



Degradacja nawierzchni drogowych barierą dla wdrażania niskoemisyjnych strategii utrzymaniowych

dr inż. Marcin ŚWITAŁA (Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Zakład Ekonomiki) marcin.switala@ibdim.edu.pl

dr inż. Maciej MALISZEWSKI (Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Zakład Technologii Nawierzchni) maciej.maliszewski@ibdim.edu.pl

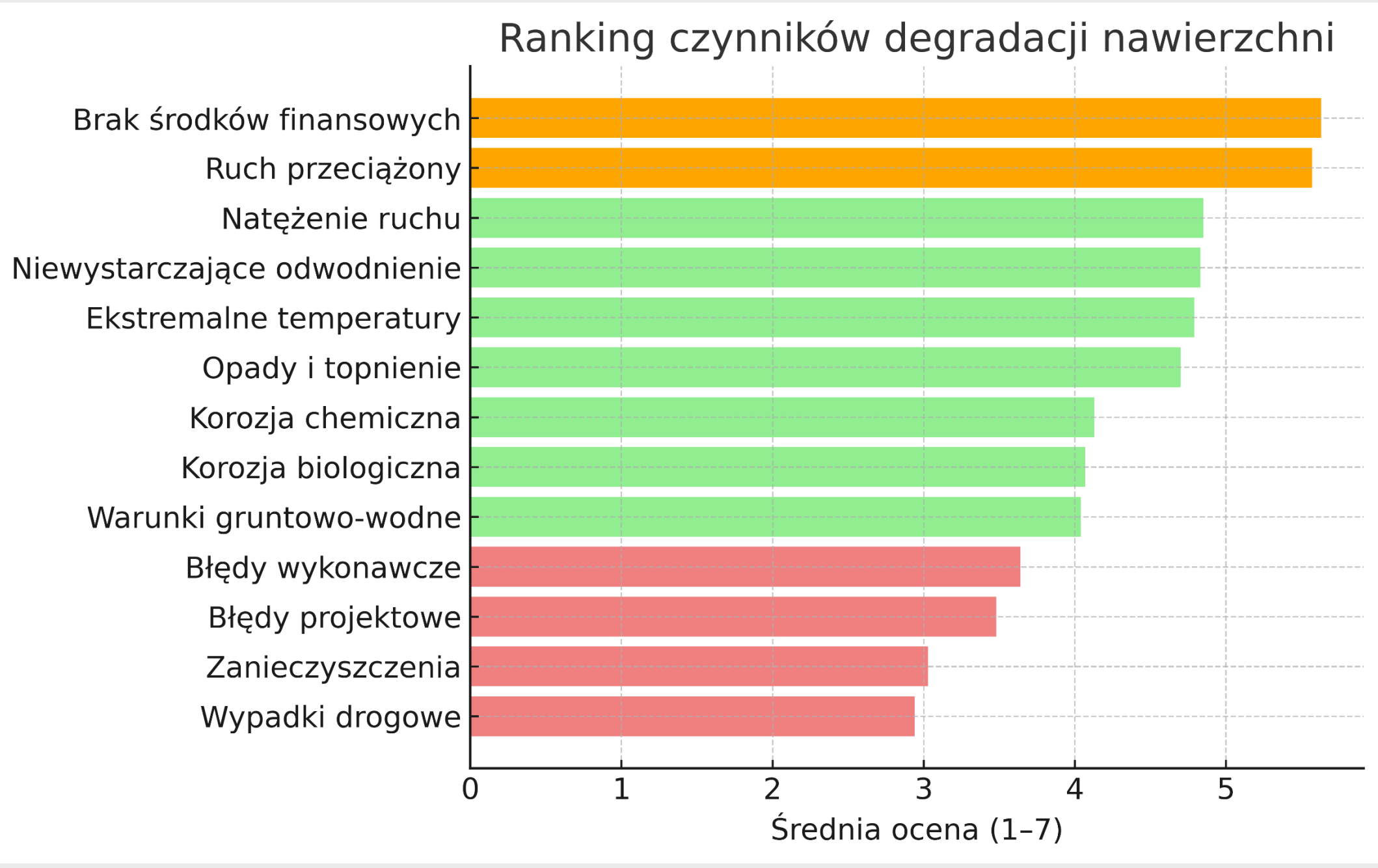


Wprowadzenie:

Trwałość nawierzchni drogowych stanowi jeden z kluczowych czynników wpływających zarówno na bezpieczeństwo ruchu, jak i na ślad węglowy infrastruktury transportowej. Krótszy cykl życia konstrukcji prowadzi do częstszych remontów i zwiększonego zapotrzebowania na energochłonne materiały budowlane, co generuje wzrost emisji gazów cieplarnianych. W kontekście Europejskiego Zielonego Ładu, pakietu Fit for 55 oraz zasad gospodarki o obiegu zamkniętym, trwałość nawierzchni należy traktować jako istotny element strategii dekarbonizacji infrastruktury. Badania międzynarodowe (Pais et al., 2013; Chen, 2023; Zofka, 2019) wskazują, że emisje powiązane z etapem utrzymania i wymiany warstw konstrukcyjnych mogą stanowić nawet 30–40% całkowitych emisji cyklu życia. Wydłużenie trwałości nawierzchni o 5–10 lat skutkuje redukcją emisji CO₂ o 15–25%. Celem niniejszej pracy jest identyfikacja czynników ograniczających trwałość nawierzchni w opinii zarządców dróg oraz wskazanie barier utrudniających wdrażanie rozwiązań niskoemisyjnych i recyklingowych w praktyce utrzymaniowej.

Metodyka badań:

Badanie przeprowadzono w 2024 r. metodą ankiety internetowej CAWI na próbie 362 jednostek zarządzających infrastrukturą drogową różnych szczebli: gminnych, powiatowych, wojewódzkich i krajowych. Kwestionariusz obejmował pytania dotyczące oceny znaczenia 13 potencjalnych czynników wpływających na degradację nawierzchni.



Wyniki:

Zidentyfikowano trzy grupy czynników (łącznie 60,85% wariancji):

- Strukturalne i środowiskowe – błędy projektowe i wykonawcze, korozja, warunki gruntowo-wodne.
- Pogodowe i ekonomiczne – brak finansowania, odwodnienia, ekstremalne temperatury.
- Ruchowe – przeciążenia osi, natężenie ruchu.

Największe bariery: ograniczenia finansowe i brak narzędzi do planowania długofalowego.

Średnia ocena znaczenia braku środków: 5,63 (skala 1–7).

Odpowiedzi udzielano na skali 1–7 (od „czynnik nieistotny” do „czynnik bardzo istotny”). Do opracowania wyników zastosowano: analizę statystyczną w programie SPSS, analizę czynnikową (PCA) z rotacją Varimax – w celu grupowania determinant, test Kruskala–Wallisa – do identyfikacji różnic między grupami zarządców.

Wyniki i analiza:

Średnie oceny wskazują, że głównymi przyczynami złego stanu nawierzchni są:

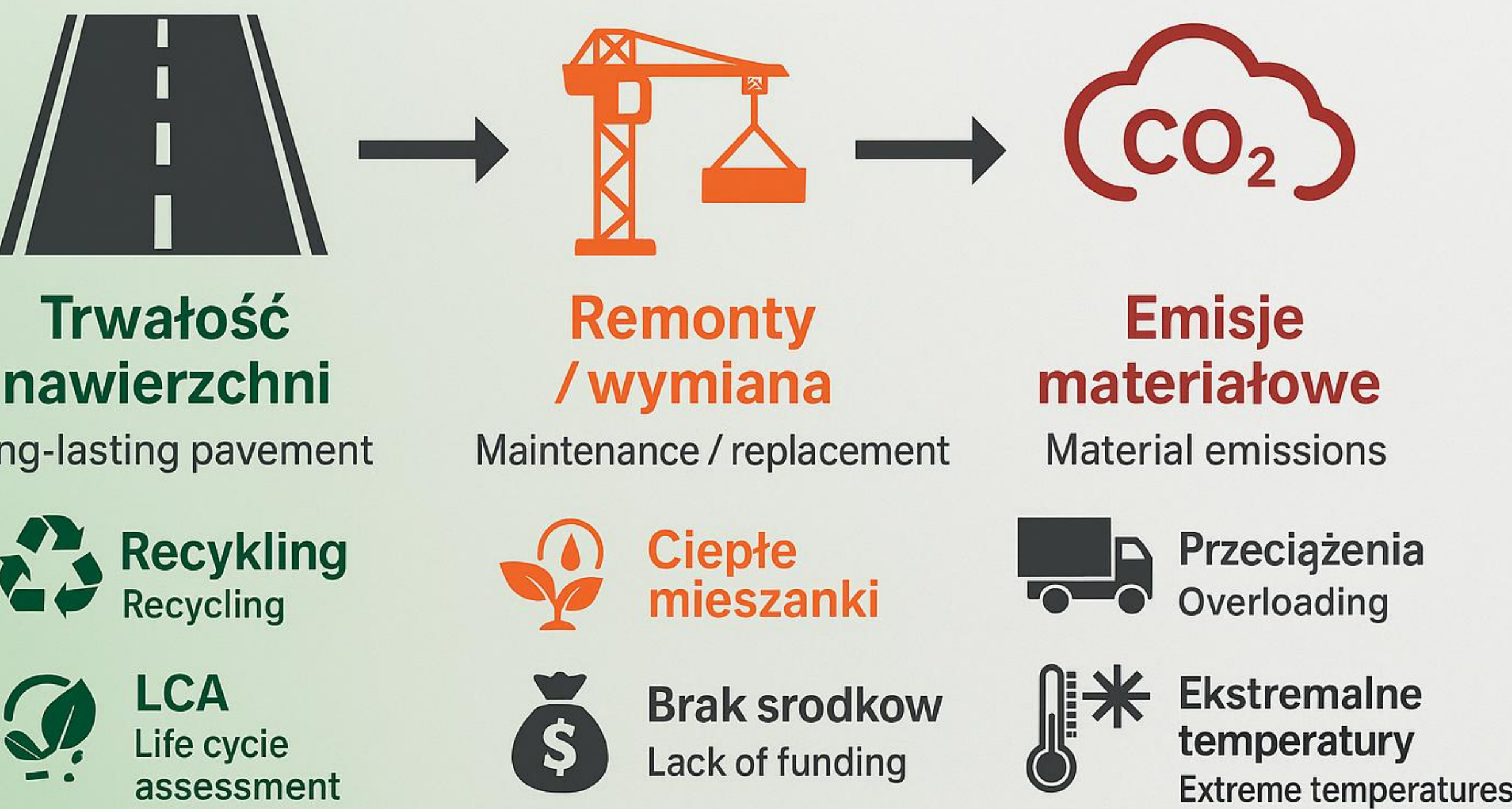
- brak środków na utrzymanie dróg (5,63),
- ruch pojazdów przeciążonych (5,57),
- nadmierne natężenie ruchu (4,85),
- niewystarczająca infrastruktura odwadniająca (4,83),
- ekstremalne temperatury i opady (4,70–4,79).

Czynniki projektowe i wykonawcze, choć istotne lokalnie, uzyskały niższe oceny (3,5–3,6).

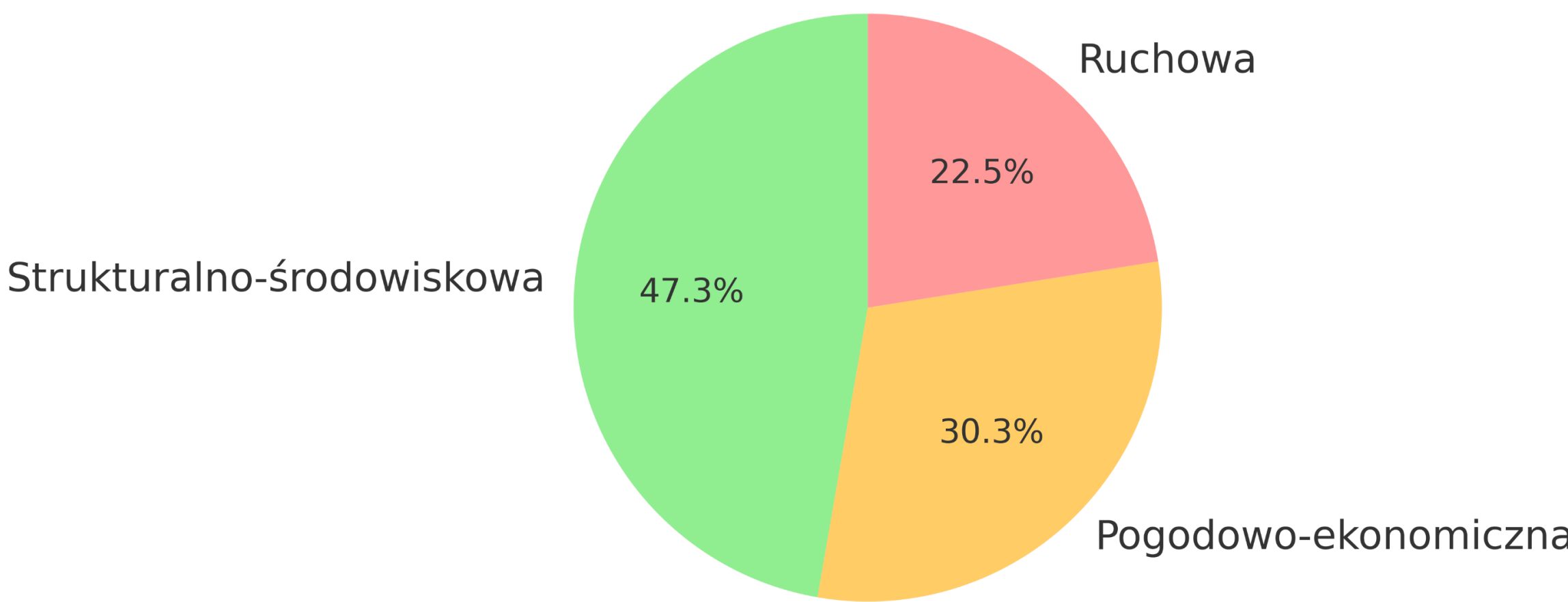
Analiza czynnikowa pozwoliła wyodrębnić trzy grupy determinant (łącznie 60,85% wariancji)

Grupa czynników	Charakterystyka	Znaczenie w kontekście dekarbonizacji
Strukturalno-środowiskowa (28,8%)	błędy projektowe i wykonawcze, warunki gruntowo-wodne, korozja	wpływa na trwałość i cykl życia konstrukcji
Pogodowo-ekonomiczna (18,4%)	brak finansowania, ekstremalne warunki atmosferyczne, odwodnienie	ogranicza możliwość wdrażania technologii niskoemisyjnych
Ruchowa (13,7%)	przeciążenia osi, nadmierne natężenie ruchu	przyspiesza degradację i zwiększa emisje z remontów

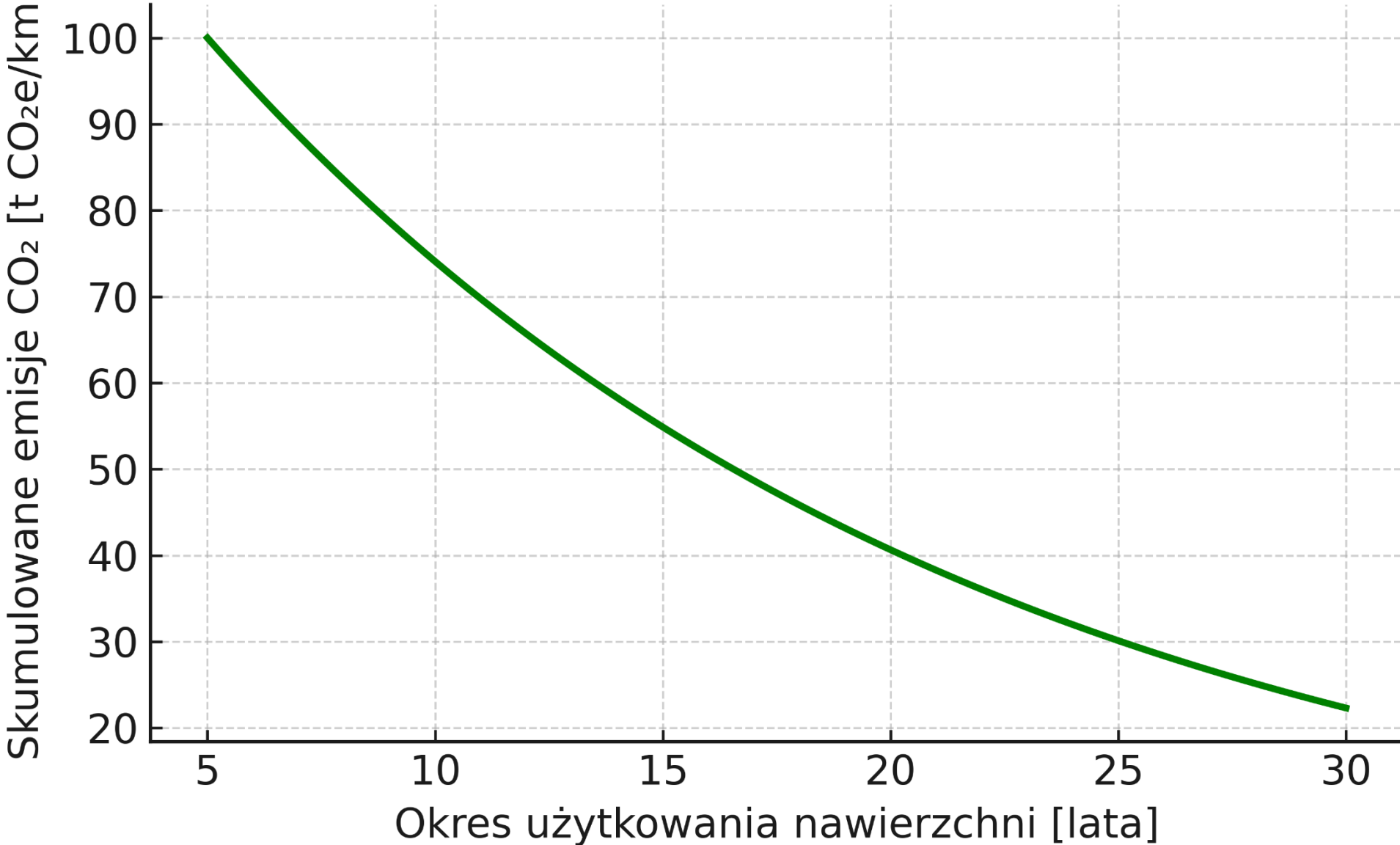
TRWAŁOŚĆ = DEKARBONIZACJA INFRASTRUKTURY DURABILITY = DECARBONIZATION OF INFRASTRUCTURE



Udział grup czynników w wyjaśnianiu wariancji (60,85%)



Zależność trwałości nawierzchni od emisji CO₂ (schematycznie)



Dyskusja:

Wyniki jednoznacznie wskazują, że główną barierą dla wdrażania strategii niskoemisyjnych jest czynnik ekonomiczno-organizacyjny, a nie techniczny. Zarządcy dróg rzadko stosują narzędzia analizy cyklu życia (LCA/LCCA) lub modele predykcyjne PMS, które umożliwiałyby uwzględnienie aspektów środowiskowych w planowaniu remontów. Brak długofalowych planów utrzymaniowych prowadzi do krótkoterminowych decyzji i zwiększonego śladu węglowego. Włączenie analizy środowiskowej do planowania utrzymania pozwoliłoby uzyskać efekt synergii: większą trwałość = mniejsze emisje.

Wnioski:

Utrzymanie trwałości nawierzchni jest kluczowym elementem strategii dekarbonizacji transportu. Najistotniejsze bariery wdrażania rozwiązań niskoemisyjnych mają charakter finansowo-organizacyjny, a nie technologiczny. Konieczne jest wdrożenie narzędzi LCA/LCCA i integracja kryteriów środowiskowych w systemach PMS. Wspieranie recyklingu nawierzchni, ciepłych mieszanek, i zielonych zamówień publicznych powinno być elementem krajowej polityki utrzymaniowej. Wyniki badań mogą stanowić podstawę do formułowania kryteriów w zakresie zielonych zamówień publicznych oraz oceny emisji w cyklu życia materiałów drogowych.

Wybrana literatura

- [4] Świtała M, Łukasiewicz A. Mobilność mieszkańców miast w obliczu pandemii COVID-19. Warszawa: Instytut Badawczy Dróg i Mostów; 2021.
- [5] Pais JC, Amorim SIR, Minhoto MJC. Impact of traffic overload on road pavement performance. J Transp Eng. 2013; DOI: 10.1061/(ASCE) TE.1943-5436.0000571.
- [6] Zofka A. Proaktywna strategia zarządzania elementami infrastruktury drogowej. Warszawa: Instytut Badawczy Dróg i Mostów; 2019.
- [7] Maliszewski M, Zofka A, Maliszewska D, Sybilski D. Asphalt Mixture Sensitivity to Water and Frost. RILEM Bookseries. 2016; DOI: 10.1007/978-94-017-7342-3_15.
- [11] Karkowski M. The Problem of Overloaded Vehicles in Poland. Journal of Civil Engineering and Architecture. 2022; DOI: 10.17265/1934-7359/2022.12.004.
- [13] Le ATH, Domingo N, Rasheed E, Park KS. Building maintenance cost planning and estimating: A literature review. in Proceeding of the 34th Annual ARCOM Conference. ARCOM 2018. 2018; 697–706.
- [14] Chen L. Network-level pavement maintenance and rehabilitation decision-making with the optimized annual budget. PLoS One. 2023; DOI: 10.1371/journal.pone.0287426.
- [15] Zofka A, Maciejewski A. Implementation Of Road Asset Management In Poland. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021; 1202, 1: 012003.
- [16] Zofka A, Maciejewski A. (2021). Tools for Asset Management: TEM Recommendations for Road Operators. 2021; ECE/TRANS/309.
- [17] Świtała M. Road infrastructure management – the perspective of the local roads authority. Zeszyty Naukowe. Transport/Politechnika Śląska. 2023; DOI: 10.20858/sjsutst.2023.120.17.
- [18] Świtała M, Ledwolorz A. Identifying and assessing the functionality of IT systems for the maintenance and development of the road network. The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering. 2023; DOI: 10.7250/bjrbe.2023-18.616.