

# Wpływ zmian klimatu na bezpieczeństwo infrastruktury kolejowej

Barbara RYMSZA<sup>1</sup>

## Streszczenie

Wyniki prac badawczych wskazują, że należy liczyć się z długofalowymi zmianami klimatu wymagającymi przystosowania sektora transportu kolejowego do tych zmian. W artykule scharakteryzowano Umowne Kategorie Klimatu obejmujące mróz, śnieg, deszcz, wiatr, upał, mgłę oraz przedstawiono w skali liczbowej 0–3 wrażliwość transportu drogowego i kolejowego na poszczególne kategorie. Przeprowadzono analizę przewidywanych zmian Umownych Kategorii Klimatu w perspektywie do 2090 roku stwierdzając, że nastąpi zmniejszenie liczby dni chłodnych, wzrost temperatury, zmniejszenie liczby dni z pokrywą śnieżną i wzrost opadów. Te zmiany mogą mieć negatywny wpływ na bezpieczeństwo infrastruktury transportowej i dlatego konieczne jest określenie niezbędnych działań adaptacyjnych w projektowaniu, budowie i eksploatacji infrastruktury. Obszarem takich działań mogą być m.in. instrukcje wewnętrzne PKP PLK zawierające odniesienia do warunków klimatycznych, jak np. monitoring konstrukcji wrażliwych na podwyższoną temperaturę.

**Słowa kluczowe:** bezpieczeństwo transportu kolejowego, prognoza zmian klimatu, instrukcje utrzymania i eksploatacji

## 1. Wprowadzenie

Prezentowany artykuł jest nawiązaniem do coraz częściej omawianego problemu zmian klimatu. Nie jest odpowiedzią na pytanie, czy i jak można ograniczyć negatywne oddziaływanie człowieka na środowisko naturalne, w tym zmiany klimatu, ale czy i jak należy się przygotować do zmian klimatu. Czy sektor transportu kolejowego jest obecnie wrażliwy na czynniki klimatyczne i czy przewidywane zmiany klimatu wymagają specjalnego przygotowania sektora, w celu jego sprawnego funkcjonowania w zmienionych warunkach klimatycznych?

<sup>1</sup> Prof. dr hab. inż., Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie; e-mail: brymsza@ibdim.edu.pl. Artykuł powstał w wyniku realizacji projektu KLIMADA „Opracowanie i wdrożenie Strategicznego Planu Adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu”, realizowanego przez Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, na zamówienie Ministra Środowiska i finansowanego przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Artykuł jest wynikiem badań i analiz przeprowadzonych w celu zidentyfikowania potencjalnych zmian klimatu, które mogą wpływać na funkcjonowanie całego sektora transportu. Bezpieczeństwo realizowania usługi transportowej analizowano biorąc pod uwagę:

- infrastrukturę transportową, w zakresie: projektowania i budowy, utrzymania w sprawności technicznej oraz warunków remontu lub przebudowy budowli,
- środki transportu w zakresie: rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych, warunków użytkowania, stosowanego paliwa i materiałów eksploatacyjnych,
- warunki realizacji funkcji transportowej w zakresie: warunków użytkowania, niezawodności, terminowości i bezpieczeństwa oraz komfortu transportu ludzi i towarów oraz pracowników obsługi, nazywane dalej komfortem socjalnym.

Przyjęto założenie, że należy analizować jedynie te czynniki klimatu, które determinują znaczące pogorszenie usługi transportowej lub uniemożliwiają jej realizację. Takie założenie wpływa na bardzo uproszczony sposób opisu całego zagadnienia, ale umożliwia wskazanie najbardziej wrażliwych elementów sektora transportu, co powinno ułatwić opracowanie strategii adaptacji transportu do zmian klimatu.

## 2. Umowne Kategorie Klimatu i skala wrażliwości transportu na klimat

W celu jednoznacznego opisu oddziaływania klimatu, zaproponowano Umowne Kategorie Klimatu (UKK) oraz skalę wrażliwości oddziaływania klimatu, opisane w tablicach 1 i 2. Potrzeba ujednoczenia opisu klimatu powstała w wyniku analizy ankiety, dotyczącej stopnia uciążliwości klimatu w funkcjonowaniu transportu. Ankieta, rozesłana przez Departament Polityki Transportowej i Spraw Międzynarodowych w Ministerstwie Infrastruktury [1], była wypełniona przez zarządców różnych szczebli w obszarze sektora transportu.

Tablica 1

### Umowne Kategorie Klimatu o istotnym wpływie na sektor transportu

Lp.	UKK	Opis czynników składających się na daną kategorię
1	<b>Mróz</b>	Bardzo niska temperatura, przemarzanie gruntu, pokrywa lodowa na ciekach wodnych, gołoledź
2	<b>Śnieg</b>	Intensywne opady przy niskiej temperaturze powietrza, zamiecie śnieżne, pokrywa śnieżna, gradobicie
3	<b>Deszcz</b>	Intensywne opady w dodatniej temperaturze powietrza, występowanie powodzi lub podtopień
4	<b>Wiatr</b>	Bardzo silne wiatry i wyładowania atmosferyczne, (sztorm, huragan, trąba powietrzna, różnice ciśnienia atmosferycznego, turbulencja)
5	<b>Upał</b>	Bardzo wysoka temperatura, usłonecznienie
6	<b>Mgła</b>	Zjawiska ograniczające widzialność, mgła, niska podstawa chmur, pył wulkaniczny

Tablica 2

**Skala wrażliwości sektora transportu na oddziaływania klimatu**

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

Na podstawie analizy danych, zaprezentowanej w pracy [3], zaproponowano uproszczoną ocenę wrażliwości transportu drogowego na czynniki klimatyczne. Ocenę tę, w odniesieniu do elementów (infrastruktury, urządzeń transportowych i komfortu socjalnego), przedstawiono w formie tabelarycznej na potrzeby transportu kolejowego oraz w celu porównania, dla transportu drogowego (tablica 3).

Tablica 3

**Zakres oddziaływania UKK na transport kolejowy i drogowy**

Lp.	UKK	Infrastruktura	Środek transportu	Komfort socjalny
Wrażliwość elementów transportu kolejowego				
1	<b>Mróz</b>	<b>3</b>	1	1
2	<b>Śnieg</b>	<b>3</b>	1	1
3	<b>Deszcz</b>	<b>3</b>	0	1
4	<b>Wiatr</b>	<b>3</b>	0	0
5	<b>Upał</b>	2	0	1
6	<b>Mgła</b>	0	0	2
Wrażliwość elementów transportu drogowego				
1	<b>Mróz</b>	2	2	2
2	<b>Śnieg</b>	<b>3</b>	1	2
3	<b>Deszcz</b>	<b>3</b>	1	1
4	<b>Wiatr</b>	<b>3</b>	2	1
5	<b>Upał</b>	2	1	2
6	<b>Mgła</b>	1	0	2

Na podstawie analiz przeprowadzonych w pracach [2 i 3] oraz wyników przedstawionych w tablicy 3 przyjęto, że infrastruktura, która jest budowana nawet na okres 50–100 lat, wymaga zastosowania długofalowych działań adaptacyjnych do warunków klimatycznych, natomiast w zakresie środków transportowych oraz komfortu socjalnego, istnieje możliwość bieżącego dostosowywania do potencjalnych zmian klimatu. Z tego względu uznano, że w stosunku do infrastruktury transportowej już obecnie należy podejmować działania, mające na celu dostosowanie infrastruktury do przyszłych zmian klimatu.

### 3. Analiza zmian klimatu

#### 3.1. Założenia

Ocenę przewidywanych zmian klimatu przeprowadzono na podstawie parametrów, które uznano za najistotniejsze w odniesieniu do infrastruktury transportowej. Parametry opisano danymi wynikającymi ze scenariuszy klimatycznych, które dla Polski zostały opracowane przez zespół ICM (Interdyscyplinarnego Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego Uniwersytetu Warszawskiego).

Bazę danych scenariusza zmian klimatu wygenerowano dla pól o rozdzielczości przestrzennej 25 x 25 km, na podstawie:

- danych obserwacyjnych w okresie od 1951 do 2011 r.,
- symulacji obejmujących lata od 1970 do 2098 r.

W celu wygenerowania danych służących do oceny przewidywanych zmian klimatu, istotnych w stosunku do infrastruktury transportowej, przyjęto założenie, że analiza obejmie:

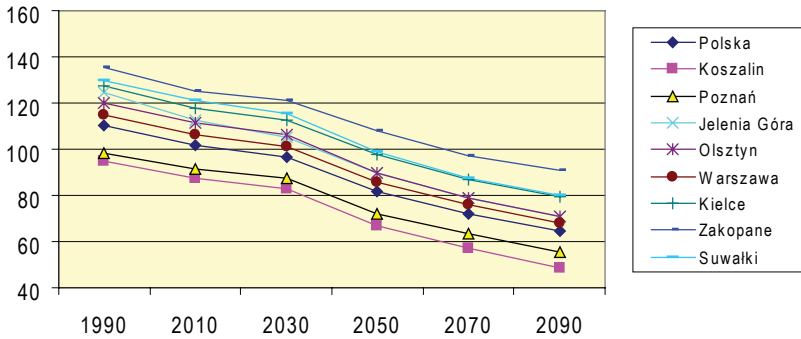
- sześć 20-letnich przedziałów czasowych: 1971–1990, 1991–2010, 2011–2030, 2031–2050, 2051–2070 i 2071–2090,
- wartości parametrów, które są średnią roczną z 20-letnich okresów, przypisano do roku kończącego dane dwudziestolecie, które określono jako: 1990, 2010, 2030, 2050, 2070, 2090,
- teren całej Polski i osiem regionów referencyjnych odwzorowujących strefy klimatyczne stosowane w polskich normach budowlanych,
- ocenę zmiany: temperatury powietrza, prędkości wiatru, okresu występowania pokrywy śnieżnej oraz opadu deszczu,
- dane, które są przedstawione jako wartości średnie oraz jako percentyl 90.

Ze względu na ograniczenia artykułu, zaprezentowano jedynie wybrane wyniki analiz dotyczących UKK – Mróz, UKK – Śnieg i UKK – Deszcz oraz UKK – Upał.

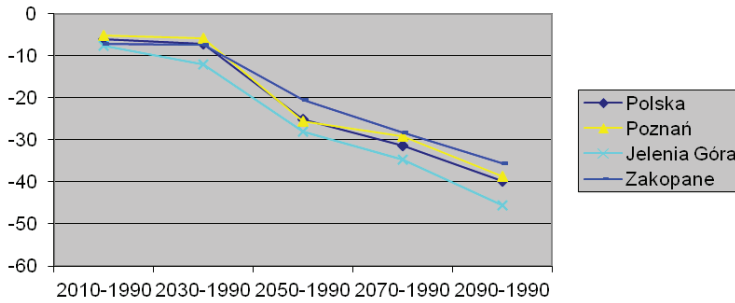
W odniesieniu do UKK – Wiatr należy stwierdzić, że prognozy budzą wiele wątpliwości, co wynika z trudności w poprawnej interpretacji bardzo skomplikowanego zagadnienia. Ponieważ w niniejszym artykule, scenariusze nie odzwierciedlają poprawnie tego parametru, pominięto prognozy dotyczące zmian wiatru.

#### 3.2. Ocena przewidywanych zmian UKK – Mróz

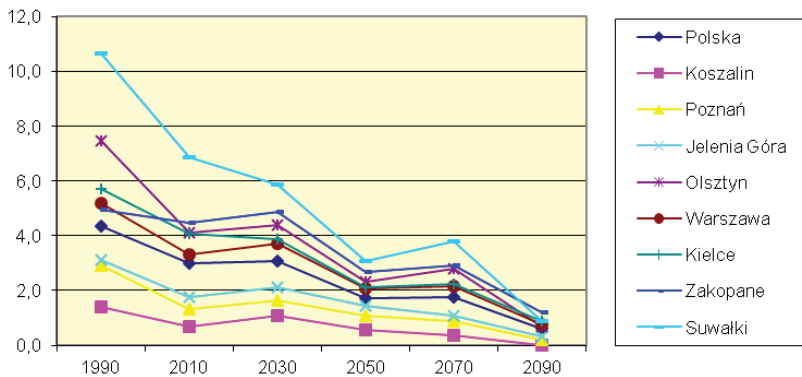
Analizę zmian UKK – Mróz przeprowadzono na podstawie liczby dni w roku z temperaturą  $T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$  i  $T_{\min} < -20^{\circ}\text{C}$ . Na rysunkach 1, 2, zaprezentowano liczbę dni w roku z temperaturą  $T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$  (wartość średnią) oraz zmianę liczby dni w roku w stosunku do 20-lecia 1990 (jako percentyl 90) dla terenu całej Polski i dla tych regionów, w których występują ekstremalne zmiany wartości parametrów. Na rysunku 3 pokazano wartość percentylu 90 liczby dni z temperaturą  $T_{\min} < -20^{\circ}\text{C}$ .



Rys. 1. Liczba dni w roku z temperaturą  $T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$  dla obszaru całej Polski oraz wybranych regionów referencyjnych (wartość średnia)



Rys. 2. Zmiana liczby dni w roku z temperaturą  $T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$  dla obszaru całej Polski oraz wybranych regionów referencyjnych (percentyl 90)



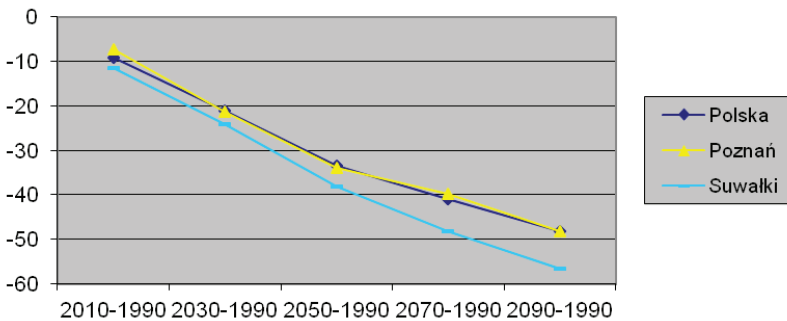
Rys. 3. Liczba dni w roku z temperaturą  $T_{\min} < -20^{\circ}\text{C}$  dla obszaru całej Polski oraz wybranych regionów referencyjnych (percentyl 90)

- Z przeprowadzonej analizy wynika, że na przestrzeni 100 lat (od 1990 do 2090 r.):
- średnio co dwa lata zmniejszy się o jeden dzień w roku, liczba dni z temperaturą  $T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$ , co spowoduje m.in. zwiększenie niekorzystnej dla infrastruktury liczby przebiegów z temperatur ujemnych do dodatnich,

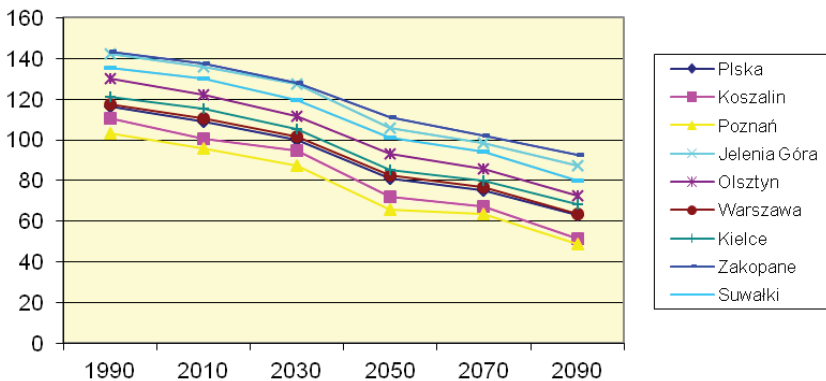
- wartości średnie są zbliżone do wartości percentylu 90, zatem nie należy spodziewać się dużych wahań temperatury ani na terenie Polski, ani w regionach referencyjnych,
- średnio w ciągu każdego kolejnego 20-lecia nastąpi zmniejszenie liczby dni z temperaturą  $T_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$  o około 3 dni,
- średnia liczba dni z temperaturą  $T_{\min} < -20^{\circ}\text{C}$  zmniejszy się nieznacznie, dla całej Polski – zaledwie o 1 dzień (z 1 do 0 dni), natomiast dla regionu referencyjnego – Suwałki z 4 do 0 dni, co oznacza, że pod koniec XXI wieku na terenie całego kraju nie będzie ani jednego dnia w roku z temperaturą  $T_{\min} < -20^{\circ}\text{C}$ .

### 3.3. Ocena przewidywanych zmian UKK – Śnieg

Analizę zmian UKK – Śnieg przeprowadzono na podstawie liczby dni w roku z pokrywą śnieżną. Analizowany parametr zaprezentowano odpowiednio na rysunkach 4 i 5, w postaci wykresów wartości średniej zmiany liczby dni w roku z pokrywą śnieżną w stosunku do 1990 roku oraz percentylu 90 liczby dni w roku z pokrywą.



Rys. 4. Zmiana liczby dni w roku z pokrywą śnieżną w stosunku do roku 1990 dla obszaru całej Polski oraz wybranych regionów referencyjnych (wartość średnia)



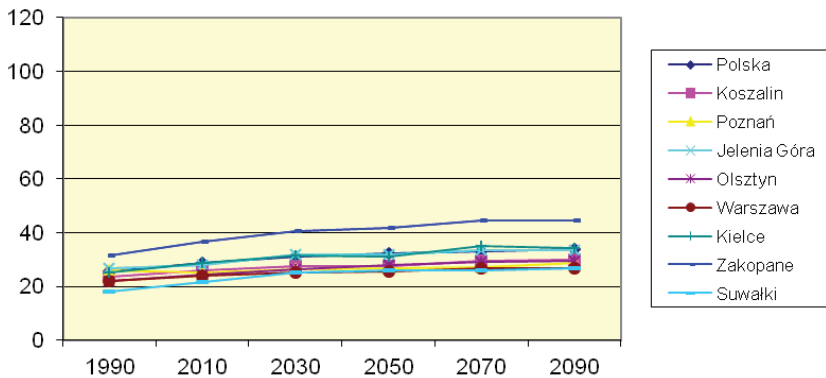
Rys. 5. Liczba dni w roku z pokrywą śnieżną dla obszaru całej Polski oraz wybranych regionów referencyjnych (percentyl 90)

Z analizy danych, przyjętych do oceny zmian UKK – Śnieg wynika, że:

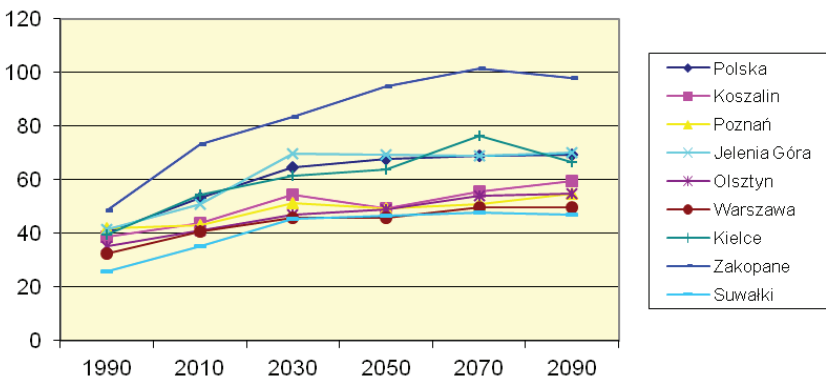
- na przestrzeni 100 lat (od 1990 do 2090 r.) średnia liczba dni z pokrywą śnieżną zmniejszy się dla terenu całej Polski o około 55% (z 85 do 36 dni w roku),
- do 2050 r. będzie ubywać około 10 dni w roku, a potem tempo zmian nieco zwolni.

### 3.4. Ocena przewidywanych zmian UKK – Deszcz

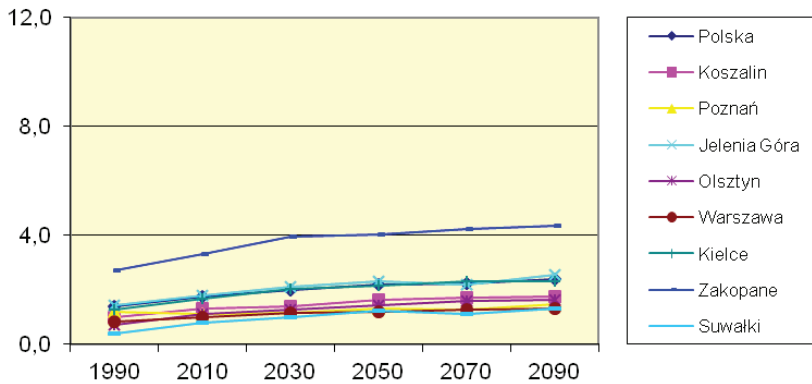
Analizę UKK – Deszcz przeprowadzono na podstawie: maksymalnego opadu dobowego, długości najdłuższego okresu z opadem większym niż 1mm/d, liczby okresów z opadem większym niż 1mm/d dłuższych niż 5 dni, liczby dni z opadem większym niż 10 mm lub 20 mm. Wybrane parametry zaprezentowano na rysunkach 6–9.



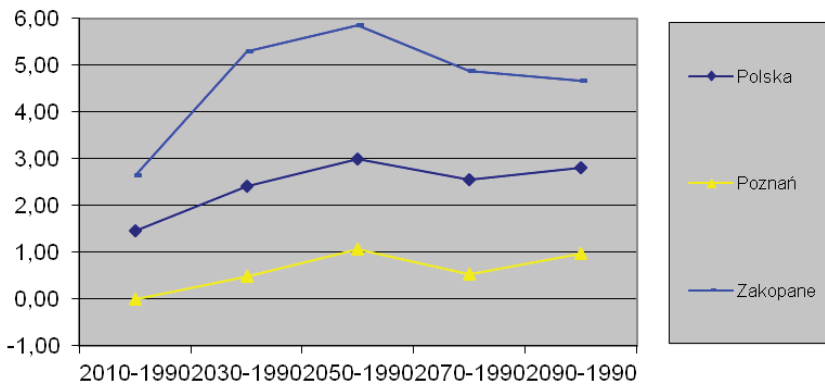
Rys. 6. Maksymalny opad dobowy (wartość średnia)



Rys. 7. Maksymalny opad dobowy (percentyl 90)



Rys. 8. Liczba dni w roku z opadem większym niż 20 mm (wartość średnia)



Rys. 9. Zmiana liczby dni w roku z opadem większym niż 20 mm w stosunku do roku 1990 dla obszaru całej Polski oraz wybranych regionów referencyjnych (percentyl 90)

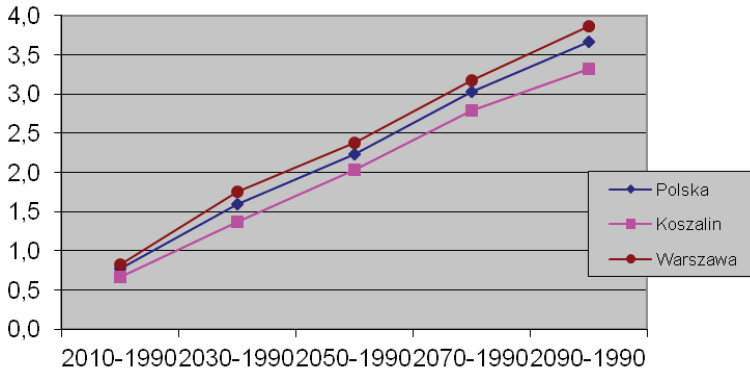
Z analizy danych, przyjętych do oceny zmian UKK – Deszcz wynika, że:

- na przestrzeni 100 lat (od 1990 do 2090 r.) średnia wartość maksymalnego opadu dobowego będzie wzrastać: dla terenu całej Polski – o około 30% w stosunku do okresu 1970–1990, a wartość percentyli 90 wzrośnie prawie o 70%; najważniejsze znaczenie mogą mieć wartości ekstremalne maksymalnego opadu dobowego, a te są przewidywane na poziomie o 50–100% większym niż występowały w 20-leciu 1970–1990,
- średnia wartość długości najdłuższego okresu z opadem większym niż 1mm/d będzie stabilna (dla obszaru całej Polski około 8 dni w roku),
- liczba okresów z opadem większym niż 1mm/d, dłuższych niż 5 dni (wartość średnia) będzie stabilna, dla obszaru całej Polski – na poziomie około 3 okresów w roku,
- liczba dni z opadem większym niż 10 mm lub 20 mm wskazuje na to, że wartość średnia liczby dni zwiększy się odpowiednio o około 1,5 lub 1 dzień w skali wieku, natomiast może wystąpić znaczący wzrost opadów ekstremalnych, co oznacza, że należy przewidywać, iż będzie więcej dni z opadami większymi niż 10 lub 20 mm.

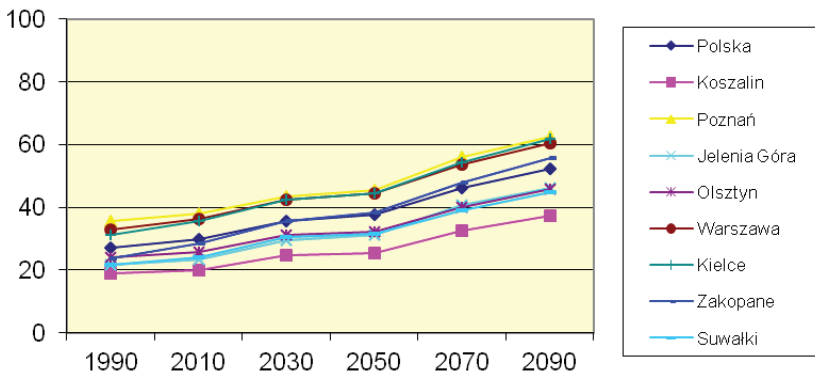


### 3.5. Ocena przewidywanych zmian UKK – Upał

Analizę zmian UKK – Upał przeprowadzono na podstawie średniej dobowej temperatury powietrza  $T$  (rys. 10) oraz liczby dni w roku z temperaturą  $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$  (rys. 11).



Rys. 10. Ekstremalna zmiana średniej dobowej temperatury powietrza  $T$  w stosunku do 1990 roku (percentyl 90)



Rys. 11. Liczba dni w roku z temperaturą  $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$  (wartość średnia)

Z analizy danych przyjętych do oceny zmian UKK – Upał wynika, że:

- średnia temperatura dobowa będzie wzrastać o około  $0,5^{\circ}\text{C}$  na każde 20-lecie i na koniec wieku temperatura średnia dobowa wzrośnie o około  $3^{\circ}\text{C}$ ,
- średnia liczba dni w roku z temperaturą  $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$  będzie się zwiększać: dla terenu całej Polski wzrośnie o około 100%, z liczby 27 dni na zakończenie 20-lecia 1990 r. do 52 dni na zakończenie 20-lecia 2090 roku.
- Największe zagrożenie stateczności toru bezстыkowego występuje przy temperaturach większych od  $35^{\circ}\text{C}$  i dlatego prognozy zmiany liczby dni z taką temperaturą mają podstawowe znaczenie dla bezpieczeństwa eksploatacji dróg kolejowych.

### 3.6. Podsumowanie prognozy zmian klimatu

- Reasumując należy stwierdzić, że przedstawiona prognoza zmian klimatu wskazuje, iż:
- średnia liczba dni chłodnych ( $T < 0^{\circ}\text{C}$ ) zmniejszy się, a na terenie całego kraju nie będzie ani jednego dnia w roku z temperaturą  $T_{\min} < -20^{\circ}\text{C}$ ,
  - liczba dni z pokrywą śnieżną będzie maleć i do 2090 r. zmniejszy się o ponad połowę,
  - średnia wartość maksymalnego opadu dobowego wzrośnie; największe znaczenie mogą mieć wartości ekstremalne maksymalnego opadu dobowego, przewidywane na poziomie o 50–100% większym niż występowały w 20-leciu 1970–1990 roku,
  - nastąpi wzrost zarówno średniej temperatury dobowej, jak i liczby dni w roku z temperaturą  $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$  (często o około 100%).

## 4. Uwagi na temat instrukcji wewnętrznych PKP PLK

W tabelicy 4 przedstawiono wykaz przykładowych instrukcji wewnętrznych PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., które zawierają odniesienia do warunków atmosferycznych i mogą wymagać nowelizacji dostosowującej wymagania do przewidywanych zmian klimatu.

Tablica 4

### Wykaz ważniejszych instrukcji wewnętrznych PKP PLK S.A. zawierających odniesienia do warunków atmosferycznych

Lp.	Symbol instrukcji	Nazwa instrukcji
1	<b>Ir-1 (R-D)</b>	Instrukcja o prowadzeniu ruchu pociągów
2	<b>Ir-2 (R-7)</b>	Instrukcja dla personelu obsługi ruchowych posterunków technicznych
3	<b>Ir-7 (R-20)</b>	Instrukcja obsługi przejazdów kolejowych
4	<b>Ir-1 5 (D-21)</b>	Instrukcja o kolejowym ratownictwie technicznym
5	<b>Ir-17</b>	Instrukcja o zapewnieniu sprawności kolei w zimie
6	<b>Id-1 (D-1)</b>	Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych
7	<b>Id-2 (D-2)</b>	Warunki techniczne dla kolejowych obiektów inżynierskich
8	<b>Id-3</b>	Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego
9	<b>Id-4 (D-6)</b>	Instrukcja o oględzinach, badaniach technicznych i utrzymaniu rozjazdów
10	<b>Id-8</b>	Instrukcja diagnostyki nawierzchni kolejowej
11	<b>Id-13 (D-41)</b>	Instrukcja użytkowania oraz utrzymania pługów i zespołów odśnieżnych
12	<b>Id-14 (D-75)</b>	Instrukcja o dokonywaniu pomiarów, badań i oceny stanu torów
13	<b>Iet-1</b>	Instrukcja eksploatacji i utrzymania urządzeń elektrycznego ogrzewania rozjazdów
14	<b>Iet-2</b>	Instrukcja utrzymania sieci trakcyjnej
15	<b>Itw-3</b>	Instrukcja obsługi i utrzymania w eksploatacji hamulców pojazdów kolejowych
16	<b>Itw-4</b>	Instrukcja utrzymania pojazdów kolejowych

Należy zaznaczyć, że w wielu wypadkach instrukcje mają zapisy o charakterze dostosowanym do bardzo zróżnicowanych sytuacji, jakie mogą wystąpić na trasie. Z tego względu nowelizacja instrukcji powinna uwzględniać zalety dotychczasowych zapisów. Ponadto instrukcje zawierają wykazy dokumentów normatywnych (np. w instrukcji Id-2 (D2) z 2005 r. przywołano 86 dokumentów, w tym 65 norm), z których część to normy budowlane, które potencjalnie mogą wymagać nowelizacji ze względu na zmiany klimatu.

Wzrost temperatury powietrza oraz zwiększone opady mogą determinować konieczność zmian w zapisach instrukcji stosowanych w PKP, przykładowo w:

- Id-8 Instrukcja diagnostyki nawierzchni kolejowej (ważna ze względu na zwiększone opady i możliwość rozmycia podtorza),
- Id-14 (D-75) Instrukcja o dokonywaniu pomiarów, badań i oceny stanu torów (szczególnie istotna w odniesieniu do monitorowania szyn bezстыkowych),
- Iet-2 Instrukcja utrzymania sieci trakcyjnej (konieczność uwzględnienia wydłużenia okresów podwyższonych temperatur oraz występowanie silnych wiatrów, mniejsze znaczenie może mieć problem oblodzenia sieci trakcji).

Prognozowane ocieplenie wyrażające się zmniejszeniem liczby dni z pokrywą śnieżną oraz zmniejszeniem liczby dni chłodnych, może wpłynąć na złagodzenie zapisów występujących w instrukcjach:

- Id-13 (D-41) Instrukcja użytkowania oraz utrzymania pługów i zespołów odśnieżnych,
- Iet-1 Instrukcja eksploatacji i utrzymania urządzeń elektrycznego ogrzewania rozjazdów.

W wypadku tych ostatnich instrukcji, należy jednak zachować dużą ostrożność i nie rezygnować zbyt pochopnie z zasad wypracowanych przez wieloletnie doświadczenie. Pomimo zapowiadanego ocieplenia klimatu, w Polsce w dalszym ciągu, należy liczyć się z możliwością wystąpienia zimy z mrozem i opadami śniegu.

## **5. Podsumowanie – zmiany klimatu, a bezpieczeństwo infrastruktury kolejowej**

Zaprezentowane wyniki wskazują, że w perspektywie do końca XXI wieku przewiduje się zmiany klimatu, które mogą mieć istotne znaczenie w odniesieniu do funkcjonowania transportu kolejowego. Głównymi negatywnymi skutkami wpływu zmian klimatycznych na infrastrukturę transportową mogą być w szczególności:

- zniszczenie infrastruktury,
- utrata połączeń komunikacyjnych,
- utrata dostępności terenu,
- pozbawienie części społeczeństwa dostępu do podstawowych usług: socjalnych, zdrowotnych lub edukacyjnych.

Konieczne jest zatem wskazanie działań adaptacyjnych krótko- i długoterminowych:

- legislacyjnych i naukowo-badawczych,
- techniczno-inżynierskich,

- monitorująco-kontrolnych, które należy realizować:
- na etapie projektowania i budowy infrastruktury transportowej (np. uwzględniając obciążenia wywołane oddziaływaniem klimatu),
- w trakcie realizacji funkcji transportowej (ten etap dotyczy zarówno bieżącego utrzymania infrastruktury transportowej, jak i środków transportowych oraz warunków komfortu socjalnego podczas realizacji usługi transportowej).

Zakres niezbędnych działań adaptacyjnych można w uproszczeniu przedstawić następująco:

1. Najważniejsze prognozowane zmiany klimatu dotyczą opadów, które determinują konieczność prowadzenia działań dotyczących zagadnień umownie określonych jako:
  - światła mostów i przepustów,
  - odwodnienie powierzchni transportowych,
  - osuwiska.
2. Niepewność prognoz oraz wieloletnia praktyka wobec przedstawianych optymistycznych perspektyw złagodnienia klimatu w okresie zimowym, wskazują na konieczność zachowania ostrożności i nie zmieniania zasad budowania oraz utrzymania infrastruktury – zatem w tym zakresie nie ma potrzeby wprowadzania działań adaptacyjnych.
3. Działania adaptacyjne do prognozowanego ocieplenia klimatu, szczególnie w zakresie upałów, mają istotne znaczenie i dlatego należy zapewnić monitoring konstrukcji wrażliwych na podwyższoną temperaturę (stan techniczny nawierzchni kolejowej i sieci trakcyjnej) oraz bieżącą kontrolę warunków pracy i podróży (komfort socjalny).

## Bibliografia

1. Ankieta Departamentu Polityki Transportowej i Spraw Międzynarodowych w Ministerstwie Infrastruktury, dotycząca wpływu ekstremalnych zjawisk pogodowych na funkcjonowanie transportu, rozesłana pismem nr MP-2ww-076-2/2010, wrzesień–październik 2010 r.
2. Rymsha B.: *Opracowanie podstaw adaptacji sektora transportu do zmian klimatu*, Maszynopis IBDiM, Warszawa, sierpień 2012 r.
3. Rymsha B.: *Opracowanie wskaźników wrażliwości sektora transportu na zmiany klimatu. Wybór kluczowych elementów systemu transportu (infrastruktura, środki transportu, warunki ruchu) szczególnie wrażliwych na zjawiska klimatyczne wraz z oceną wpływu*, Maszynopis IBDiM, Warszawa, listopad 2010 r.

## **Climate influence on safety of railway infrastructure**

### **Summary**

The test results reveal that long term climate changes are unavoidable, which require activities to be undertaken to prepare the railway transport accordingly. The article characterises provisional climate categories including frost, snow, rain, heat, fog and the vulnerability of road and railway transport to those elements has been evaluated in a scale from 0 to 3. Changes in the provisional climate categories have been analysed in a time perspective to 2090, stating that there will be a tendency of reducing the number of colder days, increasing of temperature, reducing of number of days with snow cover and increase of rain falls. Such changes may have negative impact on safety of transport infrastructure, hence it is necessary to take precautions in designing, construction and operation of the infrastructure. This can be done in the area of e.g. internal instructions of PKP PLK containing references to the climate conditions, such as e.g. monitoring of structures vulnerable to higher temperature.

**Key words:** safety in railway transport, climate change forecasting, maintenance and operation instructions

## **Влияние перемен климата на безопасность железнодорожной инфраструктуры**

### **Резюме**

Результаты исследовательских работ показывают, что следует учитывать долгосрочные перемены климата, требующие приспособления сектора железнодорожного транспорта к этим переменам. В статье охарактеризованы Условные категории климата, включая мороз, снег, дождь, ветер, жару, туман, а также в числовой шкале от 0 до 3 представлена чувствительность дорожного и железнодорожного транспорта к отдельным категориям. Проведён анализ предусматриваемых изменений Условных категорий климата в перспективе до 2090 года, констатируя, что уменьшится число холодных дней, повысится температура, уменьшится число дней со снежным покровом, увеличится количество осадков. Эти перемены могут отрицательно повлиять на безопасность транспортной инфраструктуры и поэтому надо определить необходимые меры по адаптации в области проектирования, строительства и эксплуатации инфраструктуры. Предметом таких действий могут быть, среди других, Инструкции для внутреннего употребления ОАО (PKP PLK), имеющие отношение к климатическим условиям, как напр. мониторинг конструкций, чувствительных к повышенной температуре.

**Ключевые слова:** безопасность железнодорожного транспорта, прогноз перемен климата, инструкции содержания и эксплуатации