ o różnorodności biologicznej (CBD, 1992).

W ramach planowania i późniejszego wdrażania działań, mających na celu ograniczenie i łagodzenie skutków zmian klimatycznych, kluczowe jest ściśle powiązanie prowadzonych prac z systemami i inicjatywami mającymi największy wpływ na ochronę siedlisk i gatunków wrażliwych na zmiany klimatu.

Głównym celem polityki adaptacyjnej jest zapewnienie zrównoważonego rozwoju oraz efektywnego funkcjonowania gospodarki i społeczeństwa w warunkach zmieniającego się klimatu. Realizację polityki adaptacyjnej do zmian klimatu koordynuje Ministerstwo Środowiska. Zagadnienia związane z adaptacją do zmian klimatu zostały uwzględnione w przyjętej przez Radę Ministrów 14 lutego 2017 r. Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju.

Dokument SPA 2020⁵ wskazuje priorytetowe kierunki działań adaptacyjnych, które należy podjąć do 2020 r. w sektorach i obszarach najbardziej wrażliwych na zmiany klimatu.

⁴ Szósty raport rządowy i pierwszy raport dwuletni dla Konferencji Stron Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, Warszawa 2013

⁵ Strategiczny Plan Adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z perspektywą do roku 2030

Działania te, podejmowane zarówno przez podmioty publiczne, jak i prywatne, są dokonywane poprzez realizację polityk, inwestycje w infrastrukturę oraz rozwój technologii. Obejmują one zarówno przedsięwzięcia techniczne, jak i zmiany regulacji prawnych. Strategiczny Plan Adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu (SPA 2020) podaje, że jednym z głównych katastrofalnych zagrożeń dla Polski są powodzie i podtopienia. Wraz z prognozowanymi zmianami klimatu przewiduje się zwiększenie wywoływanych przez nie szkód. Według Głównego Urzędu Statystycznego straty wynikające z małych powodzi oszacowane w infrastrukturze jednostek samorządu terytorialnego wyniosły 563 mln zł, co stanowiło około 19% całości strat oszacowanych w wyniku oddziaływania zjawisk ekstremalnych w infrastrukturze JST⁶.

Wyniki projektu KLIMADA pokazują, że w skali kraju najbardziej wrażliwa jest: gospodarka wodna, infrastruktura (transport, budownictwo, telekomunikacja i in.), rolnictwo, zdrowie, leśnictwo i ochrona przyrody.

Według badań Instytutu Ochrony Środowiska – PIB, całkowitą wartość strat spowodowanych zjawiskami ekstremalnymi w latach 2012–2016 oszacowano na około 36,5 mld zł (w cenach z 2015 r)⁷. Co roku zjawiska ekstremalne powodują straty wahające się w przedziale od 4 do 7 mld zł. Raz na kilka lat pojawiają się ponadprzeciętne straty, tak jak w roku 2015, kiedy to Polskę nawiedziła dotkliwa susza. Do żywiołów, które w ciągu ostatnich pięciu lat spowodowały znaczące szkody zaliczane są również nawałnice – opady deszczu powodujące podtopienia w połączeniu z silnym wiatrem, który uszkadza infrastrukturę. Nawałnice powodują nie tylko zniszczenia materialne, ale również zagrażają ludzkiemu życiu i zdrowiu.

Sieć kolejowa w Polsce, ze względu na położenie geograficzne, spełnia ważną rolę w tranzytowych przewozach osób i towarów w Europie. Jest także miejscem styku europejskiej sieci normalnotorowej 1435 mm z siecią szerokotorową 1520 mm.

Polski system transportowy jest częścią sieci europejskiej. Jednym z kluczowych elementów jest Transeuropejska Sieć Transportowa (Transeuropean Transport Network – TEN-T), którą wyznaczono w taki sposób, aby zwiększyć efektywność funkcjonowania

⁶ Dane dla strat spowodowanych przez zjawiska ekstremalne w latach 2012-2016; Siódmy raport rządowy i trzeci raport dwuletni dla Konferencji Stron Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, Warszawa 2017

⁷ Zgodnie z metodyką opracowaną w Instytucie Ochrony Środowiska – PIB na podstawie danych Ministerstwa Środowiska

wspólnego rynku, zapewnić wewnętrzną spójność gospodarczą Unii oraz umożliwić obywatelom i podmiotom gospodarczym czerpanie korzyści ze swobód wspólnego rynku.

Największe wyzwania stawiane przed sektorem europejskiej infrastruktury kolejowej to:

- zapewnienie interoperacyjności systemów kolejowych;
- podwyższenia standardów linii kolejowych do parametrów wskazanych m. in. w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady UE 1315/2013 z dnia 11 grudnia 2013 r. w sprawie unijnych wytycznych dotyczących rozwoju transeuropejskiej sieci transportowej;
- rozbudowy systemów kolei dużych prędkości;
- zabudowy nowoczesnych systemów sterowania ruchem kolejowym poprawiających bezpieczeństwo prowadzenia pociągów (Europejski System Zarządzania Ruchem Kolejowym ERTMS);

Istotnym dokumentem wyznaczającym kierunki działań dla sektora kolejowego jest Biała Księga Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu. Osiągnięcie wskazanych zadań ma nastąpić poprzez realizację celów szczegółowych do 2050 roku, a są nimi: przeniesienie 30 % ładunków z transportu drogowego na inne gałęzie transportu – w tym kolej na dystansach powyżej 300 km, ukończenie budowy kolei dużych prędkości (docelowo do 2050 roku), stworzenie do 2030 w pełni funkcjonalnej, multimodalnej bazowej sieci TEN-T, obejmującej cały obszar UE, a do 2050 osiągnięcie wysokiej przepustowości i jakości tej sieci. Dzięki wypełnieniu wytyczonych celów możliwe będzie utworzenie sektora transportu charakteryzującego się dużym poziomem konkurencyjności, oszczędnie wykorzystującego nieodnawialne surowce naturalne. Krajowa Strategia Rozwoju Transportu do 2020 roku (z perspektywą do 2030) obliguje do ograniczenia negatywnego wpływu transportu na środowisko i rozbudowy infrastruktury transportowej (liniowej i punktowej) odpowiadającej unijnym oraz krajowym standardom. Zakłada także konsekwentną modernizację i rewitalizację istniejącej sieci linii kolejowych tak, aby w 2030 roku większa jej część była w stanie dobrym (tj. wymagała jedynie konserwacji). Zapisy odnośnie wypracowania standardów konstrukcyjnych uwzględniających zmiany klimatu i zarządzenia szlakami komunikacyjnymi w warunkach zmian klimatu formułuje Strategiczny Plan Adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z perspektywą do roku 2030. Polska dokonała znacznego postępu w zakresie rozwoju infrastruktury transportu kolejowego, jak również odnowy parku taborowego.

Realizacja była głównie możliwa dzięki wykorzystaniu środków POIiŚ 2007-2013. W perspektywie finansowej UE na lata 2014-2020 przewidziano na kolej, w ramach podpisanej Umowy Partnerstwa między rządem Rzeczypospolitej Polskiej a Komisją Europejską, kwotę 10,2 mld euro co stanowi ponad 80% wzrost w stosunku do okresu programowania 2007-2013⁸. Wartość inwestycji przewidzianych w Krajowym Programie Kolejowym (KPK) mających być zrealizowanych do roku 2023 przez PKP PLK to ponad 66 mld złotych.

⁸ Programowanie perspektywy finansowej 2014-2020 - Umowa Partnerstwa

3. Klimat - stan obecny i prognozowane zmiany

3.1. Aktualne warunki pogodowe

Aktualne warunki klimatyczne określono na podstawie wartości średnich miesięcznych temperatury powietrza z lat 1971-2000 oraz miesięcznych sum opadów atmosferycznych dla reprezentatywnych stacji w Polsce wybranych przez IMGW. Wybrany okres obserwacji meteorologicznych pozwala na precyzyjne przedstawienie warunków klimatycznych na podstawie 30 letniego ciągu danych dla analizowanych zjawisk pogodowych. Szczegółowe badania zmian temperatury powietrza w Polsce zostały przedstawione przez Biernacika i in. (2010)⁹.

W Polsce wartości średniej rocznej temperatury powietrza wahają się od 5°C do 9°C. Najcieplejszym rejonem Polski jest część południowo-zachodnia, zachodnia część Kotliny Sandomierskiej oraz Nizina Południowo Wielkopolska natomiast najchłodniejszym północno-wschodnia część kraju i obszary górskie. Rozkład temperatury powietrza w lecie ma przebieg równoleżnikowy, wartości maleją z południa na północ, za wyjątkiem terenów górskich, od 18,5°C na Nizinie Śląskiej, do 16,5°C na Pojezierzu Kaszubskim. W zimie zaznacza się wyraźny spadek temperatury z zachodu na wschód, gdyż izotermy mają przebieg południkowy i wartości temperatury powietrza przekraczają 0°C na zachodzie, obniżając się do poniżej -3°C na wschodzie, zaś najniższe wartości występują w górach.

Dwa ostatnie 10-lecia XX wieku i pierwsza dekada XXI wieku są najcieplejszymi w historii instrumentalnych obserwacji w Polsce. We wszystkich porach roku obserwowany jest wzrost temperatury powietrza, z tym, że zdecydowanie silniejszy jest w zimie, a słabszy w lecie. Zauważalny wzrost wartości temperatury ekstremalnej ma miejsce od roku 1981 (Lorenc 2012).

⁹ Biernacik D. i in., Zmienność warunków termicznych w Polsce po roku 1951. Rezultaty projektu KLIMAT, w: Klimat Polski na tle klimatu Europy. Zmiany i ich konsekwencje, E. Bednorz, L. Kolendowicz (red.), Seria Studia i Prace z Geografii i Geologii, 2010

Bardziej szczegółowe badania tempa zmian temperatury powietrza w Polsce zostały przedstawione przez Biernacika (2010). Tempo zmian średniej obszarowej temperatury powietrza wynosi $0,24^{\circ}\text{C}/10$ lat i jest nieznacznie większe w zachodniej ($0,25^{\circ}\text{C}/10$ lat) niż we wschodniej części kraju ($0,21^{\circ}\text{C}/10$ lat) (Tabela 2). Najszybszy wzrost temperatury wystąpił na Pobrzeżach ($0,27^{\circ}\text{C}/10$ lat), niewiele wolniejszy – na Pojezierzach oraz w Karpatach ($0,25^{\circ}\text{C}/10$ lat). Wyraźnie mniejsze jest tempo zmian na Wyżynach ($0,19^{\circ}\text{C}/10$ lat) oraz w Sudetach ($0,20^{\circ}\text{C}/10$ lat) (Biernacik i in. 2010) (Tabela 2).

Tabela 2 Sezonowe i roczne wartości współczynników trendu ($^{\circ}\text{C}/10$ lat) średniej temperatury powietrza w poszczególnych regionach i Polsce obliczone dla wielolecia 1951-2008 (pogrubiono wartości istotne statystycznie na poziomie $1 - \alpha = 0,95$) (Biernacik i in. 2010)

Sezon y	Pobrzeż a	Pojezierz a	Nizin y	Wyżyn y	Podkarpac ie	Sudet y	Karpat y	Polsk a
Zima	0,40	0,42	0,40	0,31	0,33	0,31	0,34	0,38
Wiosn a	0,40	0,38	0,35	0,32	0,37	0,30	0,38	0,36
Lato	0,22	0,15	0,15	0,13	0,19	0,20	0,25	0,17
Jesień	0,08	0,06	0,07	0,01	0,03	0,04	0,07	0,06
Rok	0,27	0,25	0,24	0,19	0,22	0,20	0,25	0,24

Źródło: opracowanie własne

W skali sezonów najszybszy wzrost średniej temperatury powietrza obserwuje się zimą i wiosną, kiedy w północnej części kraju (Pobrzeże, Pojezierze) wynosi ok. $0,4^{\circ}\text{C}/10$ lat. Wyraźnie mniejsze tempo zmian cechuje Wyżyny i Sudety (ok. $0,3^{\circ}\text{C}/10$ lat). Latem tempo ocieplenia jest znacznie mniejsze niż zimą i wiosną (ok. $0,15$ - $0,25^{\circ}\text{C}/10$ lat), (z wyjątkiem Wyżyn). Jesień jest jedynym sezonem klimatologicznym, w którym nie można mówić o trendzie wzrostowym temperatury powietrza w Polsce, zaznacza się jedynie nieznaczna tendencja rosnąca, najsilniejsza na Pobrzeżach (Biernacik i in. 2010). Za wyjątkiem wzrostu średniej temperatury występuje również duża zmienność temperatury powietrza z roku na rok.

Największy wpływ na warunki klimatyczne wywierają zjawiska ekstremalne, których obecne nasilenie się zauważalnie zmienia dynamikę klimatu w Polsce. Wśród zjawisk termicznych niekorzystnych i uciążliwych dla ludności, środowiska i gospodarki należy wymienić pojawianie się, szczególnie od lat 90-tych dotkliwych fal upałów (ciągi dni z maksymalną temperaturą dobową powietrza $\geq 30^{\circ}\text{C}$ utrzymującą się przez co najmniej

3 dni) i dni upalnych (z temperaturą $\geq 30^{\circ}\text{C}$), najczęściej występujących w rejonie południowo-zachodniej części Polski, najrzadziej w rejonie wybrzeża i górach (Lorenc 2012).

Na większości obszaru Polski obserwuje się tendencje spadkowe liczby dni mroźnych. Niewielkie wzrosty liczby dni mroźnych zaznaczyły się jedynie w obszarach górskich i w południowo-zachodniej części Polski. Najdłuższe okresy bardzo mroźne wystąpiły w północno-wschodniej i wschodniej części kraju (10-20 takich epizodów w ciągu 40 lat), na pozostałym obszarze notowano do kilku okresów bardzo mroźnych, z wyjątkiem obszarów nadmorskich, gdzie nie odnotowano takich temperatur. W związku ze wzrostem temperatury powietrza oraz spadkiem liczby dni mroźnych, skróci się również okres zalegania pokrywy śnieżnej (Lorenc 2012). Dni mroźne będą częściej przeplatały się z występującym ociepleniem, co w konsekwencji może prowadzić do opadów atmosferycznych, gołoledzi oraz mgieł.

Opady atmosferyczne nie wykazują żadnych wyraźnych tendencji ilościowych. Średnia suma opadów atmosferycznych w Polsce wynosi ok 600-700 mm, i jest zależna od ukształtowania terenu. Największą wartością przekraczającą 1000 mm charakteryzuje się obszar Centralnych Karpat Zachodnich. Średnią obszarową sumę opadów przekraczającą 700 mm zanotowano na obszarze Zewnętrznych Karpat Zachodnich oraz Sudetów. Najmniejsze wartości występują w centralnej Polsce, na obszarze Nizin Środkowopolskich oraz na Polesiu (548,2 mm) (Lorenc 2012). W ciągu ostatnich lat nastąpiła zmiana struktury opadów polegająca na zdecydowanym wzroście liczby dni z opadem dobowym o dużym natężeniu, które pojawiają się głównie w okresie około letnim (kwiecień – wrzesień) i którym mogą towarzyszyć burze i silny wiatr. Następują one po długotrwałych okresach bezopadowych (z wysoką temperaturą powietrza), których czas trwania również się wydłuża (www.klimada.mos.gov.pl).

3.2. Prognozowane zmiany warunków pogodowych

3.2.1. Scenariusze klimatyczne

Dostępne obecnie symulacje zmienności klimatu w XXI wieku wykorzystują dwa typy scenariuszy emisyjnych przygotowanych na zlecenie i rekomendowanych do wykorzystania przez IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Scenariusze emisji przedstawiają prognozy przyszłych emisji gazów cieplarnianych, które są dopiero podstawą tworzenia scenariuszy klimatycznych. W prognozowaniu przyszłych zjawisk

klimatycznych „stosuje się podejście wiązkowe polegające na analizie wyników przynajmniej kilku różnych modeli regionalnych zagnieżdżonych w różnych modelach globalnych. Pozwala to uwzględnić niepewności związane z samymi modelami wynikające w szczególności z różnic w opisie fizyki zawartej w modelach”¹⁰.

Obecnie korzysta się ze scenariuszy emisji RCP (Representative Concentration Pathways)¹¹:

- RCP 2,6 zakłada dalszy wzrost stężeń CO₂, odpowiednio do 340 ppm w roku 2100 oraz osiągnięcie wymuszenia radiacyjnego na poziomie 2.6 W/m². Przedstawia bardzo niski poziom wymuszenia radiacyjnego,
- RCP 4,5 zakłada dalszy wzrost stężeń CO₂, odpowiednio do 540 ppm w roku 2100 oraz osiągnięcie wymuszenia radiacyjnego na poziomie 4.5 W/m². Przedstawia poziom stabilnego wymuszenia radiacyjnego,
- RCP 6,0 zakłada dalszy wzrost stężeń CO₂, odpowiednio do 740 ppm w roku 2100 oraz osiągnięcie wymuszenia radiacyjnego na poziomie 6.0 W/m². Przedstawia również poziom stabilnego wymuszenia radiacyjnego,
- RCP 8,5 zakłada dalszy wzrost stężeń CO₂, odpowiednio do 940 ppm w roku 2100 oraz osiągnięcie wymuszenia radiacyjnego na poziomie 8.5 W/m². Przedstawia bardzo wysoki poziom wymuszenia radiacyjnego.

Scenariusze RCP reprezentują cały zakres działań „proklimatycznych” obejmujących zmiany społeczno – gospodarcze takie jak: populacja, wysokość PKB, intensywność energetyczna i miks energetyczny. W porównaniu do scenariuszy używanych wcześniej (SRES) nie uwzględniających działań „proklimatycznych”¹². Scenariusze RCP wykorzystane zostały w nowych symulacjach przeprowadzonych z użyciem modeli klimatycznych w projekcie CMIP5¹³ (Projekt Porównania Sprzężonych Modeli, Faza 5) w ramach Światowego Programu Badań nad Klimatem (WCRP) (<https://www.wcrp-climate.org/>). Zostały również wykorzystane do opracowania scenariuszy zmian klimatu

¹⁰ „Klimat w Polsce w XXI wieku - Prawdopodobne kierunki zmian; Perspektywa dla klimatów lokalnych” dr inż. Małgorzata Liszewska, Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego, Uniwersytet Warszawski, 18 czerwca 2013

¹¹ IPCC 5AR

¹² <http://klimada.mos.gov.pl/blog/2013/06/13/scenariusze-sres-2/>

¹³ Projekt Coupled model intercomparison project 5 jest jednym z integralnych elementów piątego raportu IPCC są wyniki z modeli klimatycznych, które uwzględniają oddziaływanie pomiędzy oceanem i atmosferą

zaprezentowanych w 5 Raporcie IPCC (dalej 5AR) z roku 2013. Dla wszystkich RCP, stężenia CO₂ w atmosferze w 2100 roku będą wyższe od obecnych, wskutek dalszego wzrostu łącznych emisji gazów cieplarnianych do atmosfery w XXI wieku. Grupa scenariuszy RCP4.5 odpowiada umiarkowanemu scenariuszowi emisji SRES A1B.

Opracowane scenariusze klimatyczne dla obszaru Polski stanowią opisy prawdopodobnych przyszłych warunków klimatycznych. Jednak nie mogą być uznawane za pewne prognozy klimatu¹⁴ Scenariusze prezentują przewidywania dotyczące przyszłej temperatury powietrza oraz opadów atmosferycznych, natomiast nie obejmują innych zjawisk (burz, gradu czy mgły), gdyż są one często nieprzewidywalne i nawet nie określa się ich w prognozach długoterminowych. Scenariusze zmian klimatu stanowią najlepsze dostępne przybliżenie przyszłych warunków, jednakże są obarczone sporą niepewnością. Z tego względu konieczne jest jednocześnie analizowanie wyników co najmniej kilku najbardziej prawdopodobnych modeli. Prognozowane zmiany przedstawiono za pomocą scenariuszy klimatycznych opracowanych dla scenariusza emisyjnego SRES A1B oraz scenariuszy RCP4.5 i RCP8.5 dla poszczególnych zjawisk klimatycznych i ich pochodnych.

Współczesne zmiany klimatu cechują się wyraźnym i jednoznacznym trendem wzrostowym temperatury. Wszystkie projekcje są zgodne, że temperatura powietrza nadal będzie wzrastać, a wzrost ten będzie w silnym stopniu zależny od tempa wzrostu koncentracji gazów cieplarnianych w atmosferze. Ta zmiana jest zgodna z trendem obserwowanym w Polsce od połowy XX w. określonym na podstawie wieloletnich pomiarów meteorologicznych [Degirmendzić i in. 2004]. Wraz z temperaturą średnią rosną temperatury minimalna i maksymalna, przy czym wzrost temperatury maksymalnej jest nieznacznie mniejszy od średniej, a minimalnej nieco większy [Wibig i Głowicki 2002]. Ocieplenie spowoduje wzrost częstości pojawiania się dni gorących i upalnych oraz spadek liczby dni przymrozkowych i mroźnych. Te zmiany są spójne na obszarze całego kraju i zgodne z kierunkiem zmian obserwowanym od połowy XX w.

Prognozowane zmiany opadów nie są już ani tak wyraźne, ani jednorodne w czasie i przestrzeni. Przewiduje się, że roczne sumy opadów minimalnie wzrosną, jednakże rozrzut między prognozami różnych modeli w wiązce jest tak duży, że nawet kierunek zmian (wzrost lub spadek rocznych sum opadów) nie jest pewny (Warunki

¹⁴ Strategiczny plan adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020

oceanograficzne 2012). Modele w większości przewidują wzrost sum opadów w wysokich szerokościach geograficznych i ich spadek w niskich. Polska leży na pograniczu tych stref i część modeli lokuje ją w obszarze rosnących opadów (zimą prawie wszystkie), latem natomiast obszar Polski mieści się w strefie spadkowej sum opadu. Różne kierunki zmian są wyraźnie widoczne w projekcjach na koniec XXI wieku (Lorenc 2012). Zmianom wartości średnich towarzyszyć będzie znaczący wzrost wariacji, przejawiający się znaczącym rozchwianiem klimatu, co przenosi się na wzrost prawdopodobieństwa występowania zjawisk ekstremalnych takich jak: burze (w tym burze z gradem), oraz silny wiatr, które często towarzyszą intensywnym opadom deszczu.

W tabeli (Tabela 3) porównano projekcje temperatury powietrza oraz opadów atmosferycznych dla wybranych scenariuszy klimatycznych.

Tabela 3 Porównanie projekcji, w przypadku temperatury wartości oznaczają wzrost temperatury w okresie 2071-2100 względem okresu referencyjnego (1971-2000), w przypadku opadów suma opadów w okresie 2071-2100 w procentach sumy okresu referencyjnego. Dla projekcji AR5 okresem referencyjnym są lata 1985-2005

Element pogody/klimatu	Scenariusz klimatyczny KLIMADA A1B	Scenariusz klimatyczny CHASE-PL RCP4.5	Scenariusz klimatyczny CHASE-PL RCP8.5
średnia roczna temperatura powietrza	+3,2°C	+2,0°C	+3,6°C
średnia temperatura powietrza dla zimy	-	+2,5°C	+4,5°C
średnia temperatura powietrza dla wiosny	-	+2,0°C	+3,2°C
średnia temperatura powietrza dla lata	-	+1,7°C	+3,1°C
średnia temperatura powietrza dla jesieni	-	+1,8°C	+3,5°C
roczna suma opadu	-	109,7%	115,7%
suma opadu dla lata	~90%	104,0%	118,4%
suma opadu dla zimy	~115%	105,2%	126,8%

Źródło: opracowanie własne

3.2.2. Scenariusz rekomendowany

Rekomenduje się scenariusz klimatyczny opublikowany w projekcie CHASE-PL oparty o scenariusz emisji RCP8.5. Jest on zaadaptowany do warunków polskich i wykorzystuje najnowsze symulacje klimatyczne o bardzo dobrej rozdzielczości przestrzennej. Scenariusz klimatyczny posiada dwie perspektywy czasowe połowę i końcówkę XXI wieku. Wybór projekcji opartych na najsilniejszym z rozważanych obecnie scenariuszu emisji RCP8.5 uzasadniają następujące kwestie:

- Infrastruktura kolejowa jest kluczową gałęzią transportu lądowego realizującą przewozy towarowe, w tym masowe i pasażerskie w zakresie lokalnym, krajowym i międzynarodowym charakteryzująca się długim okresem trwałości technicznej,
- Infrastruktura kolejowa jest planowana i realizowana na długi okres użytkowania czego konsekwencją jest praca w zmieniających się warunkach klimatycznych oraz oddziaływaniem zmian klimatu w trakcie jej funkcjonowania,
- Bezpieczeństwo podczas realizacji przewozów i usług - przyjmując najmniej korzystny scenariusz mamy większe prawdopodobieństwo, że dla każdego zakresu działalności (planowanie, realizacja, eksploatacja, utrzymanie) infrastruktura jest przygotowana odpowiednio na wpływ klimatu i jego zmian oraz warunków pogodowych,
- Dotychczas obserwowane zmiany koncentracji gazów cieplarnianych w atmosferze są najbardziej zbliżone do tych, które prowadzą do realizacji scenariusza RCP8.5 i wzrostu średniej temperatury powietrza o wartość zbliżoną do 4,5°C do końca XXI wieku.

Scenariusze klimatyczne oparte o scenariusz emisji RCP8.5 są powszechnie wykorzystywane w wielu światowych projektach dotyczących m.in. adaptacji do zmian klimatu w transporcie, czy gospodarce. Przykładowo, w projekcie „Shaanzi Mountain Road Safety Demonstration Project” zrealizowanym w 2014 roku w Chinach, w którym duży nacisk położono na bezpieczeństwo ludzi, również wykorzystano scenariusz emisji RCP8.5 ([link do strony projektu](#)). Kolejny projekt „Sea level rise projections for northern Europe under RCP8.5” również nawiązuje do scenariusza emisji RCP 8.5. Istotą tego projektu zaadaptowanie terenów przybrzeżnych w Europie Północnej do zmian klimatu, tak aby móc je uchronić przed zalaniem, ponieważ prognozuje się wzrost poziomu morza, a co za tym idzie zalanie części terenów przybrzeżnych na określonych obszarach ([link do strony projektu „Sea level rise projections for northern Europe under RCP8.5”](#)).

3.3. Wpływ klimatu na infrastrukturę kolejową

Zjawiska pogodowe mogą powodować zdarzenia, które będą wpływały na funkcjonowanie infrastruktury kolejowej, tj. niepożądane sytuacje zaistniałe w systemie transportu kolejowego lub w jego otoczeniu, zakłócające realizację procesu przewozowego, w szczególności powodujące zagrożenie dla bezpieczeństwa ruchu kolejowego.

Przeprowadzona analiza prognozowanych zmian klimatu w aspekcie funkcjonowania infrastruktury kolejowej wskazuje na to, że do 2070 roku:

- nastąpi wyraźne ocieplenie, wyrażone wzrostem temperatury powietrza głównie w porze zimowej,
- niewielkiej zmianie ulegną sumy roczne opadów, natomiast zmieni się ich charakter częściej będą pojawiać się intensywne opady deszczu (deszcze nawalne),
- zmniejszy się liczba dni z pokrywą śnieżną.

Tabela 4 Analiza czynników pogodowych (które potencjalnie **obecnie i w ujęciu długofalowym** mogą podlegać oddziaływaniu infrastruktury kolejowej oraz te, które mogą oddziaływać na infrastrukturę kolejową) z uwzględnieniem poszczególnych etapów planowania

Czynniki pogodowe, które mogą podlegać oddziaływaniu infrastruktury kolejowej	Czynniki pogodowe, które mogą oddziaływać na infrastrukturę kolejową
Oddziaływanie infrastruktury kolejowej na warunki pogodowe ogranicza się do wpływu pośredniego - emisji zanieczyszczeń powietrza. W związku z powyższym nie ma możliwości przedstawienia hierarchizacji wpływu infrastruktury kolejowej na warunki pogodowe.	<ul style="list-style-type: none">• Niskie temperatury (w tym opady śniegu i gołoledź)• Wysokie temperatury (w tym pożary)• Silny i bardzo silny wiatr• Burze, wyładowania atmosferyczne (w tym burze z gradem)• Opady deszczu – ekstremalne przepływy, powodzie (od strony rzek, morza, powodzie nagłe/miejskie), osuwiska• Mgła

Źródło: opracowanie własne

Uwaga: Analizowane czynniki ich wpływ na infrastrukturę kolejową i wpływ infrastruktury kolejowej na nie występuje na każdym etapie planowania inwestycji tj.: planowanie strategiczne sieci

kolejowej, planowanie indywidualnej inwestycji, realizacja inwestycji, eksploatacja i utrzymanie elementów infrastruktury

Wymienione czynniki pogodowe i ich pochodne wpływają negatywnie na infrastrukturę kolejową. Biorąc pod uwagę prognozowane zmiany przewiduje się również negatywny wpływ tych zjawisk na infrastrukturę kolejową w ujęciu długofalowym. Obecnie najbardziej istotnymi zjawiskami (Tabela 4), które mają wpływ na infrastrukturę kolejową są: niskie temperatury (w tym opady śniegu i gołoledź), wysokie temperatury (w tym pożary), silny i bardzo silny wiatr, burze, wyładowania atmosferyczne (w tym burze z gradem) oraz opady deszczu – ekstremalne przepływy, powodzie (od strony rzek, morza, powodzie nagłe/miejskie), osuwiska czy mgła. W ujęciu długofalowym należy mieć na uwadze wzrost temperatury powietrza oraz częstsze występowanie deszczy nawalnych, którym często towarzyszą burze, wyładowania atmosferyczne (w tym burze z gradem) oraz silny i bardzo silny wiatr. Większe prawdopodobieństwo wystąpienia tych zjawisk może także w konsekwencji powodować pojawianie się osuwisk oraz powodzie. Dla zjawiska mgły nie opracowano scenariuszy klimatycznych, ale ich potencjalny długofalowy wpływ do 2070 roku będzie podobny jak obecnie.

Według danych SEPE (System Ewidencjonowania Pracy Eksploatacyjnej PKP PLK S.A.) oraz na podstawie analizy zdarzeń wywołanych zjawiskami pogodowymi, największym zagrożeniem dla funkcjonowania infrastruktury kolejowej są: silny i bardzo silny wiatr, opady śniegu oraz burze, wyładowania atmosferyczne (w tym burze z gradem).

Bezpośrednie oddziaływanie infrastruktury kolejowej na warunki pogodowe dotyczy jedynie stosowania trakcji spalinowej. Jednak ze względu na coraz rzadsze wykorzystanie tego typu rozwiązań, wpływ ten będzie coraz mniejszy.

Oddziaływanie infrastruktury kolejowej na warunki pogodowe ogranicza się głównie do wpływu pośredniego, związanego głównie z wykorzystaniem energii elektrycznej i sprowadza się do emisji zanieczyszczeń powietrza związanego z produkcją energii elektrycznej. Główne źródła zużycia energii elektrycznej to tabor elektryczny i zautomatyzowane urządzenia umożliwiające prowadzenie ruchu kolejowego. Każdego roku przybywa rozwiązań dla infrastruktury kolejowej, które pozwalają na zautomatyzowanie prowadzenia ruchu kolejowego. Jednostkowe urządzenia te są bardziej wydajne energetycznie, jednak ich ilość stale wzrasta co w konsekwencji wpływa na większe zużycie energii elektrycznej. Ponadto pomimo prowadzenia wszelkich działań o redukcji emisji gazów cieplarnianych, mamy do czynienia z sytuacją, kiedy nowoczesny

tabor kolejowy, ze względu na liczne udogodnienia dla podróżujących oraz zwiększenie konkurencyjności przewoźnika nie przyczynia się do zmniejszenia emisji z powodu stosowania coraz większej ilości jednostkowych urządzeń zużywających energię.

Można zatem uznać, że czynniki pogodowe obecnie i potencjalnie w ujęciu długofalowym (2070 r.) nie podlegają bezpośrednio oddziaływaniu infrastruktury kolejowej.

4. Diagnoza stanu infrastruktury kolejowej

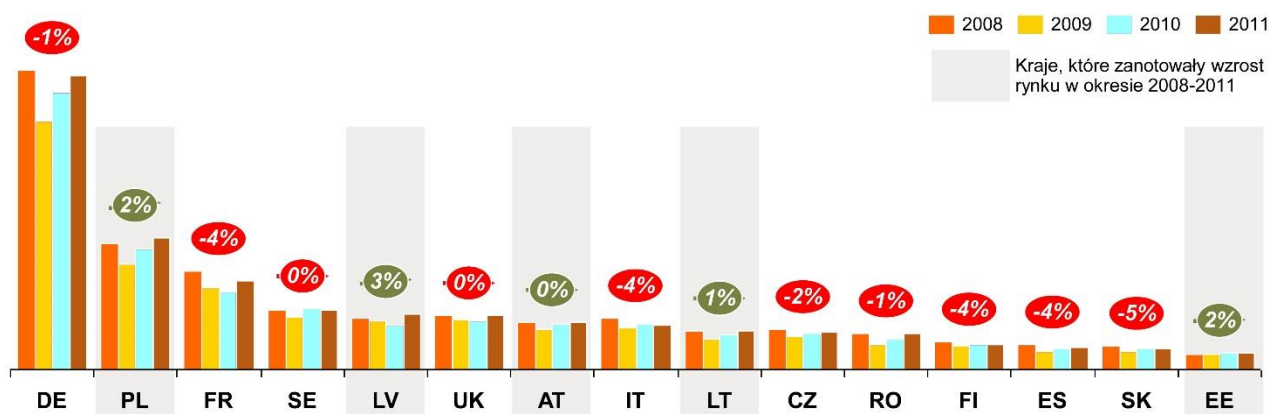
W ujęciu międzynarodowym Polska znajduje się w czołówce krajów o najdłuższej sieci kolejowej¹⁵. Obecnie w Polsce nie ma kolei dużych prędkości. Polski tabor kolejowy nie należy do nowoczesnych, jednak jest sukcesywnie wymieniany na nowy. W okresie dostosowywania taboru do najnowszych standardów występować może wpływ pośredni na występowanie zanieczyszczeń powietrza. Jednak istnieje pewna zależność, ponieważ kraje charakteryzujące się znacznym stopniem rozwinięcia linii kolejowych również emitują wysokie wartości emisji, gdyż stosują liczne udogodnienia dla pasażerów (klimatyzacja, gniazda elektryczne umożliwiające ładowanie urządzeń czy system GPS). Jest to wpływ pośredni infrastruktury kolejowej na klimat ponieważ wiąże się on z większą konsumpcją energii, zakupowanej na potrzeby realizacji pracy przewozowej.

Transport kolejowy, w porównaniu z transportem drogowym i lotniczym, jest najmniej szkodliwy dla środowiska i najbardziej efektywny energetycznie. Elektryczne lokomotywy lokalnie w ogóle nie zanieczyszczają powietrza szkodliwymi substancjami. Zwiększenie w miksie energetycznym udziału odnawialnych źródeł energii przyczyni się do ograniczenia emisji CO₂ tym samym konsumpcja energii elektrycznej na cele trakcyjne będzie miała pośrednio mniejszy wpływ na zanieczyszczenie środowiska. Poza tym, zwiększanie potencjału rekuperowanej energii (oddwawnej energii) do sieci przez nowoczesne bądź modernizowane pojazdy trakcji elektrycznej pozwoli na obniżenie zakupowanego wolumenu energii co teoretycznie również przełoży się na obniżenie emisji CO₂. Nie bez znaczenia jest też fakt, że to bardzo bezpieczny środek transportu – w wypadkach kolejowych ginie 30-krotnie mniej osób, niż w wypadkach drogowych. Największym problemem związanym z koleją pozostaje znaczny hałas oraz wibracje generowane przez pociągi zwłaszcza od pociągów towarowych.

Chociaż transport kolejowy jest o wiele bardziej przyjazny dla środowiska i statystycznie bezpieczniejszy niż transport drogowy, sektor ten ma trudności w osiągnięciu konkurencyjności na rynku przewozu osób i towarów. Potencjał europejskich kolei nie został jeszcze w pełni wykorzystany. Ostatnie lata osłabienia gospodarczego odbiły się na przewozach kolejowych w całej Europie, przy czym Polska wypadła dobrze na tle innych

¹⁵ Źródło: Forsal.pl, na podstawie danych Eurostat

państw. W latach 2008-2011 spośród krajów Unii Europejskiej Polska, obok krajów nadbałtyckich, odnotowała najwyższy wzrost wolumenu przewozów towarowych, przekraczając m.in. w 2011 roku wolumen przewozów z przedkryzysowego 2008 roku. Poniższy rysunek pokazuje wzrost lub spadek rynku kolejowego w latach 2008 - 2011 w krajach UE wyrażony w procentach (Rysunek 2).



Rysunek 2 Dynamika rozwoju rynku kolejowego w krajach Unii Europejskiej w latach 2008-2011

Źródło: Eurostat, według A. T. Kearney, Program rozwoju rynku kolejowych przewozów towarowych w Polsce

4.1. Podatność infrastruktury kolejowej na obecne warunki pogodowe i prognozowane zmiany klimatu

Podstawą do przeprowadzenia analiz było „zdarzenie”, definiowane jako wystąpienie sytuacji na skutek działania czynnika pogodowego, która wpływa na funkcjonowanie infrastruktury kolejowej, zakłócającej realizację procesu przewozowego, w szczególności powodującej zagrożenie dla bezpieczeństwa ruchu. Zjawisko można rozpatrywać w ujęciu:

- Liczby zdarzeń powodowanych przez czynnik pogodowy,
- Czas utrudnień będących skutkiem zdarzeń powodowanych przez dany czynnik pogodowy.

4.1.1. Wrażliwość

W latach 2013-2016, zarejestrowano w systemie SEPE łącznie 419 806 wszystkich zdarzeń różnego rodzaju, nie tylko związanych z oddziaływaniem warunków pogodowych, z których 278 995 (66,5%) zostało przypisanych do grup przyczyn związanych z infrastrukturą, a przyczyny zewnętrzne były odpowiedzialne za 60 754 zdarzeń (14,5%). Z czynników atmosferycznych natomiast wynikało w tym okresie 12 104 zdarzeń. Zgodnie

z tymi danymi udział procentowy liczby zdarzeń związanych z warunkami atmosferycznymi stanowił ok. 2,9% wszystkich zdarzeń. Biorąc zaś pod uwagę jako 100% przyczyny związane z infrastrukturą, udział procentowy przyczyn zewnętrznych wyniósł 21,8%, a przyczyn związanych z warunkami atmosferycznymi wyniósł ok. 4,3%. Oznacza to, że zdarzenia na kolei związane z czynnikami atmosferycznymi stanowią jedynie niewielki ułamek wszystkich rejestrowanych zdarzeń. Jednocześnie należy zwrócić uwagę, że ogólny czas trwania opóźnień zarejestrowany w latach 2013-2016 na liniach kolejowych wyniósł 9 386 864 godzin. Z tego 249 597 godzin stanowiły utrudnienia związane z czynnikami atmosferycznymi. Stanowi to zaledwie 2,7% czasu trwania wszystkich utrudnień na liniach kolejowych.

Najwięcej zdarzeń powodujących odnotowane utrudnienia na liniach kolejowych spowodowanych było występowaniem:

- burz (wyładowań atmosferycznych i burz z gradem) – 38%
- silnego i bardzo silnego wiatru - 34%.

W dalszej kolejności do najczęstszych przyczyn powodujących utrudnienia na liniach kolejowych należą:

- niskie temperatury w połączeniu z opadami śniegu 14%,
- wysokie temperatury 7%,
- mgły 5%
- opady deszczu 2%.

Elementami infrastruktury, na które wymienione czynniki oddziaływały najbardziej są:

- sterowanie ruchem kolejowym SRK (38%),
- sieć trakcyjna (25%)
- układ torowy (23%).

W sumie na te trzy elementy infrastruktury przypada aż 86% zdarzeń spowodowanych czynnikami atmosferycznymi. Na pozostałe elementy infrastruktury oddziaływanie czynników klimatycznych jest zdecydowanie mniejsze. W podziale na branże kolejowe największe oddziaływanie czynników pogodowych dotyczy branży:

- automatyka i telekomunikacja (39%),
- energetyka (30%),
- droga kolejowa (24%),
- organizacja ruchu kolejowego oraz infrastruktura pasażerska (7%).

Wpływ czynników pogodowych na budynki i budowle (sieci i instalacje, obiekty budowlane i kubaturowe, drogi kołowe, elementy ochrony środowiska) jest marginalny (0,1% wszystkich zdarzeń spowodowanych czynnikami pogodowymi).

Elementy infrastruktury kolejowej wykazują największą wrażliwość na występowanie opadów deszczu (ekstremalnych przepływów, powodzi od strony rzek, morza, powodzie nagłe/miejskie, osuwisk) oraz burz (wyładowań atmosferycznych), a także na silny wiatr. Niższa wrażliwość występuje na niskie temperatury i opady śniegu, a także na wysokie temperatury (w tym pożary) i mgły. Niższa wrażliwość na skutki opadów śniegu spowodowana jest dobrym przygotowaniem spółki do reakcji na zagrożenie („akcja zima”) oraz występowaniem łżejszych zim w ostatnich latach.

Branżą kolejową, której najbardziej dotyczą utrudnienia związane z czynnikami pogodowymi są drogi kolejowe (50% czasu trwania utrudnień związanych z czynnikami pogodowymi). W dalszej kolejności duży wpływ dotyczy automatyki i telekomunikacji (32%), energetyki (14%) oraz organizacji ruchu kolejowego wraz z infrastrukturą pasażerską (4%). Analizując poszczególne elementy infrastruktury, aż 40% czasu trwania utrudnień spowodowanych czynnikami pogodowymi dotyczyło układu torowego.

Największą wrażliwość na czynniki pogodowe wykazują takie elementy infrastruktury kolejowej jak: sieć trakcyjna, SRK, , układ torowy i elektroenergetyka nietrakcyjna i tabor kolejowy eksploatowany przez podmioty zewnętrzne – spółki powiązane. Pozostałe elementy infrastruktury kolejowej charakteryzują się dużo niższą wrażliwością na czynniki pogodowe.

4.1.2. Ekspozycja

Stopień ekspozycji infrastruktury kolejowej na czynniki pogodowe został określony w oparciu o trendy rekomendowanego scenariusza klimatycznego. Dla każdego z czynników pogodowych przypisano wskaźnik ekspozycji w zależności od kierunku i wielkości trendu danego zjawiska. W tym celu posłużono się rekomendowanym w części 3. scenariuszem RCP 8.5. W ten sposób określona została ekspozycja infrastruktury kolejowej na zmiany klimatu. Zastosowana skala ekspozycji przedstawia się następująco:

Tabela 5 Skala oceny ekspozycji infrastruktury kolejowej na czynniki pogodowe i ich pochodne

Stopień ekspozycji	Opis
1	Niska ekspozycja – w przypadku, gdy trend danego zjawiska maleje, a oddziaływanie czynnika będzie coraz mniejsze.
2	Średnia ekspozycja – brak trendu danego zjawiska, oddziaływanie czynnika nie będzie ulegało zmianom.
3	Wysoka ekspozycja – trend zjawiska jest rosnący, oddziaływanie czynnika będzie się nasilać.

Zródło: opracowanie własne

Tabela 6 Ocena ekspozycji infrastruktury kolejowej na zagregowane zjawiska pogodowe i ich pochodne.

Zagregowany czynnik klimatyczny	Pojedynczy czynnik klimatyczny	Stopień ekspozycji na pojedynczy czynnik	Stopień ekspozycji na zagregowany czynnik
Niskie temperatury (w tym gołoledź) i opady śniegu	Niska temperatura	1	1,7
	Gołoledź	2	
	Opady śniegu	2	
Wysokie temperatury (w tym pożary)	Wysoka temperatura	3	3
	Pożary	3	
Silny i bardzo silny wiatr	Silny i bardzo silny wiatr	2	2

Zagregowany czynnik klimatyczny	Pojedynczy czynnik klimatyczny	Stopień ekspozycji na pojedynczy czynnik	Stopień ekspozycji na zagregowany czynnik
Burze, wyładowania atmosferyczne (w tym burze z gradem)	Burze, wyładowania atmosferyczne (w tym burze z gradem)	3	3
Opady deszczu – ekstremalne przepływy, powódzie (od strony rzek, morza, powódzie nagłe/miejskie), osuwiska	Opady deszczu	3	2,5
	Powódź od strony rzek	2	
	Powódź od strony morza	2	
	Powódzie nagłe (w tym powódzie miejskie)	3	
	Zmiana poziomu morza	3	
	Osuwiska	2	
Mgła	Mgła	2	2

Źródło: opracowanie własne

Na podstawie przedstawionych ocen ekspozycji opartych na obserwowanych zmianach klimatu, a także na scenariuszach tych zmian (w perspektywie 2070 r. w oparciu o scenariusz RCP 8.5), można stwierdzić, że największa ekspozycja infrastruktury kolejowej jest na wysoką temperaturę, zmiany poziomu morza, burze (w tym burze z gradem), powódzie nagłe (w tym powódzie miejskie), opady deszczu, a także na pożary. Są to czynniki, które mogą w przyszłości w największym stopniu wpływać na infrastrukturę kolejową.

Wartość ogólnego współczynnika ekspozycji została obliczona jako średnia ze wszystkich ocen dla poszczególnych czynników pogodowych i wskazuje na średnią ekspozycję infrastruktury kolejowej na czynniki pogodowe (średnia z ocen to 2,4).

4.1.3. Potencjał

Przeprowadzając analizę zdolności adaptacyjnej wzięto pod uwagę ogół elementów infrastruktury oraz uwarunkowania społeczno-gospodarcze, które pogrupowano w pięć kategorii zdolności adaptacyjnej:

1. finansowanie – budżet, dostęp do funduszy zewnętrznych,
2. przygotowanie służb kolejowych (odpowiednia organizacja i przeszkolenie służb),
3. systemy informowania i ostrzegania,
4. organizacja współpracy z władzami lokalnymi i regionalnymi w zakresie zarządzania kryzysowego,
5. współpraca z jednostkami naukowo-badawczymi.

Infrastruktura kolejowa została poddana analizie pod względem poszczególnych kategorii zdolności adaptacyjnych i względem czynników pogodowych. Ocena zdolności adaptacyjnej infrastruktury kolejowej polegała na przypisaniu wskaźnika określającego czy infrastruktura wykazuje się bardzo wysokim, wysokim średnim lub niskim potencjałem adaptacyjnym w stosunku do zmian czynników pogodowych.

Skala oceny zdolności adaptacyjnej prezentuje się następująco:

Tabela 7 Skala oceny zdolności adaptacyjnej (potencjału adaptacyjnego) infrastruktury kolejowej na czynniki pogodowe i ich pochodne

Stopień potencjału adaptacyjnego	Opis
1	Bardzo wysoki potencjał adaptacyjny – element jest przygotowany do adaptacji do skutków zmian klimatu.
2	Wysoki potencjał adaptacyjny – element jest przygotowany jedynie częściowo na skutki zmian klimatu.

Stopień potencjału adaptacyjnego	Opis
3	Średni potencjał adaptacyjny – element nie jest przystosowany do zmian klimatu, lecz każda zmiana lub próba adaptacji nie będzie niosła za sobą wysokich kosztów.
4	Niski potencjał adaptacyjny – element nie jest przystosowany do zmniejszania wrażliwości na skutki zmian klimatu i każda zmiana lub próba adaptacji będzie wiązała się ze znacznymi kosztami i wysiłkiem.

Źródło: opracowanie własne

Wyniki przeprowadzonej oceny zdolności adaptacyjnej przedstawia Tabela 8.

Tabela 8 Ocena zdolności adaptacyjnej infrastruktury kolejowej

Kategorie zdolności adaptacyjnej	Stopień potencjału adaptacyjnego	Ocena potencjału adaptacyjnego
Finansowanie	3	Średni potencjał adaptacyjny wynika z faktu, że mimo wykonywanych inwestycji (modernizacje taboru, zaplecza – termomodernizacje, uaktualnianie procedur, itp.) większość środków przeznaczona jest jedynie na zadania utrzymaniowe i awaryjne. Brak zadań związanych bezpośrednio ze zmianami klimatu. Stabilność finansowania powinna wzrosnąć w efekcie wdrażania “Programu wieloletniego – pomoc w zakresie finansowania kosztów zarządzania infrastrukturą kolejową, w tym jej utrzymania i remontów do 2023 roku”, program przyczyni się

Kategorie zdolności adaptacyjnej	Stopień potencjału adaptacyjnego	Ocena potencjału adaptacyjnego
		do zwiększenia stopnia potencjału adaptacyjnego w zakresie finansowania.
Przygotowanie służb	2	<p>Wysoki potencjał adaptacyjny w kategorii przygotowanie służb wynika z istnienia zespołów zarządzania kryzysowego na różnych szczeblach decyzyjnych i operacyjnych, obowiązujących umów utrzymaniowych oraz stałego nadzoru osób bezpośrednio zaangażowanych w utrzymanie, wykwalifikowanych służb w tym elektromonterskich i pogotowia energetycznego. Odbywają się także szkolenia z tego zakresu.</p>
Systemy informowania i ostrzegania	3	<p>Średni potencjał adaptacyjny w kategorii systemy informowania i ostrzegania.</p> <p>Istnieją systemy wspomagające nadzór wewnętrzny, procedury zarządzania ryzykiem oraz procedury postępowania na wypadek podejrzenia zaistnienia lub bezpośredniego wystąpienia zagrożenia. Wykorzystywane są komunikaty dotyczące ostrzeżeń pogodowych danego stopnia, a dotyczące występowania np. opadów marznących, intensywnych opadów deszczu itp. na terenie konkretnych województw (ostrzeżenia IMiGW). Brak jest bezpośredniego systemu informowania i ostrzegania dla pasażerów (np. informacja bezpośrednio poprzez e-mail, SMS o możliwości opóźnienia pociągu) i użytkowników o możliwości wystąpienia</p>

Kategorie zdolności adaptacyjnej	Stopień potencjału adaptacyjnego	Ocena potencjału adaptacyjnego
		problemów wynikających z oddziaływania czynników pogodowych.
Organizacja współpracy z władzami	4	Niski potencjał adaptacyjny związany jest z niedostateczną współpracą z władzami w zakresie adaptacji do zmian klimatu w obszarze współodpowiedzialności i współfinansowania zadań mogących mieć wpływ na ograniczenie skutków zmian klimatu. Istnieje jedynie współpraca dotycząca rozpoznawania zagrożeń, skutecznego przeciwdziałania im oraz usuwania ich skutków.
Współpraca z jednostkami naukowo-badawczymi	4	Niski potencjał adaptacyjny wynika z faktu niewielkiej i tylko w ograniczonym zakresie występującej współpracy z jednostkami badawczymi/uczelniami wyższym/firmami wdrażającymi innowacyjne rozwiązania. Dzięki przedsięwzięciu BRIK – Badania i Rozwój w Infrastrukturze Kolejowej, którego głównym celem jest wzrost innowacyjności i konkurencyjności transportu kolejowego sytuacja w tym obszarze polepsza się. Jest to program wsparcia badań naukowych i prac rozwojowych w obszarze infrastruktury kolejowej realizowany wspólnie przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

Źródło: opracowanie własne

Ogólną zdolność adaptacyjną można określić jako średnią. Wprawdzie podejmowane działania, inwestycje, czy obowiązujące procedury w dużej mierze odnoszą się do

czynników pogodowych, które wpływają na infrastrukturę kolejową, jednakże tylko w nieznacznym stopniu można mówić o tym, że są to działania adaptacyjne, przeciwdziałające negatywnym skutkom oddziaływania tych czynników na infrastrukturę kolejową.

W celu zróżnicowania potencjału adaptacyjnego na poszczególne elementy infrastruktury kolejowej przyporządkowano im kategorie, które mogą w większym bądź w mniejszym stopniu przyczyniać się do zwiększenia adaptacyjności tego elementu infrastruktury. W ten sposób stwierdzono, że potencjał adaptacyjny w kategorii przygotowanie służb ma większe znaczenie dla elementu infrastruktury jakim jest sieć trakcyjna, czy układ torowy, a mniejsze np. dla obiektów inżynieryjnych, czy odwodnienia. Podobnie postąpiono z innymi elementami infrastruktury, różnicując kategorie adaptacyjne, które mają na nie różny stopień wpływu.

W ten sposób przypisano potencjał adaptacyjny poszczególnym elementom infrastruktury. Agregując stopień potencjału do poziomu branż przyjęto średnią arytmetyczną z wchodzących w skład każdej branży elementów infrastruktury. Wyniki przedstawia Tabela 9:

Tabela 9 Potencjał adaptacyjny poszczególnych branż i elementów infrastruktury kolejowej

Branża	Element infrastruktury/systemu kolei	Stopień potencjału adaptacyjnego elementu infrastruktury	Średni stopień potencjału adaptacyjnego branży
Droga kolejowa	Układ torowy	3	3,3
	Odwodnienie	4	
	Obiekty inżynieryjne	3	
Automatyka i telekomunikacja	SRK	3	3
	Teletechnika	3	
Energetyka	Elektroenergetyka	3	3

Branża	Element infrastruktury/systemu kolei	Stopień potencjału adaptacyjnego elementu infrastruktury	Średni stopień potencjału adaptacyjnego branży
	Sieć trakcyjna	3	
Budynki i budowle	Sieci i instalacje	3	3,5
	Obiekty budowlane/kubaturowe	4	
	Drogi kołowe	3	
	Elementy ochrony środowiska	4	
Organizacja ruchu kolejowego oraz infrastruktura pasażerska	Tabor kolejowy	3	3
	Dworce kolejowe	3	

Źródło: opracowanie własne

Większości elementów infrastruktury kolejowej przypisano średni stopień potencjału adaptacyjnego. Niski uzyskały jedynie takie elementy infrastruktury jak: odwodnienie, obiekty budowlane/kubaturowe oraz elementy ochrony środowiska. Żadnemu z elementów nie przypisano wysokiego potencjału adaptacyjnego, co wynika z faktu, że w chwili obecnej podejmowane działania nie są wystarczające do przeciwdziałania negatywnym skutkom zmian klimatu.

4.1.4. Podatność

Podatność jest to stopień, w jakim dany system jest nieodporny lub nie jest w stanie poradzić sobie z negatywnymi skutkami zmian klimatu, w tym z jego zmiennością oraz

zjawiskami ekstremalnymi. Podatność infrastruktury kolejowej na czynniki pogodowe i ich pochodne jest funkcją wrażliwości, ekspozycji oraz zdolności adaptacyjnych. Podatność danego elementu infrastruktury jest tym większa, im większa jest jego wrażliwość i ekspozycja, a mniejsza zdolność adaptacyjna. Zmniejszając podatność minimalizuje się straty powstające w wyniku oddziaływania zjawisk atmosferycznych.

W poniższej tabeli (Tabela 10) przedstawiono w sposób hierarchiczny czynniki pogodowe, na które infrastruktura kolejowa wykazuje podatność. Analizując wyniki można stwierdzić, że największa podatność na czynniki pogodowe dotyczy występowania burz i wyładowań atmosferycznych (w tym burz z gradem). Niewiele niższa podatność infrastruktury jest na opady deszczu. Na pozostałe czynniki atmosferyczne podatność została określona jako niska.

Tabela 10 Podatność infrastruktury kolejowej na czynniki pogodowe

Współczynnik <i>WPK</i>¹⁶	Czynniki pogodowe	Stopień podatności
0.33	Burze, wyładowania atmosferyczne (w tym burze z gradem)	Średnia
0.31	Opady deszczu – ekstremalne przepływy, powódzie (od strony rzek, morza, powódzie	Średnia
0.26	Wysokie temperatury (w tym pożary)	Niska
0.19	Silny i bardzo silny wiatr	Niska
0.17	Niskie temperatury (w tym gołedź) i opady śniegu	Niska

¹⁶ Współczynnik podatności (*WPK*) na czynniki pogodowe. Jest to suma podatności wszystkich elementów infrastruktury na poszczególne czynniki pogodowe, podzielona przez maksymalną możliwą wartość tej sumy. Wszystkie współczynniki zostały wyliczone w ramach odrębnych opracowań.

Współczynnik WPK¹⁶	Czynniki pogodowe	Stopień podatności
0.16	Mgła	Niska

Tabela 11 Wartość współczynnika podatności w odniesieniu do oceny stopnia podatności

Skala	Stopień podatności
0,02 – 0,27	Niska podatność
0,28 – 0,51	Średnia podatność
0,52 – 0,76	Wysoka podatność
0,77 – 1,00	Bardzo wysoka podatność

Powyższa tabela przedstawia czynniki pogodowe, które będą miały największy wpływ na infrastrukturę kolejową. Uwzględnia ona prognozowane zmiany klimatu według scenariusza RCP 8.5.

Poniższa Tabela 12 przedstawia uszeregowane w sposób hierarchiczny elementy infrastruktury kolejowej według ich podatności na czynniki pogodowe.

Tabela 12 Podatność poszczególnych elementów infrastruktury kolejowej (od najbardziej do najmniej podatnego)

Wskaźnik podatności WPI	Elementu infrastruktury/systemu kolei
0.39	Sieć trakcyjna
0.36	SRK
0.32	Tabor kolejowy
0.27	Odwodnienie
0.25	Układ torowy
0.25	Elektroenergetyka
0.20	Obiekty inżynieryjne
0.20	Teletechnika
0.20	Obiekty
0.20	Elementy ochrony
0.17	Dworce kolejowe
0.15	Sieci i instalacje
0.15	Drogi kołowe

Według powyższych analiz stwierdzono, że największą podatnością na czynniki pogodowe, z uwzględnieniem zmian klimatu, wykazują takie elementy infrastruktury kolejowej jak sieć trakcyjna, urządzenia sterowania ruchem kolejowym i tabor kolejowy. Najmniejszą natomiast drogi kołowe oraz sieci i instalacje. Hierarchicznie jest to przedstawione w poniższej tabeli (Tabela 13):

Tabela 13 Podatność branż na czynniki pogodowe (od najbardziej do najmniej podatnej)

Wskaźnik podatności	Branże
0.32	Energetyka

Wskaźnik podatności	Branże
0.28	Automatyka i telekomunikacja
0.25	Organizacja ruchu kolejowego oraz infrastruktura pasażerska
0.24	Droga kolejowa
0.17	Budynki i budowle

Źródło: opracowanie własne

4.2. Wpływ warunków pogodowych na prowadzenie ruchu kolejowego i bezpieczeństwo przewożonych osób i towarów

W poniższej tabeli (

Tabela 14) przedstawiono częstotliwość występowania zdarzeń związanych z czynnikami pogodowymi, średni czas ich trwania oraz możliwe trendy zmian danego czynnika pogodowego. W rozdziale 3.5 (Rysunek 3 do Rysunek 10) przedstawiono obszarowo podatność infrastruktury kolejowej na poszczególne czynniki pogodowe i ich pochodne.

Tabela 14 Tabela konsekwencji zaistnienia czynników pogodowych i ich pochodnych – niskie temperatury

<p>Częstotliwość wystąpień w roku (średnia z lat 2013-2016) [liczba zdarzeń]</p>	<p>425</p>
<p>Trend zmian elementu klimatycznego lub jego pochodnej (trend)</p>	<p>Zarówno obserwowany jak i prognozowany kierunek zmian temperatury powietrza wykazuje tendencję wzrostową. Najszybszy wzrost temperatury powietrza obserwuje się zimą i wiosną, co przekłada się na coraz mniejszy prognozowany wpływ niskiej temperatury na infrastrukturę kolejową. Obserwuje się także spadkową tendencję występowania dni mroźnych.</p> <p>Prognozuje się skrócenie czasu zalegania pokrywy śnieżnej, lecz możliwe jest występowanie ekstremalnych opadów, które powodują duże utrudnienia w transporcie kolejowym.</p>
<p>Czas trwania utrudnień (średnia z lat 2013-2016) [godz./rok]</p>	<p>2846</p>

Tabela 15. Tabela konsekwencji zaistnienia czynników pogodowych i ich pochodnych – wysokie temperatury w tym pożary

Częstotliwość wystąpień w roku (średnia z lat 2013-2016) [liczba zdarzeń]	217
Trend zmian elementu klimatycznego lub jego pochodnej (trend)	Obserwowany i prognozowany jest systematyczny wzrost wysokiej temperatury. Obserwuje się coraz częstsze pojawianie się dotkliwych fal upałów oraz dni upalnych. Scenariusze zmian klimatu wskazują, że należy oczekiwać zdecydowanie większych przyrostów w zakresie temperatur wysokich niż niskich.
Czas trwania utrudnień (średnia z lat 2013-2016) [godz./rok]	1846

Tabela 16 Tabela konsekwencji zaistnienia czynników pogodowych i ich pochodnych – silny i bardzo silny wiatr

Częstotliwość wystąpień w roku (średnia z lat 2013-2016) liczba zdarzeń]	1015
Trend zmian elementu klimatycznego lub jego pochodnej (trend)	Przewidywany jest brak znaczących zmian prędkości wiatru nad obszarem Polski. Niektóre scenariusze podają wzrost zasobów energetycznych wiatru na obszarze całej Polski.
Czas trwania utrudnień (średnia z lat 2013-2016) [godz./rok]	6198

Tabela 17. Tabela konsekwencji zaistnienia czynników pogodowych i ich pochodnych – burze, wyładowania atmosferyczne (w tym burze z gradem)

Częstotliwość wystąpień w roku (średnia z lat 2013-2016) [liczba zdarzeń]	1158
Trend zmian elementu klimatycznego lub jego pochodnej (trend)	W związku z coraz częstszym pojawianiem się deszczy nawaalnych przewiduje się wzrost liczby dni z burzą i z gradem na obszarze Polski.
Czas trwania utrudnień (średnia z lat 2013-2016) [godz./rok]	20560

Tabela 18. Tabela konsekwencji zaistnienia czynników pogodowych i ich pochodnych – opady deszczu, – ekstremalne przepływy, powodzie (od strony rzek, morza, powodzie nagłe/miejskie), osuwiska

Częstotliwość wystąpień w roku (średnia z lat 2013-2016) [liczba zdarzeń]	72
Trend zmian elementu klimatycznego lub jego pochodnej (trend)	Średnia suma opadów atmosferycznych w Polsce nie wykazuje istotnych zmian (według scenariuszy zmian klimatu spodziewany jest niewielki wzrost sum opadu), ale następuje zmiana struktury opadów polegająca na zdecydowanym wzroście liczby dni z opadem dobowym o dużym natężeniu.
Czas trwania utrudnień (średnia z lat 2013-2016) [godz./rok]	30132

Tabela 19. Tabela konsekwencji zaistnienia czynników pogodowych i ich pochodnych – mgła

Częstotliwość wystąpień w roku (średnia z lat 2013-2016) [liczba zdarzeń]	138
Trend zmian elementu klimatycznego lub jego pochodnej (trend)	Brak jest prognoz zmian tego zjawiska.
Czas trwania utrudnień (średnia z lat 2013-2016) [godz./rok]	817

Źródło: opracowanie własne

4.3. Wpływ warunków pogodowych na koszty utrzymania linii kolejowych

W związku z faktem, że sposób raportowania kosztów w PKP PLK S.A. nie wyszczegóławia kosztów ponoszonych na usuwanie skutków zdarzeń pogodowych (bardziej ogólny charakter gromadzenia danych), nie było możliwe przedstawienie ich dla poszczególnych czynników atmosferycznych. Zintegrowany system informatyczny (SAP) dzięki któremu ewidencjonowane są koszty nie obejmuje swoim zakresem podziału na poszczególne grupy kosztów związanych z usuwaniem skutków poszczególnych zjawisk atmosferycznych. Na podstawie systemu SAP można wyróżnić jedynie informacje dotyczące kosztów akcji zima oraz kosztów będących skutkiem zdarzeń atmosferycznych, co przedstawia Tabela 20.

Koszty zdarzeń atmosferycznych obejmują zarówno koszty remontów, napraw głównych jak i awaryjnych związanych z występowaniem podtopień i powodzi, wyładowań atmosferycznych, wichur, huraganów, gradobicia itp. Koszty akcji zima obejmują koszty prac związanych z przygotowaniem do zimy oraz prowadzeniem robót zimowych, do których kwalifikuje się działania będące następstwem opadów śniegu, niskich temperatur oraz silnego wiatru. Dla wykonania ekspertyzy i analiz wykorzystano dostępne dane pozyskane od zamawiającego oraz z źródeł ogólnodostępnych.

Tabela 20 Suma kosztów poniesionych przez PKP PLK w latach 2013-2016 na minimalizację zdarzeń wywołanych przez czynniki pogodowe

Rodzaj kosztów	Suma kosztów w 2013 r. (tys. zł)	Suma kosztów w 2014 r. (tys. zł)	Suma kosztów w 2015 r. (tys. zł)	Suma kosztów w 2016 r. (tys. zł)
Akcja zima	68 058,75	40 581,49	41 153,16	46 465,94
Naprawy awaryjne i główne będące następstwem zdarzeń atmosferycznych oraz usuwanie skutków zdarzeń losowych i sytuacji kryzysowych	81,15	12 098,23	1 011,48	3 045,00

Źródło: PKP PLK S.A.

4.4. Wpływ infrastruktury kolejowej na zmiany klimatu oraz ocena konieczności wdrażania działań

Spośród wszystkich możliwych, pośredni wpływ na zmiany klimatu mają przede wszystkim emisje zanieczyszczeń do powietrza (emisja spalin przez silniki spalinowe pojazdów szynowych, czy kotły węglowe użytkowane w obiektach kolejowych).

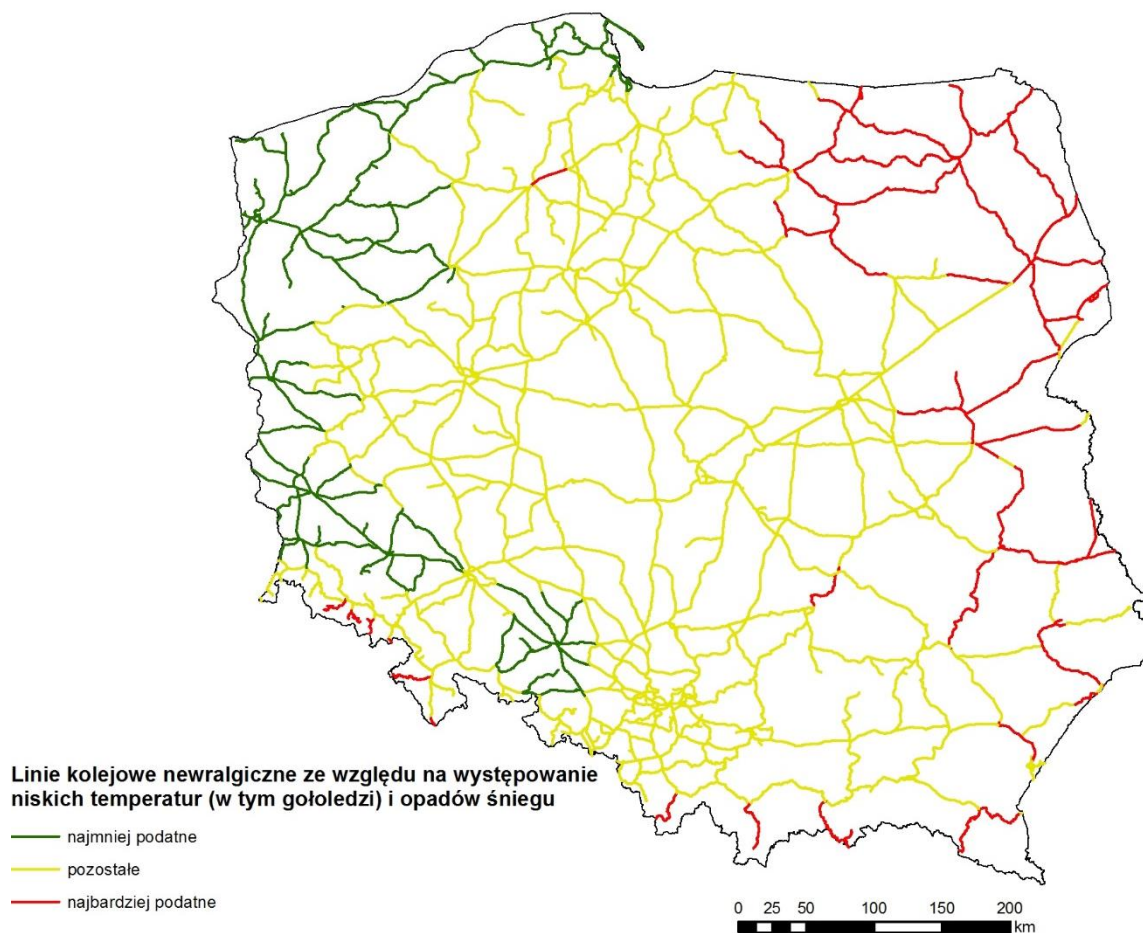
W ramach przeciwdziałania tym zjawiskom należy dążyć do ograniczania emisji u źródła, to znaczy eliminować z użycia przestarzały tabor spalinowy, szczególnie znajdujący się w złym stanie technicznym. Jeżeli utrzymywanie starego, niespełniającego współczesnych norm emisyjnych taboru jest uzasadnione z innych przyczyn, należy wyposażyć go w pozasilnikowe układy oczyszczania spalin, filtry cząstek stałych oraz (zamiennie) filtry sadzowe.

W zakresie niskiej emisji z obiektów kolejowych istotne jest systematyczne likwidowanie pozostałych jeszcze w użyciu starych kotłów, w szczególności węglowych, zastępując je niskoemisyjnymi (np. gazowymi) lub odnawialnymi źródłami energii. W ostateczności, tam gdzie nie ma możliwości zapewnienia innego ogrzewania, należy instalować nowoczesne kotły węglowe, które od stycznia 2020 roku będą musiały spełniać zastrzeżone wymagania odnośnie efektywności energetycznej oraz emisji (cząstek stałych, organicznych związków gazowych, tlenku węgla i tlenków azotu), jak zostało to określone w załączniku II do

Rozporządzenia Komisji (UE) 2015/1189 z dnia 28 kwietnia 2015 r. w sprawie wykonania dyrektywyw Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla kotłów na paliwo stałe.

4.5. Obszary z nieodpowiednim dostosowaniem infrastruktury kolejowej do obecnych i przyszłych zmian klimatu

Poniższa mapa (Rysunek 3) przedstawia podatność linii kolejowych na niskie temperatury (w tym gołoledź) i opady śniegu z uwzględnieniem prognozowanych zmian klimatu według rekomendowanego scenariusza RCP8.5. Linie kolejowe podzielono na 3 kategorie, według kwantyla 10% wartości ich podatności na dany czynnik klimatyczny. W ten sposób kolor zielony oznacza te linie kolejowe, dla których podatność jest mniejsza bądź równa 10% wartości tej podatności dla wszystkich linii kolejowych. Kolor czerwony natomiast przedstawia kwantyl 90%, co oznacza najbardziej podatne linie kolejowe. Pozostałe linie, których podatność mieści się pomiędzy kwantylem 10% i 90% oznaczone zostały kolorem żółtym.



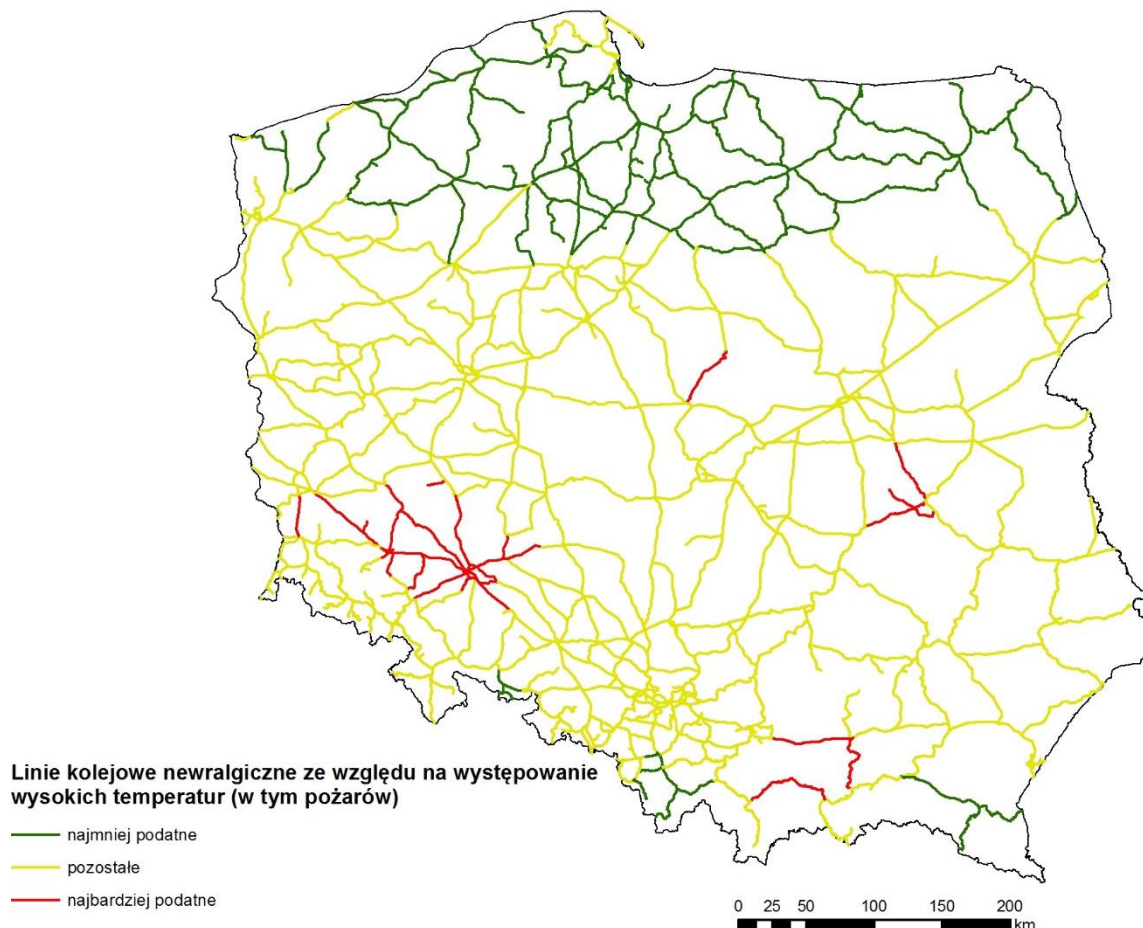
Rysunek 3 Mapa najbardziej i najmniej podatnych linii kolejowych na niskie temperatury (w tym gołoledź) i opady śniegu, z uwzględnieniem prognozowanych zmian według scenariusza RCP 8.5. Źródło: opracowanie własne.

Tabela 21 Zestawienie długości linii kolejowych najbardziej i najmniej podatnych na niskie temperatury (w tym gołoledź) i opady śniegu

Skala	Najmniej podatne	Pozostałe	Najbardziej podatne
Długość [km]	3448	13819	3301

Źródło: opracowanie własne podstawie danych GIS przekazanych od Zamawiającego
 Przedstawiona powyżej mapa (Rysunek 3) przedstawia obszary linii kolejowych, które są najbardziej i najmniej podatne na występowanie niskich temperatur (w tym gołoledzi) i opadów śniegu, z uwzględnieniem zmian tych czynników według scenariusza RCP 8.5. Wynika z niej, że linie kolejowe newralgiczne ze względu na ten czynnik pogody zlokalizowane są we wschodniej części kraju oraz w górach (Sudety, Karpaty).

Kolejna mapa (Rysunek 4) przedstawia rozmieszczenie linii kolejowych newralgicznych ze względu na występowanie wysokich temperatur (w tym pożarów).



Rysunek 4 Mapa najbardziej i najmniej podatnych linii kolejowych na wysokie temperatury (w tym pożary), z uwzględnieniem prognozowanych zmian według scenariusza RCP 8.5.

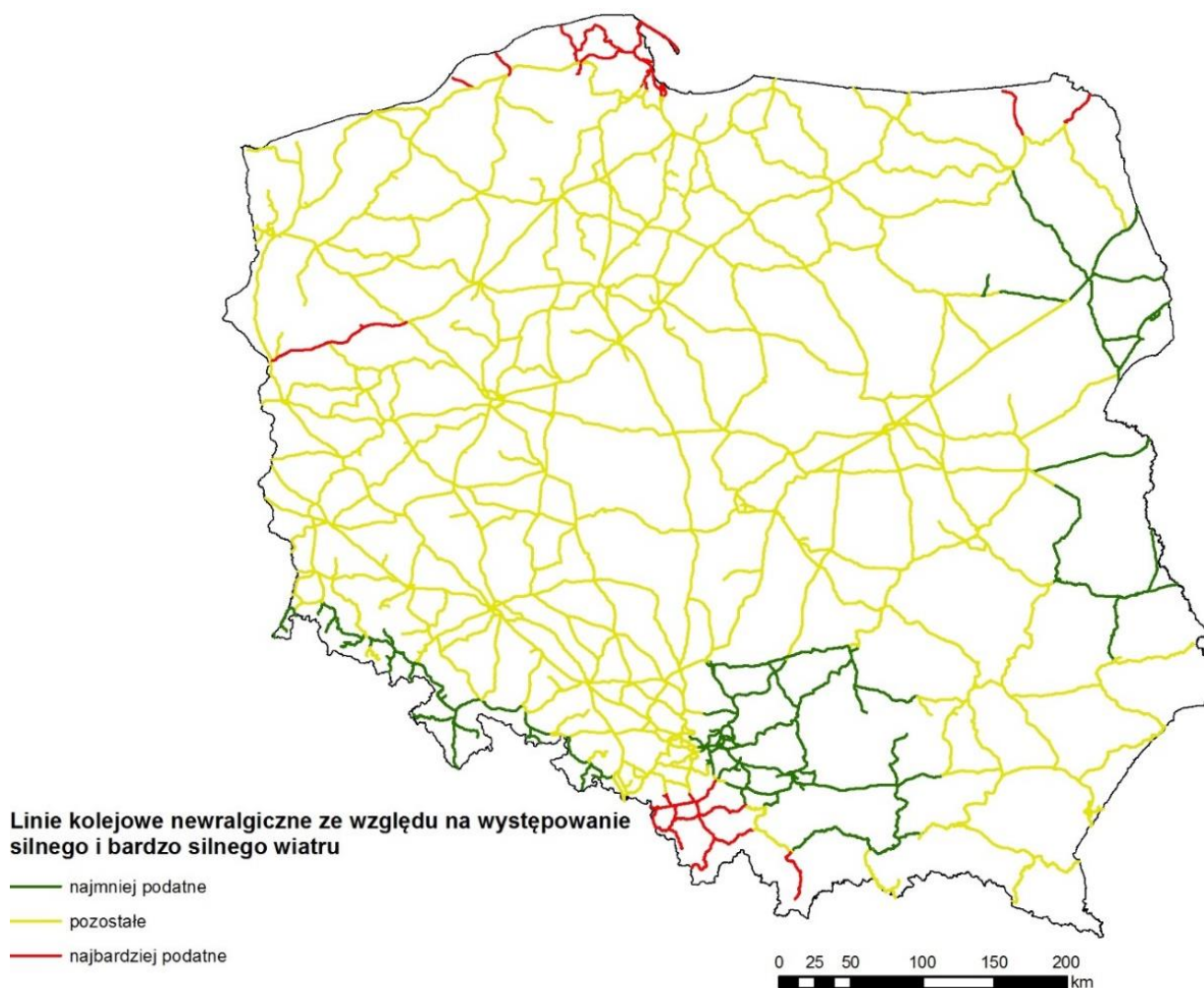
Źródło: opracowanie własne

Tabela 22 Zestawienie długości linii kolejowych najbardziej i najmniej podatnych na występowanie wysokich temperatur (w tym pożarów)

Skala	Najmniej podatne	Pozostałe	Najbardziej podatne
Długość [km]	4336	12973	3259

Według powyższej mapy (Rysunek 4) najbardziej podatnymi na zmiany wysokich temperatur (w tym pożarów) są linie kolejowe zlokalizowane w zachodniej oraz we wschodniej części Niziny Środkowopolskiej. Jednak do tych najbardziej podatnych należą jedynie nieliczne odcinki linii kolejowych. Zdecydowanie więcej jest linii, których podatność na zmiany wysokich temperatur jest niewielka. Są one zlokalizowane w północnej części kraju.

Kolejna mapa (Rysunek 5) przedstawia linie kolejowe o największej i najmniejszej podatności na zmiany związane z występowaniem silnego i bardzo silnego wiatru. Wynika z niej, że najbardziej newralgiczne są linie kolejowe położone w północnej części kraju, w pasie wybrzeży i Pojezierza Mazurskiego. Podobnie wysoka podatność dotyczy linii kolejowych w Beskidach Zachodnich, a także tych, zlokalizowanych w okolicach Warszawy. Należy jednakże zaznaczyć, iż są to stosunkowo krótkie linie kolejowe. Większe odcinki dotyczą linii kolejowych o najniższej podatności na występowanie silnego i bardzo silnego wiatru.

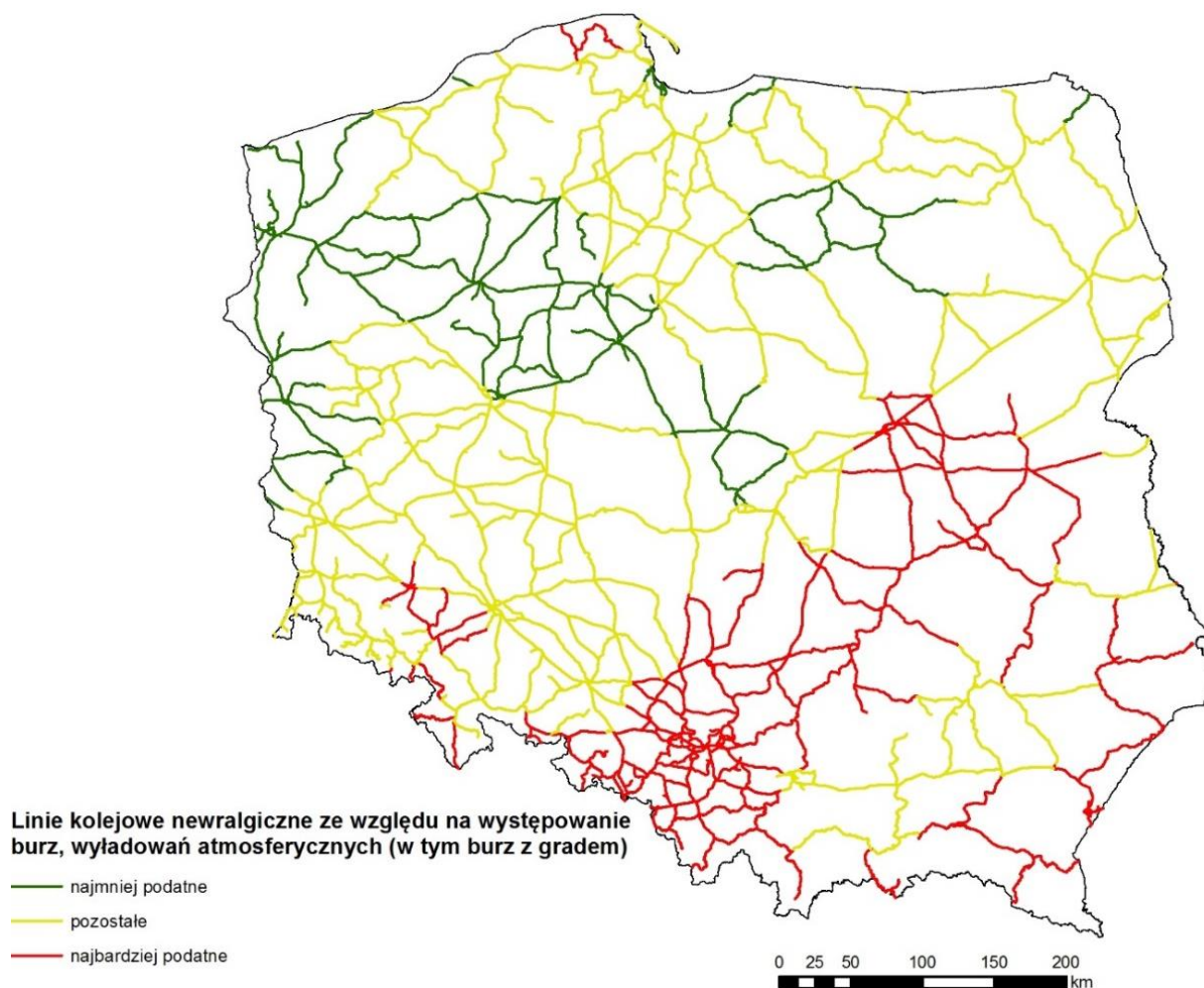


Rysunek 5 Mapa najbardziej i najmniej podatnych linii kolejowych na występowanie silnego i bardzo silnego wiatru, z uwzględnieniem prognozowanych zmian według scenariusza RCP 8.5

Źródło: opracowanie własne

Tabela 23 Zestawienie długości linii kolejowych najbardziej i najmniej podatnych na występowanie silnego i bardzo silnego wiatru

Skala	Najmniej podatne	Pozostałe	Najbardziej podatne
Długość [km]	3250	15007	2311



Rysunek 6 Mapa najbardziej i najmniej podatnych linii kolejowych na występowanie burz, wyładowań atmosferycznych (w tym burz z gradem), z uwzględnieniem prognozowanych zmian według scenariusza RCP 8.5

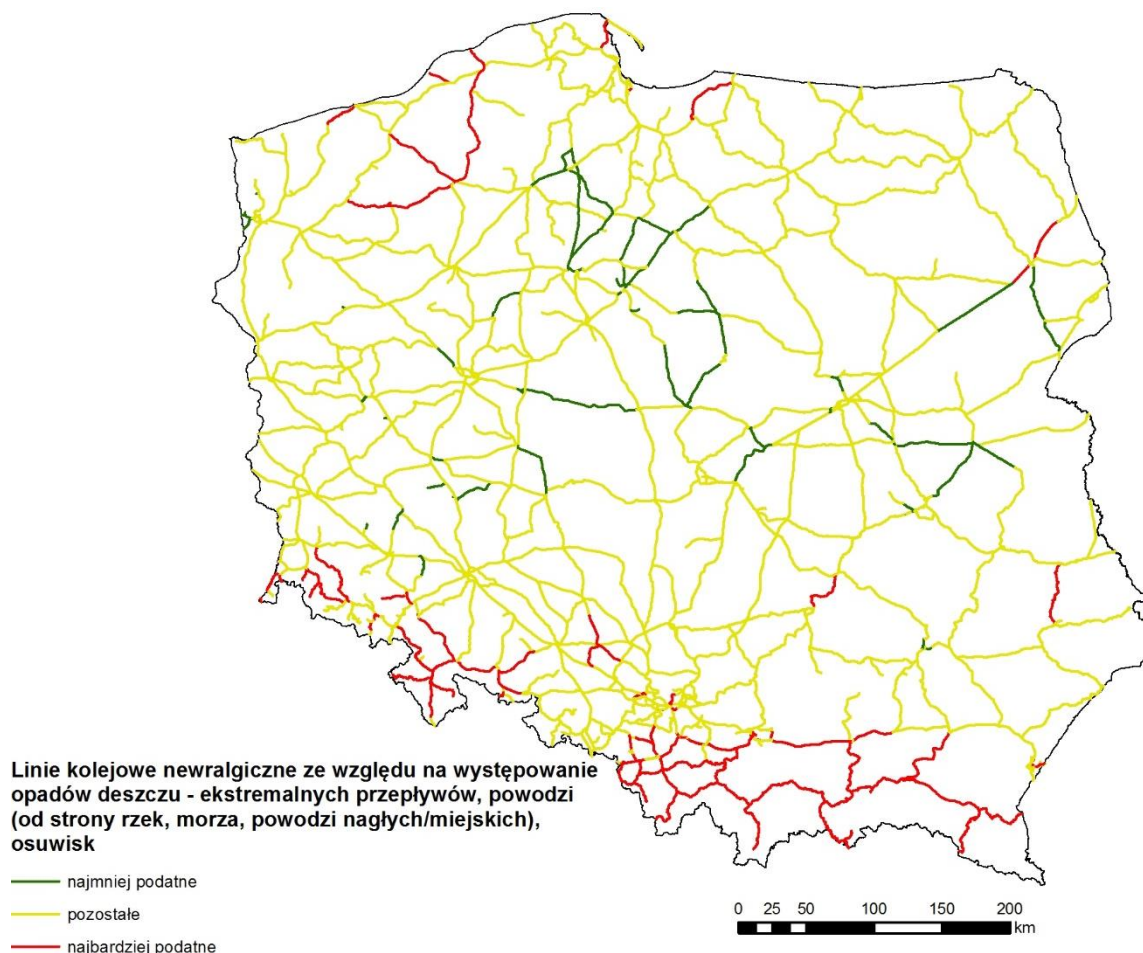
Źródło: opracowanie własne

Tabela 24 Zestawienie długości linii kolejowych najbardziej i najmniej podatnych na występowanie burz, wyładowań atmosferycznych (w tym burz z gradem)

Skala	Najmniej podatne	Pozostałe	Najbardziej podatne
Długość [km]	3793	10697	6077

Powyższa mapa (Rysunek 6) przedstawia linie kolejowe, które są najmniej i najbardziej narażone na zmiany klimatu związane z występowaniem burz, wyładowań atmosferycznych (w tym burz z gradem). Do linii kolejowych newralgicznych ze względu na występowanie tych czynników klimatycznych należą szczególnie linie położone w południowowschodniej Polsce. Są to jedynie nieliczne linie kolejowe. Zdecydowana większość jest mało podatna na występowanie burz, wyładowań atmosferycznych (w tym

burz z gradem). Do tych najmniej podatnych należą linie kolejowe położone na pojezierzach.



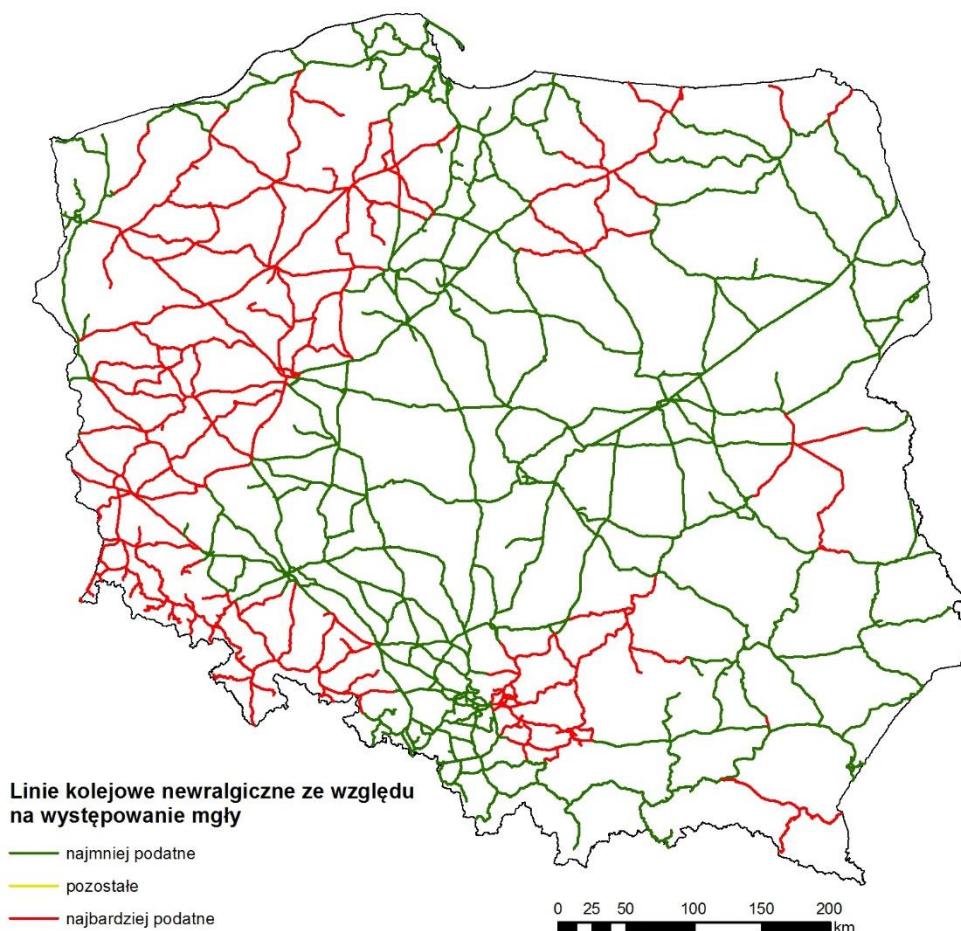
Rysunek 7 Mapa najbardziej i najmniej podatnych linii kolejowych na występowanie opadów deszczu – ekstremalnych przeływów, powodzi (od strony rzek, morza, powodzi nagłych/miejskich), osuwisk, z uwzględnieniem prognozowanych zmian według scenariusza RCP 8.5. Źródło: opracowanie własne.

Tabela 25 Zestawienie długości linii kolejowych najbardziej i najmniej podatnych na występowanie opadów deszczu – ekstremalnych przeływów, powodzi (od strony rzek, morza, powodzi nagłych/miejskich), osuwisk

Skala	Najmniej podatne	Pozostałe	Najbardziej podatne
Długość [km]	5196	12275	3097

Do linii kolejowych, które są newralgiczne ze względu na występowanie opadów deszczu – ekstremalnych przeływów, powodzi (od strony rzek, morza, powodzi nagłych/miejskich), osuwisk należą te, które zlokalizowane są w południowej oraz zachodniej części kraju (Rysunek 7). Odcinki o najmniejszej podatności na ten czynnik

pogodowy są bardzo nieliczne. Większość linii kolejowych mieści się pomiędzy 10 a 90 kwantylem podatności wszystkich linii.



Rysunek 8 Mapa najbardziej i najmniej podatnych linii kolejowych na występowanie mgły, z uwzględnieniem prognozowanych zmian według scenariusza RCP 8.5

Źródło: opracowanie własne

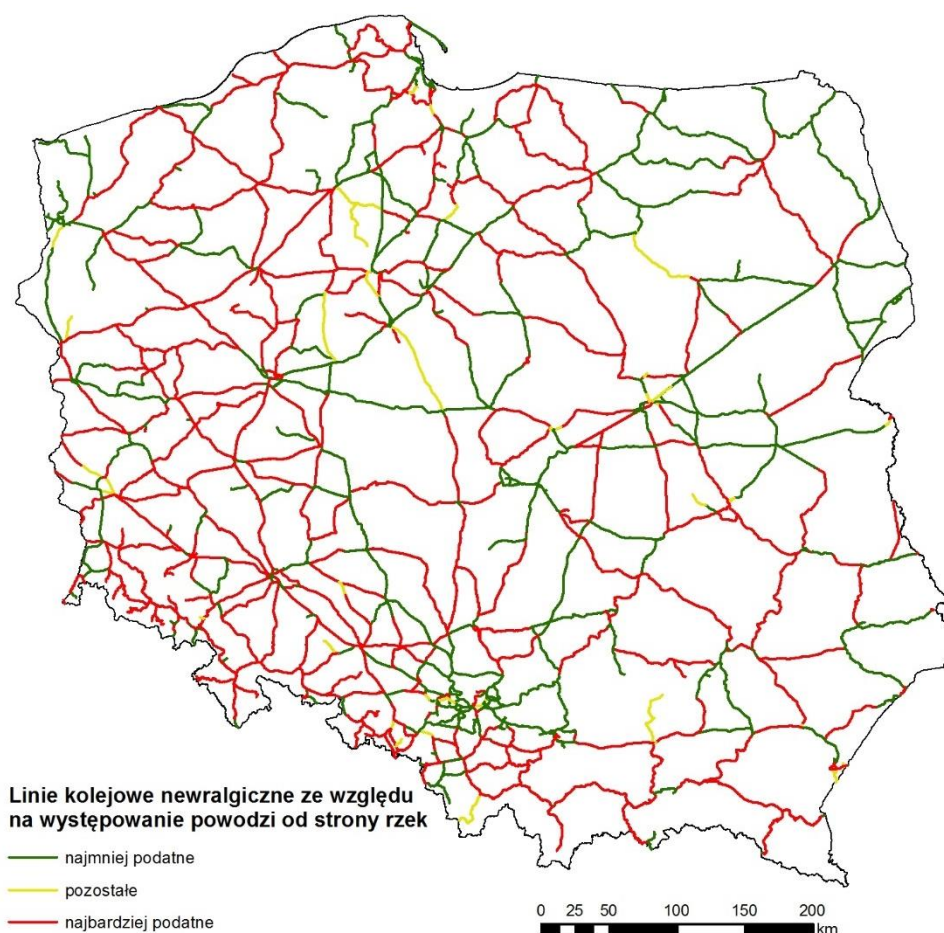
Tabela 26 Zestawienie długości linii kolejowych najbardziej i najmniej podatnych na występowanie mgły

Skala	Najmniej podatne	Pozostałe	Najbardziej podatne
Długość [km]	13106	0	7462

Linie kolejowe newralgiczne ze względu na występowanie mgły położone są w zachodniej Polsce, na obszarze Pojezierza Lubuskiego i Wzniesień Zielonogórskich. Dodatkowo są to niewielkie odcinki w Sudetach oraz w okolicach Borów Tucholskich, Pojezierza Krajeńskiego. Do najmniej podatnych na występowanie mgły należą linie usytuowane w środkowowschodniej Polsce.

Poza określeniem podatności na zagregowane czynniki pogodowe dokonano odrębnie oceny podatności na występowanie powodzi. Sposób przeprowadzenia tej analizy był analogiczny jak oceny podatności na inne czynniki pogodowe. Wykorzystano w tym celu ocenę ekspozycji na powodzie od strony rzek oraz powodzie od strony morza. Podstawą oceny były zasięgi wód powodziowych o prawdopodobieństwie wystąpienia 0,2%, 1% oraz 10%.

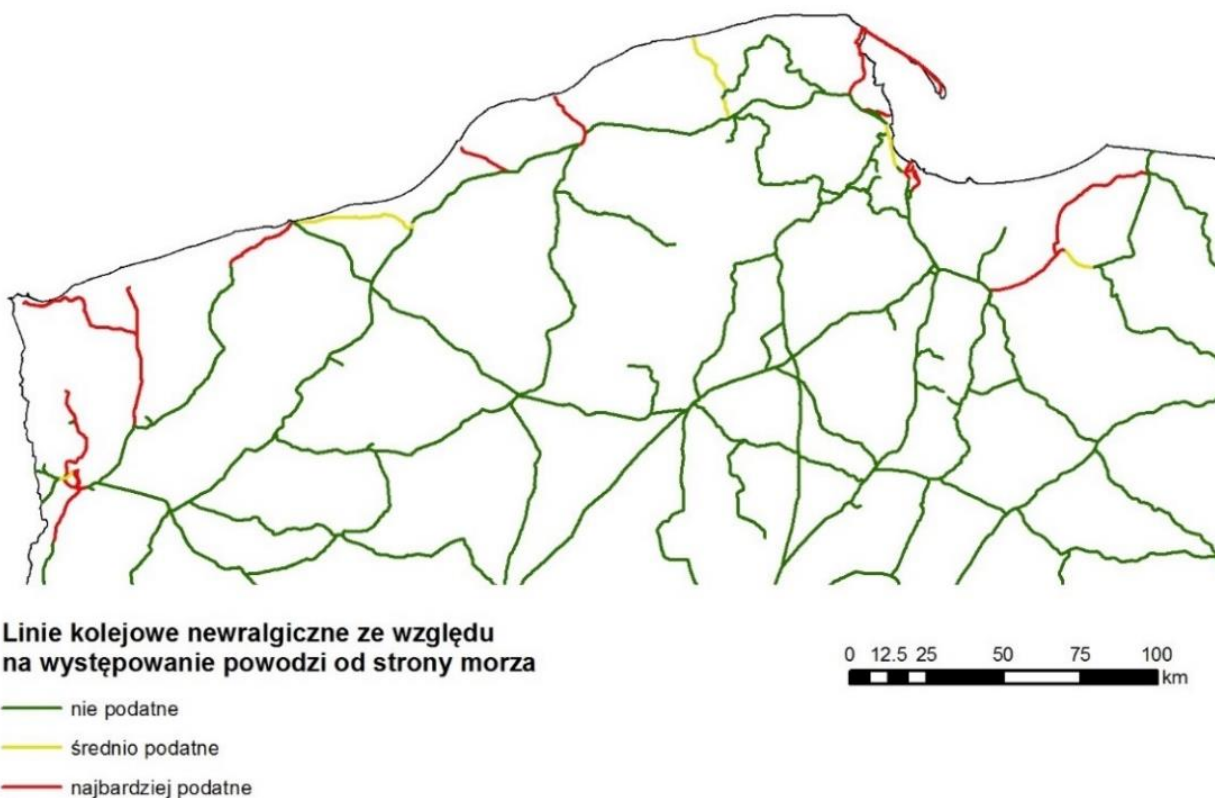
Za najbardziej podatne odcinki linii kolejowych uznano te, które znajdują się w zasięgu wód powodziowych o prawdopodobieństwie wystąpienia 10%. Najmniej podatne są z kolei te odcinki, które są poza zidentyfikowanymi obszarami występowania powodzi. Wyniki tej oceny przedstawiono także na poniższych mapach, prezentujących kolejno odcinki linii kolejowych podatne na występowanie powodzi (Rysunek 9) od strony rzek oraz odcinki linii kolejowych podatne na występowanie powodzi od strony morza (Rysunek 10).



Rysunek 9 Mapa najbardziej i najmniej podatnych linii kolejowych na występowanie powodzi od strony rzek. Źródło: opracowanie własne.

Tabela 27 Zestawienie długości linii kolejowych najbardziej i najmniej podatnych na występowanie powodzi od strony rzek

Skala	Najmniej podatne	Pozostałe	Najbardziej podatne
Długość [km]	8240	841	11487



Rysunek 10 Mapa najbardziej i najmniej podatnych linii kolejowych na występowanie powodzi od strony morza. Źródło: opracowanie własne.

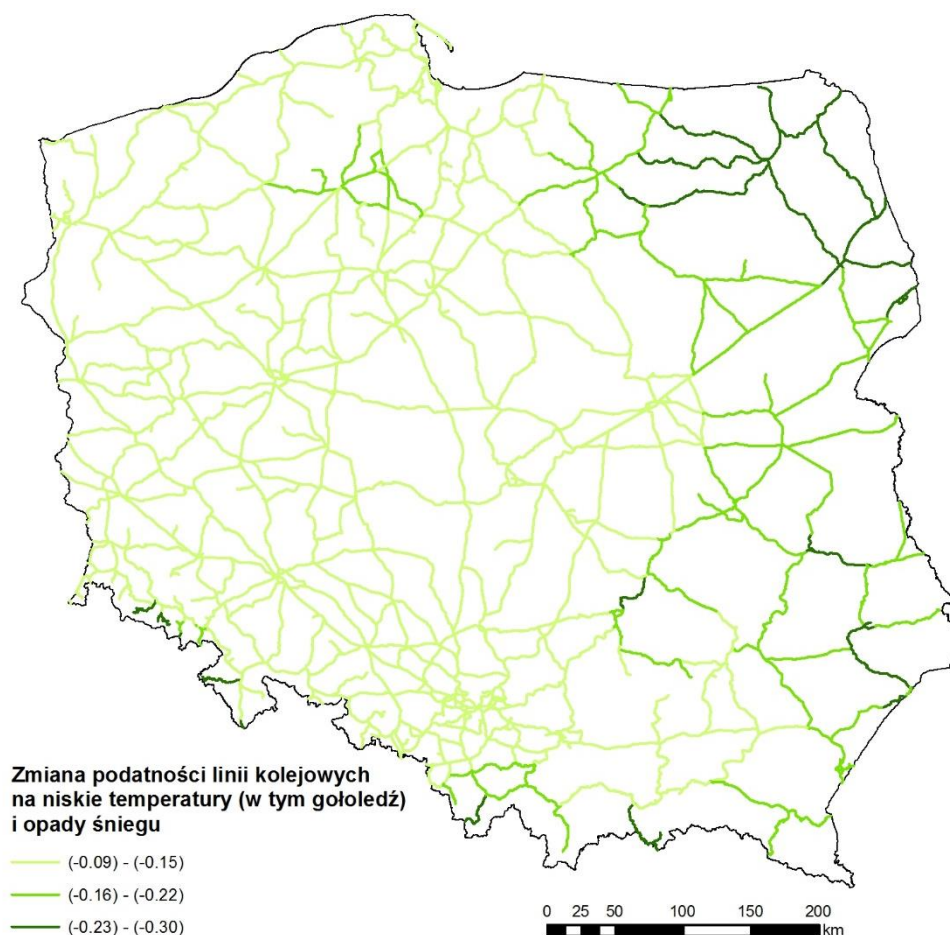
Tabela 28 Zestawienie długości linii kolejowych najbardziej i najmniej podatnych na występowanie powodzi od strony morza

Skala	Nie podatne	Pozostałe	Najbardziej podatne
Długość [km]	19994	113	460

Dodatkowo, oprócz wszystkich wyżej zaprezentowanych map, przedstawiających odcinki linii kolejowych newralgiczne ze względu na warunki pogodowe według scenariuszy klimatycznych (według podatności odcinków linii kolejowych na zmiany klimatu – WPzk), sporządzono mapy przedstawiające zmiany podatności odcinków linii kolejowych. Zostały one stworzone w oparciu o różnicę pomiędzy aktualną podatnością linii kolejowych na czynniki pogodowe a podatnością na te czynniki w przyszłości (po uwzględnieniu zmian

klimatu). W ten sposób można przeanalizować, których odcinków linii kolejowych w największym stopniu dotkną zmiany klimatu i jak zmieni się ich podatność.

Poniższa mapa przedstawia zmianę podatności linii kolejowych na niskie temperatury (w tym gołoledź) i opady śniegu w horyzoncie czasowym jaki został opracowany dla scenariusza RCP 8.5, czyli do roku 2100.



Rysunek 11 Zmiana podatności linii kolejowych na niskie temperatury (w tym gołoledź) i opady śniegu. Źródło: opracowanie własne.

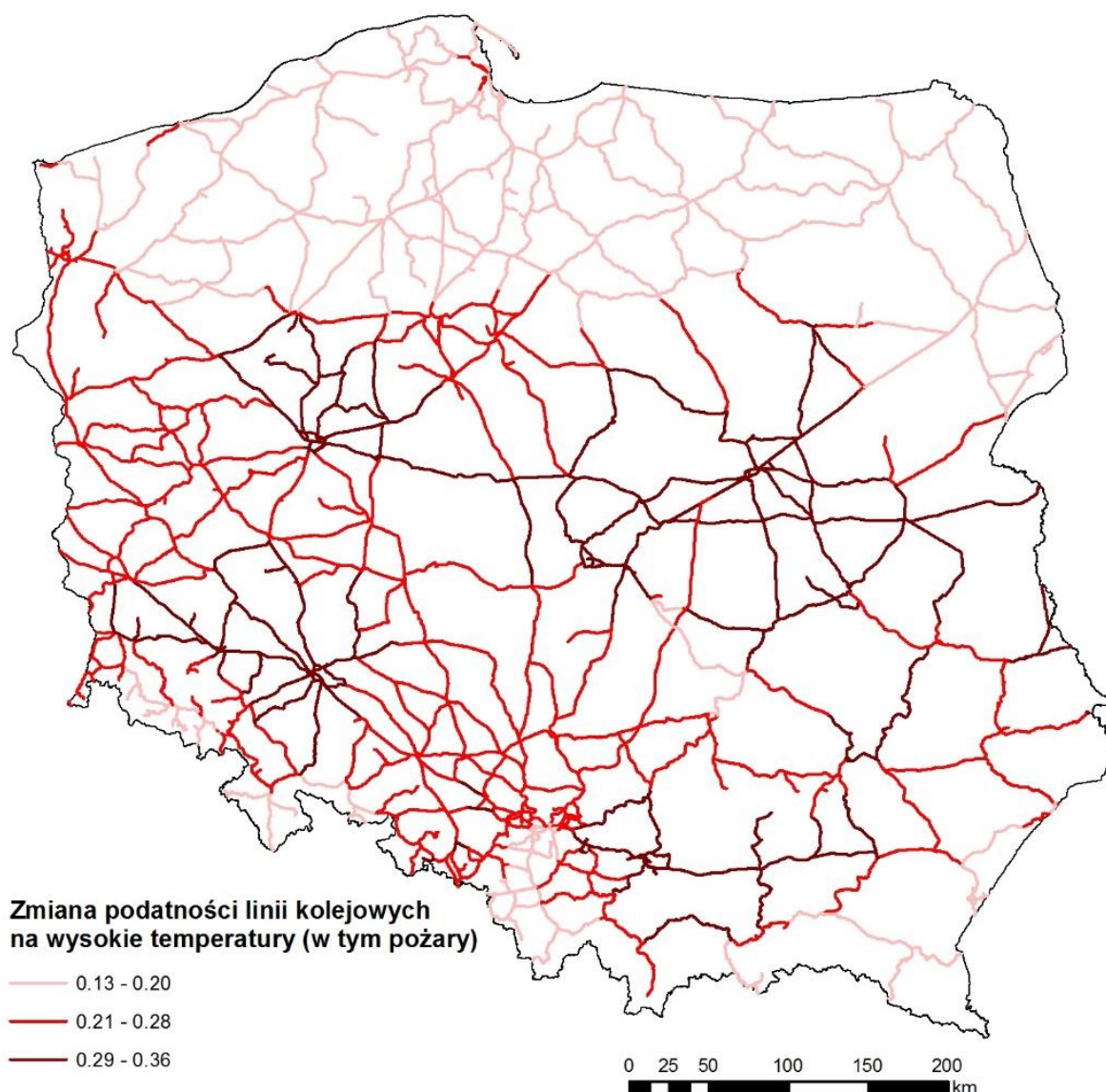
Tabela 29 Zestawienie długości linii kolejowych w poszczególnych przedziałach zmiany podatności na niskie temperatury (w tym gołoledź) i opady śniegu

Przedziały	(-0,09) – (-0,15)	(-0,16) – (-0,22)	(-0,23) – (-0,30)
Długość [km]	15561	3597	1410

Według powyższej mapy (Rysunek 11) można stwierdzić, że największe zmiany podatności linii kolejowych na niskie temperatury (w tym gołoledź) i opady śniegu będą dotyczyły linii kolejowych położonych na wschodzie kraju. Należy zwrócić uwagę, że wszystkie wartości są ujemne, co oznacza, że podatność na ten czynnik pogodowy będzie

coraz mniejsza w całym kraju, a w największym stopniu jej zmniejszenie dotknie linii kolejowych na wschodzie Polski i niektórych odcinków linii kolejowych położonych w rejonach górskich, co wynika z prognozowanego wzrostu średnich temperatur.

Kolejna mapa (Rysunek 12) prezentuje zmianę podatności odcinków linii kolejowych na wysokie temperatury (w tym pożary). Według niej największe zmiany dotkną odcinków linii zlokalizowanych w centralnej części kraju, szczególnie na Nizinach Środkowopolskich i Pojezierzu Wielkopolskim. Wszystkie wartości są dodatnie, co oznacza zwiększenie podatności na ten czynnik pogodowy dla wszystkich linii kolejowych.

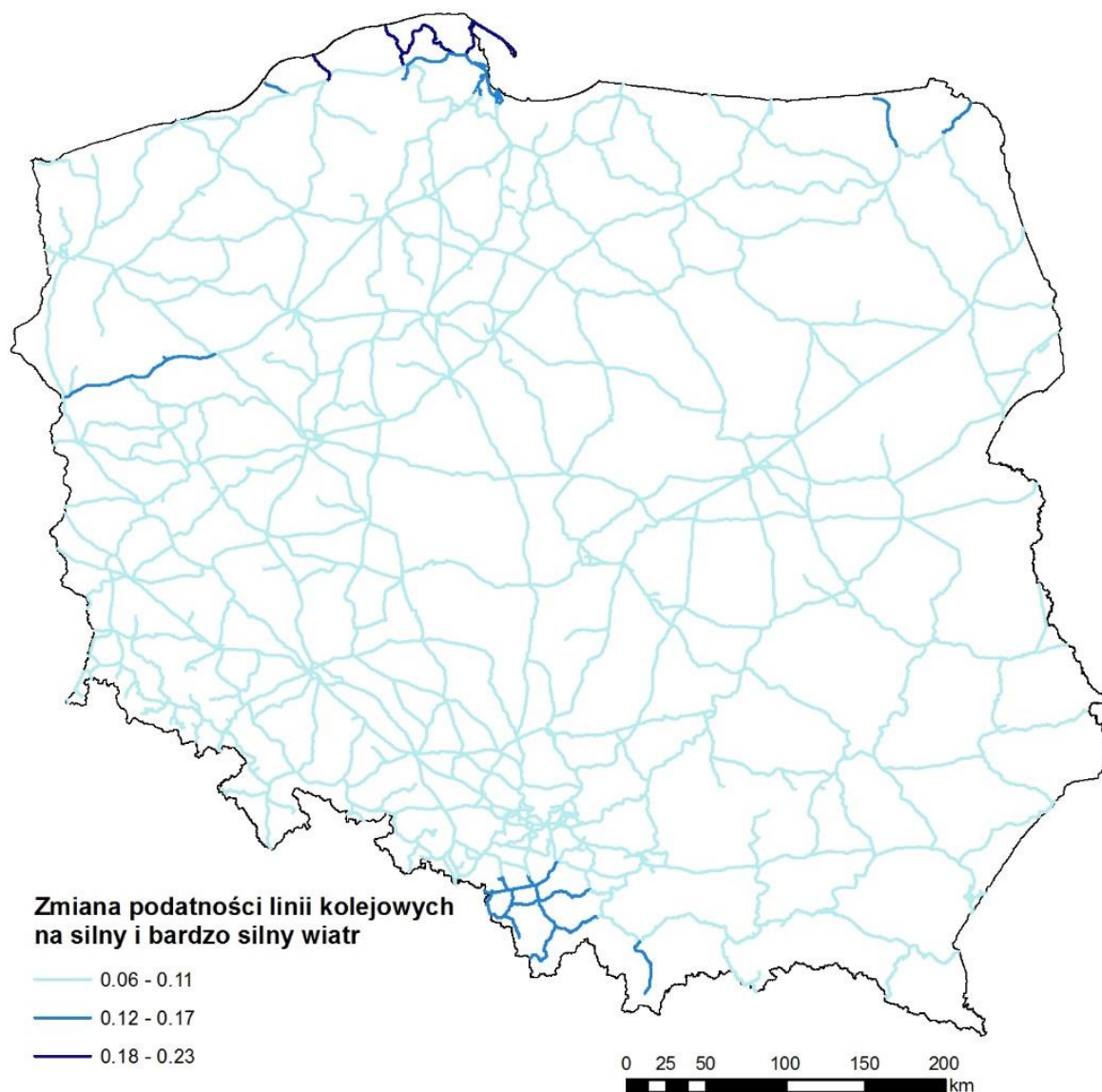


Rysunek 12 Zmiana podatności linii kolejowych na wysokie temperatury (w tym pożary)

Źródło: opracowanie własne

Tabela 30 Zestawienie długości linii kolejowych w poszczególnych przedziałach zmiany podatności na wysokie temperatury (w tym pożary)

Przedziały	0,13 – 0,20	0,21 – 0,28	0,29 – 0,36
Długość [km]	6508	10801	3259



Rysunek 13 Zmiana podatności linii kolejowych na silny i bardzo silny wiatr. Źródło: opracowanie własne.

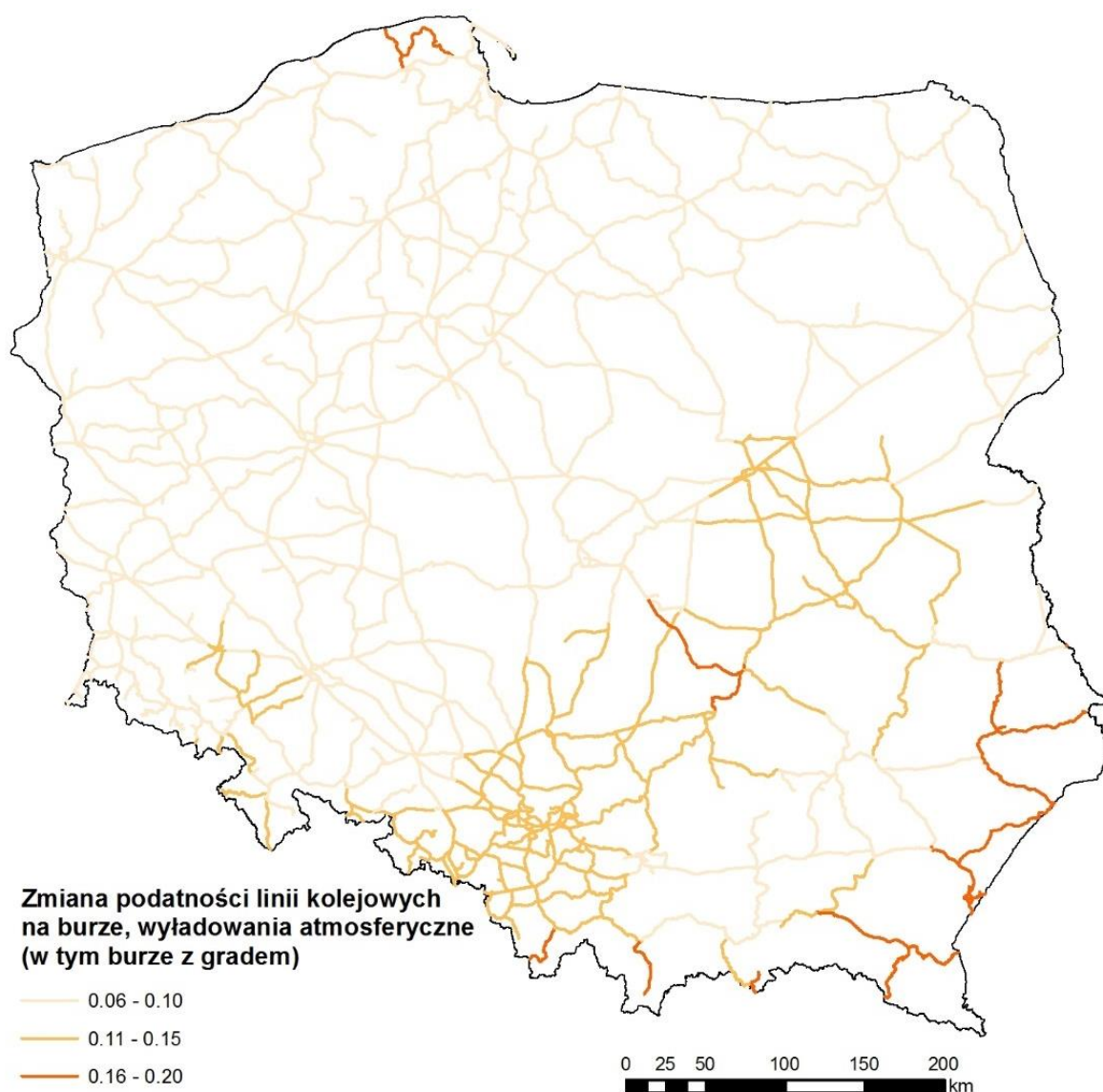
Tabela 31 Zestawienie długości linii kolejowych w poszczególnych przedziałach zmiany podatności na silny i bardzo silny wiatr

Przedziały	0,06 – 0,11	0,12 – 0,17	0,18 – 0,23
Długość [km]	18257	2131	180

Na powyższej mapie (Rysunek 13) przedstawiono zmiany podatności linii kolejowych na silny i bardzo silny wiatr. Wartości dodatnie oznaczają zwiększenie podatności na ten czynnik. Największe będzie dotyczyło linii kolejowych znajdujących się na wybrzeżu.

W mniejszym stopniu zmiany dotkną linii zlokalizowanych w obszarze Karpat Zachodnich, a także zachodniego odcinka linii kolejowej nr 203 Tczew-Kostrzyn.

Kolejna mapa (Rysunek 14) obrazuje zmianę podatności linii kolejowych na burze, wyładowania atmosferyczne (w tym burze z gradem). Zmiany dla wszystkich linii wykazują wzrost podatności na ten czynnik pogody. Największy będzie dotyczył linii kolejowych położonych w południowowschodniej Polsce, a w mniejszym stopniu tych, które znajdują się na obszarze wyżyn oraz Niziny Środkowomazowieckiej i Niziny Południowopodlaskiej.

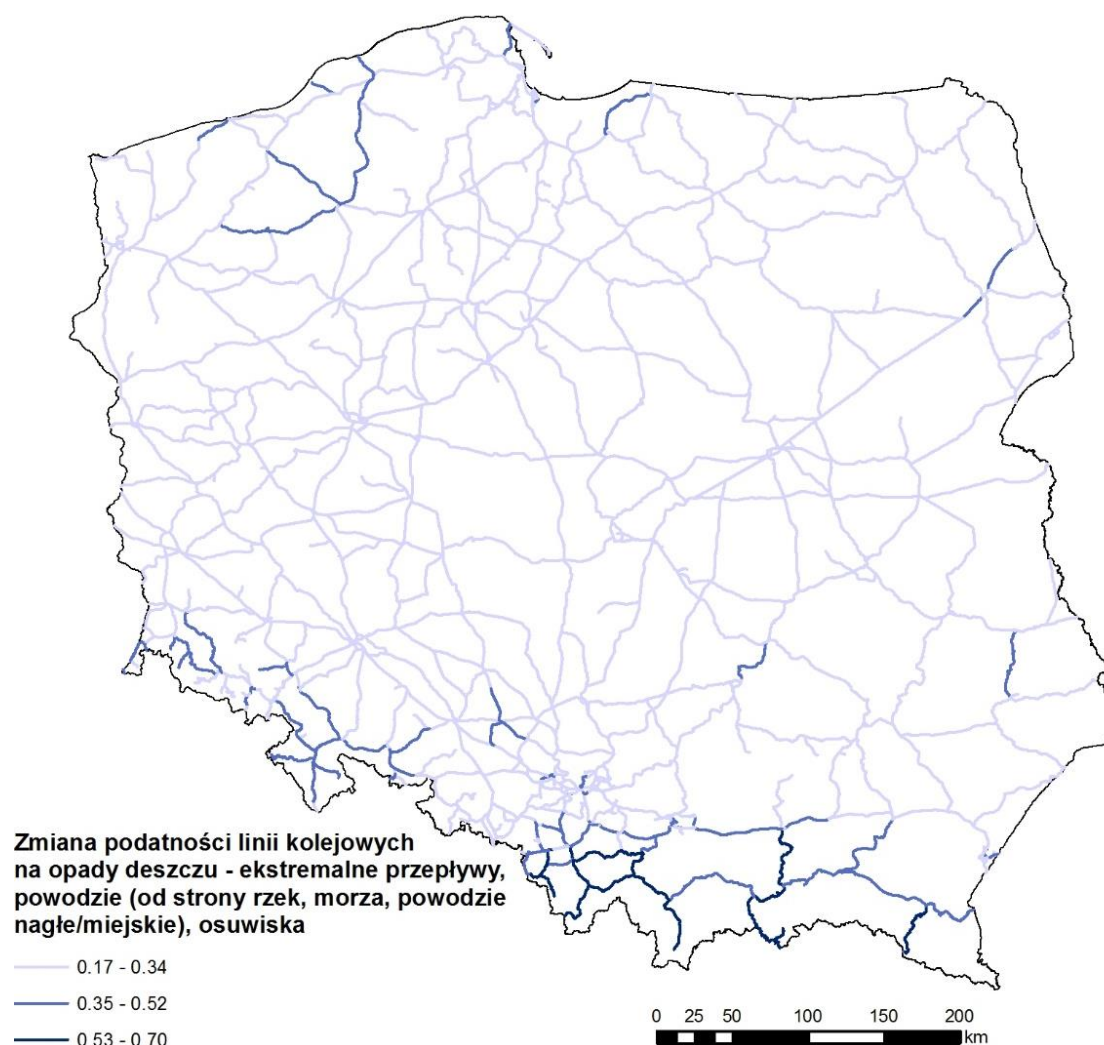


Rysunek 14 Zmiana podatności linii kolejowych na burze, wyładowania atmosferyczne (w tym burze z gradem). Źródło: opracowanie własne

Tabela 32 Zestawienie długości linii kolejowych w poszczególnych przedziałach zmiany podatności na burze, wyładowania atmosferyczne (w tym burze z gradem)

Przedziały	0,06 – 0,10	0,11 – 0,15	0,16 – 0,20
Długość [km]	14491	5565	512

Na poniższej mapie (Rysunek 15) zaprezentowano zmianę podatności linii kolejowych na opady deszczu – ekstremalne przeływy, powodzie (od strony rzek, morza, powodzie nagłe/miejskie), osuwiska. Wynika z niej, że podatność na te zjawiska będzie ulegała zwiększaniu. Szczególnie można będzie spodziewać się zwiększonej podatności tych odcinków linii kolejowych, które położone są w południowej oraz północnej części kraju. Największy wzrost dotyczy linii kolejowych położonych na obszarze Karpat.



Rysunek 15 Zmiana podatności linii kolejowych na opady deszczu – ekstremalne przeływy, powodzie (od strony rzek, morza, powodzie nagłe/miejskie), osuwiska. Źródło: opracowanie własne.

Tabela 33 Zestawienie długości linii kolejowych w poszczególnych przedziałach zmiany podatności na opady deszczu – ekstremalne przeływy, powodzie (od strony rzek, morza, powodzie nagłe/miejskie), osuwiska

Przedziały	0,17 – 0,34	0,35 – 0,52	0,53 – 0,70
Długość [km]	17471	2563	534

Ostatni z analizowanych czynników pogodowych, którym są mgły, nie wykazuje zmian podatności w związku z prognozowanymi zmianami klimatu.

4.6. Ocena zdolności adaptacji polskiej infrastruktury kolejowej do zmian klimatu i łagodzenia wpływu na klimat

Przez zdolność adaptacyjną (nazywaną także potencjałem adaptacyjnym) rozumie się ogół możliwości, zasobów i instytucji do wdrożenia efektywnych środków adaptacji.

Infrastruktura kolejowa została poddana analizie pod względem poszczególnych kategorii zdolności adaptacyjnych i względem czynników pogodowych. Ocena zdolności adaptacyjnej infrastruktury kolejowej polegała na przypisaniu wskaźnika określającego czy infrastruktura wykazuje się bardzo wysokim, wysokim, średnim lub niskim potencjałem adaptacyjnym (zdolnością adaptacyjną) w stosunku do zmian czynników pogodowych. Skalę oceny zdolności adaptacyjnej prezentuje Tabela 34.

Tabela 34 Skala oceny zdolności adaptacyjnej (potencjału adaptacyjnego) infrastruktury kolejowej na czynniki pogodowe i ich pochodne

Stopień potencjału adaptacyjnego	Opis
1	Bardzo wysoki potencjał adaptacyjny – element jest przygotowany do adaptacji do skutków zmian klimatu.
2	Wysoki potencjał adaptacyjny – element jest przygotowany jedynie częściowo na skutki zmian klimatu.
3	Średni potencjał adaptacyjny – element nie jest przystosowany do zmian klimatu, lecz każda zmiana lub próba adaptacji nie będzie niosła za sobą wysokich kosztów.
4	Niski potencjał adaptacyjny – element nie jest przystosowany do zmniejszania wrażliwości na skutki zmian klimatu i każda zmiana lub próba adaptacji będzie wiązała się ze znacznymi kosztami i wysiłkiem.

Źródło: opracowanie własne

W trakcie prac nad oceną potencjału adaptacyjnego infrastruktury kolejowej postanowiono nie rozdzielać oceny ze względu na poszczególne czynniki pogodowe. Stwierdzono, że kategorie zdolności adaptacyjnej w zdecydowanej większości odpowiadają wszystkim

czynnikom pogodowym. Przyjęte założenie potwierdzają także wyniki ankiet rozesłanych do firm, które łącznie z PKP PLK S.A. odpowiadają za realizację transportu kolejowego¹⁷. Ocena przedstawiona w otrzymanych ankietach została we wszystkich przypadkach nadana taka sama dla wszystkich czynników pogodowych. Niemożliwe okazało się określenie potencjału adaptacyjnego odrębnie dla każdego z czynników klimatycznych, ze względu na ścisłe wzajemne ich powiązanie. Odrębne dane i informacje dotyczą jedynie „akcji zima”. Z tego powodu zdolność adaptacyjną infrastruktury kolejowej rozpatrywano dla każdej z kategorii potencjału łącznie dla wszystkich czynników pogodowych.

Określony potencjał adaptacyjny przedstawiony został w tabeli (Tabela 9 Potencjał adaptacyjny poszczególnych branż i elementów infrastruktury kolejowej).

Na potrzeby opracowania przyjęto założenie, że każdy z odcinków linii kolejowych składa się ze wszystkich elementów infrastruktury. Szczegółowa ocena zdolności adaptacyjnej została opisana w wcześniejszym rozdziale 3.1.4 Podatność. Na podstawie analiz wykonanych podczas prac analitycznych ekspertyzy i zabranych wyników zaprezentowanych w rozdziale 3.1.4 zdolność adaptacyjną linii kolejowych oceniono na poziomie średnim.

¹⁷ Spółki, które przekazały ankiety: PKP Intercity S.A., PKP Cargo S.A., PKP Energetyka S.A., Lotos Kolej, Biuro Energetyki PKP PLK S.A.

5. Adaptacja infrastruktury kolejowej do zmian klimatu oraz jej wpływ na klimat

5.1. Działania zmniejszające wpływ infrastruktury kolejowej na klimat

Oddziaływanie infrastruktury kolejowej na warunki pogodowe i w szerszym znaczeniu na klimat ogranicza się jedynie do zanieczyszczenia powietrza, wynikającego z emisji spalin. Z tego powodu w poniższym rozdziale opisano jedynie ogólny wpływ transportu kolejowego na klimat, nie wyodrębniając wpływu poszczególnych elementów infrastruktury. Stąd też wynika brak możliwości uszeregowania w sposób hierarchiczny obszarów działalności PKP PLK S.A. mogących wpływać na czynniki pogodowe – jedynym realnym wpływem jest emisja spalin, która ze względu na swoją niewielką wartość nie ma bezpośredniego przełożenia na klimat.

W Unii Europejskiej kolej realizuje 6,1% całkowitego transportu pasażerskiego oraz 10,7% transportu towarowego (17,1% w transporcie wewnątrzspółnotowym). Ze względu na dominację transportu drogowego za jeden z głównych celów Europejskiej Polityki Transportowej (EPT) uznano zwiększenie udziału alternatywnych form transportu, m.in. rewitalizację transportu kolejowego. Oddziaływanie transportu kolejowego na środowisko sprowadza się głównie do emisji zanieczyszczeń. Według Uherka (2010) emisja zanieczyszczeń z transportu kolejowego w Unii Europejskiej jest rzędu 1-3% całkowitej emisji z transportu. Z danych Europejskiej Agencji Ochrony Środowiska (EEA 2007) wynika, że transport kolejowy odpowiada w Polsce za nieco ponad 1% całkowitej krajowej emisji NO_x oraz 0,24% emisji NMLZO (przy średnich dla UE odpowiednio 1,2% i 0,13%). Oddziaływanie transportu kolejowego na środowisko jest nieporównywalnie mniejsze niż transportu drogowego (Badyda, 2010). Pomimo wszelkich działań mających na celu redukcję emisji gazów cieplarnianych, coraz większa automatyzacja realizowanych przewozów a także nowoczesny tabor kolejowy nie przyczyniają się do spadku emisji. Stosowanie licznych udogodnień dla podróżujących (klimatyzacja, gniazda elektryczne umożliwiające ładowanie urządzeń czy system GPS) generuje zwiększone zużycie energii elektrycznej dlatego, nie ma bezpośredniej możliwości zmniejszania wpływu transportu kolejowego na klimat. Ograniczenia emisji należy

poszukiwać w innych obszarach jako stosowanie działań pośrednich do których możemy zaliczyć: przenoszenie transportu na kolej, rozwoju efektywnego zarządzania energią.

Kolej jest najbardziej efektywnym pod względem emisyjności głównym sposobem transportu, a pociągi elektryczne zasilane energią odnawialną mogą oferować praktycznie wolne od emisji dwutlenku węgla podróże i transport (Rail Transport and Environment – Facts & Figures, 2015).

5.2. Działania adaptacyjne do zmian klimatu dla infrastruktury kolejowej

W poniższej tabeli (Tabela 35) zostały zaproponowane możliwe do wdrożenia działania adaptacyjne do zmian klimatu dla infrastruktury kolejowej. Stanowi ona listę działań będących podstawą do tworzenia opcji adaptacyjnych. Działania zostały ułożone wg istotności wpływu na zmianę podatności wszystkich elementów infrastruktury kolejowej zgodnie z tabelą (Tabela 12), w pierwszej kolejności te, które będą zmniejszały podatność infrastruktury w sposób kompleksowy – działania edukacyjne, organizacyjne, a następnie działania bezpośrednio dedykowane poszczególnym elementom infrastruktury – głównie zadania o charakterze technicznym. W obrębie jednej opcji analizowane są działania zarówno adaptujące kolej do zmian klimatu jak i ograniczające wpływ kolei na klimat. Ze względu na określony znikomy wpływ infrastruktury kolejowej na zmiany klimatu nie proponuje się osobnego zestawu działań adaptacyjnych dla tego typu oddziaływań.

Tabela 35 Lista możliwych działań adaptacyjnych

Lp.	Działanie	Krótki opis działania
1.	Promocja transportu kolejowego jako przyjaznego dla środowiska środka transportu.	Działania promujące transport kolejowy przyczynią się do przeniesienia większej liczby przewożonych osób i ilości towarów na kolej, a co za tym idzie zmniejszenie negatywnego wpływu na środowisko poprzez ograniczenie transportu drogowego, w tym indywidualnego.
2.	Utworzenie/ rozwijanie systemów stałego monitoringu wrażliwych elementów infrastruktury transportowej na zmiany klimatu	System stałego monitoringu infrastruktury kolejowej oparty na Systemie Informacji Geograficznej, map podatności i ekspozycji na dany czynnik pozwoli na lepsze rozpoznanie występowania konkretnych zjawisk tym samym pozwalając na uzasadnioną zmianę niezbędnych parametrów technicznych przy

Lp.	Działanie	Krótki opis działania
		jednoczesnym zrównoważonym podejściu opartym o analizę kosztów cyklu życia oraz długoterminową perspektywę w dostosowaniu do zmian klimatu.
3.	Rozbudowa systemu SEPE	Rozbudowa systemu polegałaby na dodaniu pól w których zawartoby takie informacje jak: przyczyna zdarzenia, czas reakcji służb usuwających skutki zdarzenia, czas potrzebny na przywrócenie ruchu pociągów, liczba zaangażowanych jednostek ludzkich i sprzętu niezbędnego do usunięcia szkód oraz zasadne jest powiązanie z systemami rejestrującymi koszty. Takie uzupełnienie pozwoli na efektywniejsze zarządzanie działaniami grup inwterwencyjnych, a także na zbieranie i przechowywanie informacji na temat kosztów, właściwej obsady Zakładów Linii Kolejowych oraz najczęstszych lokalizacji wystąpienia poszczególnych zjawisk. Dodatkowe połączenie z systemem GIS umożliwi graficzne przedstawianie lokalizacji zdarzeń.
4.	Rozwój efektywnego zarządzania energią - eco-driving, eco-parking (ogrzewanie pociągów podczas postoju), ograniczenie emisji poprzez gromadzenie energii oddanej w powerbankach	Realizacja działania przyczynia się do wzrostu świadomości w zakresie ekologii, poszanowania środowiska, oszczędności zasobów: zmniejszenia ilości spalane go paliwa, kosztów serwisowania pojazdów. Eco-driving to przede wszystkim umiejętne użytkowanie pojazdów oraz wykorzystywanie systemów wspomagających jego prowadzenie, co w efekcie pozwala na zachowanie przewagi konkurencyjnej nad innymi podmiotami z branży transportowej. Stosowany już eco-parking a także gromadzenie energii oddanej pozwoli na oszczędność energii elektrycznej.
5.	Aktualizacja Planu Adaptacji infrastruktury kolejowej do zmian klimatu co 5 lat	Aktualizacja Planu adaptacji infrastruktury kolejowej do zmian klimatu w cyklu 5-letnim będzie polegać na wykonywaniu analizy wrażliwości/ podatności infrastruktury/ systemu linii kolejowych w celu weryfikacji podejmowanych działań, zasadności ich zmian lub określenia potrzeb o wprowadzeniu nowych.

Lp.	Działanie	Krótki opis działania
6.	Pozyskiwanie szczegółowych danych meteorologicznych z dużą dokładnością oraz prawdopodobieństwem wystąpienia danego zjawiska	Pozyskiwanie szczegółowych danych meteorologicznych dedykowanych infrastrukturze kolejowej z dużą dokładnością (rozdzielczość obszaru do wielkości jednego powiatu) oraz określonym prawdopodobieństwem wystąpienia danego zjawiska o rozdzielczości informacji dedykowanej wielkości powiatu. Precyzyjne określenie lokalizacji zjawiska w relacji z obiektami infrastruktury kolejowej usprawni proces przygotowania służb i sprzętu niezbędnego do usunięcia ewentualnych skutków wystąpienia awarii, uniemożliwiającej prowadzenie ciągłej pracy przewozowej. Szczegółowe dane meteorologiczne powinny być pozyskiwane każdego dnia w celu możliwości przekazania bieżących informacji na temat zagrożeń do dyspozytorów ruchu i pasażerów o możliwych opóźnieniach pociągów.
7.	System informacji dla podróżnych publikujący komunikaty o możliwości wystąpienia opóźnień związanych z występowaniem zjawisk klimatycznych	Działanie pozwoli na zwiększenie świadomości użytkowników transportu kolejowego o możliwości wystąpienia opóźnień spowodowanych warunkami zmiennego klimatu oraz wzrost zauważania wśród pasażerów do zarządcy infrastruktury kolejowej. System miałby na celu przesłanie informacji przy pomocy np. SMS lub e-mail bezpośrednio do pasażera o sytuacji dotyczącej jego trasy podróży.
8.	Przeprowadzenie rozpoznania drzew w odległości 25 metrów wzdłuż przebiegających szlaków kolejowych i wytypowanie obszarów porośniętych drzewami bezpośrednio zagrażających infrastrukturze kolejowej. .	Inwentaryzacja drzew – wyniki zaprezentowane w formie graficznej (za pomocą narzędzi GIS) pozwoli na wskazanie obszarów ich występowania wraz z przypisaną informacją o wysokości danego drzewa. Ułatwi to identyfikację drzew potencjalnie zagrażających linii kolejowej (w przypadku ich powalenia) oraz podjęcie działań zapobiegawczych.

Lp.	Działanie	Krótki opis działania
9.	Systematyczne usuwanie drzew bezpośrednio zagrażających infrastrukturze kolejowej ¹⁸	Na podstawie przeprowadzonej inwentaryzacji i identyfikacji drzew bezpośrednio zagrażających infrastrukturze kolejowej możliwe będzie ich usunięcie, pozwoli to uniknąć możliwych do wystąpienia skutków powalonych drzew na tory.
10.	Projekt badawczy – podniesienie efektywności energetycznej urządzeń EOR	Przeprowadzenie projektu badawczego mającego na celu podniesienie efektywności energetycznej urządzeń elektrycznego ogrzewania rozjazdów, może bezpośrednio przełożyć się na efekt ekologiczny, ograniczając zużycie energii elektrycznej tym samym przyczyniając się do ograniczenia emisji CO ₂ .
11.	Identyfikacja możliwości stosowania nowatorskich rozwiązań technologicznych w pojazdach kolejowych (nowoczesne silniki spalinowe, nowe rozwiązania w systemach grzewczych, oświetleniowych, klimatyzacyjnych) – projekt badawczy.	Działanie będzie polegało na pracach badawczo – rozwojowych, których celem będzie wypracowanie innowacyjnych rozwiązań w zakresie nowoczesnego i niskoemisyjnego taboru kolejowego oraz stosowanych w nim udogodnień dla korzystających z niego.
12.	Zwiększenie stosowania EOR (elektrycznego ogrzewania rozjazdów) oraz SMUE (System Monitorowania Urządzeń Elektroenergetycznych) na podstawie wcześniejszej inwentaryzacji potrzeb.	Zapewnienie większej niezawodności rozjazdów, w przypadku wystąpienia śniegu i szronu i usuwanie ich z obszaru zwrotnic w czasie wystąpienia niesprzyjających warunków atmosferycznych. Dodatkowo proponuje się objęcie wszystkich urządzeń elektrycznego ogrzewania rozjazdów (EOR) sterowaniem automatami pogodowymi oraz monitoringiem SMUE.
13.	Analiza hydrologiczno-hydrauliczna obiektów inżynierskich historycznie narażonych na działanie wód powodziowych	Aktualizacja danych służących do oceny zjawisk o danym prawdopodobieństwie z uwzględnieniem tendencji zmian, weryfikacja podstaw hydrologicznych dla odwodnień i obliczania przepływów pod kątem przewidywanych zmian (szczególnie w odniesieniu do małych mostów i przepustów, dokonanie przeglądu założeń projektowych pod

¹⁸ Zadanie uzależnione od przepisów prawa i możliwości prowadzenia usuwania na terenach nie będących w zarządzie PKP PLK S.A..

Lp.	Działanie	Krótki opis działania
		kątem dostosowania ich do zmienionych warunków opadowych.
14.	Zwiększenie liczby rozwiązań błękitnej i zielonej infrastruktury	Zastosowanie rozwiązań błękitnej i zielonej infrastruktury pozwala redukować ryzyko lokalnych podtopień dzięki roślinom hydrofitowym, dodatkowo woda zagospodarowywana jest na miejscu i mniejsze ilości trafiają z powierzchni nieprzepuszczalnych do kanalizacji.
15.	Modernizacja dworców kolejowych (stosowanie energooszczędnych rozwiązań)	Najważniejszym celem modernizacji dworców jest zapewnienie wysokiej efektywności energetycznej obiektów w zakresie zmniejszenia zapotrzebowania na energię, jak i ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, wprowadzanie takich rozwiązań wiąże się także z oszczędnościami finansowymi. W zakres takich modyfikacji zalicza się: podniesienie skuteczności izolacji cieplnej ścian, dachów, okien i drzwi, wprowadzanie nowoczesnych instalacji w budynku – takich jak ogrzewanie, wentylacja, klimatyzacja czy instalacje wodno-kanalizacyjne i elektryczne (np. energooszczędne oświetlenie obiektu). Dużą rolę odgrywają także zaawansowane systemy sterowania, pozwalające na oszczędne gospodarowanie zasobami.
16.	Ograniczenie niskiej emisji poprzez dalszą wymianę i modernizację urządzeń grzewczych w budynkach.	Bezpośredni wpływ transportu kolejowego a zmiany klimatu identyfikowany jest jedynie w przypadku emisji zanieczyszczeń, w celu przeciwdziałania należy dążyć do eliminacji z użycia starych kotłów w szczególności węglowych, w dalszym ciągu sukcesywnie zastępując je niskoemisyjnymi.

5.3. Infrastruktura kolejowa i projekty ujęte w Krajowym Programie Kolejowym

Realizacja proponowanych działań adaptacyjnych przyczyni się do wypełnienia celów szczegółowych dwóch krajowych dokumentów strategicznych którymi są:

1. Strategia Rozwoju Transportu do 2020 r. (z perspektywą do 2030 roku)
2. Strategiczny plan adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z perspektywą do roku 2030.

W tabeli (Tabela 36) sugerowane działania adaptacyjne zostały przypisane do realizacji celów szczegółowych:

- ➔ Ograniczenie negatywnego wpływu transportu na środowisko
- ➔ Rozwój transportu w warunkach zmian klimatu

Tabela 36 Przypisanie działań adaptacyjnych do wypełniania celów szczegółowych kluczowych dokumentów strategicznych

Cel szczegółowy 4 Strategii Rozwoju Transportu do 2020 roku (z perspektywą do 2030 roku): ograniczenie negatywnego wpływu transportu na środowisko		
Lp.	Działanie	Podmioty odpowiedzialny
1.	Promocja transportu kolejowego jako przyjaznego dla środowiska środka transportu	Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju, Ministerstwo Infrastruktury, Ministerstwo Finansów, PKP PLK S.A.
2.	Rozwój efektywnego zarządzania energią eco-driving, eco-parking (ogrzewanie pociągów podczas postoju), ograniczenie emisji poprzez gromadzenie energii oddanej w powerbankach	Przewoźnicy
3.	Identyfikacja możliwości stosowania nowatorskich rozwiązań technologicznych w pojazdach kolejowych (nowoczesne silniki spalinowe, nowe rozwiązania w systemach grzewczych, oświetleniowych, klimatyzacyjnych)	Przewoźnicy, PKP S.A., PKP PLK S.A., PKP Energetyka,
4.	Zwiększenie liczby rozwiązań błękitnej i zielonej infrastruktury,	PKP S.A., PKP PLK S.A.

**Cel szczegółowy 4 Strategii Rozwoju Transportu do 2020 roku (z perspektywą do 2030 roku):
ograniczenie negatywnego wpływu transportu na środowisko**

Lp.	Działanie	Podmioty odpowiedzialny
5.	Modernizacja dworców kolejowych (stosowanie energooszczędnych rozwiązań)	PKP S.A.
6.	Ograniczenie niskiej emisji poprzez dalszą wymianę i modernizację urządzeń grzewczych w budynkach	PKP S.A., PKP PLK S.A., inne podmioty odpowiedzialne za realizację transportu kolejowego

**Cel 3 Strategicznego Planu Adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z
perspektywą do roku 2030: Rozwój transportu w warunkach zmian klimatu**

Lp.	Działanie	Podmiot odpowiedzialny
1.	Utworzenie/ rozwijanie systemów stałego monitoringu wrażliwych elementów infrastruktury transportowej na zmiany klimatu	PKP S.A., PKP PLK S.A., PKP Energetyka, inne podmioty odpowiedzialne za realizację transportu kolejowego
2.	Rozbudowa systemu SEPE	PKP PLK S.A.
3.	Aktualizacja Planu Adaptacji infrastruktury kolejowej do zmian klimatu co 5 lat	PKP PLK S.A.
4.	Pozyskiwanie szczegółowych danych meteorologicznych z dużą dokładnością oraz prawdopodobieństwem wystąpienia danego zjawiska	PKP PLK S.A.
5.	System informacji dla podróżnych publikujący komunikaty o możliwości wystąpienia opóźnień związanych z występowaniem zjawisk klimatycznych	PKP PLK S.A., PKP S.A.
6.	Przeprowadzenie rozpoznania drzew w odległości 25 metrów wzdłuż przebiegających szlaków kolejowych i wytypowanie obszarów porośniętych drzewami bezpośrednio zagrażających infrastrukturze kolejowej.	PKP PLK S.A.

Cel 3 Strategicznego Planu Adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z perspektywą do roku 2030: Rozwój transportu w warunkach zmian klimatu

Lp.	Działanie	Podmiot odpowiedzialny
7.	Systematyczne usuwanie drzew bezpośrednio zagrażających infrastrukturze kolejowej ¹⁹	PKP PLK S.A.
8.	Zwiększenie stosowania EOR (elektrycznego ogrzewania rozjazdów) oraz SMUE (System Monitorowania Urządzeń Elektroenergetycznych) na podstawie wcześniejszej inwentaryzacji potrzeb.	PKP PLK S.A.,
9.	Projekt badawczy - podniesienie efektywności energetycznej urządzeń EOR	PKP PLK S.A.
10.	Analiza hydrologiczno-hydrauliczna obiektów inżynierskich historycznie narażonych na działanie wód powodziowych	PKP PLK S.A.

Strategiczny Plan Adaptacji zakładał także wypracowanie standardów konstrukcyjnych uwzględniających zmiany klimatu. Analizy przeprowadzone w etapach diagnozy stanu i potrzeb jednoznacznie potwierdzają, że elementy konstrukcyjne nie wymagają znacznych zmian w kwestii parametrów technicznych. Wartości graniczne zgodne z normami, przepisami prawa i instrukcjami wewnętrznymi PKP PLK S.A. są one uniwersalne, a ich zmiana w kontekście przewidywanych zmian klimatu do 2070 roku nie jest konieczna. Wskaźniki techniczne związane z warunkami pogodowymi zawarte w przepisach prawa i dokumentach wewnętrznych PKP PLK S.A. dotyczących projektowania, budowania, eksploatacji i utrzymania infrastruktury kolejowej są na tyle szerokie, że uwzględniają warunki zmiennego klimatu. Potwierdzają to także oceny stopnia podatności linii kolejowych, w których stwierdzono, że na zdecydowanej większości linii wpływ czynników klimatycznych jest niewielki i nie powoduje znacznych zaburzeń w funkcjonowaniu infrastruktury kolejowej.

5.4. Koszty jednostkowych działań

W poniższych tabelach dokonano szacunkowej wyceny kosztów wdrażania działań adaptacyjnych dedykowanych infrastrukturze kolejowej. Przyjęte wartości zostały

¹⁹ Zadanie uzależnione od przepisów prawa i możliwości prowadzenia usuwania na terenach nie będących w zarządzie PKP PLK S.A..

oszacowane na podstawie wartości projektów tożsamy, doświadczenia Wykonawcy ekspertyzy, informacji pozyskanych od podmiotów realizujących działania o zakresie objętym działaniem oraz informacjach pozyskanych od Zamawiającego.

5.4.1. Działania zmniejszające wpływ na klimat

Lp.	Nazwa działania	Koszt [zł]
1.	Promocja transportu kolejowego jako przyjaznego dla środowiska środka transportu	50 000 000 / 5 lat
2.	Rozwój efektywnego zarządzania energią (eco-driving, eco-parking (ogrzewanie pociągów podczas postoju), ograniczenie emisji poprzez gromadzenie energii oddanej w powerbankach)	15 000 000 / 5 lat
3.	Identyfikacja możliwości stosowania nowatorskich rozwiązań technologicznych w pojazdach kolejowych (nowoczesne silniki spalinowe, nowe rozwiązania w systemach grzewczych, oświetleniowych, klimatyzacyjnych)	5 000 000 / projekt badawczy
4.	Zwiększenie ilości rozwiązań błękitnej i zielonej infrastruktury,	150 - 300/ m ² zielonego dachu
5.	Modernizacja dworców kolejowych (stosowanie energooszczędnych rozwiązań)	400 000 / jeden dworzec
6.	Ograniczenie niskiej emisji poprzez dalszą wymianę i modernizację urządzeń grzewczych w budynkach	25 000 / szt.

4.4.1 Działania adaptacyjne do zmian klimatu

Lp.	Nazwa działania	Koszt [zł]
1.	Utworzenie/ rozwijanie systemów stałego monitoringu wrażliwych elementów infrastruktury transportowej na zmiany klimatu	12 000 000

Lp.	Nazwa działania	Koszt [zł]
2.	Rozbudowa systemu SEPE	1 000 000 jednorazowo
3.	Aktualizacja Planu Adaptacji infrastruktury kolejowej do zmian klimatu co 5 lat	350 000 zł
4.	Pozyskiwanie szczegółowych danych meteorologicznych z dużą dokładnością oraz orawdopodobieństwem wystąpienia danego zjawiska	50 000 / m-c
5.	System informacji dla podróżnych publikujący komunikaty o możliwości wystąpienia opóźnień związanych z występowaniem zjawisk klimatycznych	500 000 / rok
6.	Przeprowadzenie rozpoznania drzew w odległości 25 metrów wzdłuż przebiegających szlaków kolejowych i wytypowanie obszarów porośniętych drzewami bezpośrednio zagrażających infrastrukturze kolejowej.	5 000 000 / jednorazowo
7.	Systematyczne usuwanie drzew bezpośrednio zagrażających infrastrukturze kolejowej ²⁰	200 zł/ szt.
8.	Projekt badawczy - podniesienie efektywności energetycznej urządzeń EOR	5 000 000 / jednorazowo
9.	Zwiększenie stosowania EOR (elektrycznego ogrzewania rozjazdów) oraz SMUE (System Monitorowania Urządzeń Elektroenergetycznych) na podstawie wcześniejszej inwentaryzacji potrzeb	70 000 / szt.
10.	Analiza hydrologiczno-hydrauliczna obiektów inżynierskich historycznie narażonych działanie wód powodziowych	20 000 / szt.

²⁰ Zadanie uzależnione od przepisów prawa i możliwości prowadzenia usuwania na terenach nie będących w zarządzie PKP PLK S.A..

5.5. Potencjalne skutki adaptacji do zmian klimatu i łagodzenia wpływu na klimat

5.6. Skutki metod zmniejszania wpływu na klimat

Dzięki metodom zmniejszania wpływu transportu kolejowego na klimat głównie w związku z ograniczeniem emisji zanieczyszczeń, możliwe będzie zrównoważone prowadzenie pracy przewozowej w sposób niezawodny i bardziej korzystny dla środowiska. Celem wprowadzenia działań jest także zwiększenie liczby użytkowników transportu kolejowego poprzez jego promocję oraz większą optymalizację rozkładów jazdy i połączeń dzięki czemu stanie się on bardziej dostępny i pozwoli na przeniesienie części przewozów towarów i osób na kolej. Oprócz efektów wizualnych wynikających z zastosowania rozwiązań błękitnej i zielonej infrastruktury, będzie ona stanowić skuteczne narzędzie lokalnej retencji umożliwiając zagospodarowanie wód opadowych na terenach kolejowych, wpływając jednocześnie na obniżenie kosztów odprowadzania wód do odbiorników zewnętrznych. Poprzez rozwój eco-drivingu możliwe będzie zwiększenie efektywności energetycznej podczas prowadzenia pociągów, dodatkową zaletą tego działania jest fakt, że może być ono wprowadzone niemal natychmiast.

5.7. Skutki metod adaptacji do zmian klimatu

Metody adaptacji do zmian klimatu pozwolą na poprawę żywotności infrastruktury kolejowej oraz poprawę organizacji ruchu kolejowego. Oprócz większego dostosowania do zmieniającego się klimatu dodatkowo zastosowane działania będą wiązać się ze wzrostem zadowolenia wśród użytkowników (pasażerów) i wzrostem poziomu zaufania do zarządcy infrastruktury kolejowej ze względu na ograniczenie opóźnień i usterek spowodowanych wystąpieniem ekstremalnych zdarzeń pogodowych.

Proponowane działania będą wypełniane poprzez inwestycje w infrastrukturę oraz rozwój technologii. Obejmują one zarówno przedsięwzięcia techniczne, organizacyjne oraz edukacyjno-promocyjne, badania naukowe i tworzenie programów badawczych.

Wdrożenie strategii dostosowawczych wymaga szczegółowego uwzględnienia czynników związanych z lokalizacją ich wystąpienia. Proponowane działania o charakterze technicznym mogą na etapie realizacji (budowy czy modernizacji linii kolejowych) powodować oddziaływania negatywne na środowisko, jednak w fazie eksploatacji wpływ

ten może ulec zmianie. Realizacja dużych inwestycji takich jak przebudowa czy modernizacja szlaków kolejowych może początkowo prowadzić do mimowolnej zmiany zachowań pasażerów i preferencji do korzystania z transportu indywidualnego, ze względu na wiążące się z procesami inwestycyjnymi utrudnieniami (komunikacja zastępcza, zmiany rozkładu jazdy).

5.8. Koszty i korzyści zmniejszania wpływu na klimat i adaptacji do zmian klimatu

Podjęcie działań inwestycyjnych w zakresie zmniejszania wpływu na klimat i adaptację do zmian klimatu pozwoli na osiągnięcie korzyści w postaci zwiększenia odporności infrastruktury kolejowej na przewidywaną intensyfikację wystąpienia ekstremalnych zjawisk pogodowych. Korzyści z tym związane będą głównie wyrażane poprzez uniknięcie kosztów będących następstwem zaistnienia czynników pogodowych, poniesionych na minimalizację zdarzeń wywołanych przez czynniki pogodowe (akcja zima, naprawy awaryjne będące następstwem zdarzeń atmosferycznych) oraz usuwanie skutków zdarzeń losowych i sytuacji kryzysowych, zmniejszenia liczby zdarzeń, czasu trwania utrudnień. Korzyści związane z adaptacją odnoszą się do szkód i strat finansowych, powstających w wyniku oddziaływania zjawisk ekstremalnych. Przez adaptację rozumie się także świadome wykorzystanie nadchodzących zmian, poprzez odpowiednio zaprojektowane działania. Pomimo faktu, iż wpływ transportu kolejowego na klimat jest znikomy, to działania mające na celu zmniejszenie tego oddziaływania jakimi są przede wszystkim zadania związane z ciągłym ograniczaniem emisji, efektywnym wykorzystaniem zasobów i stosowaniem rozwiązań energooszczędnych, będą procentowały np. polepszeniem jakości powietrza.

6. Opcje adaptacji

W ramach opracowania zostały przygotowane opcje adaptacji, zestawy działań wraz ze wskazaniem horyzontu czasowego ich realizacji do roku 2030 oraz podziałem na podmioty odpowiedzialne za wykonanie poszczególnych zadań. Opcje zostały utworzone w sposób kompleksowy, realizacja działań obejmuje różne warunki przestrzenne i czasowe a także różne typy działań: inwestycyjne (budowa, modernizacja), o charakterze miękkim mających na celu podniesienie świadomości na temat potencjalnych zagrożeń wynikających ze zmian klimatu w dłuższej perspektywie prowadzących do zmiany zachowań. Działania w obrębie proponowanych opcji odpowiadają zarówno za zagrożenia wynikające ze zmian klimatu (działania adaptacyjne infrastruktury kolejowej do zmian klimatu) a także prowadzenia pracy przewozowej, eksploatacji infrastruktury kolejowej (działania łagodzące wpływ transportu kolejowego na klimat).

6.1. Metodyka opracowania, oceny i wyboru opcji adaptacji

Opcje zbudowane zostały w oparciu o zidentyfikowane największe zagrożenia dla infrastruktury kolejowej. Wykonawca zaproponował dwie opcje dla infrastruktury kolejowej. Odstąpiono od budowy i analizy większej liczby opcji, ze względu na ograniczoną liczbę możliwych i racjonalnych alternatywnych rozwiązań ograniczających wpływ zmian klimatu na infrastrukturę kolejową i projekty zawarte w KPK. Każda z opcji stanowi odrębny pakiet działań odpowiadających stwierdzonym we wcześniejszych analizach zagrożeniom. Każdy zestaw proponowanych działań został poddany analizie SWOT. Głównym celem analizy SWOT jest identyfikacja czynników słabych i silnych stron wewnątrz przedmiotu analizy oraz szans i zagrożeń w otoczeniu przedmiotu analizy.

Kolejnym krokiem jest ocena opcji adaptacji oraz wybór najefektywniejszych spośród zaproponowanych. Ocena opcji zostanie dokonana za pomocą przybliżonych kosztów i korzyści. W celu dokonania oceny ekonomicznej efektywności działań przewiduje się wyznaczenie następujących wskaźników:

- Ekonomiczną wartość bieżącą netto (ENPV), jest to suma zdyskontowanych przepływów kosztów i korzyści wyrażona w wartościach pieniężnych (przyjęto wartość stopy dyskontowej SDD na poziomie 5%

$$ENPV = \left(\text{Korzyści [PLN]} - \text{Koszty [PLN]} \right) \times \left(100\% - SDD \right) \text{ [PLN]}$$

- Relację korzyści do kosztów (B/C), jest to stosunek korzyści do kosztów

$$B/C = \frac{\text{Koszty [PLN]}}{\text{Korzyści [PLN]}} [-]$$

Tabela 37 Wskaźniki efektywności ekonomicznej

ENPV [PLN]	Ekonomiczna wartość bieżąca netto	Obejmuje różnego rodzaju korzyści społeczno-gospodarcze z punktu widzenia społeczeństwa, działanie jest akceptowane, jeżeli NPV ≥ 0 oraz odrzucane, gdy NPV < 0.
B/C [-]	Stosunek korzyści do kosztów	(Benefit/Cost indicator) Wskaźnik ukazujący stosunek skumulowanych korzyści do kosztów. Jeśli B/C > 1 wskazuje na przewagę korzyści nad kosztami.

Przy wyborze zestawu działań adaptacyjnych preferowane będą działania:

- Skuteczne – pozwalające na redukcję ryzyka klimatycznego w znacznym stopniu,
- Niezawodne – działanie będzie odporne na czynniki mające wpływ na jego wdrażanie,
- Elastyczne – działania, które będzie można modyfikować pod względem zakresu i tempa realizacji,
- Akceptowalne – realizacja działań jest ogólnie akceptowalna (władze, zarządcy infrastruktury, społeczeństwo)

Część proponowanych działań adaptacyjnych może posiadać wady polegające na ograniczeniach uniwersalności ich stosowania ze względu na niepewność co do przyszłych prognoz klimatycznych i oczekiwanych skutków zmian klimatu.

6.2. Strategiczne kierunki adaptacji do zmian klimatu i łagodzenia wpływu na klimat

Istotą działań adaptacyjnych poprzez inwestycje w infrastrukturę i technologię, a także zmiany zachowań, jest uniknięcie ryzyk i wykorzystanie szans. Zmiany klimatu należy postrzegać jako potencjalne ryzyko, które powinno być brane pod uwagę przy tworzeniu mechanizmów regulacyjnych i planów inwestycyjnych.

Kierunki działań oraz konkretne działania, które korespondują z dokumentami strategicznymi, jednocześnie stanowią ich niezbędne uzupełnienie w kontekście adaptacji. W przygotowaniu opracowania uwzględniono i przeanalizowano obecne i oczekiwane zmiany klimatu, w tym scenariusze zmian klimatu dla Polski, które wykazały, że największe zagrożenie będą stanowiły ekstremalne zjawiska pogodowe będące pochodnymi zmian klimatycznych. Zjawiska te będą występować z coraz większą częstotliwością i natężeniem oraz będą dotyczyć coraz większych obszarów kraju.

Kierunki adaptacji:

- minimalizować podatność na ryzyko związane ze zmianami klimatu, m.in. uwzględniając ten aspekt na etapie planowania inwestycji,
- opracować plany szybkiego reagowania na wypadek katastrof klimatycznych (powodzie, susze, fale upałów),
- wyznaczyć działania, które z punktu widzenia efektywności kosztowej powinny być podjęte w pierwszej kolejności.

Celem adaptacji jest kompleksowe i zintegrowane podejście do rozwiązywania problemów spowodowanych przez zagrożenia związane ze zmianami klimatu. Oznacza to konieczność optymalizacji i harmonizacji działań podejmowanych w celu zmniejszenia ryzyka.

Wdrożenie działań adaptacyjnych ma doprowadzić do osiągnięcia celów jakimi są:

- Rozwój transportu w warunkach zmian klimatu (Strategiczny Plan Adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z perspektywą do roku 2030);
- Ograniczenie negatywnego wpływu transportu na środowisko (Strategia Rozwoju Transportu do 2020 roku (z perspektywą do 2030 roku)).

7. Opcje adaptacji infrastruktury kolejowej do zmian klimatu i łagodzenia wpływu na klimat

7.1. Opcje adaptacji do zmian klimatu i łagodzenia wpływu na klimat

Zostały przygotowane 2 opcje adaptacji infrastruktury kolejowej do zmian klimatu i łagodzenia jej wpływu na klimat oraz przeanalizowano opcję zerową. Pierwsza z nich odpowiada na wszystkie zidentyfikowane wcześniej ryzyka (zjawiska klimatyczne powodujące największe czasy opóźnień w prowadzeniu pracy przewozowej) dla najbardziej wrażliwych elementów infrastruktury (SRK, sieć trakcyjna, układ torowy). Druga opcja zawiera działania niezbędne do podjęcia w warunkach zmieniającego się klimatu jednak ze względu na działania innowacyjne wymaga większych nakładów finansowych, a efekt realizowanych działań będzie odczuwalny w dłuższym horyzoncie czasowym. Rozważono także przypadek wprowadzenia opcji zerowej, czyli braku podejmowania działań adaptacyjnych.

Poniżej w tabelach zostały przedstawione zestawy zaproponowanych działań wraz z szacunkowymi kosztami ich wdrożenia w perspektywnie do 2030 roku. W związku z tym, że na obecnym etapie nie można określić stanu szczegółowości podejmowanych działań, prezentowane koszty mogą ulec zmianie w zależności od uwarunkowań rynkowych, zakresu inwestycji itd.

OPCJA „0”	Opcja „0” zakłada brak wdrażania działań adaptacyjnych dedykowanych infrastrukturze kolejowej co wiąże się z brakiem kosztów i korzyści wynikających z wdrożenia działań
------------------	--

Nr działania	OPCJA 1	Koszt wdrożenia działania w perspektywie do 2030 roku [zł]
1.	Promocja transportu kolejowego jako przyjaznego dla środowiska środka transportu.	50 000 000
2.	Rozbudowa systemu SEPE	1 000 000
3.	Rozwój efektywnego zarządzania energią - eco-driving, eco-parking (ogrzewanie pociągów podczas postoju), ograniczenie emisji poprzez gromadzenie energii oddanej w powerbankach.	15 000 000
4.	Aktualizacja Planu Adaptacji infrastruktury kolejowej do zmian klimatu co 5 lat	350 000
5.	Przeprowadzenie rozpoznania drzew w odległości 25 metrów wzdłuż przebiegających szlaków kolejowych i wytypowanie obszarów porośniętych drzewami bezpośrednio zagrażających infrastrukturze kolejowej.	5 000 000
6.	Systematyczne usuwanie drzew bezpośrednio zagrażających infrastrukturze kolejowej ²¹	420 000 000 (35 000 000 / rok)
7.	Projekt badawczy – podniesienie efektywności energetycznej urządzeń EOR	5 000 000
8.	Zwiększenie stosowania EOR (elektrycznego ogrzewania rozjazdów) oraz SMUE (System Monitorowania Urządzeń	560 000 000

²¹ Zadanie uzależnione od przepisów prawa i możliwości prowadzenia usuwania na terenach nie będących w zarządzie PKP PLK S.A.

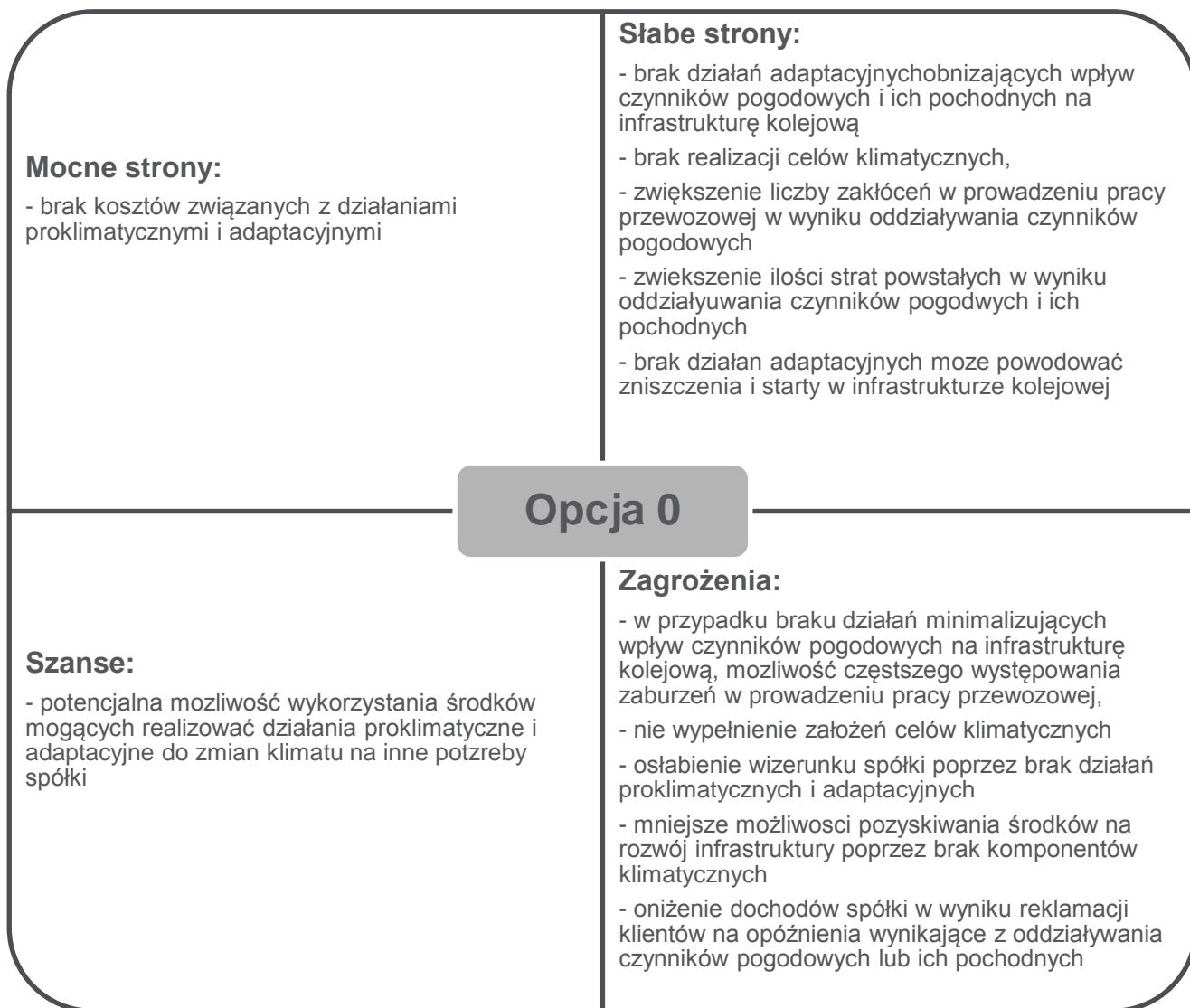
Nr działania	OPCJA 1	Koszt wdrożenia działania w perspektywie do 2030 roku [zł]
	Elektroenergetycznych) na podstawie wcześniejszej inwentaryzacji potrzeb.	(kwota dla montażu 8 000 urządzeń)
9.	Ograniczenie niskiej emisji poprzez dalszą wymianę i modernizację urządzeń grzewczych w budynkach	10 000 000 (modernizacja 400 urządzeń)

Nr działania	OPCJA 2	Koszt wdrożenia działania w perspektywie do 2030 roku [zł]
1.	Utworzenie/ rozwijanie systemów stałego monitoringu wrażliwych elementów infrastruktury transportowej na zmiany klimatu	12 000 000
2.	Pozyskiwanie szczegółowych danych meteorologicznych z dużą dokładnością oraz orawdopodobieństwem wystąpienia danego zjawiska	7 200 000
3.	System informacji dla podróżnych publikujący komunikaty o możliwości wystąpienia opóźnień związanych z występowaniem zjawisk klimatycznych	4 000 000
4.	Identyfikacja możliwości stosowania nowatorskich rozwiązań technologicznych w pojazdach kolejowych (nowoczesne silniki spalinowe, nowe	1 000 000

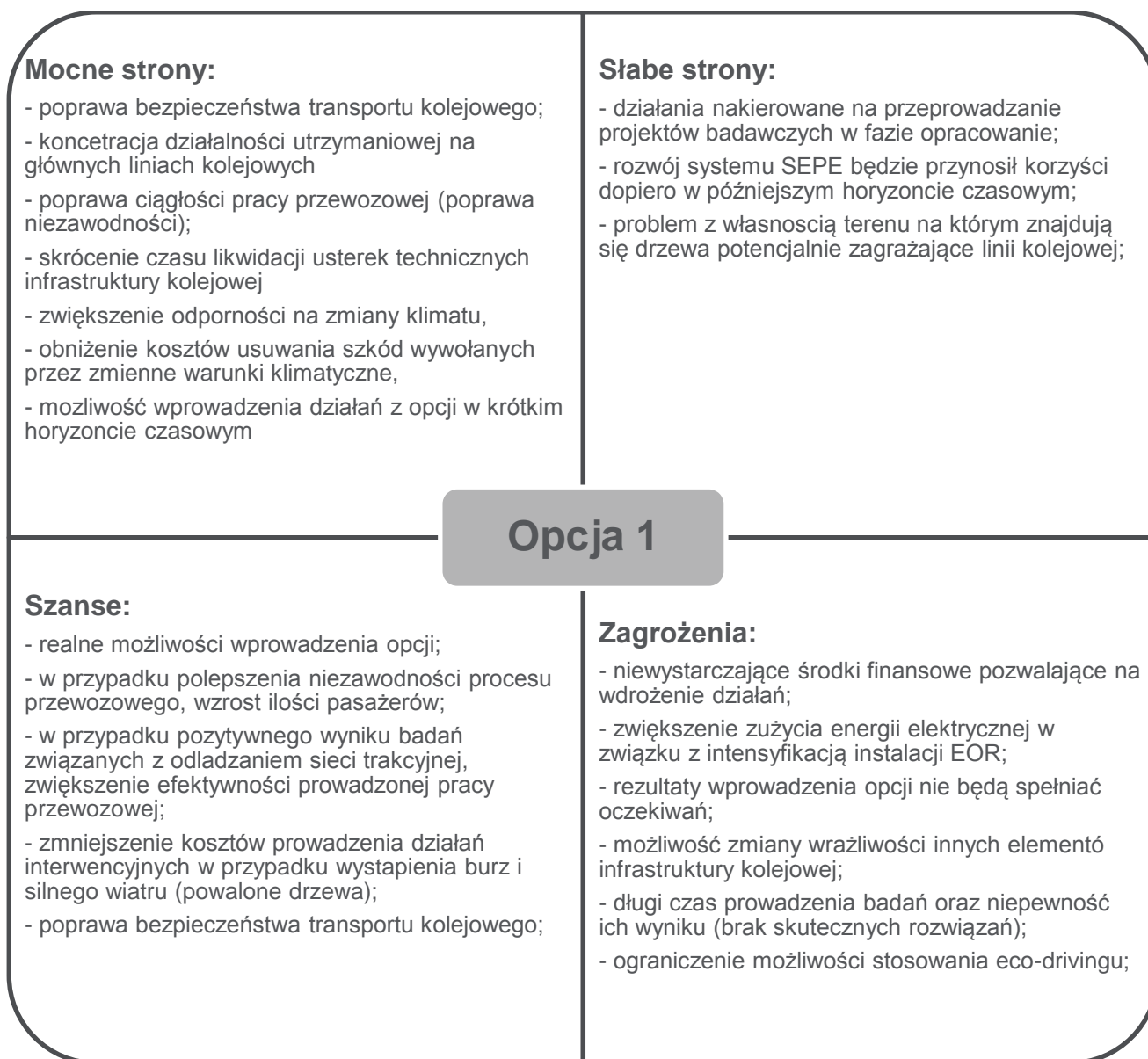
Nr działania	OPCJA 2	Koszt wdrożenia działania w perspektywie do 2030 roku [zł]
	rozwiązania w systemach grzewczych, oświetleniowych, klimatyzacyjnych)	
5.	Analiza hydrologiczno-hydrauliczna obiektów inżynierskich historycznie narażonych na działanie wód powodziowych	5 000 000
6.	Zwiększenie liczby rozwiązań błękitnej i zielonej infrastruktury	70 000 000
7.	Modernizacja dworców kolejowych (stosowanie energooszczędnych rozwiązań) ~ 200 dworców kolejowych do roku 2030	80 000 000 (400 000 / dworzec)

7.2. Analiza SWOT i CBA

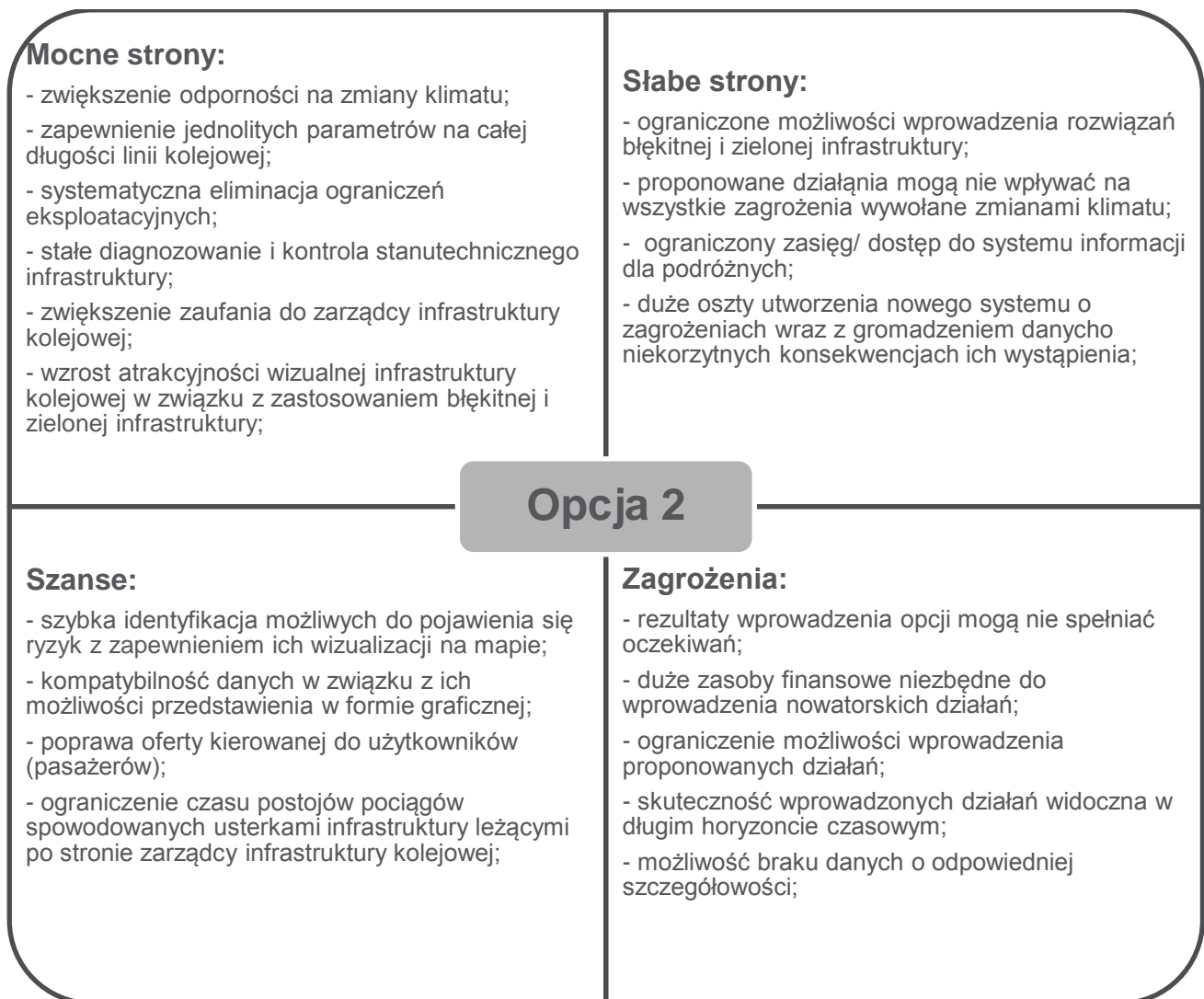
Przeprowadzona analiza SWOT określiła mocne i słabe strony proponowanych opcji adaptacji a także szanse i zagrożenia wynikające z wdrożenia opcji.



Rysunek 16. Analiza SWOT opcji 0



Rysunek 17 Analiza SWOT opcji 1



Rysunek 18 Analiza SWOT opcji 2

7.2.1. Analiza kosztów i korzyści

W przeprowadzonej analizie kosztów i korzyści wzięto pod uwagę wszystkie zaproponowane działania z poszczególnych opcji wraz z przybliżonymi kosztami ich realizacji. Koszty oszacowano na podstawie nakładów finansowych realizacji podobnych realizowanych inwestycji infrastrukturalnych (kolejowych, drogowych itp. w kraju i na świecie), wieloletniego doświadczenia wykonawcy w zakresie projektów infrastrukturalnych, a także doświadczenia w realizacji inwestycji kolejowych w Polsce przez zarządcę PKP PLK S.A. Za korzyści uznano obniżenie wydatków na minimalizację skutków zdarzeń, na założonym poziomie 7 %²², wywołanych przez czynniki pogodowe dzięki zastosowaniu rekomendowanych rozwiązań. Podstawą do obliczenia korzyści była

²² Wartość przyjęta na podstawie doświadczenia wykonawcy i analiz kosztów wynikających z oddziaływania czynników pogodowych i ich pochodnych ponoszonych przez spółkę

średnia z sumy kosztów poniesionych przez PKP PLK w latach 2013-2016 (Tabela 20) na minimalizację zdarzeń wywołanych przez warunki meteorologiczne wynosząca w przybliżeniu 53 000 000 zł/rok. Kolejnym kryterium z którego liczone korzyści był roczny wzrost przychodów Grupy PKP określony na poziomie 0,1% dla opcji pierwszej oraz 0,06% dla opcji drugiej, z kwoty 8 mld przychodów uzyskanych w roku 2016²³. Przewiduje się większy wzrost przychodów z podjęcia proponowanych zadań z wariantu pierwszego ponieważ uznano, że są to działania o charakterze bardziej kompleksowym i należy je podjąć w pierwszej kolejności. W wycenie korzyści nie zostały uwzględnione żadne dodatkowe aspekty takie jak: np. zyski wizerunkowe, wzrostu zaufania wśród użytkowników korzyści środowiskowe płynące np. z obniżenia emisji, ze względu na zbyt duży poziom ogólności proponowanych działań.

Tabela 38 Analiza kosztów i korzyści

Analizowany wariant	Koszty [zł]	Korzyści	B/C	ENPV
Opcja 1	1 066 353 326	1 010 004 000	3,16	- 49 331 860
Opcja 2	179 200 000	170 303 040	1,11	- 8 452 112

Oszacowane korzyści nie dają ekonomicznych podstaw do realizacji wszystkich zaproponowanych działań w poszczególnych opcjach. W obu przypadkach nakłady inwestycyjne przewyższają oczekiwane korzyści, wartość ENPV jest poniżej wartości „0” co wskazuje na brak uzasadnienia ekonomicznego dla wprowadzenia działań.

W tabeli poniżej wykonano ponowną analizę wariantów eliminując działania najmniej efektywne pod względem ekonomicznym lub zmniejszając ich zakres. W pierwszej opcji zrezygnowano z działania: Promocja transportu kolejowego jako przyjaznego dla środowiska środka transportu, a także zmniejszono koszty inwestycyjne przyznaczone na EOR i SMUE - zaplanowano na realizację tego działania 229 600 000 zł, co pozwoli na instalację ponad 3 tys. urządzeń na liniach kolejowych o średniej i wysokiej ekspozycji na występowanie niskich temperatur (stanowią one 41 % wszystkich linii), a w drugim wariantcie: zwiększenie liczby rozwiązań błękitnej i zielonej infrastruktury oraz System

²³ Raport roczny 2016 – [link do treści raportu na stronie PKP S.A.](#)

informacji dla podróżnych publikujący komunikaty o możliwości opóźnień związanych z występowaniem zjawisk klimatycznych. Eliminując wyżej wymienione propozycje wyniki analizy kosztów i korzyści prezentują się następująco:

Tabela 39 Analiza kosztów i korzyści

Analizowany wariant	Koszty [zł]	Korzyści	B/C	ENPV
Opcja 1	685 953 326	802 909 920	3,42	105 308 764
Opcja 2	105 200 000	173 075 040	1,56	64 481 288

Powyższe wyniki wskazują, że po redukcji działań dla opcji oraz ich selekcji pod względem przynoszonych korzyści do poniesionych kosztów, szacowane zyski przewyższają koszty inwestycyjne. Obliczone wskaźniki B/C i ENPV potwierdzają zasadność prowadzenia działań. W przypadku opcji drugiej redukcja o dwa działania adaptacyjne nie spowodowała uzyskania pozytywnego wskaźnika ENPV. Dalsza redukcja działań pozwoliła by na uzyskanie dodatnich wskaźników B/C i ENPV, jednak prowadziła by do braku uzasadnienia wdrażania opcji ze względu na niską skuteczność adaptacji do zmian klimatu.

7.2.2. Nadanie wag zagrożeniom

Analiza ekspozycji na zagrożenia wynikające z oddziaływania czynników klimatycznych i ich pochodnych na infrastrukturę kolejową pozwoliła nadać wagi zagrożeniom. Wartości nadanych wag określono jako stopień ekspozycji na pojedynczy czynnik (Źródło: *opracowanie własne*

Tabela 6).

7.2.3. Luki wiedzy

Podczas Opracowywania kolejnych części ekspertyzy i wykonywanych analiz zidentyfikowano luki w wiedzy, które nie tylko wpływają na trafną diagnozę, lecz także mogą oddziaływać na adekwatność podejmowanych działań adaptacyjnych.

Do najważniejszych spośród zidentyfikowanych luk w wiedzy (uszeregowanych hierarchicznie) należą:

- Brak bezpośredniego przyporządkowania w SEPE zdarzeń spowodowanych zjawiskami atmosferycznymi do poszczególnych czynników pogodowych.
- Brak możliwości szacowania strat wynikających z efektów oddziaływania poszczególnych czynników pogodowych – system ewidencji nie zawiera przypisania kosztów do zdarzeń spowodowanych zjawiskami atmosferycznymi do poszczególnych czynników pogodowych.
- Brak instrumentów wspierających ocenę prognozowanych zagrożeń atmosferycznych oraz ich skutków jako jednego narzędzia, np. do wizualizacji zagrożeń i skutków.
- Nieoptymalna praca urzędów systemu elektrycznego ogrzewania rozjazdów kolejowych EOR.
- Bazowanie na scenariuszach klimatycznych odnoszących się do całego kraju (niska rozdzielczość danych) – konieczność ekstrapolowania danych.
- Brak dokładnej identyfikacji obszarów występowania lokalnych podtopień wynikających z szybkich powodzi i powodzi miejskich.
- Brak wytycznych do obliczania przepływów przy projektowaniu obiektów inżynierskich.
- Braki w zakresie map zagrożenia i ryzyka powodziowego od strony lokalnych cieków (mapy wykonano tylko dla określonej liczby cieków).

7.3. Wybór rekomendowanej opcji adaptacji do zmian klimatu

Wybór rekomendowanej opcji powinien opierać się na znalezieniu rozwiązań charakteryzujących się brakiem wpływu na klimat oraz korzyści płynących ze podjęcia działań, których koszty są mniejsze od określonych zysków płynących z ich wdrożenia. Jak zostało to potwierdzone analizą kosztów i korzyści nie ma ekonomicznych podstaw do wprowadzania wszystkich działań w proponowanych wariantach. Oprócz analizy ekonomicznej dokonano analizy SWOT, opierając się na tych założeniach rekomenduje się opcję numer 1 po wykluczeniu działań przynoszących najmniejsze korzyści, których koszty znacznie przewyższały korzyści uzyskane po przeprowadzonych analizach (wartość współczynnika ENPV dla zestawu działań był mniejszy od „0”).

Wybrana opcja została oceniona jako wystarczająco odporna na obecną zmienność i prognozowane zmiany klimatu. Należy mieć także na uwadze długofalowy charakter skutków zmian klimatu oraz tendencje do ich kumulowania się w czasie, złożoność zagrożeń dotyczących zmian klimatu. Niezależnie od prowadzenia działań

łagodzących, zmiany klimatu są już w pewnym stopniu nie do uniknięcia i już teraz odczuwane są skutki zmieniających się warunków klimatycznych. Po analizach SWOT oraz kosztów i korzyści wprowadzenia proponowanych działań, rekomenduje się następującą listę działań adaptacyjnych przewidzianych do realizacji do roku 2030:

1. Rozbudowa systemu SEPE.
2. Rozwój efektywnego zarządzania energią - eco-driving, eco-parking (ogrzewanie pociągów podczas postoju), ograniczenie emisji poprzez gromadzenie energii oddanej w powerbankach.
3. Aktualizacja Planu Adaptacji infrastruktury kolejowej do zmian klimatu co 5 lat
4. Przeprowadzenie rozpoznania drzew w odległości 25 metrów wzdłuż przebiegających szlaków kolejowych i wytypowanie obszarów porośniętych drzewami bezpośrednio zagrażających infrastrukturze kolejowej.
5. Zwiększenie stosowania EOR (elektrycznego ogrzewania rozjazdów) oraz SMUE (System Monitorowania Urządzeń Elektroenergetycznych) na podstawie wcześniejszej inwentaryzacji potrzeb.
6. Systematyczne usuwanie drzewa bezpośrednio zagrażających infrastrukturze kolejowej²⁴.
7. Projekt badawczy - podniesienie efektywności energetycznej urządzeń EOR.
8. Ograniczenie niskiej emisji poprzez dalszą wymianę i modernizację urządzeń grzewczych w budynkach

Dodatkowo sugeruje się prowadzenie systemu ewidencjonowania kosztów ponoszonych na usuwanie skutków zdarzeń klimatycznych tak, aby na potrzeby aktualizacji Planu adaptacji można było przypisać koszty do konkretnych czynników klimatycznych a tym samym precyzyjnie określić korzyści z podejmowanych działań.

²⁴ Zadanie uzależnione od przepisów prawa i możliwości prowadzenia usuwania na terenach nie będących w zarządzie PKP PLK S.A.

8. Opcje adaptacji projektów kolejowych ujętych w Krajowym Programie Kolejowym do zmian klimatu i łagodzenia wpływu na klimat

Stopień zaawansowania realizacji projektów z Krajowego Programu Kolejowego wyceniany jest na 30 mld zł, co daje niemal połowę środków przeznaczonych na ten cel²⁵. Wartość KPK szacuje się na 66 mld zł²⁶, środki te zostały przeznaczone na modernizację 9 tys. km torów, a na 8,5 tys. km ma zostać dostosowanych do większych prędkości.

W związku z adaptacją do zmian klimatu nie zidentyfikowano potrzeby opracowania opcji adaptacyjnych dla projektów KPK. Przeprowadzone analizy, dokumentów wewnętrznych PKP PLK S.A. w postaci instrukcji, norm, standardów i wytycznych odnośnie wymaganych parametrów technicznych, których projektowanie, budowa, eksploatacja i utrzymanie związane jest z uwzględnieniem czynników pogodowych, uzasadniają brak potrzeby zmian obowiązujących parametrów zgodnie z którymi realizowane są inwestycje.

Większość instrukcji wewnętrznych PKP PLK S.A. dedykowanych do analizy zawiera szczegółowe wartości graniczne związane z projektowaniem, eksploatacją i utrzymaniem infrastruktury kolejowej, które można odnieść i stosować w warunkach zmiennego klimatu. Analizując podane zakresy dotyczące np. wymagań temperaturowych, nie stwierdza się konieczności ich zmian. W wielu przypadkach w instrukcjach występują zapisy o charakterze dostosowanym do zróżnicowanych zdarzeń, a zakresy dotyczące wpływu czynników pogodowych są na tyle szerokie, że uwzględniają adaptację do zmian klimatu.

Zweryfikowane wartości graniczne są uniwersalne, ich zmiana w kontekście przewidywanych zmian klimatu nie jest konieczna. Potwierdzają to także oceny stopnia podatności linii kolejowych w których stwierdzono, że na zdecydowanej większości linii wpływ czynników klimatycznych jest niewielki i nie powoduje znacznych zaburzeń w funkcjonowaniu infrastruktury kolejowej.

²⁵ Szacowanie na podstawie komunikatu członka zarządu PKP PLK Arnolda Brescha ([link do komunikatu](#))

²⁶ <https://www.plk-sa.pl/inwestycje/>

Lokalizacja projektowanych linii kolejowych oraz ich stopień podatności mają bezpośredni związek z zastosowanymi, na etapie wykonania, parametrami technicznymi zgodnymi z przepisami prawa, normami i instrukcjami wewnętrznymi PKP PLK S.A.

Stosowanie metod łagodzenia skutków zmian klimatu warto rozpocząć od polepszenia raportowania incydentów pogodowych poprzez wprowadzenie zmian w systemie SEPE. Lepsze rozpoznanie występowania konkretnych zjawisk pozwoli rozważyć zmianę niezbędnych parametrów technicznych przy jednoczesnym zrównoważonym podejściu opartym o analizę kosztów cyklu życia oraz długoterminową perspektywę w dostosowaniu do zmian klimatu. Aktualizację parametrów i ich zmianę należy odnieść do bezpieczeństwa, dostępności i skutków ekonomicznych proponowanych rozwiązań.

Zmiany klimatu cechują się przede wszystkim wyraźnym i jednoznacznym wzrostem temperatury (mogące skutkować wybozczeniami torów, obniżeniem sieci trakcyjnej) oraz w mniejszym stopniu rocznych sum opadów (determinując konieczność prowadzenia działań dotyczących świata mostów i przepustów, odwodnienia powierzchni transportowych i zjawiska osuwisk w związku z prognozowanym wzrostem częstości i intensywności pojawienia się deszczów nawalnych oraz krótkotrwałych intensywnych opadów na obszarze Polski). Biorąc pod uwagę powyższe można rozważyć zwiększenie częstotliwości monitorowania szyn w warunkach podwyższonych temperatur (Instrukcja Id-14 Instrukcja o dokonywaniu pomiarów badań i oceny stanu torów).

9. Podmioty zaangażowane w adaptację infrastruktury kolejowej do zmian klimatu i łagodzenia wpływu na klimat

Działania związane z adaptacją infrastruktury kolejowej do zmian klimatu i łagodzenia wpływu na klimat będą wymagać aktywności wielu podmiotów odpowiedzialnych za realizację transportu kolejowego. Proces adaptacji będzie przeprowadzany w oparciu o właściwe przepisy, przy pomocy odpowiednich instrumentów prawnych, organizacyjnych oraz finansowych.

Zmiany klimatu i potrzeba adaptacji będą stymulować rozwój nowych technologii, np. w zakresie prowadzenia projektów badawczych. Ważne są wszelkie zasoby

wewnętrzne i zewnętrzne, aktywność instytucji i społeczności oraz współpraca na rzecz adaptacji i kreacji innowacji. Realizowane działania oraz wykorzystywanie zasobów będzie charakteryzować się wysokim poziomem efektywności i skuteczności pozwalając tym samym na redukcję ryzyka klimatycznego.

W poniższej tabeli (Tabela 40) zidentyfikowano istotne podmioty, które muszą brać udział w procesie podejmowania decyzji związanych ze zmianami klimatu. Wskazane podmioty będą odpowiedzialne za wdrażanie, finansowanie lub współfinansowanie działań adaptacyjnych zgodnie z zakresem ich kompetencji na każdym etapie realizacji inwestycji.

Tabela 40 Podmioty odpowiedzialne za realizację działań adaptacyjnych

Lp.	Podmioty potencjalnie odpowiedzialne za realizację działań adaptacyjnych
1.	Międzyresortowe Biuro ds. Inwestycji i Rozwoju
2.	Ministerstwo Infrastruktury
3.	Ministerstwo Środowiska
4.	Ministerstwo Finansów
5.	Zarządcy infrastruktury transportowej
6.	Instytuty naukowe, ośrodki akademickie
7.	Jednostki samorządów terytorialnych
8.	Wody Polskie
9.	PKP PLK S.A.
10.	PKP S.A.
11.	PKP Energetyka
12.	Przewoźnicy

10. Horyzont czasowy wdrażania niezbędnych działań

Horyzont czasowy wdrażania niezbędnych działań został wyznaczony dla wybranej rekomendowanej opcji pozwalającej na adaptację infrastruktury kolejowej do zmian klimatu.

Na podstawie przeprowadzonych analiz kosztów i korzyści a także analizy SWOT wybrana została opcja numer 1 obejmująca wdrożenie działań efektywnych pod względem ekonomicznym a także pozwalającym na przystosowanie infrastruktury kolejowej do warunków zmiennego klimatu. Proponowane działania powinny zostać zrealizowane do roku 2030.

11. Streszczenie w języku niespecjalistycznym

Plan adaptacji infrastruktury kolejowej do zmian klimatu stanowi syntezę ekspertyz przygotowanych w etapach poprzedzających wykonanie dokumentu.

Celem opracowania jest przedstawienie wpływu zmian klimatu na infrastrukturę kolejową w długim horyzoncie czasowym oraz spodziewanych konsekwencji tych zmian – przedstawionych w rozdziałach dotyczących wrażliwości, ekspozycji i podatności infrastruktury kolejowej, a także identyfikowanie kierunków działań adaptacyjnych do prognozowanych zmian warunków klimatycznych, lepsze przygotowanie do ekstremalnych zjawisk pogodowych oraz redukcję kosztów z tym związanych.

W pierwszej części dokumentu została przedstawiona syntetyczna analiza dokumentów strategicznych związanych z infrastrukturą kolejową i zmianami klimatu. Dokument opiera się na przeanalizowanych scenariuszach klimatycznych oraz najbardziej wrażliwych obszarach infrastruktury kolejowej na zidentyfikowane czynniki pogodowe, których działanie może się nasilać wraz z prognozowanymi zmianami klimatu. Klimat Polski wykazuje systematyczną tendencję co do rosnącej temperatury powietrza na terenie całego kraju. Zmienił się także charakter opadów, które są gwałtowne i krótkotrwałe – coraz częściej powodują powodzie i podtopienia. W dalszych analizach oparto się na rekomendowanym scenariuszu klimatycznym RCP 8,5. Określony został wpływ klimatu na infrastrukturę kolejową a także oddziaływanie transportu kolejowego na zmiany klimatu. Analiza przewidywanych zmian klimatu dowodzi, że mogą one negatywnie wpływać na transport kolejowy.

W dokumencie rozpatrzono po dwa warianty działań adaptacyjnych do zmian klimatu i łagodzenia wpływu na klimat dla infrastruktury kolejowej oraz projektów kolejowych ujętych w Krajowym Programie Kolejowym. Zaproponowane działania adaptacyjne poparte są analizami wykonanymi w etapach diagnozy stanu i potrzeb infrastruktury kolejowej.

Rekomendowane opcje adaptacyjne pozwolą na osiągnięcie korzyści wynikających z zastosowanych działań

Przewiduje się, że ryzyka klimatyczne zostaną zredukowane do akceptowalnego poziomu poprzez wdrożenie proponowanych działań. Przy wyborze rekomendowanego zestawu działań adaptacyjnych kierowano się także możliwościami wykonalności oraz ograniczeniami w aspektach technicznych, ekonomicznych czy organizacyjnych.

W wyniku przeprowadzonych analiz dla adaptacji infrastruktury kolejowej do zmian klimatu rekomenduje się następujące działania: działań, rekomenduje się następującą listę działań:

1. Rozbudowa systemu SEPE.
2. Rozwój efektywnego zarządzania energią - eco-driving, eco-parking (ogrzewanie pociągów podczas postoju), ograniczenie emisji poprzez gromadzenie energii oddanej w powerbankach.
3. Aktualizacja Planu Adaptacji infrastruktury kolejowej do zmian klimatu co 5 lat
4. Przeprowadzenie rozpoznania drzew w odległości 25 metrów wzdłuż przebiegających szlaków kolejowych i wytypowanie obszarów porośniętych drzewami bezpośrednio zagrażających infrastrukturze kolejowej.
5. Zwiększenie stosowania EOR (elektrycznego ogrzewania rozjazdów) oraz SMUE (System Monitorowania Urządzeń Elektroenergetycznych) na podstawie wcześniejszej inwentaryzacji potrzeb.
6. Systematyczne usuwanie drzew bezpośrednio zagrażających infrastrukturze kolejowej ²⁷.
7. Projekt badawczy - podniesienie efektywności energetycznej urządzeń EOR.
8. Ograniczenie niskiej emisji poprzez dalszą wymianę i modernizację urządzeń grzewczych w budynkach

Dodatkowo sugeruje się prowadzenie systemu ewidencjonowania kosztów ponoszonych na usuwanie skutków zdarzeń klimatycznych tak, aby na potrzeby aktualizacji Planu adaptacji można było przypisać koszty do konkretnych czynników klimatycznych a tym samym precyzyjnie określić korzyści z podejmowanych działań.

Realizację rekomendowanych działań przewiduje się do roku 2030.

Skuteczna adaptacja zapewniona będzie dzięki uwzględnieniu wszystkich aspektów związanych ze zmiennymi warunkami klimatycznymi, a ich skuteczność w dużym stopniu

²⁷ Zadanie uzależnione od przepisów prawa i możliwości prowadzenia usuwania na terenach nie będących w zarządzie PKP PLK S.A.

zależy od zaangażowania w ich realizację społeczności, władz lokalnych oraz wszystkim podmiotów odpowiedzialnych za realizację transportu kolejowego.

Przy opracowaniu Planu opierano się na dostępnej literaturze, danych PKP PLK S.A., analizach wykonanych w etapach określenia stanu infrastruktury kolejowej oraz diagnozy potrzeb wynikających ze zmiennych warunków klimatycznych.

Plan adaptacji infrastruktury kolejowej może służyć jako rekomendacja kierunków działań, dzięki którym możliwe będzie większe przystosowanie infrastruktury kolejowej do zmian klimatu, a co za tym idzie ciągłe i bezpieczne utrzymanie pracy przewozowej.

Dokument jest odpowiedzią i wypełnieniem celu Unijnej Strategii Adaptacji do zmian klimatu, mówiącym o skutecznym zwiększaniu odporności Europy na zmiany klimatu poprzez:

- podejmowanie świadomych decyzji,
- zwiększenie odporności kluczowych sektorów narażonych na zmiany klimatu.

ZAŁĄCZNIK 1 - Założenia opracowania, pojęcia i definicje

Na potrzeby wykonania opracowania w porozumieniu z Zamawiającym PKP PLK S.A. został przyjęty podział dla branż kolejowych i elementów infrastruktury/systemu kolei. Poniższy podział jest wynikiem kompleksowej analizy systemu kolei. Ze względu na konieczność analizy całego systemu kolei zdefiniowano dodatkowo branżę - Organizacja ruchu kolejowego i infrastruktura pasażerska oraz towarowa. Pozwoli to na wykonanie kompleksowej analizy nie tylko branż definiowanych w Ustawie z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym ale również bardzo ważnego elementu systemu kolejowego jakim jest organizacja ruchu i infrastruktura pasażerska i towarowa.

Podział został wykonany w oparciu o załącznik nr.1 Wykaz infrastruktury kolejowej ww. ustawy.

Przyjęty podział został dokonany zgodnie z poniższą tabelą:

Tabela 41 Podział na branże i elementy infrastruktury/ systemu kolejowego

Branża	Nazwa ogólna elementu infrastruktury/systemu kolei	Jednostkowe elementy infrastruktury
Droga kolejowa	Układ torowy (nawierzchnia kolejowa i podtorze)	tory kolejowe, w tym rozjazdy i skrzyżowania torów, wchodzące w ich skład szyny, szyny żłobkowe, kierownice, odbojnice, prowadnice, zwrotnice, krzyżownice i inne elementy rozjazdów, podkłady kolejowe i przytwierdzenia, drobne elementy nawierzchni kolejowej, podsypka w tym tłuczeń i piasek obrotnice i przesuwnice

Branża	Nazwa ogólna elementu infrastruktury/systemu kolei	Jednostkowe elementy infrastruktury
		podtorze, w szczególności nasypy i przekopy, roślinność posadzona w celu ochrony skarp
Droga kolejowa	Odwodnienie	systemy kanałów i rowów odwadniających, rowy murowane, ściany osłonowe
Droga kolejowa	Obiekty inżynieryjne	mosty, wiadukty, przepusty i inne konstrukcje mostowe, tunele, przejścia nad i pod torami, mury oporowe i umocnienia skarp, żywopłoty, ogrodzenia, pasy przeciwpożarowe, zasłony odśnieżne,
Automatyka i telekomunikacja	SRK	urządzenia sterowania ruchem kolejowym, w tym urządzenia zabezpieczające, sygnalizacyjne na szlaku, w stacjach i stacjach rozrządowych; urządzenia służące do wytwarzania, przetwarzania i dystrybucji prądu elektrycznego do celów sygnalizacji; przytorowe urządzenia kontroli bezpiecznej jazdy pociągów i wykrywania stanów awaryjnych w przejeżdżającym taborze; hamulce torowe
Automatyka i telekomunikacja	Teletechnika	urządzenia łącznościowe na szlaku, w stacjach i stacjach rozrządowych; urządzenia służące do wytwarzania, przetwarzania i dystrybucji prądu elektrycznego do celów łączności

Branża	Nazwa ogólna elementu infrastruktury/systemu kolei	Jednostkowe elementy infrastruktury
Energetyka	Elektroenergetyka	systemy oświetleniowe do celów ruchu kolejowego i bezpieczeństwa; stacje trafo, zasilanie obiektów nietrakcyjnych, urządzenia do ogrzewania rozjazdów
Energetyka	Sieć trakcyjna	urządzenia przetwarzania i rozdziału energii elektrycznej na potrzeby zasilania trakcyjnego: podstacje, kable zasilające pomiędzy podstacjami i przewodami jezdnyymi, sieć trakcyjna wraz z konstrukcjami wsporczymi
Budynki i budowle	Sieci i instalacje	sieci i instalacje
Budynki i budowle	Obiekty budowlane i kubaturowe	budynki w tym m.in. nastawnie, strażnice, kontenery, mała architektura, zbiorniki na paliwo
Budynki i budowle	Drogi kołowe	drogi technologiczne i przejścia wzdłuż torów, mury ogradzające,; przejazdy kolejowo-drogowe i przejścia w poziomie szyn, w tym urządzenia i systemy służące zapewnieniu bezpieczeństwa ruchu drogowego i pieszego; zasłony odśnieżne
Budynki i budowle	Elementy ochrony środowiska	ekrany akustyczne, systemy odpłaszczania zwierząt tzw. (UOZ), przejścia pod/nad torami dla potrzeb migracji zwierząt

Branża	Nazwa ogólna elementu infrastruktury/systemu kolei	Jednostkowe elementy infrastruktury
Organizacja ruchu kolejowego oraz infrastruktura pasażerska i towarowa	Tabor kolejowy	tabor kolejowy
Organizacja ruchu kolejowego oraz infrastruktura pasażerska i towarowa	Dworce kolejowe	dworce kolejowe, perony wraz z infrastrukturą umożliwiającą dotarcie do nich pasażerom, pieszo lub pojazdem, z drogi publicznej lub dworca kolejowego; rampy towarowe, w tym w terminalach towarowych, wraz z drogami dowozu i odwozu towarów do dróg publicznych

Źródło: opracowanie własne na podstawie Ustawy z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym, załącznik nr.1 Wykaz infrastruktury kolejowej

W trakcie analiz danych z systemu SEPE podjęto próbę analizy wpływu pojedynczych czynników pogodowych i ich pochodnych na elementy infrastruktury/systemu kolei. Analizy wykazały, że należy dokonać agregacji czynników pogodowych w celu zachowania spójności z analizowanymi danymi i dokumentami. Agregacji dokonano wg. poniższego zestawienia Tabela 42 Podział czynników klimatycznych uwzględnionych w ekspertyzie. Wyniki analiz będą prezentowane w oparciu o zagregowane czynniki klimatyczne.

Tabela 42 Podział czynników klimatycznych uwzględnionych w ekspertyzie

Lp.	Zagregowany czynnik klimatyczny	Pojedynczy czynnik klimatyczny
1	Niskie temperatury (w tym gołoledź) i opady śniegu	Niska temperatura

Lp.	Zagregowany czynnik klimatyczny	Pojedynczy czynnik klimatyczny
2	Niskie temperatury (w tym gołoledź) i opady śniegu	Gołoledź
3	Niskie temperatury (w tym gołoledź) i opady śniegu	Opady śniegu
4	Wysokie temperatury (w tym pożary)	Wysoka temperatura
5		Pożary
6	Silny i bardzo silny wiatr	Silny i bardzo silny wiatr
7	Burze, wyładowania atmosferyczne (w tym burze z gradem)	Burze, wyładowania atmosferyczne (w tym burze z gradem)
8	Opady deszczu – ekstremalne przeływy, powodzie (od strony rzek, morza, powodzie nagłe/miejskie), osuwiska	Opady deszczu
9	Opady deszczu – ekstremalne przeływy, powodzie (od strony rzek, morza, powodzie nagłe/miejskie), osuwiska	Powódź od strony rzek
10	Opady deszczu – ekstremalne przeływy, powodzie (od strony rzek, morza, powodzie nagłe/miejskie), osuwiska	Powódź od strony morza
11	Opady deszczu – ekstremalne przeływy, powodzie (od strony rzek, morza, powodzie nagłe/miejskie), osuwiska	Powódzie nagłe (w tym powodzie miejskie)

Lp.	Zagregowany czynnik klimatyczny	Pojedynczy czynnik klimatyczny
12	Opady deszczu – ekstremalne przeływy, powodzie (od strony rzek, morza, powodzie nagłe/miejskie), osuwiska	Zmiana poziomu morza
13	Opady deszczu – ekstremalne przeływy, powodzie (od strony rzek, morza, powodzie nagłe/miejskie), osuwiska	Osuwiska
14	Mgła	Mgła

Źródło: opracowanie własne

Tabela 43 Skrót i definicje najważniejszych pojęć stosowanych w ekspertyzie

Lp.	Elementy, zjawiska, pochodne	Definicja
1.	Adaptacja infrastruktury kolejowej	Przystosowanie infrastruktury kolejowej na etapie planowania strategicznego sieci kolejowej, planowania indywidualnej inwestycji, realizacji inwestycji, eksploatacji i utrzymania obiektu liniowego (linii kolejowej)
2.	Branża	Wydzielona część infrastruktury kolejowej
3.	Burza	Zjawisko atmosferyczne z grupy elektrometeorów, w postaci wyładowań atmosferycznych (błyskawice, grzmoty), związane z występowaniem chmur Cumulonimbus
4.	Cumulonimbus	Jedna z podstawowych rodzajów chmur o budowie pionowej. Ciemne, potężne chmury w kształcie gór, wież o wierzchołku zaokrąglonym (gatunek calvus) albo włóknistym w postaci rozległego

Lp.	Elementy, zjawiska, pochodne	Definicja
		pióropusza (gatunek capillatus) lub kowadła (incus); składają się z kropelek wody lub kryształków lodu; towarzyszą im gwałtowne opady przelotne oraz burze
5.	Cyrkulacja atmosfery	Zespół ruchów atmosfery o różnej skali przestrzennej i czasowej, uzależniony od położenia obszarów wysokiego i niskiego ciśnienia
6.	Cyrkulacja antycyklonalna	Krążenie powietrza wokół wyżu, na półkuli północnej odbywa się prawoskrętnie, tzn. w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara (antycyklonalny skręt wiatru), na półkuli południowej – odwrotnie. W warstwie przyziemnej powietrza następuje odchylenie kierunku wiatru na zewnątrz od centrum wyżu
7.	Cyrkulacja cyklonalna	Krążenie powietrza wokół niżu, na półkuli północnej odbywa się lewoskrętnie, tzn. przeciwnie do ruchu wskazówek zegara (cyklonalny skręt wiatru), na półkuli południowej – odwrotnie. W warstwie przyziemnej powietrza następuje odchylenie kierunku wiatru w stronę centrum niżu
8.	Czynniki pogodowe/klimatyczne	Elementy meteorologiczne i zjawiska atmosferyczne (na potrzeby ekspertyzy)
9.	Deszcz nawałny	Deszcz przelotny o bardzo silnym natężeniu, oznaczający opad powyżej 12,8 mm w ciągu 10 min lub powyżej 30,8 mm na godzinę. Wyjątkowo intensywny deszcz nawałny określa się jako oberwanie chmury

Lp.	Elementy, zjawiska, pochodne	Definicja
10.	Dzień gorący	Dzień, w którym temperatura maksymalna powietrza jest wyższa od 25oC
11.	Ekspozycja	Rodzaj, wielkość, czas i szybkość zdarzeń klimatycznych i zmienności klimatu, na które eksponowany jest system
12.	Elementy meteorologiczne (pogody)	Zespół charakterystyk fizycznych opisujących stan atmosfery. Najważniejszymi z nich są: temperatura powietrza, wilgotność powietrza, wiatr, zachmurzenie, usłonecznienie, opady atmosferyczne, parowanie, widzialność i in.
13.	Gołoledź	Osad lodu powstały wskutek zamarznięcia przechłodzonych kropelek mżawki lub deszczu (czyli kropelek o temperaturze poniżej 0°C) na powierzchniach o temperaturze niższej lub nieco wyższej od 0°C. Gołoledź może również tworzyć się wskutek zamarzania kropelek wody po zderzeniu z powierzchnią o temperaturze niższej od 0°C. Pod definicją gołoledź rozumiane jest również występowanie zjawiska oblodzenia.
14.	Grad	Opad atmosferyczny w postaci bryłek lodu o średnicy 5-5- mm, niekiedy większych, padających bądź zlepione nieregularne bryły z chmur Cumulonimbus
15.	Infrastruktura kolejowa	Linie kolejowe oraz inne budowle, budynki i urządzenia wraz z zajętyymi pod nie gruntami, usytuowane na obszarze kolejowym, przeznaczone do zarządzania, obsługi przewozu osób i rzeczy, a także utrzymania niezbędnego w

Lp.	Elementy, zjawiska, pochodne	Definicja
		<p>tym celu majątku zarządcy infrastruktury (własność PKP PLK S.A., innych podmiotów) w rozumieniu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ustawy z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym, • Dyrektywy Parlamentu Europejskiego I Rady 2012/34/UE z dnia 21 listopada 2012r. w sprawie utworzenia jednolitego europejskiego obszaru kolejowego
16.	Jesień	Okres w ciągu roku od września do listopada
17.	Klimat (warunki klimatyczne)	Charakterystyczny dla danego obszaru zespół zjawisk i procesów atmosferycznych, kształtujących się pod wpływem właściwości fizycznych i geograficznych tego obszaru, określony na podstawie wieloletnich obserwacji
18.	Koncentracja zanieczyszczeń powietrza	Ilość substancji obcych w postaci gazowej, ciekłej lub stałej w jednostce objętości powietrza w standardowej temperaturze i przy standardowym ciśnieniu
19.	Korytarz transportowy	Ciąg kolejowej infrastruktury transportowej o międzynarodowym znaczeniu z rozmieszczonymi na niej węzłami transportowymi
20.	Lato	Okres w ciągu roku od czerwca do sierpnia
21.	Mgła	Zjawisko meteorologiczne z grupy hydrometeorów, zawiesina bardzo małych kropelek wody lub kryształków lodu w przyziemnej warstwie

Lp.	Elementy, zjawiska, pochodne	Definicja
		powietrza, zmniejszająca widzialność w kierunku poziomym poniżej 1 km
22.	Mróz	Spadek temperatury poniżej 0oC utrzymujący się dłużej niż jedną dobę, praktycznie okres, w którym maksimum dobowe temperatury jest ujemne
23.	Opad atmosferyczny	Woda w postaci ciekłej, lub stałej wypadająca z chmur, jedna z form hydrometeorów
24.	Osuwisko	Nagle przemieszczanie mas ziemnych i mas skalnych podłoża pod wpływem siły grawitacji wywołane np. silnymi opadami atmosferycznymi
25.	Podatność	Stopień, w jakim dany system jest nieodporny lub nie jest w stanie poradzić sobie z negatywnymi skutkami zmian klimatu, w tym z jego zmiennością oraz zjawiskami ekstremalnymi
26.	Pogoda (warunki pogodowe)	Stan atmosfery w danym miejscu i czasie
27.	Powodzie miejskie (nagle)	Nagle zalanie i/lub podtopienie terenu w wyniku wystąpienia silnego, krótkotrwałego opadu deszczu o dużej wydajności na stosunkowo niedużym obszarze zlewni rzecznej lub zlewni miejskiej/zurbanizowanej (tzw. deszczu nawalnego), powodujące zaburzenia w funkcjonowaniu infrastruktury i generujące straty
28.	Powodzie rzeczne	Silne wezbranie wód rzecznych, gdy woda występuje z koryta i zalewa dolinę (tzw. terasę

Lp.	Elementy, zjawiska, pochodne	Definicja
		zalewową), wyrządzając szkody i powodujące straty w majątku
29.	Prawdopodobieństwo przewyższenia maksymalnych opadów dobowych	Prawdopodobieństwo wystąpienia maksymalnego opadu dobowego (najwyższa zanotowana wartość dobową dla każdego roku) na danej stacji. Do obliczeń wykorzystano metodę Gumbela opartą na I rozkładzie ekstremalnym Fishera-Tippetta
30.	Przymrozek	1) Spadek temperatury powietrza poniżej 0oC w okresie powszechnego występowania dodatkowo temperatury średniej dobowej 2) Spadek temperatury minimalnej powietrza poniżej 0oC podczas dobowej dodatkowo temperatury maksymalnej
31.	Sieć kolejowa	Układ połączonych ze sobą linii kolejowych, stacji i terminali kolejowych oraz wszystkich rodzajów stałego wyposażenia niezbędnego do zapewnienia bezpiecznej i ciągłej eksploatacji systemu kolei, będącej własnością zarządcy infrastruktury lub zarządzany przez zarządcę infrastruktury
32.	Silny wiatr	Średnia prędkość wiatru wynosi od 54 km/h (15 m/s) do 72 km/h (20 m/s). To 1 stopień ostrzeżenia meteorologicznego
33.	System kolei	Wyróżniona cechami funkcjonalnymi i technicznymi sieć kolejowa i pojazdy kolejowe przeznaczone do ruchu po tej sieci
34.	Temperatura maksymalna powietrza	Najwyższa temperatura w danym punkcie w ciągu doby

Lp.	Elementy, zjawiska, pochodne	Definicja
35.	Temperatura minimalna powietrza	Najniższa temperatura w danym punkcie w ciągu doby
36.	Temperatura powietrza	Temperatura jaką wskazuje termometr lub inny czujnik termiczny umieszczony w klatce meteorologicznej na wys. ok 2 m nad powierzchnia gruntu
37.	Temperatura przejściowa powietrza	Przejście przez temperaturę 0oC, dla każdego miesiąca obliczono liczbę dni, dla których temperatura maksymalna była >0oC i temperatura minimalna była <0oC
38.	Trend klimatyczny	Tendencja lub ogólny kierunek zmian danego elementu klimatu w dłuższym czasie, widoczne na wykresie jako powolne, systematyczne obniżanie się lub podnoszenie średnich wartości w pewnym ciągu danych klimatycznych; najczęściej wyznacza się trend liniowy; niekiedy zmiany tworzące trend klimatyczny mogą być nieliniowe, ale w rozpatrywanym okresie panowania trendu może pojawić się tylko jedno maksimum i jedno minimum wartości danej cechy klimatu
39.	Upał	Stan pogody, gdy temperatura powietrza przekracza 30oC
40.	Uśłonecznienie	Liczba godzin, podczas których tarcza słoneczna nie jest zasłonięta przez chmury, czyli czas występowania promieniowania bezpośredniego
41.	Wiosna	Okres w ciągu roku od marca do maja

Lp.	Elementy, zjawiska, pochodne	Definicja
42.	Wrażliwość	Stopień w jakim system jest dotknięty negatywnie lub korzystnie przez czynniki pogodowe i ich pochodne
43.	Zima	Okres w ciągu roku od grudnia do lutego
44.	Zjawiska atmosferyczne (meteory)	Ogólna nazwa zjawisk występujących w atmosferycznej ziemskiej (z wyłączeniem chmur) i na powierzchni Ziemi; wyróżnia się następujące grupy zjawisk: elektrometeory (burze, błyskawice, grzmoty, ognie św. Elma, zorza polarna), fotometeory (halo, wieniec, iryzacja chmur, gloria, tęcza, miraż, pierścień Bishopa), hydrometeory (opady i osady atmosferyczne) oraz litometeory (zmętnienie, dymy, zamieć pyłowa lub piaskowa, wir pyłowy lub piaskowy)
45.	Zielona i błękitna infrastruktura	Sieć wysokiej jakości naturalnych i seminaturalnych obszarów, która jest strategicznie planowana, projektowana i zarządzana w celu dostarczenia szerokiego wachlarza usług ekosystemowych, ochrony różnorodności biologicznej, zwiększenia retencji wody. Może występować zarówno w miastach jak i na obszarach wiejskich.
46.	SRK	Sterowanie Ruchem Kolejowym
47.	EOR	Elektrycznie Ogrzewane Rozjazdy