

przegląd[®]

11
2025
rocznik LXXX
cena 60,00 zł
w tym 8% VAT



komunikacyjny

UKAZUJE SIĘ OD 1945 ROKU



80 lat Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej

80 lat
przeglądu
komunikacyjnego

eISSN
2544-6037

ISSN
0033-22-32

80 lat tradycji i rozwoju Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej. Wkład Katedry Dróg i Lotnisk Politechniki Wrocławskiej w rozwój infrastruktury transportowej w Polsce. Czy strefy czystego transportu to dobry pomysł? Czas zrobić porządek z hulajnogami elektrycznymi: przykłady rozwiązań parkingowych. Tablica szlaku drogowego na autostradzie. Zwiększanie dostępności przystanków kolejowych na przykładzie Jeleniej Góry Zabobrze. Przegląd praktyk związanych z montażem i eksploatacją smarownic tramwajowych w Polsce. Wpływ popiołu lotnego krzemionkowego na właściwości fizyczne i mechaniczne betonu niskoemisyjnego. Przyczepność lepiszcza asfaltowego do kruszyw drogowych. Wpływ agresywności zestawu pojazdów i przyczep niskopodwoziowych do przewozu ładunków ponadnormatywnych na nawierzchnie drogowe

Podstawowe informacje dla Autorów artykułów

„Przegląd Komunikacyjny” publikuje artykuły związane z szeroko rozumianym transportem oraz infrastrukturą transportu. Obejmuje to zagadnienia techniczne, ekonomiczne i prawne. Akceptowane są także materiały związane z geografią, historią i socjologią transportu.

Artykuły publikowane w „Przeglądzie Komunikacyjnym” dzieli się na: „wnoszące wkład naukowy w dyscypliny: inżynieria lądowa i transport; ekonomia i finanse; nauki prawne; nauki socjologiczne. Prosimy Autorów o deklarację (w zgłoszeniu), do której dyscypliny zaliczyć ich prace.

Materiały do publikacji: zgłoszenie, artykuł oraz oświadczenie Autora, należy przysyłać w formie elektronicznej na adres

piotr.mackiewicz@pwr.edu.pl

W zgłoszeniu należy podać: imię i nazwisko autora, adres mailowy oraz adres do tradycyjnej korespondencji, miejsce zatrudnienia, zdjęcie, tytuł artykułu oraz streszczenie (po polsku i po angielsku) i słowa kluczowe (po polsku i po angielsku). Szczegóły przygotowania materiałów oraz wzory załączników dostępne są na stronie:

www.transportation.overview.pwr.edu.pl

W celu usprawnienia i przyspieszenia procesu publikacji prosimy o zastosowanie się do poniższych wymagań dotyczących nadsyłanego materiału:

1. Tekst artykułu powinien być napisany w jednym z ogólnodostępnych programów (np. Microsoft Word). Wzory i opisy wzorów powinny być wkomponowane w tekst. Tabele należy zestawić po zakończeniu tekstu. Ilustracje (rysunki, fotografie, wykresy) najlepiej dołączyć jako oddzielne pliki. Można je także wstawić do pliku z tekstem po zakończeniu tekstu. Możliwe jest oznaczenie miejsc w tekście, w których autor sugeruje wstawienie stosownej ilustracji lub tabeli. Obowiązuje odrębna numeracja ilustracji (bez różnicowania na rysunki, fotografie itp.) oraz tabel.
2. Całość materiału nie powinna przekraczać 12 stron w formacie Word (zalecane jest 8 stron). Do limitu stron wlicza się ilustracje załączane w odrębnych plikach (przy założeniu że 1 ilustracja = ½ strony).
3. Format tekstu powinien być jak najprostszy (nie stosować zróżnicowanych stylów, wcięć, podwójnych i wielokrotnych spacji itp.). Dopuszczalne jest pogrubienie, podkreślenie i oznaczenie kursywą istotnych części tekstu, a także indeksy górne i dolne. **Nie stosować przypisów.**
4. Nawiązania do pozycji zewnętrznych - cytaty (dotyczy również podpisów ilustracji i tabel) oznacza się numeracją w nawiasach kwadratowych [...]. Numerację należy zestawić na końcu artykułu (jako „Materiały źródłowe”). Zestawienie powinno być ułożone alfabetycznie.
5. Jeżeli Autor wykorzystuje materiały objęte nie swoim prawem autorskim, powinien uzyskać pisemną zgodę właściciela tych praw do publikacji (niezależnie od podania źródła). Kopie takiej zgody należy przesyłać Redakcji.

Artykuły wnoszące wkład naukowy w dyscypliny: inżynieria lądowa i transport, inżynieria lądowa i transport; ekonomia i finanse; nauki prawne; nauki socjologiczne podlegają procedurom recenzji merytorycznych zgodnie z wytycznymi MNIŚW, co pozwala zaliczyć je, po opublikowaniu, do dorobku naukowego oraz uwzględnić w ewaluacji jakości działalności naukowej (Dz.U. 2019 poz. 392).

Liczba uwzględnianych punktów wg listy czasopism punktowanych przez MNIŚW wynosi 20.

Do oceny każdej publikacji powołuje się co najmniej dwóch niezależnych recenzentów spoza jednostki. Zasady kwalifikowania lub odrzucenia publikacji i ewentualny formularz recenzentki są podane do publicznej wiadomości na stronie internetowej czasopisma lub w każdym numerze czasopisma. Nazwiska recenzentów poszczególnych publikacji/numerów nie są ujawniane.

Przygotowany materiał powinien obrazować własny wkład badawczy autora. Redakcja wdrożyła procedurę zapobiegania zjawisku Ghostwriting (z „ghostwriting” mamy do czynienia wówczas, gdy ktoś wniósł istotny wkład w powstanie publikacji, bez ujawnienia swojego udziału jako jeden z autorów lub bez wymienienia jego roli w podziękowaniach zamieszczonych w publikacji). Tekst i ilustracje muszą być oryginalne i niepublikowane w innych miejscach (w tym w internecie). Możliwe jest zamieszczanie artykułów, które ukazały się w materiałach konferencyjnych i podobnych (na prawach rękopisu) z zaznaczeniem tego faktu i po przystosowaniu do wymogów publikacyjnych „Przeglądu Komunikacyjnego”.

Na stronie internetowej czasopisma dostępne są pełne wersje artykułów wraz ze streszczeniami w języku polskim (od 2010) i angielskim (od 2016) jako OPEN ACCESS. Pod koniec 2018 roku „Przegląd Komunikacyjny” rozpoczął indeksowanie artykułów angielskich z użyciem numerów cyfrowych DOI. Czasopismo ubiega się o partycypowanie w bazie SCOPUS. Rejestrowane jest w międzynarodowej bazie DOAJ <https://doaj.org/>.

Redakcja pisma oferuje objęcie patronatem medialnym konferencji, debat, seminariów itp.

Ceny zamieszczone w cenniku na stronie: www.transportation.overview.pwr.edu.pl są negocjowane indywidualnie w zależności od zakresu zlecenia. Możliwe są atrakcyjne upusty. Patronat obejmuje:

- ogłaszanie przedmiotowych inicjatyw na łamach pisma,
- zamieszczanie wybranych referatów / wystąpień po dostosowaniu ich do wymogów redakcyjnych,
- publikację informacji końcowych (podsumowania, apele, wnioski),
- kolportaż powyższych informacji do wskazanych adresatów.

Ramowa oferta dla „Sponsora strategicznego” czasopisma Przegląd Komunikacyjny

Sponsor strategiczny zawiera umowę z wydawcą czasopisma na okres roku kalendarzowego z możliwością przedłużenia na kolejne lata. Uprawnienia wydawcy do zawierania umów posiada Zarząd Oddziału SITK RP sp. z o.o. Wrocław. Przegląd Komunikacyjny oferuje dla sponsora strategicznego następujące świadczenia:

- zamieszczenie logo sponsora w każdym numerze,
- zamieszczenie reklamy sponsora w jednym, kilku lub we wszystkich numerach,
- publikacja jednego lub kilku artykułów sponsorowanych,
- publikacja innych materiałów dotyczących sponsora,
- zniżki przy zamówieniu prenumeraty czasopisma.

Możliwe jest także zamieszczenie materiałów od sponsora na stronie internetowej czasopisma.

Przegląd Komunikacyjny ukazuje się jako miesięcznik.

Szczegółowy zakres świadczeń oraz detale techniczne (formaty, sposób i terminy przekazania) są uzgadniane indywidualnie.

Osoba kontaktowa w tej sprawie:

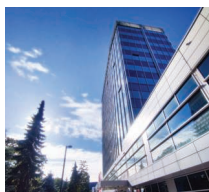
Małgorzata Skowronek

malgorzata.skowronek@pwr.edu.pl

Politechnika Wrocławska, Wybrzeże Wyspiańskiego 41, 50-370 Wrocław, tel.: +48 71 320 35 45

Cena za świadczenia na rzecz sponsora uzależniana jest od uzgodnionych szczegółów współpracy. Zapłata może być dokonana jednorazowo lub w kilku ratach (na przykład kwartalnych). Część zapłaty może być w formie zamówienia określonej liczby prenumerat czasopisma.





Na okładce: "C7" (fot. Piotr Mackiewicz)

Szanowni P.T. Czytelnicy!

Przekazujemy kolejny numer *Przeglądu Komunikacyjnego*. Bieżący numer poświęcony jest 80-leciu istnienia Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej. W numerze zaprezentowano artykuły związane z infrastrukturą transportową, którego autorami są pracownicy obecnie funkcjonującej Katedry Dróg, Mostów, Kolei i Lotnisk. Wydział jest jednym z czterech jakie powstały w Politechnice Wrocławskiej w 1945 roku (wówczas wydział miał nazwę Budownictwa). Wydział powstał w murach i przejął infrastrukturę po dawnej (Technische Hochschule).

W pierwszej publikacji Autorzy prezentują historię, teraźniejszość i misję aktualnie funkcjonującego Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego. W kolejnym artykule Autor prezentuje wkład Katedry Dróg i Lotnisk w rozwój infrastruktury transportowej (drogowej i lotniskowej) w Polsce. Wkład dotyczy badań materiałów, rozwoju technologii, tworzenia dokumentów technicznych oraz planowania systemów transportowych i prognozowania ruchu. W następnym artykule Autor zwraca uwagę na pewne negatywne aspekty rozwiązań polegających na tworzeniu w miastach różnego rodzaju stref. Stwierdza, że uciążliwość transportu nie ogranicza się jedynie do zanieczyszczenia powietrza, ale obejmuje również problemy związane z hałasem i terenochłonnością.

Kolejny artykuł porusza irytujące w ostatnim czasie zjawisko w miastach leżące na chodniku hulajnogi elektryczne. W artykule przeanalizowano przepisy dotyczące użytkowania i pozostawiania e-hulajnog obojętnie zarówno w Polsce i Wielkiej Brytanii. Przedstawiono przykłady stacji parkingowych z Londynu i Nottingham oraz kilku polskich miast które zaczęły wprowadzać tego typu rozwiązania. Podano przykład kampusu Politechniki Wrocławskiej jako miejsca, w którym takie parkingi mogłyby powstać. Autor kolejnego artykułu prezentuje charakterystykę tablicy szlaku drogowego na autostradach (znak E-14a). Przedstawia krytyczną ocenę tego znaku, stosowanego na polskich autostradach. Na wielu tablicach szlaku drogowego informacje są niespójne, a czasem nieprzeprzeczne. Pokazano przykłady rozwiązań zagranicznych, gdzie w czytelny i jednoznaczny sposób oznakowane są wszystkie węzły na autostradach. W kolejnym artykule Autor proponuje zwiększenie dostępności transportowej regionu Jeleniej Góry, poprzez stworzenie nowego dojazdu do przystanku kolejowego Jelenia Góra Zabobrze. W tym celu przeanalizowano dostępność transportową przystanku i otoczenia proponując rozwiązanie minimalizujące koszty budowy.

W następnym artykule Autorka zwraca uwagę na problem zanieczyszczenia powietrza hałasem tramwajowym. Wskazano, że jednym ze sposobów jego redukcji jest montaż smarownic torowych. Przeprowadzono analizę praktyk związanych z montażem i eksploatacją smarownic tramwajowych na podstawie danych zebranych od operatorów i zarządców systemów tramwajowych w Polsce. Autorzy w kolejnym artykule zajmują się betonem niskoemisyjnym. W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczących wpływu dodatku popiołu lotnego krzemionkowego na właściwości fizyczne i mechaniczne betonu. Analizowano mieszanki zawierające od 0% do 70% popiołu w stosunku do masy cementu. Uzyskane wyniki wskazują, że większy udział popiołu (50-70%) poprawia szczelność i trwałość betonu przy jednoczesnym ograniczeniu jego śladu węglowego. W kolejnym artykule Autor prezentuje zagadnienie związane z powinowactwem fizykochemicznym tj. przyczepnością lepiszcza asfaltowego do kruszyw stosowanych w drogownictwie. Badano zmianę przyczepności lepiszcza do kruszyw w zależności od poziomu dodatku adhezyjnego i rodzaju kruszywa. W analizach uwzględniono kruszywa granitowe, granodiorytowe oraz bazaltowe. Wykazano pozytywne efekty stosowania dodatku adhezyjnego, który polepszał przyczepność lepiszcza asfaltowego do kruszywa.

W kolejnym artykule Autorzy przedstawili ocenę nośności nawierzchni drogowych i wpływu oddziaływania zestawu pojazdów i przyczep niskopodwoziowych do przewozu ładunków ponadnormatywnych. Analizę przeprowadzono na przykładzie przewozu elementów tarczy TBM do drążenia tunelu na drodze ekspresowej S19 w miejscowości Babica. Trasa przejazdu rozpoczyna się w Opolu, a kończy na drodze ekspresowej S19 w miejscowości Babica.

Życząc naszym czytelnikom dobrej lektury
Redaktor Naczelny
Prof. Antoni Szydło

W numerze

80 lat tradycji i rozwoju Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej	
Jerzy Hoła, Adrian Różański, Tomasz Trapko	2
Wkład Katedry Dróg i Lotnisk Politechniki Wrocławskiej w rozwój infrastruktury transportowej w Polsce	
Antoni Szydło	6
Czy strefy czystego transportu to dobry pomysł?	
Jacek Makuch	15
Czas zrobić porządek z hulajnogami elektrycznymi: przykłady rozwiązań parkingowych	
Jakub Lzydorski	21
Tablica szlaku drogowego na autostradzie	
Krzysztof Gasz	25
Zwiększanie dostępności przystanków kolejowych na przykładzie Jeleniej Góry Zabobrze	
Michał Zawodny	30
Przegląd praktyk związanych z montażem i eksploatacją smarownic tramwajowych w Polsce	
Magdalena Skiba	33
Wpływ popiołu lotnego krzemionkowego na właściwości fizyczne i mechaniczne betonu niskoemisyjnego	
Joanna Filusz, Magdalena Piechówka-Mielnik	37
Przyczepność lepiszcza asfaltowego do kruszyw drogowych	
Łukasz Skotnicki	41
Wpływ agresywności zestawu pojazdów i przyczep niskopodwoziowych do przewozu ładunków ponadnormatywnych na nawierzchnie drogowe	
Piotr Mackiewicz, Antoni Szydło	44

Wydawca:

Zarząd Oddziału, ul. Marszałka Józefa Piłsudskiego 74,
pok. 216, 50-020 Wrocław
Leszek Krawczyk - Prezes
sitk.pkpk.pl

Partner:

Adam Bisek: konstruktor, wynalazca, przedsiębiorca i autor wielu innowacyjnych technologii i wdrożeń, wizjoner z wielką pasją lotnictwa i kosmonautyki, laureat wielu prestiżowych nagród i odznaczeń m. in. Wybitny Inżynier, Honorowy Złoty Inżynier, Błękitne Skrzydła, Złota Lotka, Brylantowa Lotka - delegat Polski w ONZ ds. zagospodarowania przestrzeni kosmicznej, organizator 5 zjazdów kosmonautów.

Redaktor Naczelny:

Antoni Szydło

Redakcja:

Maciej Kruszyna (Z-ca Redaktora Naczelnego), Agnieszka Kuniczuk - Trzcinowicz (Redaktor językowy), Piotr Mackiewicz (Sekretarz), Wojciech Puła (Redaktor statystyczny), Eryk Mączka (obsługa techniczna, strona internetowa), Krzysztof Gasz, Jarosław Kuźniewski, Łukasz Skotnicki, Bartłomiej Krawczyk, Igor Gisterek, Karina Korycka (obsługa anglojęzyczna)

Adres redakcji do korespondencji:

Poczta elektroniczna:
piotr.mackiewicz@pwr.edu.pl
Poczta „tradycyjna”:
Piotr Mackiewicz, Maciej Kruszyna
Politechnika Wrocławska,
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
Faks: 71 320 45 39

Rada naukowa:

Antoni Szydło (Wrocław), Grzegorz Brychczyński (Warszawa), Marek Ciesielski (Poznań), Sylvia Capayowa (Bratysława), Antanas Klibavičius (Wilno), Jozef Komačka (Žilina), Andrzej S. Nowak (Auburn University), Tomasz Nowakowski (Wrocław), Jacek Sebastian Paś (Warszawa), Victor V. Rybkin (Dniepropietrowsk), Wiesław Starowicz (Kraków), Hans-Christoph Thiel (Cottbus), Tomasz Siwowski (Rzeszów), Jiri Straský (Brno), Piotr Wrzeczoniarz (Wrocław), Andrea Zuzulova (Bratysława)

Deklaracja o wersji pierwotnej czasopisma

Główną wersją czasopisma jest wersja elektroniczna. Na stronie internetowej czasopisma dostępne są pełne wersje artykułów wraz ze streszczeniami w języku polskim (od 2010) i angielskim (od 2016). Redakcja zastrzega sobie prawo dokonywania zmian w materiałach nie podlegających recenzji.

Artykuły opublikowane w „Przeglądzie Komunikacyjnym” są dostępne w bazach danych 20 bibliotek technicznych oraz są indeksowane w bazach:

BAZTECH: <http://baztech.icm.edu.pl>
Index Copernicus: <http://indexcopernicus.com>
Międzynarodowa baza DOAJ <https://doaj.org/>

Prenumerata:

Szczegóły i formularz zamówienia na stronie:
<http://www.transportation.overview.pwr.edu.pl>

Obecna Redakcja dysponuje numerami archiwalnymi poczynawszy od 4/2010. Numery archiwalne z lat 2004-2009 można zamawiać w Oddziale krakowskim SITK, ul. Siostrzana 11, 30-804 Kraków, tel./faks 12 658 93 74, mrowinska@sitk.org.pl

Druk:

Grupa Intromax Sp. z o.o., ul. Biskupińska 21, 30-732 Kraków, <http://www.intromax.com.pl/>
Nakład: 800 egz.

Reklama:

Dział Marketingu:
malgorzata.skowronek@pwr.edu.pl

80 lat tradycji i rozwoju Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej

prof. dr hab. inż. Jerzy Hoła, Dziekan Wydziału w latach 2008-2016

dr hab. inż. Adrian Róžański, prof. uczelni, Dziekan Wydziału

dr hab. inż. Tomasz Trapko, prof. uczelni, Prodziekan ds. Organizacji

Streszczenie: W 2025 roku Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej świętuje 80-lecie istnienia. Jubileusz ten przypada równocześnie z rocznicą powstania Uczelni, której fundament stanowiły cztery pierwsze wydziały, w tym Wydział Budownictwa. Od listopada 1945 roku jednostka nieprzerwanie kształci inżynierów i prowadzi badania, odpowiadające wyzwaniom współczesności.

Historia

Początki Wydziału sięgają 1945 roku, gdy jego pierwszym dziekanem został prof. Tadeusz Wróbel, współtworzący wraz z uczonymi z Politechniki Lwowskiej i Uniwersytetu Jana Kazimierza zręby nowej uczelni we Wrocławiu. Pierwsze zajęcia odbyły się 19 i 20 listopada 1945 r. – wykład z matematyki poprowadził prof. Władysław Ślebodziński, a z materiałów budowlanych dr inż. Mieczysław Zachara.

W 1990 roku Wydział otrzymał obecną nazwę – Budownictwa Lądowego i Wodnego – lepiej oddającą profil badań i dydaktyki [1–3].

Struktura i organizacja Wydziału

Na przestrzeni lat Wydziałem kierowało 23 dziekanów. Obecnie funkcję tę pełni dr hab. inż. Adrian Róžański, prof. uczelni (Rys. 1), który wraz z zespołem kontynuuje tradycje swoich znakomitych poprzedników. W kierowaniu Wydziałem wspiera go pięcioro prodziekanów (Rys. 1): dr hab. inż. Tomasz Trapko, prof. uczelni – Prodziekan ds. Organizacji, prof. dr hab. inż. Łukasz Sadowski – Prodziekan ds. Badań i Współpracy naukowej, dr hab. inż. Monika Podwórna, prof. uczelni – Prodziekan ds. Współpracy i Rozwoju, dr inż. Andrzej Batog, prof. uczelni – Prodziekan ds. Kształcenia oraz dr inż. Magdalena Piechówka-Mielnik – Prodziekan

ds. Studenckich. Do 1968 roku Wydział funkcjonował w strukturze katedralnej, obejmując 12 katedr. Po reorganizacji w tym samym roku powołano trzy instytuty: Budownictwa, Geotechniki i Hydrotechniki oraz Inżynierii Lądowej, w skład których weszły trzy katedry instytutowe i czternaście zakładów. Kolejna zmiana nastąpiła w 2015 roku – zlikwidowano instytuty, a w ich miejsce utworzono katedry i zakłady wydziałowe [4–7]. Od 2021 roku ponownie przywrócono strukturę katedralną, tworząc sześć katedr:

- Budownictwa Ogólnego,

- Geotechniki, Hydrotechniki, Budownictwa Podziemnego i Wodnego,
- Konstrukcji Budowlanych,
- Mechaniki Budowli i Inżynierii Miejskiej,
- Dróg, Mostów, Kolei i Lotnisk,
- Inżynierii Materiałów i Procesów Budowlanych.

Radę Dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport w Politechnice Wrocławskiej tworzy 28 samodzielnych pracowników naukowych Wydziału, w tym 7 profesorów tytular-



1. Dziekan Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej w kadencji 2024-2028 w otoczeniu prodziekanów
(w górnym rzędzie od lewej: A. Batog, M. Piechówka-Mielnik, T. Trapko;
w dolnym rzędzie od lewej: M. Podwórna, A. Róžański, Ł. Sadowski)

nych i 21 doktorów habilitowanych. Od początku jej istnienia przewodniczącym jest prof. dr hab. inż. Wojciech Puła.

Misja Wydziału

Misją Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego, zgodnie z Planem Rozwoju, jest wyznaczanie kierunków badań oraz aktywny wkład w rozwój nauk inżynierijno-technicznych w obszarze inżynierii lądowej, geodezji i transportu. Wydział stawia również na praktyczne zastosowanie wyników badań w gospodarce, kształtowanie otwartych i twórczych postaw studentów, wspieranie rozwoju naukowego pracowników oraz udział w strategicznych przedsięwzięciach Politechniki Wrocławskiej.

Misja, wizja i wartości Wydziału są spójne ze Strategią Politechniki Wrocławskiej na lata 2023–2030. Dokument rozwojowy [8] odzwierciedla model Uczelni oparty na wartościach, takich jak – doskonałość, współpraca i otwartość, a także wpisuje się w pięć kluczowych obszarów strategicznych – kształcenie, badania i innowacje, współpracę z otoczeniem, rozwój społeczności oraz infrastrukturę.

Kształcenie

Atutem Wydziału na rynku edukacyjnym jest dbałość o wysoką jakość kształcenia i stałe dostosowywanie programów do zmieniających się realiów. Treści programowe oparte są na efektach uczenia się, przy jednoczesnym uwzględnieniu potrzeb rynku pracy, oczekiwań studentów, wymagań Sektorowej Ramy Kwalifikacji w Budownictwie oraz standardów międzynarodowych. Proces ten realizowany jest we współpracy z Radą Społeczną Wydziału i opiera się na wieloletnich doświadczeniach jednostki.

Na przestrzeni 80 lat dyplom Wydziału uzyskało ok. 21 tys. absolwentów. Obecnie kształci on ok. 1800 studentów na trzech kierunkach: *Budownictwo* (studia inżynierskie i magi-

sterskie, stacjonarne i niestacjonarne), *Advanced Solid Mechanics* (międzynarodowe studia magisterskie) oraz *Budownictwo Zrównoważone Infrastruktury Transportowej* (studia inżynierskie).

Wydział prowadzi również studia podyplomowe oraz kształci doktorantów we współpracy ze Szkołą Doktorską Politechniki Wrocławskiej. Jakość kształcenia potwierdzają certyfikaty PKA, KAUT i ENAEE, a także fakt, że kierunek *Budownictwo* od 2015 roku nieprzerwanie zajmuje pierwsze miejsce w Rankingu Kierunków Studiów *Perspektywy* (Rys. 2).

Badania, innowacje i współpraca

Badania prowadzone na Wydziale obejmują zarówno zagadnienia podstawowe, jak i stosowane, łącząc rozwój teorii z praktyką inżynierską. Kadre badawczo-dydaktyczną i badawczą stanowi obecnie ok. 170 osób, w tym 16 profesorów tytularnych. W ostatniej dekadzie 17 pracowników uzyskało stopień doktora habilitowanego, a ok. 50 – stopień doktora.

Potencjał kadrowy Wydziału w znacznym stopniu wpływa na poziom naukowy dyscypliny *inżynieria lądowa, geodezja i transport* w Politechnice Wrocławskiej. Dyscyplina ta posiada pełne uprawnienia do nadawania stopni doktora i doktora habilitowanego, a w ewaluacji jakości badań naukowych za lata 2017–2021 uzyskała kategorię A.

Kadra Wydziału, mając do dyspozycji bogatą bazę laboratoryjną, realizuje

tematykę badawczą obejmującą szerokie spektrum takich obszarów naukowych jak:

- budownictwo ogólne,
- fizyka budowli,
- badania nieniszczące,
- inżynieria materiałów budowlanych,
- mechanika konstrukcji stalowych,
- właściwości betonu i teoria żelbetu,
- mechanika konstrukcji z betonu,
- inżynieria procesów budowlanych,
- bezpieczeństwo pracy w budownictwie,
- hydraulika, hydrologia i hydrotechnika,
- mechanika gruntów i skał,
- geotechnika i budownictwo podziemne,
- teoria i badania kompozytów z mikrostrukturą,
- reologia gruntów,
- mechanika budowli i wytrzymałość materiałów,
- inżynieria mostowa,
- materiałoznawstwo drogowe,
- mechanika nawierzchni dróg i lotnisk,
- mechanika, materiałoznawstwo i metody diagnostyczne dróg szynowych,
- infrastruktura podziemna miast.

W ostatnich latach Wydział znacząco zintensyfikował działania na rzecz pozyskiwania projektów badawczych w krajowych i zagranicznych konkursach. Liczba realizowanych projektów



2. Dyplom Rankingu Kierunków Studiów *Perspektywy*

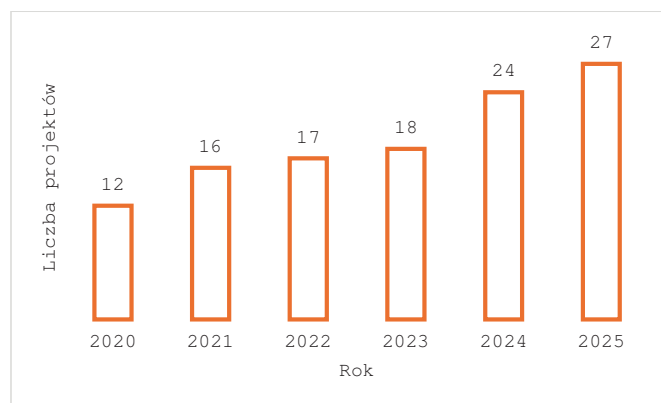
systematycznie rośnie (Rys. 3), co pozwala kadrze naukowej podejmować nowe, często unikatowe wyzwania badawcze. Są to projekty finansowane m.in. przez NCN, NCBiR, NAWA, MNiSW, Fundację na Rzecz Nauki Polskiej, Urząd Marszałkowski Województwa Dolnośląskiego. Uzyskiwane rezultaty wnoszą istotny wkład w rozwój nauki, wspierają awanse naukowe oraz prowadzą do powstawania innowacyjnych rozwiązań dla budownictwa, nierzadko wdrażanych w praktyce gospodarczej.

Działalność badawcza kadry Wydziału znajduje odzwierciedlenie w szerokim dorobku publikacyjnym, obejmującym artykuły naukowe, monografie i książki wydawane w kraju i za granicą, w tym publikacje powstałe we współpracy z innymi naukowcami z kraju i z zagranicy.

Na Wydziale wydawane są trzy czasopisma naukowe: *Archives of Civil and Mechanical Engineering* (IF=4,4; 140 pkt na liście ministerialnej) – wspólnie z Wydziałem Mechanicznym PWr., *Studia Geotechnica et Mechanica* (IF=0,8; 70 pkt. na liście ministerialnej) – wspólnie z Akademią Górniczo-Hutniczą w Krakowie oraz czasopismo naukowo-techniczne *Przegląd Komunikacyjny* (20 pkt. na liście ministerialnej). Nasi naukowcy regularnie znajdują się w rankingu *World's Top 2% Scientists*, który opracowuje zespół z Uniwersytetu Stanforda, we współpracy z wydawnictwem *Elsevier* i bazą *Scopus*.

Od początku swojej działalności Wydział organizuje liczne konferencje oraz seminaria naukowe i naukowo-techniczne o zasięgu krajowym i międzynarodowym, z których część ma charakter cykliczny. Dzięki tym wydarzeniom utrwalają się trwałe relacje Wydziału z krajowymi i zagranicznymi ośrodkami badawczymi, środowiskiem inżynierów budownictwa oraz otoczeniem zewnętrznym.

Szczególny nacisk Wydział kładzie na współpracę z otoczeniem gospodarczym – lokalnym, regionalnym, krajowym i międzynarodowym. Inicjatywy te podejmowane są zarówno



3. Liczba projektów niekomercyjnych realizowanych w ostatnich latach na Wydziale

przez poszczególnych pracowników, jak i instytucjonalnie przez Wydział oraz we współpracy z przedsiębiorstwami budowlanymi. Ważną rolę odgrywają również absolwenci, z którymi Wydział utrzymuje kontakt, śledząc ich ścieżki zawodowe i osiągnięcia.

Jednostka współpracuje także z organizacjami naukowymi, uczelniami wyższymi oraz krajowymi i zagranicznymi ośrodkami badawczymi, m.in. PZiTb, KILiW PAN, NOT, SITK RP.

Spółeczność Wydziału

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego jest największym wydziałem budownictwa w regionie i jednym z największych w Polsce. Jego najcenniejszym kapitałem jest społeczność akademicka, w skład której wchodzi nauczyciele akademicki, pracownicy administracji i wsparcia inżynierjno-technicznego (Tab. 1).

Wydział pielęgnuje wieloletnie tradycje akademickie i wzmacnia więzi wspólnoty, realizując to zarówno przez władze jednostki, jak i aktywny Samorząd Studencki. Na Wydziale odbywają się spotkania: jubileuszowe,

Tab. 1. Liczba pracowników Wydziału z podziałem na stanowiska i grupy

Ogółem pracowników	213
Profesorowie	16
Profesorowie uczelni	26
Profesorowie uczelni dydaktyczni	2
Adiunkci	69
Adiunkci badawczy	3
Adiunkci dydaktyczni	22
Asystenci	23
Asystenci badawczy	5
Asystenci dydaktyczni	3
Starsi wykładowcy	2
Wykładowcy	2
Administracja	28
Pracownicy inżynierjno – techniczni	12

święteczne, integracyjne, informacyjne itp. Organizowane są warsztaty i konkursy, zarówno dla studentów, jak i dla pracowników (Rys. 4 i 5).

Infrastruktura

Bazę lokalową Wydziału tworzą trzy budynki w kampusie głównym Politechniki Wrocławskiej (C-7, D-2 i H-3) oraz jeden obiekt w kampusie *Geocentrum* (L-1), położony po drugiej stronie Odry i połączony z kampusem głów-



4. Konkurs budowy wieży z wafli i czekolady – Waffle Engineer 2025



5. Dzień Otwarty na Politechnice Wrocławskiej

nym kolejką linową (Rys. 6). Siedziba Władz Wydziału, administracji oraz dziekanat znajdują się w budynku C-7.

Zaplecze dydaktyczne Wydziału obejmuje łącznie 40 sal, w tym 6 mieszczących do 120 osób, oraz 6 nowoczesnych pracowni komputerowych wyposażonych w środki audiowizualne i specjalistyczne oprogramowanie. Wydział dysponuje również mobilnymi systemami do wideokonferencji, umożliwiającymi prowadzenie zajęć online. Infrastruktura badawczo-dydaktyczna obejmuje kilkanaście laboratoriów badawczych:

- Laboratorium Badań Nieniszczących,
- Laboratorium Budownictwa Wod-

nego i Geodezji,

- Laboratorium Fundamentowania,
- Laboratorium Konstrukcji Budowlanych
- Laboratorium Materiałów Budowlanych,
- Laboratorium Mechaniki Budowli i Inżynierii Miejskiej,
- Laboratorium Mechaniki Gruntów,
- Laboratorium Mikrostruktur Kompozytów Budowlanych oraz Ośrodków Gruntowych i Skalnych,
- Laboratorium Mostów i Kolei,
- Laboratorium Termografii i Fizyki Środowiska,
- Laboratorium Wytrzymałości Materiałów,
- Laboratorium Badawcze Obiek-



6. Kampus Politechniki Wrocławskiej z zaznaczonymi budynkami Wydziału

tów Infrastruktury Transportowej
– posiadające akredytację Polskiego Centrum Akredytacji,

- Laboratorium Badań Nano-mikrostruktur Materiałów Kompozytowych i Konstrukcji Inżynierskich,
- Laboratorium Interdyscyplinarnej Eksperymentalnej Inżynierii Okulograficznej Let's Go.

Wszystkie fotografie: archiwum Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego PWiR

Materiały źródłowe

- [1] Burak M, Dackiewicz K, Pregiel P. Wrocławskie Uczelnie Techniczne 1910-2010. Muzeum Architektury i Wydawnictwo Jaks; Wrocław 2010.
- [2] Wrocławskie Środowisko Akademickie. Twórcy i ich uczniowie 1945-2005. Zakład Narodowy im. Ossolińskich; Wrocław 2007.
- [3] Księga 50-lecia Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej 1945-1995. Oficyna Wydawnicza PWr.; Wrocław 1996.
- [4] Czapliński K. Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej. Inżynieria i Budownictwo. 1996;1:3-6.
- [5] Hoła J, Stilger-Szydło E, Bień J, Pietraszek P, Berkowski P. 65 lat Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej. Inżynieria i Budownictwo. 2010;12:655-659.
- [6] Hoła J, Stilger-Szydło E, Bień J, Batog A, Berkowski P. Historia Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego. Materiały Budowlane. 2015;10:6-11.
- [7] Hoła J, Stilger-Szydło E, Bień J, Batog A, Berkowski P. 70 lat Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej. Inżynieria i Budownictwo. 2015;10:515-519.
- [8] Plan rozwoju Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej na lata 2023-2030.

Wkład Katedry Dróg i Lotnisk Politechniki Wrocławskiej w rozwój infrastruktury transportowej w Polsce

The contribution of the Department of Roads and Airports of the Wrocław University of Science and Technology to the development of transport infrastructure in Poland



Antoni Szydło

Prof. dr hab. inż.

Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Katedra Dróg, Mostów, Kolei i Lotnisk

*antoni.szydlo@pwr.edu.pl
ORCID: 0000-0002-3363-9391*

Streszczenie: W artykule przedstawiono wkład Katedry Dróg i Lotnisk Politechniki Wrocławskiej w rozwój infrastruktury transportowej w Polsce w okresie 80 lat funkcjonowania pod różnymi nazwami Katedry. Zaprezentowano wkład z obszaru technologii i budowy dróg z obszaru tworzenia dokumentów technicznych oraz modelowania i prognozowania ruchu.

Słowa kluczowe: *Katedra Dróg i Lotnisk; Transport drogowy; Nawierzchnia drogowa*

Abstract: This article presents the contribution of the Department of Roads and Airports at Wrocław University of Science and Technology to the development of transport infrastructure in Poland over the 80 years the Department has operated under various names. It presents contributions from the areas of road technology and construction, including the creation of technical documents, and traffic modeling and forecasting.

Keywords: *Department of Roads and Airports; Road Transport; Pavement*

Wprowadzenie

Katedra Dróg i Lotnisk ma duże tradycje zarówno w Wyższej Szkole Technicznej (Technische Hochschule) jak i Politechnice Wrocławskiej. W 1928 roku na utworzonym Wydziale Budownictwa na kierunku Inżynieria Budowlana zaczęła działalność Instytut Budowy Dróg. W Politechnice Wrocławskiej Katedra Budowy Dróg i Ulic została powołana 1 października 1945 roku. Sprzęt laboratoryjny niemieckiego Instytutu Budowy Dróg przejął i zabezpieczył adiunkt Mieczysław Zachara, późniejszy profesor w Katedrze Materiałów Budowlanych. On też w tym czasie kierował pracami Katedry. W 1947 roku kierownictwo Katedry Budowy Dróg i Ulic powierzono mgr inż. Franciszkowi Przewirskiemu (absolwentowi Politechniki Lwowskiej, spec. budowa dróg i mostów), naczelnikowi Wydziału Komunikacyjnego Urzędu

Wojewódzkiego we Wrocławiu, od 1949 roku profesorowi nadzwyczajnemu.

Od 1953 roku do Katedry przybywają kolejno: z-ca prof. Henryk Łęczycki (1953 r.), długoletni pracownik Wojewódzkiego Zarządu Dróg Publicznych we Wrocławiu, z-ca prof. Kazimierz Sokalski (1954 r.), późniejszy Rektor Politechniki Krakowskiej (zmarły w czasie tzw. wypadków marcowych w 1968 r.), z-ca prof. Jan Różycki (1954 r.), pracownik Instytutu Badań Drogowych w Warszawie (obecnie Instytut Badawczy Dróg i Mostów) oraz Politechniki w Winterthur w Szwajcarii.

Działalność naukowo-badawcza Katedry oparta została na rozwijającym się stale laboratorium drogowym. W 1955 roku Katedra zatrudniała 4 pracowników samodzielnych, 1 adiunkta i 4 asystentów. Od 1956 roku kierownictwo Katedry przejął mgr inż. Jan Różycki, uzyskując w 1957 roku stanowisko do-

centa a w 1966 roku tytuł profesora.

Kontynuując zamierzenia prof. Franciszka Przewirskiego Katedra przejęła jako podstawowy problem badań naukowych: badania materiałów drogowych i wymiarowanie nawierzchni drogowych i lotniskowych oraz inżynierię ruchu.

W wyniku reorganizacji Uczelni w 1968 roku Katedra Budowy Dróg i Ulic przestała istnieć. Utworzone zostały 3 zakłady naukowe, wchodzące w skład Instytutu Inżynierii Lądowej:

- Zakład Budowy Dróg, Ulic i Lotnisk – kierownik prof. Jan Różycki (następca: doc. dr inż. Ryszard Pilujski,
- Zakład Inżynierii Ruchu – kierownik z-ca prof. Henryk Łęczycki (następca doc. dr inż. Lech Kamiński),
- Zakład Technologii Materiałów i Nawierzchni Drogowych – kierownik prof. dr inż. Bogdan Stypułkowski.

Prof. Jan Benedykt Różycki został pierwszym Dyrektorem Instytutu Inżynierii Lądowej, które to stanowisko pełnił w latach 1968 – 1971 (do czasu przejścia na emeryturę).

W 1984 roku Zakłady się połączyły i powstał Zakład Dróg i Lotnisk pod kierunkiem docenta, a od 1987 roku profesora dr inż. Bogdana Stypułkowskiego.

W 1999 roku po przejściu prof. Stypułkowskiego na emeryturę, kierownictwo Zakładu przejął profesor Antoni Szydło. W 2007 roku powstała Katedra Dróg i Lotnisk, Katedrą kierował prof. dr hab. inż. Antoni Szydło do 2019 roku. W 2019 roku kierownictwo Katedry przejął dr hab. inż. Piotr Mackiewicz, prof. PWR.

W dniu 1 stycznia 2021 roku Katedra Dróg i Lotnisk została przekształcona w Katedrę Dróg, Mostów, Kolei i Lotnisk, w której wyodrębniono 3 pracownie: Pracownię Dróg i Lotnisk, Pracownię Mostową i Pracownię Kolejową. W czerwcu 2022 roku Pracownia Dróg i Lotnisk zmieniła nazwę na Zespół Dróg i Lotnisk. Obecnie (2025 r.) w Zespole Dróg i Lotnisk zatrudnionych jest 10 pracowników: dr hab. inż. Piotr Mackiewicz, prof. PWR. – Kierownik Katedry, prof. dr hab. inż. Antoni Szydło – Professor Magnus – kierownik Laboratorium, dr inż. Robert Wardęga, dr inż. Bartłomiej Krawczyk, dr inż. Łukasz Skotnicki, dr inż. Jarosław Kuźniewski, dr inż. Eryk Mączka, mgr inż. Dariusz Dobrucki, inż. Mariusz Świączak, Sławomir Sobierski.

W ciągu 80 lat istnienia Katedry/Za-

kładu Dróg i Lotnisk 7 pracowników uzyskało tytuły profesora. Powstało 5 monografii habilitacyjnych oraz 45 prac doktorskich. Pracownicy Katedry opublikowali ponad 1250 publikacji w czasopismach naukowych oraz materiałach konferencyjnych. W tym 18 książek, podręczników akademickich, monografii. Prace były publikowane w renomowanych czasopismach takich jak: *Journal of Materials in Civil Engineering*, *Journal Sound and Vibration*, *Road Materials and Pavement Design*, *Archives of Civil Engineering*, *Archives of Transportation*, *Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences*, *Construction and Building Materials*, *Canadian Journal of Civil Engineering*, *Journal of Transportation Engineering*, *Applied Thermal Engineering*, *Case Studies in Construction Materials*, *Journal of Materials in Civil Engineering*, *Foundations of Civil and Environmental Engineering*, *Roads and Bridges - Drogi i Mosty*, *Materiały Budowlane*, *Drogownictwo*, *Inżynieria i Budownictwo*, *Transport Miejski i Regionalny i inne*.

Zajęcia dydaktyczne ze studentami prowadzone są na studiach inżynierskich I stopnia na specjalności dyplomowania Inżynieria Lądowa i profilu Drogi oraz na studiach magisterskich II stopnia na specjalności Budowa Dróg i Lotnisk.

Dyplomy na specjalizacji budowa dróg i lotnisk na studiach magisterskich, inżynierskich, wieczorowych i zaocznych uzyskało od 1945 roku ok. 3800

studentów. Wielu studentów za swoje prace dyplomowe otrzymało nagrody Ministra, PZITB oraz SITK RP.

W Katedrze Dróg i Lotnisk od 2010 roku funkcjonuje Akredytowane Laboratorium Badawcze Obiektów Infrastruktury Transportowej (LBOIT - akredytacja PCA AB1211) (rys. 1). Wyposażone jest w najnowocześniejszą aparaturę do badań asfaltów, mieszanek mineralno-asfaltowych, betonów cementowych oraz mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych: koleiniarkę do badania odporności mieszanek na odkształcenia trwałe, belkę do badań zmęczeniowych obciążaną 4-punktowo, pozwalającą projektować skład mieszanki odpornej na spękania, aparaturę NAT do badania pełzania statycznego i dynamicznego, tomograf, prasę żyrotorową, ekstraktory itp. (rys. 2). Laboratorium jest wyposażone w mobilny zestaw FWD do diagnostyki nawierzchni drogowych i lotniskowych oraz pomiarów równości podłużnej (IRI), poprzecznej, makrotekstury oraz współczynnika tarcia w sposób ciągły (rys. 3).

W Katedrze zrealizowano 15 projektów badawczych finansowanych przez: KBN, UE, NCBiR, MNiSzW, GDDKiA realizowanych m.in. w ramach programów: DILRAP-EUREKA, Funduszu Nauki i Technologii Polskiej, Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego. W ramach współpracy z gospodarką w Katedrze zrealizowano ponad 4000 opracowań dla gospodarki.



1. Nadana akredytacja PCA AB1211 dla LBOIT w 2010 roku



2. Wybrana aparatura badawcza LBOIT





3. Zestaw do pomiarów równości podłużnej (IRI), poprzecznej, makrotekstury oraz współczynnika tarcia w sposób ciągły



4. Widok pierwszego poligonu drogowego we Wrocławiu (Fadroma)

Wybrane realizacje wykonane dla gospodarki z zakresu technologii budowy dróg i lotnisk

W tym punkcie przedstawione zostaną wybrane prace badawcze realizowane przez pracowników Katedry na zlecenie jednostek finansujących badania naukowe i na zlecenie podmiotów gospodarczych oraz jednostek administracyjnych, które zostały wdrożone i przyczyniły się do rozwoju infrastruktury transportowej w kraju a przede wszystkim infrastruktury drogowej i lotniskowej.

W okresie przedwojennym mgr inż. Jan Różycki (późniejszy kierownik Katedry Dróg i Ulic w Politechnice Wrocławskiej) kieruje robotami drogowymi przy przebudowie drogi Kraków – Zakopane (nr 13). W 1946 roku zostaje delegowany przez ówczesne Ministerstwo Ko-

munikacji do Stanów Zjednoczonych A.P. w celu zakupu maszyn drogowych w ramach programu UNRRA. Przywozi maszyny wartości ok. 2 mln dolarów. Organizuje w Krakowie Centralę Maszyn Drogowych (późniejsze MADRO) jest pierwszym jej dyrektorem. Rozwija roboty drogowe i mostowe na niebywałą skalę. Inżynierowie drogowi z całej Polski przyjeżdżają je oglądać i uczyć się nowoczesnej techniki. W 1949 roku zostaje aresztowany i oskarżony o szpiegostwo oraz udział w zamachu na życie gen. Sikorskiego i skazany na dożywotnie więzienie. W 1953 roku zostaje zwolniony z więzienia i całkowicie zrehabilitowany. W 1954 roku zaczyna prowadzić zlecane wykłady na Politechnice Wrocławskiej w Katedrze Dróg i Ulic. W 1955 roku zostaje zatrudniony w Instytucie Budownictwa Drogowego (obecnie IBDIM). W 1956 roku obejmuje kie-



5. Prof. Jan Benedykt Różycki



6. Pomnik prof. Jana Benedykta Różyckiego na Dziedzińcu Politechniki Wrocławskiej

rownictwo Katedry Budowy Dróg, Ulic i Lotnisk w Politechnice Wrocławskiej. W 1966 roku otrzymuje tytuł profesora.

W 1964 roku z inicjatywy prof. Jana Benedykta Różyckiego zrealizowano pierwszy w Polsce poligon doświadczalny w Fadromie (fabryce maszyn drogowych) we Wrocławiu, na którym zrealizowano wiele prac badawczych z zakresu badań materiałów i nawierzchni drogowych oraz dla przemysłu maszyn drogowych (badania efektywności walców, ładowarek itp.). Były to w owym czasie w światowej administracji drogowej bardzo modne tory badawcze, gdzie weryfikowano pracę konstrukcji nawierzchni pod wpływem rzeczywistych obciążeń pojazdami samochodowymi (np. WASHO, AASHO itp.).

Na rys. 4 pokazano widok tego poligonu. Na rys. 5 zdjęcie Profesora a na rys. 6 pokazano pomnik prof. Jana Ró-

życkiego powstały z inicjatywy Senatu PWR i Rady Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego PWR a ufundowany przez uczniów Profesora na dziedzinie głównym Politechniki Wrocławskiej.

W latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku opracowano w Katedrze Dróg i Lotnisk na zlecenie Wojskowego Biura Studiów i Projektów Lotniskowych oraz Zarządu Lotniskowego Wojsk Lotniczych metodykę badań nawierzchni lotniskowych [1]. Wykorzystując tą metodykę opracowano metodę ACN - PCN do oceny nośności nawierzchni lotniskowych. Metodę tą uznała Międzynarodowa Organizacja Lotnictwa Cywilnego (ICAO).

ACN – Aircraft Classification Number – liczba wyrażająca oddziaływanie samolotu na nawierzchnię.

PCN – Pavement Classification Number – liczba wyrażająca nośność nawierzchni.

Wykonano badania nośności na wielu lotniskach w kraju (Warszawa, Wrocław, Katowice, Kraków, Goleniów, Gdańsk, Bydgoszcz, Oleśnica, Olsztyn, Mielec, Lublin, Radom, Rzeszów) oraz za granicą: Brno (Czechy), Drezno (Niemcy – wspólne badania z lotniskowcami z Niemiec). Opracowano w tym celu prototypową aparaturę badawczą [1,2]. W wyniku tych prac i badań w Katedrze powstała monografia [2].

W 2005 roku gdy zakupiono do Katedry ugięciomierz dynamiczny FWD i tym samym zastąpiono opracowaną aparaturę ugięciomierzem, który znacznie przyspieszał badania na lotniskach, gdzie niezbędna była operatywność podczas badań (rys. 7).

W połowie lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku po uchwaleniu ustaw o rozbudowie sieci autostrad i dróg ekspresowych w Polsce przystąpiono do pierwszych realizacji tych dróg. W pierwszej kolejności ruszyły prace przy projektowaniu autostrady A4 na odcinku Wrocław (Bielany) – Sośnica (Gliwice). Katedra Dróg i Lotnisk włączyła się w realizację tego kontraktu opracowując projekt konstrukcji nawierzchni oraz wymagania technologiczne i materiałowe. Na kontrakcie zaprojektowano po raz pierwszy na szeroką skalę i wbudowano w warstwę ścieralną mieszankę mastyksowo – grysową typu SMA. Od tamtej pory na wszystkich budowanych

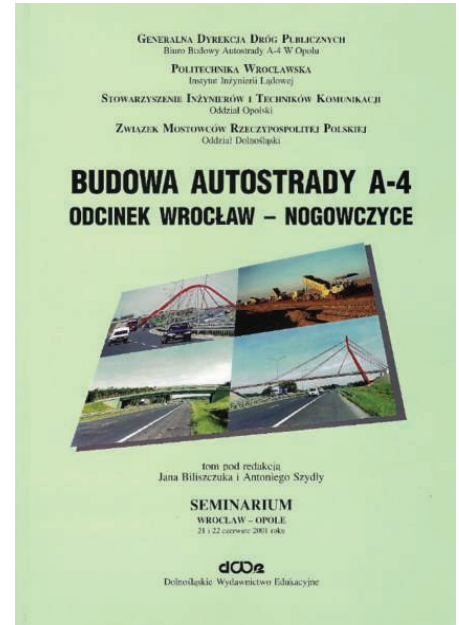


7. Widok ugięciomierza dynamicznego FWD

odcinkach autostrad i dróg ekspresowych wykorzystuje się do warstwy ścieralnej tego typu mieszankę, ponieważ sprawdziła się bez zastrzeżeń [3] (rys. 8). Na kontrakcie zastosowano po raz pierwszy w Polsce wykonanie mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej (MCE) w recyklerach stacjonarnych i dowożono na budowę, gdzie za pomocą maszyn rozkładających wbudowywano w warstwę nawierzchniową. Na kontrakcie zastosowano po raz pierwszy w Polsce równiarki do rozkładania kruszywa w podbudowie sterowane laserowo. Autostrada na tym odcinku jest eksploatowana od 25 lat. Brak na niej oznak wyczerpania trwałości zmęczeniowej, w projekcie zakładano 20 letni okres eksploatacji. W międzyczasie została wymieniona standardowo warstwa ścieralna i na niektórych odcinkach wiążąca. Ponadto opracowano technologie budowy na wybranych odcinkach dla autostrad: A1, A2, A4, S3, S5, S8, S10, S11, S19, i inne.

W początkach lat dwutysięcznych (XXI w.) w Katedrze została napisana monografia przez prof. Antoniego Szydło – *Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego* [4] oraz publikacja (poradnik) *Nawierzchnie betonowe na drogach gminnych* autorstwa A. Szydło i P. Mackiewicza [5].

W wyniku realizacji w Katedrze w latach 2004-2006 grantu z serii DILRAP – EUREKA - *Bezdyfuzyjne konstrukcje betonowych nawierzchni drogowych i lotniskowych*, zrealizowano na jednym z lotnisk w kraju bezdyfuzyjną płytę postoju samolotów. W Katedrze opracowano ponadto innowacyjne projekty dwóch eksperymentalnych bezdyfuzyjnych odcinków nawierzchni betonowych bez szczelin poprzecznych. Jeden na autostradzie A4 a drugi na autostradzie A2. Na modernizowanym odcinku autostrady A4 w latach 2004 – 2006 wybudowano pierwszą w Polsce ekspe-



8. Materiały konferencyjne z budowy autostrady A4 na odcinku Wrocław - Nogowczyce

rymentalną nawierzchnię bez szczelin poprzecznych z zastosowaniem ciągłego zbrojenia, opracowaną przez autora. Nawierzchnię o ciągłym zbrojeniu zastosowano pomiędzy dwoma obiektami mostowymi na długości ok. 1100 m. Konstrukcja tej nawierzchni jest następująca:

- beton cementowy, B40, grubości 23 cm, (do zbrojenia zastosowano pręty podłużne o średnicy 20 mm w rozstawie co 18 cm oraz pręty poprzeczne o średnicy 12 mm i rozstawie co 70 cm, ułożone pod kątem ok. 65°),
- podbudowa, chudy beton, R = 6 – 9 MPa, grubości 20 cm,
- warstwa mrozoochronna, grubości 35 cm,
- grunt stabilizowany cementem, R = 1,5 – 2,5 MPa, grubości 15 cm

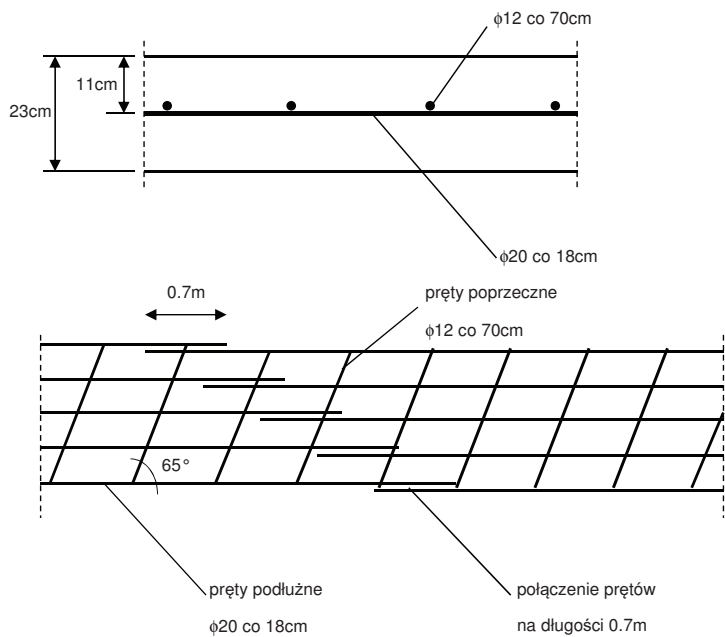
Na rys. 9 pokazano przekrój poprzeczny płyty z lokalizacją zbrojenia. Grubość nawierzchni w porównaniu z tradycyjną jest mniejsza o 4 cm. Zastosowano zbrojenie podłużne ciągłe. Poszczególne

ne pręty łączono na zakładkę w taki sposób ażeby łączenie nie wystąpiło w jednej linii poprzecznej. Pręty poprzeczne układano pod kątem ok. 65° w rozstawie co 0,7 m.

Szerokość jezdni wraz z pasem awaryjnym oraz opaskami wiodącymi wynosi 11 m. Zastosowano dwie szczeliny podłużne, które wypełniono masą zalewową. Na obu końcach odcinka na długo-

ści ok. 30 m zastosowano w rozstawie co ok. 4,8 m bloki żelbetowe o wysokości ok. 0,87 m (nie licząc grubości płyty, razem z płytą ich grubość wynosi 1,10 m) i szerokości 0,65 m. Zadaniem bloków jest kompensacja przemieszczeń i odkształceń nawierzchni przed obiektami mostowymi.

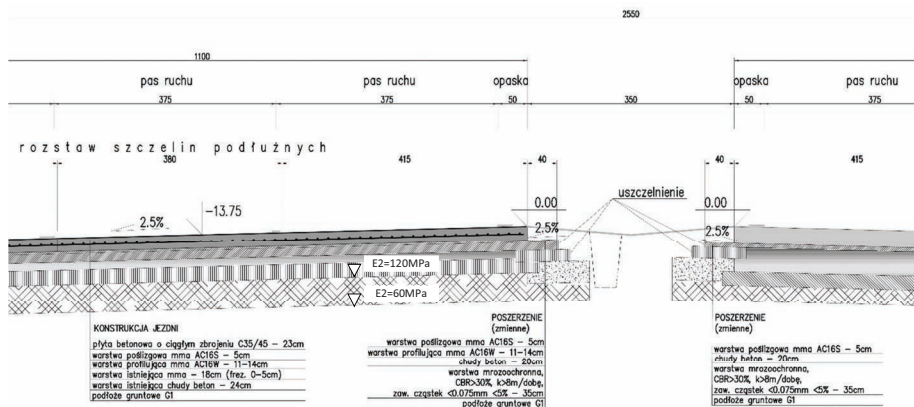
Wymienioną powyżej konstrukcję eksperymentalną zdecydowano się wy-



9. Schemat lokalizacji zbrojenia w nawierzchni



10. Budowa nawierzchni o ciągłym zbrojeniu
a) układanie betonu; b) wykonana nawierzchnia



11. Przekrój konstrukcji nawierzchni na autostradzie A2 o ciągłym zbrojeniu

budować w celu zebrania doświadczeń jak będą się zachowywały te konstrukcje w polskich warunkach ruchowych, środowiskowych oraz utrzymaniowych. Prace budowlane prowadzono w miesiącu październiku 2005 r. Po kilku dniach na nawierzchni pojawiły się włoskowate pęknięcia poprzeczne przebiegające przez całą szerokość nawierzchni w odstępach ok. 1,0 do 2,5 m.

Projektowanie nawierzchni ze zbrojeniem ciągłym polega na ograniczeniu rys powstających w wyniku obciążenia od ruchu drogowego oraz oddziaływań środowiskowych. Stopień zbrojenia wynosi od 0,6 do 1%. Przy większym stopniu zbrojenia zwiększa się rozstaw spękań. Zbrojenie powinno być zlokalizowane min. 8 cm od powierzchni nawierzchni. Umiejscowienie zbrojenia powyżej środka płyty hamuje rozwarcie rys. Rozstaw rys zależy również od zastosowanej podbudowy i związanego z tym współczynnika tarcia od którego zależy rozstaw rys poprzecznych. Najlepsze są podbudowy z dużym współczynnikiem tarcia w naszym przypadku z chudego betonu. Najgorsze z kruszywa, pośrednie z mieszanki mineralno-asfaltowej. Optymalna rozwartość rys nie powinna być większa niż 0,5 mm. Zapobiega to penetracji środków zimowego utrzymania. Maksymalne rozwarcie nie powinno przekraczać 1 mm.

Na rys. **10** pokazano sposób układania nawierzchni oraz widok ułożonej nawierzchni.

Drugi odcinek eksperymentalny, również zaprojektowany przez autora, nawierzchni o ciągłym zbrojeniu zastosowano na autostradzie A2 o długości ok. 1500 m. Odcinek jest zlokalizowany pomiędzy odcinkiem koncesyjnym autostrady a granicą Państwa.

Różnica polega w porównaniu z A4 na zastosowaniu podbudowy z mieszanki mineralno-asfaltowej. Ponadto na sąsiedniej jezdni zdecydowano się zastosować nawierzchnię tradycyjną z dyblami i kotwami. Ma to służyć obserwacjom i ocenie zachowania się tych dwóch typów nawierzchni w ciągu eksploatacji, jak również umożliwić analizę kosztów utrzymania tych nawierzchni.

Na rys. 11 pokazano przekrój poprzeczny konstrukcji nawierzchni na autostradzie A2.

W 2022 roku wybudowano następujący

odcinek tego typu na drodze ekspresowej S7 o długości ok. 2 km.

Trwałość zmęczeniowa nawierzchni bez szczelin poprzecznych o tzw. zbrojeniu ciągłym wynosi ponad 100 mln osi 115 kN. Nawierzchnie te są nawierzchniami długowiecznymi.

W Katedrze realizowany był grant z serii Rozwój Innowacji Drogowych finansowany przez NCBiR i GDDKiA pt: *Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu – zadanie Recykling nawierzchni betonowych*. W ramach tego grantu opracowano *Wytyczne wykorzystania materiałów pochodzących z recyklingu nawierzchni betonowych*. Zastosowano innowacyjną metodę recyklingu nawierzchni betonowych za pomocą metody rezonansowej, która pozwala na rozdrobnienie płyt betonowych *in situ* na kruszywo o uziarnieniu 0/63, które może stanowić warstwę podbudowy lub wzmacniającą podłoże pod nową nawierzchnię. W wytycznych zaproponowano metody recyklingu nawierzchni betonowych i metody badań i ocenę przydatności materiału recyklowanego do powtórnego wbudowania w nawierzchnie drogowe. Na rys. 12 pokazano odprężanie nawierzchni betonowej za pomocą metody rezonansowej oraz widok nawierzchni po odprężeniu.

Innym grantem realizowanym w ramach programu TECHMATSTRATEG w Katedrze był grant pt: *Innowacyjna technologia wykorzystująca optymalizację środka wiążącego przeznaczonego do technologii recyklingu głębokiego na zimno konstrukcji nawierzchni zapewniająca jej trwałość eksploatacyjną*. W granicy wykorzystano materiały będące ubocznym produktem w produkcji cementu i zastosowano jako spoiwo w mieszan-



12. Odprężanie nawierzchni betonowej metodą rezonansową i widok odprężonej nawierzchni

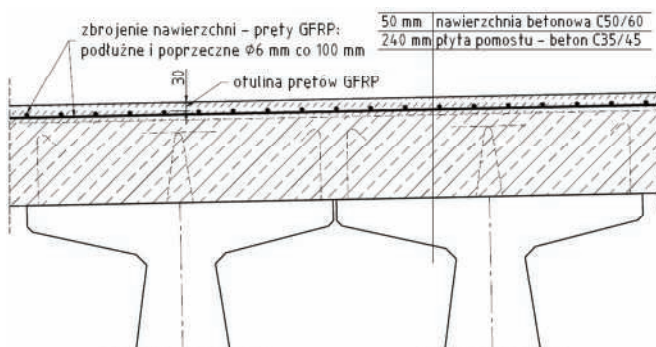


13. Wbudowywanie warstw MCE z innowacyjnym środkiem wiążącym

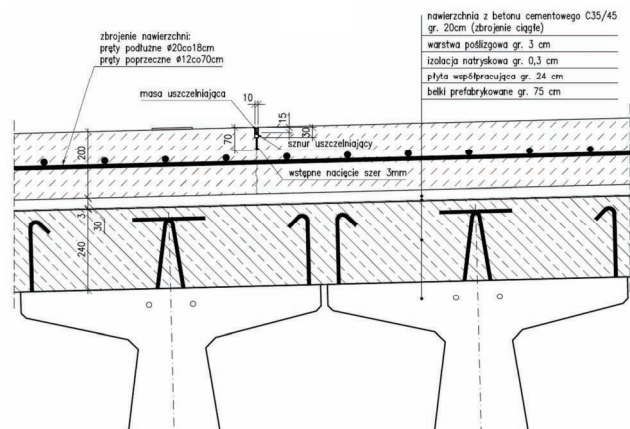
kach mineralno-cementowo-emulsyjnych (MCE) w których zastosowano również materiał pochodzący z recyklingu istniejących wyeksploatowanych nawierzchni drogowych. Materiał ten sprawdzono na rzeczywistej konstrukcji nawierzchni. Dla innowacyjnej technologii Opracowano wytyczne do stosowania w nawierzchniach drogowych. Na rys. 13 pokazano budowę eksperymentalnej nawierzchni.

Kolejnym grantem realizowanym w Katedrze był grant z programu GO-SPOSTRATEG pt: *Optymalizacja inwestycji drogowych w zakresie dostosowania sieci dróg krajowych do ruchu pojazdów ciężarowych o nacisku osi do 11,5 ton*. W granicy zaproponowano algorytmy pozwalające optymalizować prace na sieci drogowej w zakresie doprowadzenia jej do przenoszenia obciążeń pojazdami o nacisku osi do 11,5 ton.

Z inicjatywy autora w porozumieniu z GDDKiA zdecydowano się na wybudowanie eksperymentalnych nawierzchni betonowych na 10 obiektach mostowych na drodze ekspresowej S7. Obiekty te znajdują się na drodze S7 o nawierzchni z betonu cementowego. Dotychczasowa technologia stosowania nawierzchni z mieszanek mineralno-asfaltowych na obiektach w ciągu drogi o nawierzchni betonowej nie zdała egzaminu z powodu degradacji w obrębie połączenia nawierzchni betonowej z nawierzchnią z mieszanek mineralno-asfaltowych. Po uzyskaniu odstępstw od warunków technicznych Minister Infrastruktury wyraził zgodę na realizację tego zadania pod warunkiem, że będzie powołany nadzór naukowy. Katedra Dróg z Politechniki Wrocławskiej sprawowała nadzór nad nawierzchniami betonowymi na obiektach a Ka-



14. Przekrój poprzeczny pogrubionej żelbetowej płyty pomostu obiektu mostowego bez klasycznej warstwy górnej



15. Przekrój poprzeczny żelbetowej płyty pomostu obiektu mostowego z nawierzchnią betonową o ciągłym zbrojeniu



16. Widok nawierzchni betonowej na obiekcie mostowym (droga S7)

tedra Mostów z Politechniki Rzeszowskiej sprawowała nadzór naukowy nad obiektami. Na sześciu obiektach mostowych zastosowano technologię żelbetonowej płyty pomostu bez nawierzchni, na czterech kolejnych nawierzchnię betonową o zbrojeniu ciągłym, układaną na warstwie poślizgowej (tzw. nawierzchnię pływającą) [6]. Na rys. 14 przedstawiono przekrój obiektu z pogrubioną płytą pomostową, gdzie górna warstwa jest nawierzchnią drogową.

Na rys. 15 pokazano przekrój poprzeczny obiektu mostowego z nawierzchnią betonową o ciągłym zbrojeniu bez szczelin poprzecznych.

Pomiary wykonane na nawierzchni wykazały, że nawierzchnie spełniają wymagania odnośnie równości podłużnej i poprzecznej oraz w zakresie wymaganego współczynnika tarcia. Na rys. 16 pokazano widok nawierzchni betonowej na obiekcie mostowym.

Wybrane dokumenty techniczne wykonane przez Katedrę

Katedra Dróg i Lotnisk PWr. ma również swój wkład w opracowanie dokumentów technicznych stosowanych do projektowania i budowy dróg. W latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku we współpracy z IBDIM opracowano: *Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych*, Warszawa 1997, oraz *Katalog Wzmocnień i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych*, Warszawa, 2001.

Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad w 2012 roku zleciła do Katedry opracowanie *Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztywnych* (rys. 17). Z katalogu korzystają projektanci oraz inwestorzy. Według Katalogu zostało zaprojektowanych i wybudowanych ponad 1000 km autostrad i dróg ekspresowych w Polsce oraz ponad 6000 km dróg samorządowych o na-

wierzchni z betonu cementowego.

W Katalogu wprowadzono również nawierzchnie bezdylatacyjne.

Katedra brała czynny udział przy opracowywaniu *Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych* w zakresie budowli ziemnych, nawierzchni oraz użytkowania dróg (2022 r).

Ponadto Katedra uczestniczyła w przygotowaniu Wzorców i Standardów tj. wytycznych do projektowania elementów dróg. Poniżej zestawiono te dokumenty (rys. 18):

WRD – 83-1 – Wytyczne utrzymania dróg samorządowych. Cz.1. Wymagania podstawowe

WRD- 83 – 2 - Wytyczne utrzymania dróg samorządowych. Cz.2. Diagnostyka

WRD – 83 – 3 - Wytyczne utrzymania dróg samorządowych. Cz.3. Katalog typowych rozwiązań materiałowo – technologicznych stosowanych przy remontach.

WRD – 64 – Wytyczne określania cech powierzchniowych nawierzchni jezdni i innych części dróg.

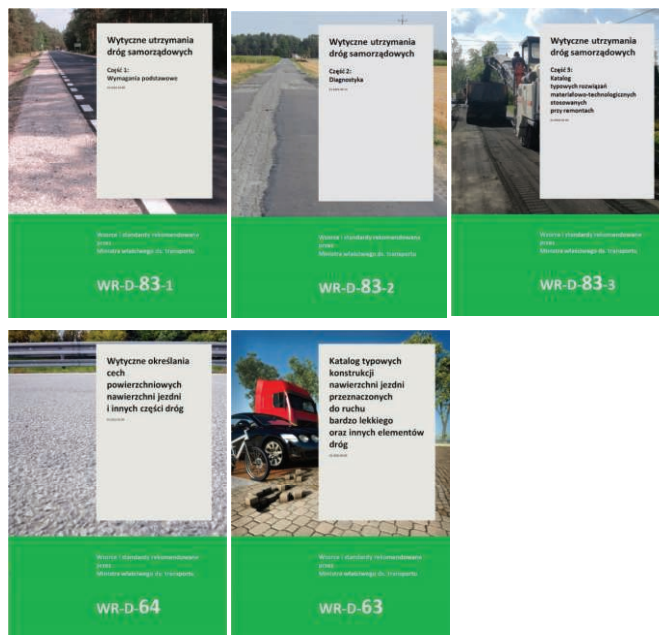
WRD – 63 – Katalog typowych konstrukcji nawierzchni jezdni przeznaczonych do ruchu bardzo lekkiego oraz innych elementów dróg.



Lp.	Rodzaje pojazdów	Przykładowe typy sylwetek pojazdów	Współczynnik przeliczeniowy r	
			OS standardowa 100 kN	OS standardowa 115 kN
1.	Samochody ciężarowe bez przyczep		0,347	0,130
2.	Samochody ciężarowe z przyczepami oraz ciągniki siodłowe z naczepami		3,946	1,483
3.	Autobusy		0,530	0,199

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (min os 100 kN)	≤ 0,15	0,15 – 0,75	0,75 – 6,39	6,39 – 15,99	15,99 – 42,63	42,63 – 101,25	> 101,25
Ruch projektowy (min os 115 kN)	≤ 0,06	0,06 – 0,28	0,28 – 2,40	2,40 – 6,00	6,00 – 16,00	16,00 – 38,00	> 38,00
Typ I							
	niedyblowana	niedyblowana	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona
Legenda: warstwa nawierzchniowa z betonu cementowego warstwa podbudowy z mieszanki kruszywa C40 wymagany wólcowy moduł osi obciążenia E2							

17. Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztywnych



18. Zestawienie opracowanych przez Katedrę Wzorców i Standardów



19. Prognozy ruchu dla autostrady A4 oraz AOW i innych dróg krajowych i wojewódzkich wokół Wrocławia



20. Prognozy ruchu dla dróg wokół Szczecina

Wkład Katedry w zakresie modelowania i prognozowania ruchu

Kształtowanie sieci drogowej jest procesem długotrwałym, wymagającym stosowania aktualnej wiedzy i doświadczeń „dobrej praktyki” w zakresie planowania zagospodarowania przestrzennego i planowania transportu, w tym planowania sieci drogowej.

Jednym z elementów do oceny i kształtowania sieci drogowej są badania i prognozy ruchu drogowego (nie tylko).

Analizy i prognozy ruchu drogowego są wykorzystywane do uzyskania merytorycznych podstaw oceny i ewaluacji: a) warunków ruchu drogowego, b) bezpieczeństwa ruchu drogowego (w tym analizy potrzeb zastosowania sygnalizacji świetlnej), c) zasadności wyboru korytarza drogowego lub rozwoju sieci dróg, d) zasadności i efektywności ekonomicznej realizacji inwestycji, e) prawidłowości przyjętych parametrów inwestycji (geometria, konstrukcja nawierzchni), f) wpływu na środowisko oraz działań o nim uświadamiających.

Katedra prowadzi prace badawcze w zakresie modelowania i prognozowania ruchu drogowego. Poniżej wymieniono kilka wykonanych prac na inwestycjach, które mają istotny wpływ na rozwój sieci drogowej w Polsce.

Wykonano studia ruchowe i prognozę ruchu dla Autostradowej Obwodnicy Wrocławia i autostrady A4 [8, 12] rys. 19). Studia te istotnie przyczyniły się do tego, że autostradę wybudowano o trzech pasach ruchu w każdym kierunku.

ku.

Ważne studia ruchowe wykonano dla Szczecina i dróg krajowych i samorządowych przebiegających w pobliżu tej aglomeracji [9, 10, 11]. Ciekawym przedsięwzięciem było opracowanie prognozy ruchu dla północno-zachodniej obwodnicy Szczecina. Aktualnie przystępuje się do budowy tej obwodnicy w ciągu której będzie najdłuższy tunel drogowy w Polsce o długości ponad 5 km (rys. 20).

W Katedrze opracowano ponad 70 opracowań (raportów) dotyczących prognoz ruchu. Oprócz wymienionych powyżej opracowano jeszcze: prognozę ruchu dla autostrady A4 na odcinku Przeworsk – Korczowa. Dla drogi ekspresowej S8 Wrocław – Syców, wschodniej obwodnicy Wrocławia, drogi ekspresowej S3 Szczecin – Gorzów Wlkp., drogi ekspresowej S11 w ciągu obwodnicy Szczecinka, drogi ekspresowej S6 Goleniów – Słupsk, Dk14 Stryków – Łódź i inne.

Wybrana działalność naukowa Katedry

Działalność naukowa Katedry koncentruje się na następujących zagadnieniach (rys. 21):

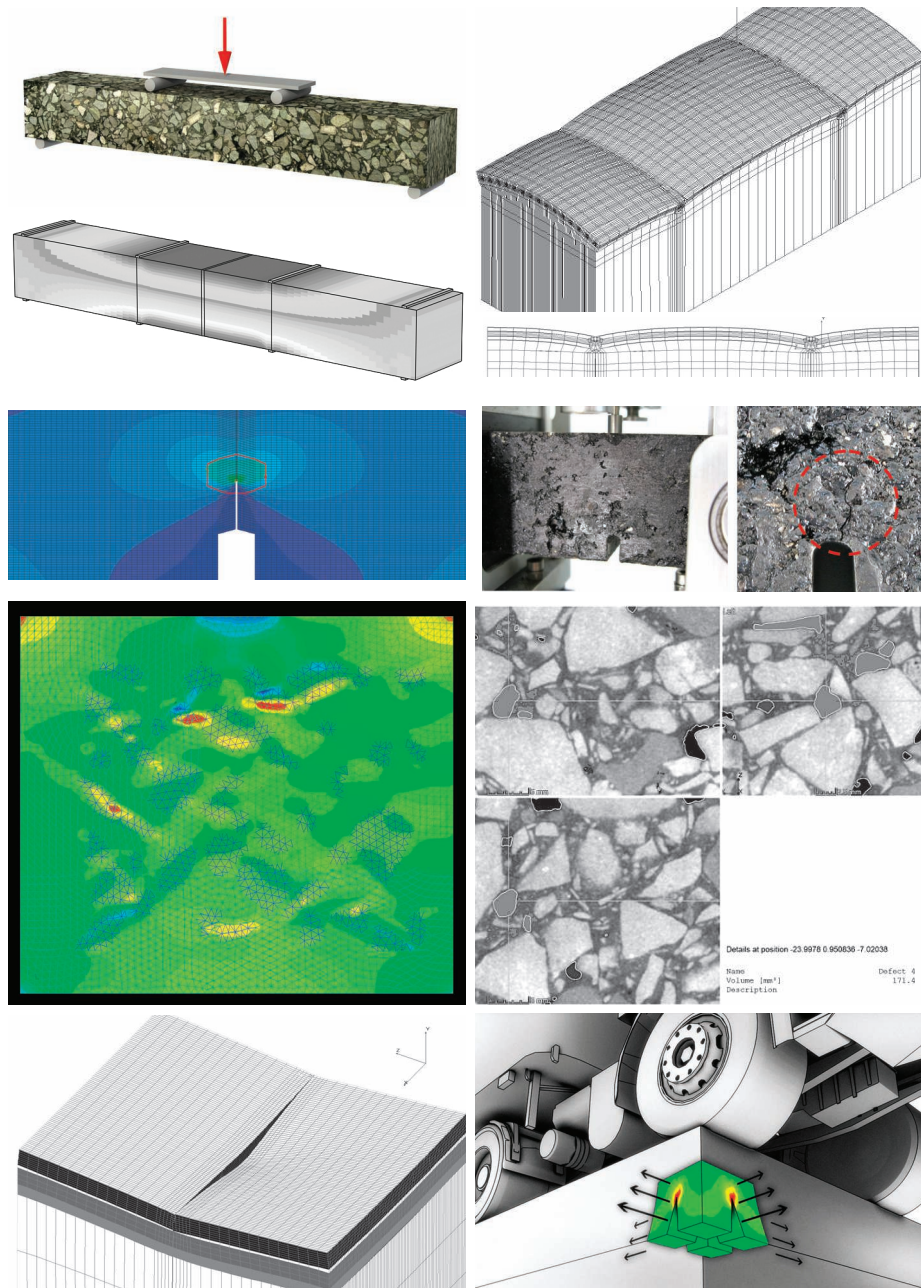
- studia nad modelami nawierzchni drogowych i lotniskowych,
- badania identyfikacyjne parametrów modeli nawierzchni drogowych i lotniskowych,
- badania właściwości zmęczeniowych, odkształceniowych i wytrzymałościowych materiałów

drogowych takich jak: mieszanki mineralno-asfaltowe (w tym modyfikowane miazem gumowym), betony cementowe, mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjne, grunty i kruszywa stabilizowane cementem, grunty i kruszywa wzmocnione geosyntetykami,

- analiza pękania zmęczeniowego w nawierzchniach drogowych;
- mikromodelowanie procesów zmęczeniowych materiałów drogowych;
- analiza termiczna zjawisk zachodzących w nawierzchniach betonowych
- wtórne wykorzystanie materiałów drogowych pochodzących z recyklingu,
- oddziaływanie dynamiczne pojazdów samochodowych na nawierzchnie drogowe,
- modelowanie ruchu drogowego na obszarach miejskich,
- planowanie systemów transportowych.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono wybrane znaczące osiągnięcia Katedry Dróg i Lotnisk w zakresie wdrożeń nowych technologii i rozwiązań konstrukcyjnych na sieci drogowej w Polsce, realizowanych w ramach grantów, współpracy z jednostkami gospodarczymi bądź administracyjnymi. Za działalność naukową, badawczą, wdrożeniową, dydaktyczną pracownicy Katedry byli wielokrotnie odznaczani orderami i nagrodami Pre-



21. Wybrane zagadnienia naukowe Katedry

miera, Ministra, Szefa Techniki Wojska.

Krzyż Oficerski Odrodzenia Polski za wkład w rozwój infrastruktury transportowej w kraju otrzymał prof. Antoni Szydło. Krzyże Kawalerskie Odrodzenia Polski otrzymali: prof. Jan Różycki, prof. Bogdan Stypułkowski, doc. Ryszard Pilulski, prof. Antoni Szydło. Nagrodę Premiera za pracę habilitacyjną otrzymał dr hab. inż. Piotr Mackiewicz. Nagrody Ministra otrzymali: prof. Jan Różycki, prof. Bogdan Stypułkowski, doc. Pilulski, prof. Antoni Szydło, dr hab. inż. Piotr Mackiewicz, prof. P.Wr. Nagrodę Szefa Techniki Wojska za wdrożenie metody ACN – PCN otrzymał prof. Antoni Szydło. Senat Politechniki Wrocławskiej nadał prof. Antoniemu Szydło tytuł Professor Ma-

Materiały źródłowe

- [1] Szydło A., Metodyka badań nośności jezdni lotniskowych, Drogownictwo nr 7-8, 1991 r.
- [2] Szydło A., Statyczna identyfikacja parametrów modeli nawierzchni lotniskowych., Prace Naukowe Instytutu Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej, nr 45, Wrocław, 1995
- [3] Budowa autostrady A4 odcinek Wrocław – Nogowczyce. Materiały z konferencji. Tom pod redakcją Jana Biliszczuka i Antoniego Szydły, Wrocław, czerwiec, 2001
- [4] Szydło A., Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego, Polski Cement, Kraków 2004 r.

- [5] Szydło A., Mackiewicz P., Nawierzchnie betonowe na drogach gminnych, Poradnik, Polski Cement, Kraków 2005 r.
- [6] Siwowski T., Szydło A., Rajchel M., Pierwsze krajowe zastosowanie nawierzchni betonowej na obiektach mostowych . Materiały budowlane nr 4/2022.
- [7] Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztywnych, GDDKiA, Warszawa, 2014.
- [8] Kruszyna M., Szydło A., „Prognoza ruchu dla Autostradowej Obwodnicy Wrocławia uwzględniająca wpływ nowych generatorów ruchu”, Raport Instytutu Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej z serii SPR 12/2006.
- [9] Gasz K., Kruszyna M., Szydło A. „Model rozkładu ruchu na drogach krajowych i wojewódzkich wokół Szczecina”. Raport Instytutu Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej z serii SPR 14/2007.
- [10] Gasz K., Kruszyna M., Szydło A. „Prognoza i analizy ruchu dla drogi ekspresowej S3 na odcinku Szczecin – Gorzów Wielkopolski”. Raport Instytutu Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej z serii SPR 7/2009.
- [11] Szydło A., Gasz K., Kruszyna M. „Prognoza i analizy ruchu dla Zachodniej Obwodnicy Szczecina” Raport serii SPR 6/2010.
- [12] Mackiewicz P., Gasz K., Wardęga R. Analiza porównawcza warunków ruchu na odcinku autostrady A4 Kostomłoty - Wrocław Wschód/ Stary Śleszów, przedstawionych w Analizie i Prognozie Ruchu w 2022 r. dla A4 Legnica Południe - Wrocław Wschód/Stary Śleszów wykonanych w ramach zadania Budowa/ rozbudowa autostrady A4 Legnica Południe (z węzłem) - Wrocław Wschód (bez węzła)/Stary Śleszów (z węzłem) i budowa drogi ekspresowej S5 Sobótka - Bolków z obecnymi warunkami ruchu i zaktualizowanymi założeniami do prognozy ruchu. Raport SPR 8/2025.

Czy strefy czystego transportu to dobry pomysł?

Are Low Emission Zones a good idea?



Jacek Makuch

Dr inż.

Politechnika Wrocławska
Katedra Dróg, Mostów, Kolei i
Lotnisk

jacek.makuch@pwr.edu.pl
ORCID: 0000-0001-6052-0970

Streszczenie: W artykule rozpoznano pewne negatywne aspekty rozwiązań polegających na tworzeniu w miastach różnego rodzaju stref. Zwrócono uwagę, że uciążliwość transportu nie ogranicza się jedynie do zanieczyszczenia powietrza, ale obejmuje również problemy związane z hałasem i terenochłonnością. Dokonano przeglądu pojazdów poruszających się po ulicach naszych miast pod względem poziomu generowanego hałasu. Zwrócono uwagę na nierzetelność przedstawianych niekiedy porównań zajętości terenu przez różnego rodzaju środki transportu. Zauważono problem „podrzucania” swoich spalin innym. Odniesiono się do zagadnień takich jak zrównoważony rozwój i elektromobilność oraz zjawisk takich jak moda i konsumpcjonizm. Zaproponowano pewne nowe rozwiązania. W podsumowaniu sformułowano wnioski z przeprowadzonych rozważań.

Słowa kluczowe: Ekologia; Zrównoważony rozwój; Elektromobilność; Uciążliwość transportu

Abstract: This article identifies some of the negative aspects of solutions involving the creation of various types of zones in cities. It notes that the burden of transport is not limited to air pollution but also encompasses problems related to noise and land consumption. It reviews the noise levels of vehicles circulating on the streets of our cities. It highlights the unreliability of sometimes presented comparisons of land use by different types of transport. The problem of "throwing" one's exhaust fumes to others has been noticed. It addresses issues such as sustainable development and electromobility, as well as phenomena such as fashion and consumerism. Some new solutions are proposed. The conclusions drawn from the analysis are presented.

Keywords: Ecology; Sustainable development; Electromobility; Transport nuisance

Wstęp

Słyszając o planach czy wdrożeniach stref czystego transportu w polskich miastach przychodzi mi na myśl znane stwierdzenie jednego z naszych prezydentów: „jestem za, a nawet przeciw” – bo dlaczego tylko „strefy”, i dlaczego tylko „czystego”? Po takim wstępie część czytelników może pomyśleć, że tak naprawdę jestem przeciwnikiem tworzenia stref czystego transportu i staram się tę inicjatywę torpedować. Nie, chwala wszystkim którzy podejmują działania w kierunku ochrony naszego naturalnego środowiska. Mam natomiast pewne obawy, że jeśli się za to źle zabierzemy na samym początku, to oprócz ewidentnie pozytywnych efektów, możemy również wygenerować pewne negatywne zjawiska. Większość czytelników zapewne mi zarzuci, że przecież i tak od czegoś trzeba zacząć – od pojedynczych i niewielkich stref, których liczba i powierzchnia bę-

dzie się zwiększała, i na razie tylko od problemu emisji spalin, a dopiero później będzie można uwzględnić inne aspekty uciążliwości transportu. Niby racja, ale czy aby na pewno nie można tego zrobić od samego początku nieco inaczej, tak aby osiągnąć pożądany efekt, ale minimalizując jednocześnie ryzyko wystąpienia negatywnych skutków ubocznych?

Problem strefowania

Moim zdaniem idea czystego transportu w postaci ustanawiania tylko pewnych wydzielonych jego stref, nie do końca jest słuszna. To tak, jakbyśmy przykładowo chcieli mieć zdrową tylko lewą rękę i prawą stopę, a pozostałe części naszego ciała – już niekoniecznie. Moim zdaniem działania w tym zakresie należy podejmować w skali całej sieci transportowej, a nie tylko wybranych jej obszarów.

Obecnie promowane podejście – w

postaci tworzenia jedynie stref czystego transportu, być może bierze się z analogii do stref zamieszkania, czy stref ograniczonej prędkości, których organizowanie w miastach jest jak najbardziej uzasadnione, co wynika z naturalnej hierarchizacji poszczególnych elementów sieci transportowych, gdyż rozsądne jest, aby w przypadku ulic dojazdowych i lokalnych takie strefy zakładać, natomiast ulice główne i ruchu przyspieszonego powinny z takich stref być wyłączone. Jednakże automatyczne przenoszenie tego modelu na zagadnienie czystego transportu jest moim zdaniem niekorzystne. Tak, powinniśmy dbać o to, aby ulicami położonymi w centrach miast poruszały się pojazdy jak najmniej zanieczyszczające środowisko, ale nie znajduję uzasadnienia, aby z tego rezygnować w przypadku pozostałych obszarów.

Promocja czystego transportu w postaci tworzenia tylko pewnych wydzielonych jego stref, kłóci się z zasa-

dami zrównoważonego rozwoju – rozumianego dosłownie, czyli w sensie obszarowym. Będzie to prowadzić do podziału tkanki miejskiej na rejony z lepszymi i gorszymi warunkami do zamieszkiwania. Podobnie jak niektóre miejsca w naszym kraju doświadczają obecnie wykluczenia komunikacyjnego, promując czysty transport w formie stref obejmujących tylko wybrane rejony, możemy sobie zafundować kolejny problem, w postaci obszarów wykluczenia „dogodnych warunków zamieszkiwania” – w miejscach, których nie obejmą strefy czystego transportu.

Dobrym komentarzem opisywanych zagadnień może być przykład Zurychu, choć dotyczący nieco innego problemu. Na początku lat 70-tych władze tego miasta zapytały jego mieszkańców (w formie referendum) czy aby poprawić obsługę transportową – lepiej jest zacząć „od zera” budowę sieci linii metra, czy może lepiej te same środki przeznaczyć na modernizację i rozbudowę istniejącej już sieci tramwajowej? Mieszkańcy Zurychu wybrali to drugie rozwiązanie, gdyż budowa nawet kilku linii metra z pewnością poprawiłaby obsługę komunikacyjną miasta, ale tylko w kilku wybranych wąskich korytarzach transportowych, natomiast modernizacja sieci tramwajowej dawała większą gwarancję poprawy funkcjonowania sieci transportowej w skali całego miasta.

Promocja czystego transportu w postaci tworzenia jego stref, niestety może generować pewne negatywne skutki

uboczne. Część mieszkańców, niezadowolona z zakazu wjazdu do tych stref pewnych rodzajów pojazdów, może być zainteresowana przeniesieniem się w rejony podmiejskie, co tylko dodatkowo napędzi negatywne zjawisko rozlewania się miast (urban sprawl), które w Polsce obserwujemy już od ponad trzydziestu lat. Kolejny negatywny skutek, to możliwość „ucieczki” ze stref czystego transportu handlowców i przedsiębiorców, co będzie powodowało degradowanie tych rejonów (z powodu pogorszenia oferty handlowej oraz miejsc pracy) i przekształcało z wielofunkcyjnych, w tak zwane „miejskie sypialnie”. Pozostaje to w sprzeczności z promowaną od pewnego czasu ideą miasta piętnastominutowego.

Nieodłącznym problemem związanym z tworzeniem niektórych typów stref są ich granice. Wszelkie niekorzystne zjawiska, które udaje się wyeliminować z wnętrza stref, pojawiają się niestety ze zwielokrotnioną intensywnością tuż za jej granicami. Tak było w przypadku wprowadzania stref płatnego parkowania, wewnątrz których możliwość zaparkowania ulegała znacznej poprawie, natomiast tuż przy ich granicach – znacznie się pogarszała.

W podsumowaniu tej części rozważań chciałbym się odwołać do słów Kazika Staszewskiego śpiewającego w jednej z piosenek zespołu Kult: „moja ulica murem podzielona, świeci neonami prawa strona, lewa strona cała wygaszona, zza zasłony obserwuję

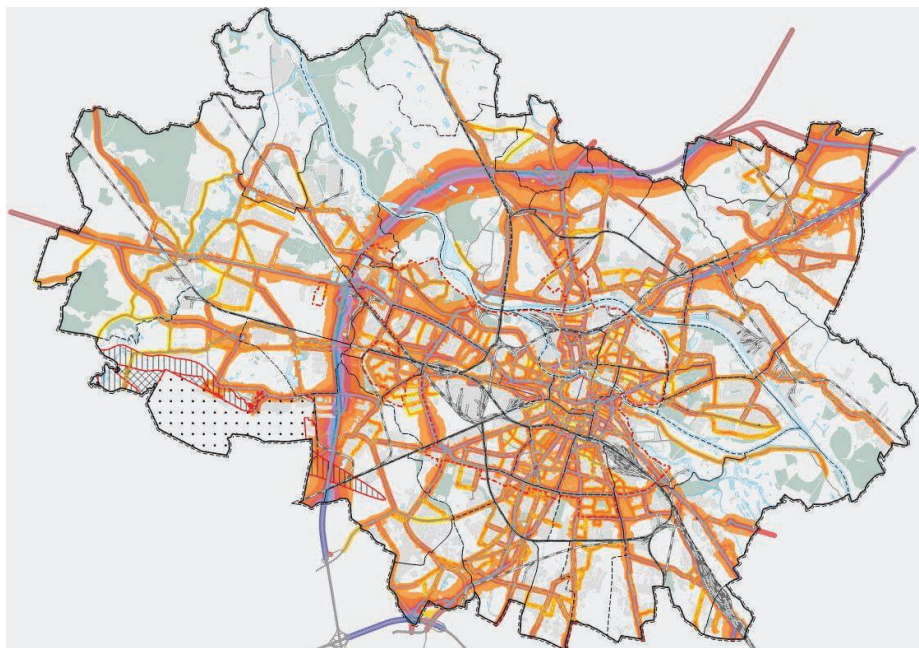
obie strony, lewa strona nigdy się nie budzi, prawa strona nigdy nie zasypia ...”. Czy właśnie tak chcielibyśmy rozwijać nasze miasta – dzielić je na rejony z lepszymi i gorszymi warunkami do zamieszkiwania?

Drugim zagadnieniem jakie chciałbym poruszyć, to odpowiedź na pytanie, czy ograniczanie się wyłącznie do tego, aby transport był czysty (czyli dbanie tylko o jakość powietrza) nie jest pewnym uproszczeniem problemu. Generalnie przecież chodzi nam o to, aby minimalizować wszelkie możliwe uciążliwości wynikające z transportu, czyli nie tylko aby był on czysty, ale też na pewno cichy, i aby nie zajmował zbyt dużo przestrzeni.

Problem hałasu

Od kilku lat władze dużych miast (powyżej 100 tys. mieszkańców) mają obowiązek sporządzania map akustycznych (rys.1). W oparciu o nie opracowywane są programy ochrony mieszkańców przed hałasem. Działania te obejmują instalowanie ekranów akustycznych, budowę „cichych” nawierzchni drogowych i tramwajowych (z wykorzystaniem elastomerów), dofinansowanie mieszkańcom wymiany okien na bardziej dźwiękoszczelne i tym podobne. Natomiast kompletnie niezauważany jest fakt (i nic się z tym nie robi), iż tymi samymi ulicami poruszają się pojazdy generujące bardzo odmienne poziomy hałasu.

Współczesne samochody osobowe są bardzo ciche. Idąc pieszo przez miasto chodnikiem położonym przy jezdni, jeśli kierowcy jadą z przepisową prędkością i na odpowiednim biegu, słyszymy praktycznie szum przejeżdżających samochodów, delikatny odgłos toczenia się gumowych kół po nawierzchniach najczęściej asfaltobetonowych, właściwie nie słyszy się już odgłosu pracy silnika (no może lekko – jeśli przejeżdża samochód z silnikiem Diesla). Ale niestety są wyjątki: tuningowane samochody z „rajowymi” tłumikami, albo z silnikami V8 (amerykańskie „krążowniki szos”), no i oczywiście większość motocykli (szczególnie Harley’e albo „ścigacze”), ale też małe skutery i motorowery, a na koniec quady i motocykle crossowe. Głośne są również ciężarówki i pewne pojazdy



1. Mapa akustyczna Wrocławia z 2022 roku [1]

specjalistyczne (na przykład śmieciarki czy pojazdy budowlane), ale tego akurat nie unikniemy, gdyż miasto trzeba sprzątać i remontować na bieżąco, natomiast ruch innych pojazdów ciężarowych w obszarach miejskich, przeważnie jest minimalizowany.

Natomiast tramwaje – niby ciche (bo elektryczne), ale nie do końca. Współczesne tramwaje niskopodłogowe są cięższe od swoich wysokopodłogowych poprzedników, a przez to w miejscach przejazdu przez krzyżownice oraz spoiny termitowe generują one większy hałas i drgania do otoczenia. Zafundowano nam nowoczesność w postaci tramwajów niskopodłogowych, niestety bez wdrożenia nowoczesnych rozwiązań w zakresie torów – takich które korespondowałyby ze zmianami, jakie dokonały się w konstrukcji taboru tego środka transportu. Szczególnie problem hałasu towarzyszącego przejazdowi tramwajów po spoinach termitowych (co 15 m dla szyn główekowych i co 18 m dla szyn rowkowych) stanowi jaskrawy przykład cofnięcia się o wiele lat wstecz – do okresu kiedy w transporcie szynowym nie stosowano jeszcze torów bezstykowych, a przejazdom pociągów towarzyszył charakterystyczny rytmiczny odgłos stukotu kół wpadających w „luzy” klasycznych styków łubkowych. W przypadku spoin termitowych, po zaledwie kilku latach ich eksploatacji - odgłos ten jest łudząco podobny.

W przypadku autobusów miejskich, w początkach „ery niskopodłogowej” również wystąpił podobny problem. Pierwsze krajowe autobusy niskopodłogowe (Jelcze serii 120) były znacznie głośniejsze od wysokopodłogowych poprzedników (modelu PR 110). Wydawały bardzo głośne odgłosy przypominające prychanie i gwizdanie, ponadto ich silniki w wyniku zastosowania automatycznych skrzyń biegów pracowały na wysokich obrotach, nawet w przypadku poruszania się z niewielkimi prędkościami. Na szczęście obecnie oferowane przez producentów autobusy miejskie nie posiadają już takich niedoskonałości.

Oceniając poziom hałasu generowany w miastach przez współczesne pojazdy spalinowe, moje obserwacje są następujące:

- „dwuślady” w zdecydowanej więk-

szości są ciche, i tylko pojedyncze samochody bywają głośne - gdyż albo wiekowy, albo tuningowany na „rajdowy”, albo też „krążownik szos”,

- z „jednośladami” jest natomiast dokładnie na odwrót, zdecydowana większość motocykli, motorowerów i skuterów jest głośna, a tylko pojedyncze są ciche - co jednakże (i na szczęście) przeczy tezie (podnoszonej często przez fanów spalinyowych jednośladów), że nie da się technicznie wyprodukować cichego pojazdu tego typu,
- a na koniec quady i motocykle crossowe - one z definicji są głośne.

A jak to się wszystko ma do stref czystego transportu? Otóż ustanawiając takie strefy i określając jakie pojazdy nie będą się mogły po nich poruszać - wprowadza się pewne wyjątki, najczęściej dotyczą one pojazdów specjalnych, zabytkowych, ale również motocykli - i to wszystkich !!! (nieważne w jakim wieku, jakiej pojemności, głośnie czy cichych). Moim zdaniem może to wygenerować bardzo niekorzystne zjawisko polegające na tym, że kierowcy samochodów, które nie będą mogły wjeżdżać do takich stref, przesiadą się na znacznie głośniejsze jednoślady. Uważam, że tak jak w przypadku wprowadzania ograniczeń wjazdu samochodów ustala się pewne ich parametry graniczne - analogicznie powinno to dotyczyć motocykli, skuterów i motorowerów.

Odnosząc się natomiast ogólnie do problemu hałasu generowanego przez środki transportu, osobiście uważam, że powinien on być traktowany na równi z problemem emisji spalin. Czyli analogicznie, tak jak podczas przeglądów rejestracyjnych pojazdów spalinyowych kontrolowany jest poziom emitowanych przez nie spalin, tak samo powinien być kontrolowany poziom emisji hałasu. Pojazdy przekraczające akceptowalne wartości tego parametru (w tym na pewno samochody z „rajdowymi” tłumikami) nie powinny być dopuszczane do ruchu.

Jestem w stanie zrozumieć, że niektórzy ludzie mają takie potrzeby, aby od czasu do czasu „wyszaleć się” na quadzie, czy motocyklu crossowym, albo zawsze marzyli o tym, aby kupić sobie

Harley’a, „ścigacza”, czy „krążownika szos”, albo też są fanami sportów motorowych i chcą aby ich samochód wydawał odgłosy takie, jakie mają okazję słyszeć na imprezach sportowych tego typu. Ale czy to jest wystarczający argument, aby z tego powodu „katować” całą resztę Bogu ducha winnych ludzi na tym świecie, którzy takich potrzeb nie odczuwają?

Tak samo jak przykładowo w golfie gra się na polach golfowych, tak samo też quadami i motocyklami crossowymi powinno się jeździć tylko po specjalnych, przeznaczonych do tego terenach, a nie po drogach publicznych. Jeśli ktoś chce uprawiać takie sporty, niech oprócz quada czy motocykla crossowego kupi sobie lawetę i na niej przewozi te pojazdy (tak samo, jak w przypadku profesjonalnych samochodów rajdowych).

Skoro współcześnie niektóre firmy motoryzacyjne oferują samochody z dodanym syntetycznym odgłosem pracy silnika, emitowanym z głośników w szoferce – może to jest świetne rozwiązanie dla fanów sportów motorowych, „krążowników szos”, Harley’ów i „ścigaczy” - niech samochody z silnikami V8 i motocykle będą ciche, a ten charakterystyczny odgłos, niech słyszy tylko jego kierowca - dzięki głośnikom w szoferce, czy słuchawkom w kasku.

A na koniec tej części rozważań, pewien problem dotyczący nawierzchni jezdni. Toczenie się gumowych opon kół jest najcichsze w przypadku nawierzchni asfaltobetonowych, nieco głośniejsze już w przypadku nawierzchni z betonu cementowego, natomiast zdecydowanie najgłośniejsze - w przypadku kostki kamiennej (choć zależy to jeszcze od jej równości). W tym świetle niekorzystnym zjawiskiem jest fakt, iż coraz częściej konserwatorzy zabytków oraz architekci miejscy nie zgadzają się na zamianę nawierzchni kostkowej na asfaltobetonową przy okazji przeprowadzanych remontów i modernizacji ulic miejskich. Dla mnie osobiście pouczające okazały się spaceru wrocławską ulicą Świętokrzyską (dojście od północy na Ostrów Tumski), gdzie na wysokości skrzyżowania z ul. Mieszka I następuje zmiana nawierzchni z asfaltobetonowej na kostkową. Wielokrotnie tamtędy spacerując, obok samochodów jadących z niewielkimi



2. Hulajnogi elektryczne na chodnikach blokujące ruch pieszych

prędkościami (rzędu 30 km/h), doświadczałem bardzo nieprzyjemnej skokowej zmiany poziomu hałasu, w momencie kiedy samochody te zjeżdżały z nawierzchni asfaltobetonowej i wjeżdżały na kostkę. Było to odczuwane przeze mnie, tak jak „uderzenie młotem w głowę”. Z kolei gdy samochody jechały w kierunku przeciwnym – to tak jakby „rozpyły się w powietrzu”. Wszystkim wrocławianom (szczególnie miejskim decydentom) polecam ten pouczający eksperyment.

Problem terenochłonności

Kolejny problem związany z uciążliwością transportu (poza spaliniami i hałasem) to zajętość miejsca. W publikacjach promujących proekologiczne formy transportu przedstawiane są niekiedy ilustracje pokazujące ile miejsca na jezdni zajmuje jeden autobus – przykładowo o pojemności stu pasażerów, a tuż obok kolejne ilustracje – przedstawiające porównawczo, ile miejsca na jezdni zajmuje stu rowerzystów, a ile też odpowiednia liczba samochodów osobowych, pozwalających na przewiezienie tychże stu osób [2, 3]. Największą zajętość miejsca generują oczywiście samochody osobowe, tak „na oko” – co najmniej 10 razy więcej, niż w przypadku autobusu, natomiast w przypadku rowerzystów – wychodzi prawie tak samo, jak dla autobusu. Niestety przedstawiane w ten sposób analizy są nierzetelne, gdyż nie uwzględniają rozlokowania tych pojazdów w warunkach ruchu. Aby dokonać miarodajnego porównania, rowerzyści na tych ilustracjach nie powinni stać obok siebie i jeden za drugim, powinni zaś jechać „gęsiego” ścieżką rowerową, z zachowaniem bezpiecznych odstępów. Należy ponadto uwzględnić czas zajętości powierzchni, który w przypadku rowerów (przy prędkości około

20 km/h) jest dwa razy dłuższy, niż dla autobusów czy samochodów (przy prędkości około 40 km/h). Przy takim sposobie analizowania okazuje się, że to tylko autobusy „biją na głowę” samochody, natomiast rowery wypadają tylko niewiele lepiej od samochodów. Gdybyśmy takiej analizie poddali tramwaje, metro i kolej miejską – wypadłyby podobnie jak autobusy, natomiast hulajnogi elektryczne i inne UTO – podobnie jak rowery.

Osobnym problemem jest zajętość „postojowa” – i tu znowu najgorzej wypadają samochody, choć w tej kategorii należałoby oddzielić problem samej zajętości miejsca, od problemu nieprzepisowych zachowań – i wtedy na prowadzenie przed samochody wysuną się hulajnogi elektryczne (fot.2). Ja osobiście, jako pieszy – już od wielu lat nie spotkałem się z sytuacją, aby nieprzepisowo zaparkowany samochód uniemożliwił mi poruszanie się chodnikiem, natomiast od kilku lat codziennie w drodze do pracy muszę wykonywać „ślalomy” pomiędzy „porzuconymi” lub celowo ustawionymi hulajnogami elektrycznymi na chodnikach.

Problem „podrzucania” swoich spalin innym

Wracając zaś do niedogodności transportu jaką jest emisja spalin, nie da się przemilczeć pewnego problemu związanego z pojazdami elektrycznymi, które uważa się za bezemisyjne. No właśnie, czy aby na pewno, skoro w naszym kraju jeszcze całkiem niedawno (w 2023 roku), ponad 60 % energii elektrycznej uzyskiwano ze spalania węgla (tzw. mix energetyczny). Tak więc pojazdy elektryczne, poruszające się w strefach czystego transportu w Polsce, rzeczywiście nie emitują spalin, ale aby wyprodukować do nich prąd – trzeba jednak spalić węgiel i wyemitować spa-

liny do atmosfery, tyle że oczywiście nie w tej strefie, a daleko od niej. Czyli tak na prawdę nie rozwiązuje to problemu, a jedynie przenosi go w inne miejsce. A co mają sobie pomyśleć mieszkańcy obszarów położonych przy elektrowniach węglowych, czy nie mogą czuć się z tego powodu pokrzywdzeni? To tak jakby do ich kubłów, ktoś podrzucał im swoje śmieci. Czy prąd produkowany do zasilania pojazdów elektrycznych, poruszających się w tworzonych w takich uwarunkowaniach stref czystego transportu, nie będzie generował stref zwiększonego zanieczyszczenia powietrza – właśnie w okolicach elektrowni węglowych? Czy to znowu nie kłóci się z ideą zrównoważonego rozwoju, rozumianą dosłownie – w sensie obszarowym?

Ale żeby nie było, że jedynie krytykuję, mam pomysł jak rozwiązać ten problem. Proponuję powrócić do pewnego starego rozwiązania. Otóż w czasach, gdy powstawały pierwsze sieci tramwaju elektrycznego, przedsiębiorstwa je eksploatujące przeważnie budowały swoje własne elektrownie (wtedy oczywiście węglowe). Obecnie, skoro na „atom” poczekamy jeszcze kilkanaście lat (prawdopodobnie do roku 2036), musiałyby to być elektrownie wykorzystujące źródła odnawialne: farmy fotowoltaiczne albo wiatrowe, czy też elektrownie wodne. Może należałoby uruchamiać programy dofinansowania dla przedsiębiorstw tramwajowych chcących wybudować własne (albo przejąć) takie „czyste” elektrownie? Z kolei dla przedsiębiorstw autobusowych – chcących wymieniać autobusy spalinowe na elektryczne, może należałoby oferować dofinansowanie nie tyle do samego zakupu nowych autobusów elektrycznych (gdyż to znowu jedynie przeniesie problem emisji spalin w inne miejsce), ale do inwestycji pozwalających na uzyskanie bezemisyjnego sposobu zasilania tych autobusów w energię elektryczną?

A drugi problem związany z pojazdami elektrycznymi, to wysoki ślad węglowy – wynikający głównie z potrzeby najpierw produkcji, a później utylizacji akumulatorów. Okazuje się, że pod tym względem samochody elektryczne są niemal tak samo nieekologiczne jak spalinowe. Akumulatory litowo-jonowe wynaleziono w latach 70-tych, z

myślą o wykorzystaniu ich w sprzęcie elektronicznym. Obecnie są one świetnym źródłem zasilania dla telefonów komórkowych i laptopów. Niestety pewien bogaty i sprytny człowiek (Elon Musk) wmówił całemu światu, że będą one równie dobre do zasilania silników w samochodach, a nawet autobusach i pociągach! To tak jakby przekonać ludzi, że do zmiatania podłogi świetnie nadają się szczoteczki do zębów. O ile z uciążliwością produkcji i utylizacji akumulatorów litowo-jonowych do sprzętu elektronicznego, środowisko naszej planety jest moim zdaniem jeszcze w stanie sobie jakoś poradzić, to w przypadku wykorzystania ich we współczesnych środkach transportu – już niekoniecznie.

Ale zostawmy samochody. Za skrajnie nierozsądne ja osobiście uważam, promowanie wśród ludzi zdrowych i w pełni sił – idei rowerów elektrycznych. Jak można było zepsuć tak udany wynalazek, jakim jest klasyczny rower (lekki pojazd mechaniczny napędzany siłą ludzkich mięśni)? Rower elektryczny – już nie jest taki lekki, a poza tym generuje wspomniany już wysoki ślad węglowy. To samo myślę o hulajnogach elektrycznych. Gdy widzę ludzi jeżdżących elektrycznymi UTO: hulajnogami, seagway'ami, deskorolkami czy monocyklami, mając na uwadze wspomniany już wysoki ślad węglowy oraz obecny mix energetyczny w naszym kraju – tak sobie żartuję, że UTO to skrót od „unidentified trouble objects”. A poza tym, rowerami, hulajnogami i deskorolkami można jeździć przecież bez elektrycznego wspomaganie, a nawet jest to wskazane dla naszego zdrowia! I tu odwołam się do kolejnego tekstu piosenki z czasów mojej młodości – Grzegorz Markowski śpiewał w jednej z piosenek zespołu Perfect: „tak, ale po co?”. Albo jeszcze inny komentarz do pomysłu, jakim jest rower elektryczny: znalazłem kiedyś w internecie zdjęcie wejścia po schodach do fitness klubu – ale były to schody ruchome !!!



A na koniec moich rozważań – generalny problem: czy w działaniach mających uczynić transport mniej uciążliwym należy sięgać po zakazy, czy może lepiej byłoby edukować? Na pewno lepsze byłoby to drugie rozwiązanie, tak abyśmy zmieniali nasze dotychczasowe niekorzystne dla środowiska przyzwyczajenia z przekonania, a nie z musu. Ale czy da się to osiągnąć we współczesnych czasach, w których królują następujące dwa zjawiska, jakimi są moda i konsumpcjonizm?

Problem mody i konsumpcjonizmu

Co do mody – kiedyś modne były małe samochody. W latach 80-tych i 90-tych – przykładowo modele Fiata: Uno, a później Punto (które ponoć uratowały tę firmę w tamtych czasach przed plajtą) i to jest akurat przykład pozytywnego oddziaływania mody, ale po pierwsze – to chyba wyjątek, a po drugie – niestety to już przeszłość. Od ponad dwudziestu lat modne są coraz to większe samochody – SUV-y i crossovery, a ponadto używanie w zwykłych miejskich podróżach – „terenówek” albo pick-up’ów, no i oczywiście wspomniane już przeze mnie „krążowniki szos” z silnikami V8. I tu znowu wspomnę piosenkę Perfectu: „tak, ale po co?”. Bo na przykład takie pick-up’y – od kilkunastu lat widzę ich na ulicach naszych miast coraz więcej, ale jeszcze ani razu nie widziałem, aby ktokolwiek wioził cokolwiek na pace takiego pick-up’a. Albo taki Mini – proszę porównać obecne modele produkowane przez BMW, z tym oryginalnym z Wielkiej Brytanii, który możemy jeszcze obejrzeć na starych filmach z Jasiem Fasolą. A generalnie – jeśli firmy motoryzacyjne mają jakiś udany model, który produkują od wielu lat, to każdy następny jest nieco większy i cięższy od poprzedniego.

Małe samochody – w porównaniu do dużych, do wykonania tych samych zadań przewozowych (na przykład

przewiezienia czterech osób), potrzebują mniej energii. Elektryczne zużywają mniej prądu, a spalinowe – mniej paliwa, bardziej odpowiednie jest też w ich przypadku zastosowanie silnika benzynowego, zamiast znacznie bardziej „kopącego” Diesla. Do zaparkowania na chodniku potrzebują też mniej miejsca (fot.3), pozostawiając go więcej pieszym.

Co do zaś potrzeby dysponowania wysoką mocą silnika w swoim samochodzie i związanej z tym możliwości osiągnięcia imponujących przyspieszeń, czy przykładowo ruszając codziennie rano spod domu (w drodze do pracy) potrzebujemy w kilka sekund rozpędzić się do 100 km/h? Samochody to przecież nie myśliwce startujące z lotniskowca, które jeśli w kilka sekund nie osiągną odpowiednio wysokiej prędkości – to wpadną do oceanu.

Co do zaś konsumpcjonizmu, uważa się że u podstaw społeczeństwa konsumpcyjnego leży rewolucja dokonana przez Henry’ego Forda (wprowadzenie taśmy montażowej – co obniżyło koszty produkcji samochodów), który zamarzył sobie, aby każdą przeciętną amerykańską rodzinę stać było na własny samochód. A ja sobie tak myślę, że może warto byłoby wrócić do tego marzenia, oczywiście w nieco odwrotnej formie, a mianowicie tak, aby każdej współczesnej rodzinie – wystarczył tylko jeden samochód (dzięki „rodzinnemu” współdzieleniu oraz Kiss and Ride). Może w czasach, kiedy coraz mniej ze sobą rozmawiamy (gdyż każdy gapi się tylko w „swoją ekran”) wspólne podróżowanie jednym samochodem miałoby dobroczynny wpływ na wzajemne relacje członków współczesnych rodzin, podobnie jak jazda rowerem mechanicznym korzystnie wpływa na zdrowie.

Podsumowując, chyba jednak w erze dominacji mody i konsumpcjonizmu nie da się zmniejszyć uciążliwości transportu poprzez edukację, niestety trzeba zakazywać. Ale należy robić to roztropnie – tak aby ludzie nie odczuwali, że to jest „za karę”, ale żeby im uświadomić, że to przez ich zachłanność – marnują się zasoby naszej planety. Ale też absolutnie nie tak – jak to obecnie robi Ostatnie pokolenie (dla mnie to oni są „ostatnie gamonie”).



3. Terenochłonność parkowania na chodniku małym, średnim i dużym samochodem



4. Parkowanie pick-up'em na standardowym miejscu postojowym

Podsumowanie

W mojej subiektywnej ocenie przejawów uciążliwości transportu, pierwsze miejsce zajmują spaliny – czyli problem, z którym próbuje się walczyć, poprzez tworzenie stref czystego transportu. Ale mi odczuwalnie – przeszkadzają tylko spaliny wydzielane przez silniki Diesla. Są optycznie zauważalne (kłęby czarnego dymu) i wdychanie ich (u mnie przynajmniej) wywołuje odruch wymiotny. Spalin z silników benzynowych obecnie produkowanych samochodów, nie odczuwam tak negatywnie ani wzrokowo, ani węchem. Moim zdaniem, planowany na rok 2035 zakaz rejestracji pojazdów spalinowych, należałoby ograniczyć – jedynie do samochodów osobowych z silnikiem Diesla.

Drugi w kolejności, na mojej liście uciążliwych czynników transportu – jest hałas. I nie chodzi mi tu tylko o jego poziom, ale i charakter. Podobnie jak w przyrodzie występują miłe dla naszych uszu odgłosy (na przykład szum łagodnego wiatru czy padającego deszczu, wody płynącej górkim strumieniem, albo też łagodnych fal na nadmorskiej plaży) oraz te niemiłe (na przykład odgłosy piorunów w trakcie burzy), podobnie w przypadku hałasu komunikacyjnego – mi osobiście nie przeszkadza szum przejeżdżających samochodów (wywołany oporem powietrza oraz toczeniem się kół po jezdni), natomiast nie do zaakceptowania jest u mnie ryk silników V8, motocykli crossowych, „ścigaczy”, Harley’ów (i im podobnych), quadów oraz samochodów z tłumikami „rajdowymi”. Tak jak nasze psy i koty reagują słysząc hałas fajerwerków na Sylwestra, ja podobnie odbieram odgłosy zbyt głośnych silników czy tłumików.

Na trzecim miejscu mojej listy objawów uciążliwości transportu jest zajętość miejsca. I tu najbardziej negatywnie oceniam hulajnogi elektryczne

(fot.2), ale też i pick-up’y (fot.4). Skoro mamy modę na pick-up’y, może firmy motoryzacyjne powinny zacząć produkować ich pomniejszone wersje, porównywalne wielkością ze zwykłymi samochodami osobowymi, i może nie z silnikiem Diesla, tylko benzynowym albo elektrycznym?

Tworzenie stref czystego transportu ja osobiście nie do końca uważam za udany pomysł – dla mnie jest to „odkrywanie koła na nowo”. Przecież używane przez nas na co dzień samochody podlegają procedurze przeglądów rejestracyjnych, w ramach których kontrolowany jest poziom emitowanych przez nie spalin. To właśnie tam zapada decyzja o dopuszczeniu pojazdu do ruchu lub nie. Przeglądy te natomiast, proponuję zacząć wykorzystywać do kontrolowania również poziomu emitowanego przez pojazdy hałasu.

Do wspomnianych wcześniej współczesnych zjawisk takich jak moda i konsumpcjonizm dodałbym jeszcze dwa inne – dezinformacja i hipokryzja. Dezinformacja – bo jak inaczej skomentować próby przemilczenia faktu, iż produkcja oraz utylizacja baterii litowo-jonowych niewiele mają wspólnego z ekologią? Albo też, że nieprawdą jest, iż samochody elektryczne są bezemisyjne, gdyż tak samo jak spalinowe (a nawet bardziej – ze względu na większy ciężar) emitują do atmosfery pył ze ścieranych opon oraz układów hamulcowych. Hipokryzja zaś, gdyż dlaczego to tylko od transportu drogowego i kolejowego wymaga się rezygnacji z używania silników spalinowych, a żegluga morskiej i śródlądowej oraz transportu lotniczego – to już nie dotyczy?

Odwołując się zaś do elektromobilności, teoretycznie – samochody elektryczne są znacznie korzystniejsze od spalinowych. Mają mniejszy i prostszy silnik, nie potrzebują skrzyni biegów, rozrusznika i jeszcze kilku innych urządzeń. W historii rozwoju motoryzacji już kilka razy podejmowano próby za-

stąpienia samochodów spalinowych elektrycznymi. Poprzednie próby były nieudane. Obecnej, pomimo wygłaszanych niekiedy opinii o jej sukcesie – ja osobiście nie uważam jeszcze za rozstrzygniętą. Co więcej, moim zdaniem jest ona sztucznie podtrzymywana. Baterie litowo-jonowe, to jeszcze „nie to”, uważam że musimy poczekać, aż ludzkość wymyśli coś lepszego. A do tego czasu, w zakresie elektromobilności moim zdaniem, należy promować pojazdy do których prąd jest dostarczany, czyli tramwaje, trolejbusy, metro i elektryczną kolej miejską, a nie elektryczne autobusy, samochody, skutery, rowery, hulajnogi i inne UTO.

Wracając zaś do problemu zajętości miejsca, z tego powodu również moim zdaniem bardziej niż samochody i różnego typu UTO należy promować pojazdy komunikacji zbiorowej, w tym nawet autobusy oraz kolej na liniach nieelektryfikowanych – pomimo tego, że są to pojazdy spalinowe, gdyż emisja spalin w przeliczeniu na jednego pasażera jest w ich przypadku znacznie mniejsza niż dla samochodów i motocykli.

A tych, którzy po przeczytaniu niniejszego artykułu, nie uwierzyli jednak w szczerość moich proekologicznych intencji, zapraszam do obejrzenia krótkiego filmu, który „popelniłem” będąc jeszcze młodym człowiekiem (w roku 1989) - na potwierdzenie tego, że problemy ochrony środowiska były (i są nadal) zawsze mi bliskie. Film ten jest dostępny pod adresem internetowym podanym w pozycji literaturowej [4]. ◀

Materiały źródłowe

- [1] <https://gis.um.wroc.pl/portal/apps/webappviewer/index.html?id=8c19f322121f45bba34de0820cb1bf86>
- [2] <https://lodz.naszemiasto.pl/jeden-autobus-jak-40-samochodow-zobacz-porownawcze-zdjecie/ar/c4-2697914>
- [3] <https://szczecin.wyborcza.pl/szczecin/7,87120,25215586,ile-przestrzeni-zajmuja-rowerzyści-ile-piesi-a-ile-autobus.html>
- [4] https://zits.pwr.edu.pl/makuch/1989-Najbardziej_czadowa_kapela_swiate.mp4

Czas zrobić porządek z hulajnogami elektrycznymi: przykłady rozwiązań parkingowych

Time to put electric scooters in order: examples of parking solutions

Jakub Izydorski

Mgr inż.

Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa
Lądowego i Wodnego, Katedra Geotechniki, Hydrotechniki,
Budownictwa Podziemnego i Wodnego

jakub.izydorski@pwr.edu.pl

Streszczenie: Idąc przez duże miasto, jak np. Wrocław, nie ma nic bardziej irytującego niż leżące na chodniku hulajnogi elektryczne, które utrudniają a niekiedy uniemożliwiają poruszanie się. Rozwiązanie tego problemu wydaje się proste – wystarczy zaprojektować odpowiednie stacje parkingowe. W pracy przeanalizowano przepisy dotyczące użytkowania i pozostawiania e-hulajnóg obowiązujące zarówno w Polsce i Wielkiej Brytanii. Przedstawiono przykłady stacji parkingowych z Londynu i Nottingham oraz kilku Polskich miast które zaczęły wprowadzać tego typu rozwiązania. Podano przykład kampusu Politechniki Wrocławskiej jako miejsca, w którym takie parkingi mogłyby powstać gdyby wprowadzono we Wrocławiu przepisy pozwalające na parkowanie e-hulajnóg jedynie w miejscach do tego wyznaczonych.

Słowa kluczowe: Hulajnoga elektryczna; Zrównoważony transport; Transport ekologiczny

Abstract: When walking through a large city, such as Wrocław, for example, there is nothing more annoying than electric scooters lying on the pavement, making it difficult and sometimes impossible to get around. The solution to this problem seems straightforward - all that is needed is to design adequate parking stations. The paper examines the regulations for using and leaving e-scooters in place in both Poland and the UK. Examples of parking spots from London and Nottingham were presented, as well as several Polish cities that have started to introduce this type of solution. The Wrocław University of Technology campus was given as an example of a place where such parking stations could be created if regulations were introduced in Wrocław allowing e-scooters to be parked only in designated areas.

Keywords: E-scooters; Sustainability transport; Ecological transport

Wstęp

W drugiej połowie drugiej dekady XXI w na ulicach miast zaczęły pojawiać się hulajnogi elektryczne. Z początku postrzegane były jako drogi gadżet, z czasem jednak stały się alternatywą dla innych środków transportu. Spory udział w ich popularyzacji miały firmy sharingowe, umożliwiające przejazd w określonym czasie lub dystansie, za który pobierana była opłata. Cała procedura wypożyczenia zajmowała (i zajmuje) kilka sekund, a przeprowadza się ją poprzez aplikacje w smartfonie. Łatwość wypożyczenia sprzętu przyciągnęła wielu nowych użytkowników tego pojazdu, a wraz z nimi pojawiły się nowe problemy i wyzwania związane ze sposobem ich użytkowania

oraz przechowywania. By uporządkować przestrzeń miejską ze źle zaparkowanych e-hulajnóg firmy wypożyczające wprowadziły pewne rozwiązania, takie jak lokalizacja strefy poruszania się i parkowania za pomocą GPS (geofencing) czy konieczność zrobienia zdjęcia zaparkowanej hulajnogi po zakończonej jeździe i przesłania go przez aplikację operatora, które uniemożliwiają zakończenie wypożyczenia gdy zajądą pewne nieprawidłowości. Nie rozwiązało to jednak w pełni problemu i widok pozostawionych hulajnóg w losowych miejscach jest powszechny. W Polsce zjawisko to dotyczy kilku miast, m. in. Wrocławia. Zaparkowane w sposób jak na fot. 1. znacząco utrudniają ruch (szczególnie osobom z pewnymi niepełnosprawnościami i

ograniczeniami ruchowymi) i stwarzają ryzyko potrącenia przez jednośląd. Czy problem da się skutecznie rozwiązać lub znacząco zminimalizować? W artykule przedstawiono pewne rozwiązania dotyczące parkowania e-hulajnóg ze Zjednoczonego Królestwa Wielkiej Brytanii i Irlandii Północnej i kilku polskich miast w odniesieniu do przepisów dotyczących ich użytkowania obowiązujących w tych krajach.

Przepisy dotyczące poruszania się oraz parkowania e-hulajnóg w Zjednoczonym Królestwie

W Wielkiej Brytanii poruszanie się e-hulajnogą możliwe jest po drogach (poza autostradami) i ścieżkach rowerowych, jednak wyłącznie w miastach



1. Żółte pozostawione hulajnogi elektryczne blokujące przejście przy jednej z Wrocławskich ulic



2. Parking dla hulajnóg elektrycznych w dzielnicy Ealing w Londynie (Wielka Brytania)



3. Parking dla hulajnóg elektrycznych i rowerów w dzielnicy Kensington, przy Imperial College w Londynie (Wielka Brytania)



4. Parking dla hulajnóg elektrycznych i rowerów w dzielnicy Westminster w Londynie (Wielka Brytania)

objętych programem testowym, wypożyczając pojazd od operatora [1]. Prywatnymi e-hulajnogami można poruszać się jedynie na prywatnych posesjach, a wykorzystywanie ich w przestrzeni publicznej jest nielegalne. Ponadto osoby muszą posiadać prawo jazdy kategorii Q (na pojazdy 2- lub 3-kołowe bez pedałów wyposażone w silnik spalinowy o pojemności do 50cm³ oraz maksymalną prędkość projektową do 25km/h) lub AM, A lub B pełne lub tymczasowe. Zasady dotyczące parkowania mogą różnić się w zależności od miasta i operatora.

W Londynie tylko poszczególne dzielnice objęte są programem testowym [2]. Miejsca rozróżnia się na zatoki i stojaki, które dedykowane są dla e-hulajnogi (fot. 2.), e-roweru lub obu pojazdów (fot. 3, 4.) [3]. Miejsca te są również oznaczone w aplikacjach operatorów. Niektóre strefy w danej dzielnicy całkowicie wyłączone są z ruchu e-hulajnóg, a w niektórych

prędkość jest ograniczona. Podobnie jest w Nottingham, tam również e-hulajnogi należy parkować w przeznaczonych do tego miejscach (fot. 5.), a w mieście są pewne ograniczenia co do ruchu (rys. 6). W raporcie podsumowującym przeprowadzone testy w regionie Zachodniej Anglii wskazano, że 88% e-hulajnóg zostało zaparkowanych w sposób prawidłowy, 11% z nich w sposób nieidealny (mogący wpływać na ruch pieszych później, np. poprzez przewrócenie się pojazdu), a niespełna 1% w sposób nielegalny lub nieokreślony [4]. Badanie przeprowadzone na ulicach w centrum Bristolu wskazało, że 1,3% skutecznie blokowało przejście, a w 15,8% przypadkach blokujące przejście e-hulajnogi dało się obejść. Ocenę przeprowadzono na podstawie zdjęć i nagrań video, dla łącznie 1019 lokalizacji miejsc parkingowych w Bristolu i Bath określonych poprzez metalowe zagrody, granice namalowane białą farbą oraz wirtual-

nie, metodą geofencingu. Inne pozytywne aspekty z korzystania z e-hulajnóg wyszczególnione w raporcie to fakt, że znaczna liczba użytkowników na stałe włączyła je do swojego stylu życia, wykorzystując jako dojazd na uczelnię, do pracy lub jako środek rekreacji, zastępując tym pozostałe środki transportu, co ogólnie rzecz biorąc doprowadziło do zmniejszenia emisji dwutlenku węgla związanej z podróżowaniem [4].

Przepisy dotyczące poruszania się oraz parkowania e-hulajnóg w Polsce

Podejście do użytkowania e-hulajnóg w Polsce jest zgoła odmienne niż w Wielkiej Brytanii i wydaje się nieco mniej przemyślane, przynajmniej w kwestii parkowania. Pojawienie się hulajnóg elektrycznych w kraju nad Wisłą również budziło pewne niejasności co do sposobu ich użytkowa-



5. Parking dla hulajnóg elektrycznych w Nottingham (Wielka Brytania)

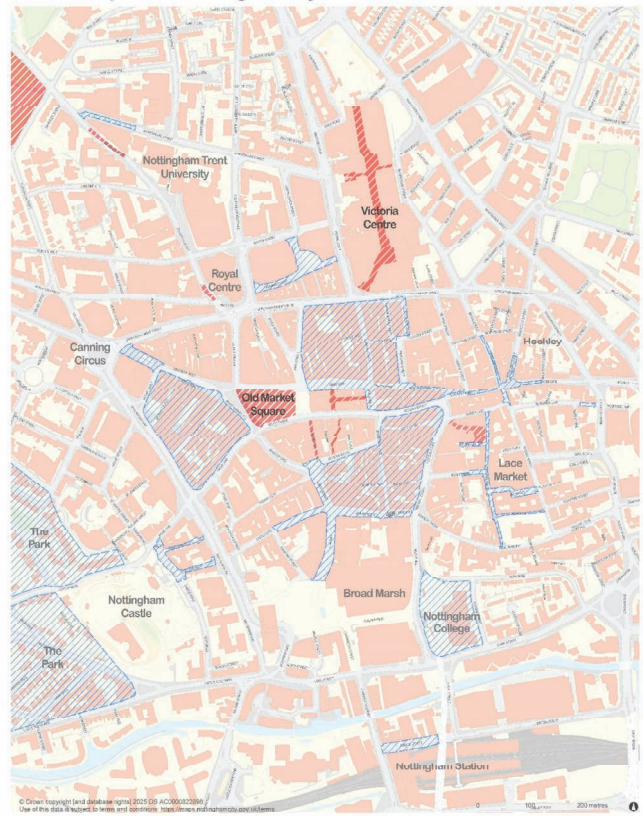
nia w przestrzeni ruchu. Pewne regulacje weszły w życie dopiero 20 maja 2021, po nowelizacji ustawy Prawo o ruchu drogowym [5]. Wprowadzono definicję hulajnogi elektrycznej jako pojazdu dwuosobowego z kierownicą, bez siedzenia i pedałów, napędzane go elektrycznie przeznaczonego do poruszania się wyłącznie przez kierującego znajdującego się w tym pojeździe [6]. Uprawnienia do korzystania z niej zależne są od wieku użytkownika. Prędkość dopuszczalna hulajnogi elektrycznej wynosi 20km/h, a poruszać się nią można po drodze dla rowerów, pieszych i rowerów lub pasie ruchu dla rowerów z zachowaniem odpowiedniego kierunku, jeśli jest on wyznaczony. W przypadku gdy nie ma powyższych elementów drogi może korzystać z jezdni, po której ruch pojazdów jest ograniczony do prędkości 30km/h. Gdy jednak ruch po drodze jest dopuszczony z większą prędkością, kierujący hulajnogą elektryczną może, w ostateczności, korzystać z chodnika lub drogi dla pieszych, usytuowanej wzdłuż jezdni. Musi jednak zachować prędkość zbliżoną do ruchu pieszych, zachować szczególną ostrożność, ustępować pieszemu pierwszeństwa i nie utrudniać mu ruchu. Odnosnie pozostawiania w przestrzeni publicznej hulajnóg elektrycznych, ale też rowerów i urządzeń transportu osobistego, to właśnie droga dla pieszych jest miejscem w którym jest to dopuszczalne. Ustawa opisuje „miejsce do tego przeznaczone [znajdujące się na obszarze chodnika],

a w razie gdy takiego miejsca nie ma, to można pozostawiać jak najbliższej zewnętrznej krawędzi drogi dla pieszych najbardziej oddalonej od jezdni, równolegle do niej. Szerokość chodnika nie może być mniejsza niż 1,5m, a pozostawiony pojazd nie może utrudniać ruchu pieszych.

Mimo obowiązujących, dosyć jasnych przepisów problem źle zaparkowanych hulajnóg elektrycznych dalej występuje, a dotyczy on głównie pojazdów sharingowych. Najczęściej zdarza się, że zostają one pozostawione na środku chodnika lub prostopadle do krawędzi, skutecznie zagrażając przejściu. Bywają również przewracane pod wpływem silniejszego wiatru lub chuligańskich wybryków. Wzbudza to niechęć innych uczestników ruchu do tego typu pojazdów, a konsekwencją tego jest akcja odholowywania hulajnóg, która z czasem może doprowadzić do zmniejszenia liczby pojazdów w danej lokalizacji, a nawet do wycofania się firm z miejscowości. W kilku miastach Polski, jak np.

w Warszawie, Katowicach, Gdańsku, Szczecinie, Lublinie czy Opolu miejsca przeznaczone na postój e-hulajnóg istnieją i powstają nowe. Ustawa nie mówi o wymaganiach co miejsca, jednak w wielu aspektach można byłoby się sugerować wytycznymi dla parkingów rowerowych (np. tym, aby lokalizować tego typu parkingi możliwie jak najbliżej miejsca docelowego) [7]. Biorąc pod uwagę wymiary hulajnogi: szerokość (długość rączki) do 0,7m, szerokość podestu 0,15m oraz długość do 1,30m, to do postoju 10 hulajnóg wystarczyłby plac o wymiarach 7,00x1,30m lub ustawiając je z pewnym przesunięciem i maksymalnie zbliżonym podestem 4,00x1,50m. W Krakowie powstały tzw. punkty mobilności, czyli miejsca przeznaczone dla e-hulajnóg i rowerów [8]. W obszarze ścisłego centrum, parkowanie tych pojazdów poza wyznaczonym miejscem karane jest mandatem użytkownika, a nie operatora [9]. Ciekawe rozwiązanie zastosowano w Łodzi, gdzie zastosowano wyprodukowane przez

E-Scooter Operation - Nottingham City Centre



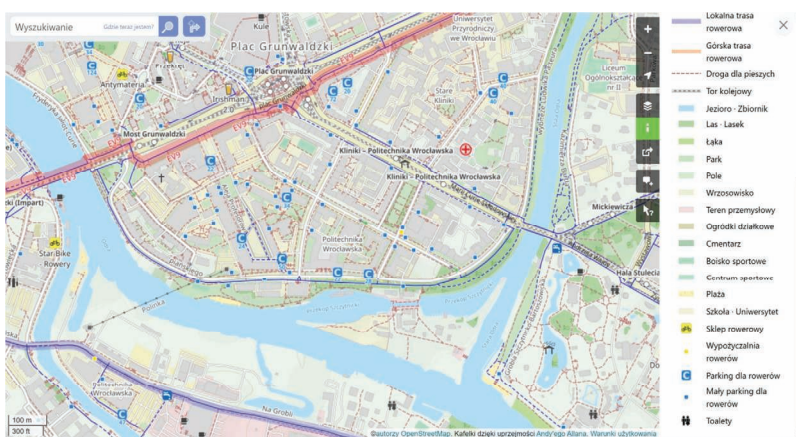
'Go Slow' Streets / Areas: Reduced-speed operation of E-Scooters in these areas
 'No Go' Streets / Areas: E-Scooter operation prohibited in these areas



6. Mapa obszaru działania e-hulajnóg w Nottingham: (obszar zakreślony na niebiesko to strefy z ograniczoną prędkością, na czerwono obszar z zakazem ruchu) [3]



7. Parking ze stacją ładowania e-hulajnog w Łodzi
(źródło: www.uml.lodz.pl)



8. Istniejące parkingi rowerowe na kampusie Politechniki Wrocławskiej
(źródło: <https://www.openstreetmap.org/>)

lokalną firmę stacje do ładowania hulajnog, w których można było ładować zarówno publiczne, jak i prywatne urządzenia [10]. Z większych miast takich stref brakuje m.in. we Wrocławiu.

Parkingi dla e-hulajnog we Wrocławiu - przykład

Wprowadzenie we Wrocławiu przepisu mówiącego, że e-hulajnogi można parkować jedynie w miejscach do tego przeznaczonych, zapewne znacząco wpłynęłoby na porządek na ulicach stolicy Dolnego Śląska. Należałoby takie miejsca wytypować. Nawiązując do przykładu Brytyjskiego (jak na fot. 3.), wiele takich miejsc mogłoby powstać w pobliżu uczelni wyższych. Już teraz, na kampusie Politechniki Wrocławskiej niemal przy każdym budynku istnieją miejsca dla rowerów (rys. 8). Niektóre z nich można by było zwiększyć lub częściowo przekształcić na parking dla e-hulajnog. Postawienie stacji do ładowania w niektórych punktach mogłoby zachęcić prywatnych posiadaczy. Dodatkowo, rozwiązanie takie korzystnie wpłynęłoby na środowisko (zielony transport) oraz odciążałoby parking samochodowy, przynajmniej w słoneczne dni, a co za tym idzie rozwiązałoby problem z czasochłonnym poszukiwaniem miejsca postojowego.

Podsumowanie

Problemu ze złym zaparkowaniem e-hulajnog zapewne nie da się wyeliminować w 100% - jest on w znacznej

mierze uzależniony od charakteru i kultury osobistej osób zamieszkujących dany obszar, a także innych czynników (np. wiatr). Jednak, jak wskazują raporty z badań przeprowadzanych na Wyspach Brytyjskich wyznaczone miejsca do pozostawienia e-hulajnog mogą znacząco poprawić porządek w mieście, redukując liczbę pozostawionych pojazdów w przypadkowych miejscach. Należy przy tym zaznaczyć, że punktów parkingowych powinno być wystarczająco dużo, zlokalizowanych możliwie blisko celów podróży (miejsca pracy, uczelnie, instytucje publiczne, centra handlowe, palcówki kulturalne, obiekty sportowe, parki, bloki mieszkalne oraz charakterystyczne punkty osiedli czy punkty przesiadkowe itp.) aby środek ten w dalszym ciągu był atrakcyjny z uwagi na dostępność. Ponadto e-hulajnogi stanowią doskonałą alternatywę dla pozostałych środków transportu i zaliczane są do transportu ekologicznego, dlatego dobrym rozwiązaniem byłoby budowanie stacji z możliwością ładowania, co mogłoby zachęcić użytkowników prywatnych oraz przekonać nowych do przesiadki z samochodu właśnie na ten transport, przynajmniej w słoneczne dzień. ◀

Materiały źródłowe

- [1] <https://www.gov.uk/guidance/e-scooter-trials-guidance-for-users#full-publication-update-history> (data dostępu: 04.04.2025)
- [2] <https://tfl.gov.uk/modes/driving/electric-scooter-rental-trial> (data

dostępu: 04.04.2025)

- [3] <https://www.transportnottingham.com/article/electric-scooter-rental-trial/> (data dostępu: 04.04.2025)
- [4] Chatterjee, K., Parkin, J., Bozovic, T., Flower, J., West of England E-scooter Trial Evaluation Final Report. Report to West of England Combined Authority, 2023.
- [5] <https://www.gov.pl/web/gitd/nowe-przepisy-dotyczace-hulajnog-elektrycznych-i-urzedzen-transportu-osobistego> (data dostępu: 03.04.2025)
- [6] Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. Prawo o ruchu drogowym (Dz. U. 1997 Nr 98 poz. 602)
- [7] Dąbrowska-Loranc, Maria, et al. Wytyczne organizacji bezpiecznego ruchu rowerowego: podręcznik. Ministerstwo Infrastruktury, 2019.
- [8] Jaroński, Krzysztof. "Historia rozwoju ruchu hulajnogowego wraz z charakterystyką wypożyczalni hulajnog elektrycznych w Krakowie." *Transport miejski i regionalny*, 2021.
- [9] <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/ehulajnogi-w-krakowie-jak-miastoradzi-sobie-z-operatorami-i-uzytkownikami-86192.html> (data dostępu: 03.04.2025)
- [10] <https://uml.lodz.pl/aktualnosci-lodzpl/artikul-lodzpl/to-koniec-porozrzucanych-elektrycznych-hulajnog-lodzianie-znalezli-na-nie-sposob-id44354/2021/10/10/> (data dostępu: 03.04.2025)

Tablica szlaku drogowego na autostradzie

Route confirmatory sign after junction



Krzysztof Gasz

Dr inż.

Politechnika Wrocławska
Wydział Budownictwa Lądowego
i Wodnego, Katedra Dróg,
Mostów, Kolei i Lotnisk

krzysztof.gasz@pwr.edu.pl

Streszczenie: Artykuł prezentuje charakterystykę tablicy szlaku drogowego na autostradach (znak E-14a). Przedstawiono krytyczną ocenę tego znaku, stosowanego na polskich autostradach. Na wielu tablicach szlaku drogowego informacje są niespójne, a czasem nieprzydatne podróżnym. Pokazano przykłady rozwiązań zagranicznych, gdzie w czytelny i jednoznaczny sposób oznakowane są wszystkie węzły na autostradach. Odniesiono się również do oznakowania eksperymentalnego na polskich autostradach.

Słowa kluczowe: Autostrada; Węzły; Tablica szlaku drogowego

Abstract: The article presents the characteristics of route confirmatory sign after junction (sign E-14a). A critical assessment of this sign, used on Polish motorways, was presented. Many route confirmatory signs contain inconsistent information. Sometimes they are not useful to travelers. Examples of foreign solutions were shown, where all motorway junctions are clearly and unambiguously marked. Reference was also made to experimental markings on Polish motorways.

Keywords: Motorway; Junctions; Route confirmatory sign

Wstęp

W ostatnich latach jesteśmy świadkami rozwoju sieci autostrad i dróg ekspresowych w Polsce. W połowie 2025 roku sieć dróg szybkiego ruchu w Polsce wynosiła 5221,7 km (z czego 1884,6 km stanowiły autostrady, a 3337,1 km stanowiły drogi ekspresowe [8]). Choć jeszcze nie jest to docelowa sieć dróg szybkiego ruchu, a do pełnej sieci jeszcze trochę brakuje, to już niektórymi odcinkami możemy przejechać kilkaset kilometrów. Ponadto część dróg szybkiego ruchu dochodzi do granic państwa łącząc się z siecią autostrad europejskich. Rozwój sieci dróg szybkiego ruchu w Polsce oraz połączenie ich z siecią europejską przyczynia się do rozwoju gospodarczego obszarów położonych wzdłuż tej drogi, do wzrostu ruchu tranzytowego oraz również do rozwoju ruchu turystycznego.

Poprawne zaprojektowanie geometryczne i konstrukcyjne drogi, a później właściwe wykonawstwo, zgodne ze sztuką budowlaną, nie zapewnia wymaganego bezpieczeństwa i komfortu

jazdy. Ważną rolę, chociaż niedocenianą w Polsce, odgrywa również oznakowanie poziome i pionowe dróg.

Zadaniem oznakowania jest jednoznaczne określenie sposobu korzystania z drogi, regulowanie ruchu, ostrzeganie i informowanie o warunkach i zjawiskach, które mają wpływ na bezpieczeństwo ruchu. Natomiast nie powinno dochodzić do sytuacji, w których uczestnik ruchu niedoborem lub nadmiarem informacji, przekazywanych przez znaki drogowe, nie wie jak się zachować w konkretnej sytuacji.

Ze szczególną starannością powinny być oznakowane autostrady i drogi ekspresowe ze względu na duże prędkości pojazdów poruszających się po tych drogach. Znaczna prędkość pojazdów wymusza, aby uwaga kierowców, w jak największym stopniu, skupiała się na prowadzeniu pojazdu. Kierujący pojazdem z dużym wyprzedzeniem musi wiedzieć o możliwości zjazdu z autostrady. Również musi mieć pewność, że porusza się właściwym pasem ruchu, gdyż gwałtowny i spóźniony manewr wjazdu na właściwy pas ru-

chu może skończyć się tragicznie. Na autostradach i drogach ekspresowych jest to o tyle ważne, że nie ma możliwości zawrócenia bezpośrednio za węzłem. Kierowca, gdy nie wykona zjazdu z autostrady w odpowiednim miejscu, musi nadłożyć kilka, kilkanaście a czasem kilkadziesiąt kilometrów, aby zawrócić na kolejnym węźle.

Na autostradach i drogach ekspresowych odbywa się ruch na dużych dystansach, co powoduje, że część kierowców porusza się daną drogą po raz pierwszy i nie zna dokładnie tej drogi. Również na tych drogach odbywa się ruch tranzytowy przez Polskę. Poprawne oznakowanie autostrad i dróg ekspresowych, a w szczególności węzłów drogowych powinno wskazywać jednoznacznie i czytelnie lokalizację w terenie, informować o miejscowościach w pobliżu drogi oraz wskazywać właściwy pas ruchu i kierunek dalszej jazdy.

Oznakowanie powinno również upewniać kierowców, że po przejechaniu węzła znajdują się na właściwej drodze. Do tego służą tablice szlaku

drogowego. Znak E – 14a „tablica szlaku drogowego na autostradzie” stosuje się w celu potwierdzenia przebiegu autostrady, podania jej numeru (numerów), głównych miejscowości leżących wzdłuż autostrady i odległości do nich [3].

W górnej części tablicy umieszcza się znak z numerem autostrady oraz znak z numerem szlaku międzynarodowego, jeżeli droga ma również taki numer. Znak (znaki) z numerem drogi umieszcza się centralnie w stosunku do osi pionowej tablicy.

Zasadniczą treść tablicy E-14a stanowi wykaz głównych miejscowości leżących na danym szlaku oraz, wyrażone w kilometrach, odległości do nich. Liczba miejscowości powinna być tak dobrana, aby liczba wierszy podających ich nazwy nie przekraczała trzech. Jeżeli na tablicy E-14a podawana jest nazwa przejścia granicznego, to po jej prawej stronie umieszcza się znak „PL” oraz znak wyróżniający państwo, do którego prowadzi przejście [3].

D obór nazw miejscowości ustala się po szczegółowej analizie ich znaczenia komunikacyjnego i gospodarczego. Na tablicach szlaku drogowego podaje się [3]:

- w wierszu górnym – nazwę najbliższej miejscowości stanowiącej siedzibę gminy lub powiatu, miejscowości o znaczeniu turystycznym, miejscowości na skrzyżowaniu z drogą krajową lub wojewódzką lub nazwę miejscowości kierunkowej,
- w wierszu dolnym – nazwę przejścia granicznego, jeżeli szlak prowadzi za granicę, lub nazwę miasta sąsiedniego państwa na odcinku drogi przed przejściem granicznym

albo nazwę miasta kierunkowego, w wierszu środkowym – nazwę miasta o znaczeniu administracyjnym, turystycznym lub komunikacyjnym, w tym nazwę miasta kierunkowego, jeżeli nie jest podawana w wierszu dolnym lub górnym.

Tablicę szlaku drogowego na autostradzie umieszcza się w odległości 300 metrów za końcem pasa włączania przy głównej jezdni autostrady. Przykład tablicy E-14a na autostradzie A4 pokazano na rys. 1.

Krytyczna ocena tablic szlaku drogowego na polskich autostradach

Warunki techniczne [3] wskazują, że w dolnym wierszu tablicy E-14a powinna być nazwa przejścia granicznego, jeżeli szlak prowadzi za granicę lub nazwa miasta sąsiedniego państwa na odcinku drogi przed przejściem granicznym. Na większości autostrad w Polsce, na tablicach E-14a, stosowane są jednak nazwy przejść granicznych. Wskazywanie na miejscowość graniczną nie jest czytelnym sposobem wskazywania kierunku jazdy. Dużo ludzi w Polsce nie zna wszystkich przejść granicznych. Przeważnie są to małe i nieznane miejscowości. Na polskich autostradach poruszają się też obcokrajowcy, zarówno w ruchu tranzytowym, jak i w celach turystycznych. Dla nich nazwy przejść granicznych są abstrakcyjne. Nazwy przejść granicznych, przy obecnym swobodnym przekraczaniu granic w Unii Europejskiej, raczej nie są zapamiętywane przez kierowców. Kierowca

planujący podróż po obcym kraju ustala większe miejscowości, w kierunku których powinien jechać, by dotrzeć do celu podróży, a nie przejścia graniczne. Problem ten poruszony został również w publikacjach [1, 2].

Przedstawiony na rys. 1 znak E-14a pokazuje miejscowości, do których możemy dojechać autostradą A4 (Opole, Wrocław). Ostatnią podaną miejscowością są „Jędrzychowice”, ale bez znaków „PL” oraz „D” oznaczających przejście graniczne. Miejscowość Jędrzychowice jest niewielką miejscowością. W 2021 roku zamieszkiwało ją tylko 799 mieszkańców [9]. Dla znacznej części ludności Polski jest to jakaś tam miejscowość, której nie potrafią nawet zlokalizować. I na tablicy szlaku drogowego, ta nazwa jest bezużyteczna. Zgodnie z warunkami technicznymi [3], jeżeli na tablicy E-14a podawana jest nazwa przejścia granicznego, to po jej prawej stronie powinien być umieszczony znak „PL” oraz znak wyróżniający państwo, do którego prowadzi przejście (w tym przypadku „D”). Nie jest to błąd na jednej tylko tablicy. Takie oznaczenie pojawia się na kilku tablicach z rzędu. Podobnie jest z miejscowością „Korczowa” w przeciwnym kierunku ruchu na autostradzie A4. Tam też bardzo często pisana jest ta miejscowość bez znaków „PL” oraz „UA” określających przejście graniczne.

Kolejna sprawa to zmiana nazwy ostatniej miejscowości. Jadąc autostradą A4 od granicy z Ukrainą w Korczowej jako ostatnia miejscowość widnieją „Jędrzychowice” (ze znakami państw, jako przejście graniczne, lub bez znaków państw). Nagle wjeżdżając na teren województwa opolskiego pojawia



1. Tablica szlaku drogowego na autostradzie A4 w rejonie węzła „Zabrze Południe”



2. Tablica szlaku drogowego na autostradzie A4 w rejonie węzła „Kędzierzyn-Koźle”



3. Tablica szlaku drogowego na autostradzie A4 w rejonie węzła „Brzezimierz”



4. Tablica szlaku drogowego na autostradzie A1 w rejonie węzła „Zabrze Północ”

się miejscowość „Zgorzelec” pisana bez symboli znaków oznaczających przejście graniczne. Przykład takiej tablicy przedstawiono na rys. 2.

Jak musi czuć się kierowca, który gdzie tranzytem przez Polskę i przez kilkaset kilometrów przyzwyczaił się już do nazwy „Jędrzychowice”? Widniała ona na każdej tablicy szlaku drogowego na autostradzie A4, na kilkudziesięciu wcześniejszych węzłach. A tu nagle zamiast niej pojawia się inna miejscowość. Zgorzelec jest miastem, dużo większym niż Jędrzychowice. Ale nie dla wszystkich znanym, zwłaszcza dla obcokrajowców. Obie te miejscowości znajdują się w niewielkiej odległości od siebie. Ale nie każdy o tym wie. W obu miejscowościach jest też przejście graniczne. Ale to w Jędrzychowicach jest przejście graniczne w ciągu autostrady A4.

Warunki techniczne [3] nakazują umieszczanie maksymalnie trzech nazw miejscowości na tablicach E-14a. W wielu miejscach można jednak spotkać tablice szlaku drogowego na autostradach, gdzie podawane są cztery miejscowości, w tym obowiązkowo w dolnym wierszu nazwę przejścia granicznego. Przykład takiej tablicy na węźle „Brzezimierz” przedstawiono na rys. 3.

Umieszczenie na tablicy czterech nazw miejscowości nie jest zbyt problematyczne. Większym błędem jest „dopisanie” miasta Opola nad wykazem miejscowości. Powoduje to, że nazwa „Opole” znajduje się na wysokości symbolu i numeru autostrady. Rozwiązanie takie nie jest zbyt czytelne dla podróżnych. Nie jest też zbyt estetyczne.

Na autostradzie A1, od Gliwic w kie-

runku północnym, podawane są informacje o miastach leżących wzdłuż autostrady A1 (Częstochowa, Łódź, Gdańsk), ale też o miastach, do których można dojechać autostradą A2 (Warszawa, Łódź). Przykład tablicy szlaku drogowego na autostradzie A1 w rejonie węzła „Zabrze Północ” przedstawiono na rys. 4.

Umieszczanie nazw miast, do których można dojechać z innej, krzyżującej się autostrady, jest dobrym rozwiązaniem, ale gdy umieszczane są na tablicach E-14a w miarę zbliżania się do krzyżującej się autostrady. Jeżeli ta informacja pojawiałaby się kilka węzłów wcześniej przed węzłem „Łódź Północ” (węzeł, gdzie przecinają się autostrady A1 i A2) to przygotowałaby kierowców do tego, że zbliżają się do węzła, gdzie można zjechać na inną autostradę. Podawanie takiej informacji około 200 km przed węzłem „Łódź Północ” jest zbyteczne i nie ma większego sensu. Podróżni z Górnego Śląska jadąc samochodem do Warszawy wybierają autostradę A1 do Piotrkowa Trybunalskiego a potem drogę ekspresową S8. Podobnie z trasą do Poznania. Albo wybierana jest droga krajowa DK 11, albo autostrada A4 do Wrocławia i dalej droga ekspresowa S5. Te trasy są znacznie korzystniejsze czasowo i odległościowo, niż podróżowanie do Warszawy czy Poznania autostradą A1, a później autostradą A2.

Przykład tablicy szlaku drogowego na autostradzie A8 w rejonie węzła „Wrocław Północ” przedstawiono na rys. 5. Na autostradzie A8, jadąc od północy, nie ma żadnej uprzedzającej informacji o krzyżującej się autostradzie A4. Pierwsza informacja o tym, że moż-

na zjechać na autostradę A4 w kierunku Katowic lub przejścia granicznego w Jędrzychowicach pojawia się dopiero na tablicach przeddrogowskazowych na węźle „Wrocław Południe” (węzeł, na którym przecinają się autostrady A4 i A8) – w odległości 1,5 km przed zjazdem na autostradę A4. Można byłoby tę informację zamieścić już kilka węzłów wcześniej na tablicach szlaku drogowego – praktycznie na wszystkich węzłach autostrady A8.

W przypadku autostrady A8, bardzo brakuje tej informacji uprzedzającej o zbliżaniu się do węzła z autostradą A4. Natomiast na autostradzie A1, ta informacja jest podawana w takiej dużej odległości od węzła z autostradą A2, że jest praktycznie bezwartościowa, gdyż kierowcy korzystają z innych dróg. A obie te autostrady powstawały w podobnym czasie (oddanie do eksploatacji przed EURO 2012) i wydawałoby się, że powinny być też w podobny sposób oznakowane.

Rozwiązania zagraniczne

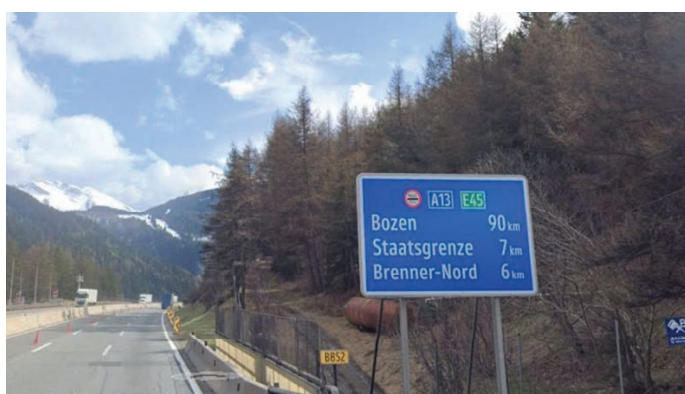
Ciekawe rozwiązanie tablic szlaku drogowego występuje na autostradach słowackich. Przykład takiej tablicy na autostradzie D1 przedstawiono na rys. 6. Tablice na autostradach słowackich mają kolor zielony, ale nie jest to najistotniejsze. W dolnym wierszu umieszczana jest zawsze nazwa i odległość do kolejnego węzła [6]. Dzięki takiemu rozwiązaniu kierujący pojazdem zostaje znacznie wcześniej poinformowany o kolejnym węźle i może się też wcześniej przygotować do ewentualnego zjazdu z autostrady. Podobne rozwiązanie jest też na autostradach au-



5. Tablica szlaku drogowego na autostradzie A8 w rejonie węzła „Wrocław Północ”



6. Tablica szlaku drogowego na autostradzie D1 na Słowacji [7]



7. Tablica szlaku drogowego na autostradzie A13 w Austrii [7]



8. Tablica szlaku drogowego na autostradzie A10 w Niemczech

striackich. Przykład tablicy szlaku drogowego na autostradzie A13 w Austrii przedstawiono na rys. 7.

Na autostradach austriackich, jeżeli autostrada prowadzi do granicy, umieszczana jest jako pierwsza nazwa większego miasta za granicą państwa. Informacja o przejściu granicznym pojawia się dopiero w niewielkiej odległości od przejścia granicznego, po prostu jako „granica państwa” („*Staatsgrenze*”), a nie jako nazwa przejścia granicznego.

Natomiast na autostradach niemieckich, zbliżając się do węzła, na którym krzyżują się autostrady, już kilkadziesiąt kilometrów wcześniej pojawia się taka informacja na tablicach szlaku drogowego. Podawana jest nazwa węzła i odległość do tego węzła [5]. Oprócz tego podawane są miasta, do których prowadzi krzyżująca się autostrada. Takie rozwiązanie znacznie ułatwia podróżowanie po autostradach. Będąc jeszcze na wcześniejszej autostradzie, kierowca jest już uprzedzony o miastach, które będą leżeć przy kolejnej autostradzie. Czuje się wtedy spokojniejszy i bardziej przygotowany do zjazdu na kolejną autostradę. Przykład takiej tablicy szlaku drogowego na nie-

mieckiej autostradzie A10 przedstawiono na rys. 8. Jeżeli autostrada prowadzi do przejścia granicznego, to podobnie jak w rozwiązaniach austriackich, podawana jest nazwa większego miasta za granicą.

Propozycja zmian treści tablicy E-14a

Warunki techniczne [3] wskazują, że w dolnym wierszu tablicy E-14a powinna być nazwa przejścia granicznego, nazwa większego miasta sąsiedniego kraju, ewentualnie nazwa miasta kierunkowego. Jeżeli ograniczona jest liczba wierszy, to korzystniejszym rozwiązaniem dla podróżnych jest umieszczenie na tablicy, w ostatnim wierszu, większego miasta za granicą, łącznie ze znakiem państwa, w którym to miasto się znajduje niż nazwy przejścia granicznego. Większość ludzi orientuje się w lokalizacji większych miast niż w nazwach i położeniu przejść granicznych. Przykładowo jadąc autostradą A4 w kierunku zachodnim powinno to być miasto Drezno (Dresden) ze znakiem państwa „D”, natomiast jadąc w kierunku wschodnim powinna to być

miasto Lwów ze znakiem państwa „UA”. Te nazwy dużych miast za granicą kraju są spotykane też na polskich autostradach, ale w zasadzie tylko w odległości kilkudziesięciu kilometrów od granicy (nazwa miasta Dresden na tablicy E-14a pojawia się dopiero na węźle „Krzyżowa” – na rozwidleniu autostrad A4 i A18 – 50 km przed granicą w Jędrzychowicach, nazwa miasta Lwów na tablicy E-14a pojawia się dopiero na węźle „Dębica – Wschód” – 132 km przed granicą w Korczowej). Natomiast nazwa przejścia granicznego (ewentualnie, tak jak na autostradach austriackich, zwrot „przejście graniczne”) powinna się pojawiać dopiero przed przejściem granicznym.

Ciekawym rozwiązaniem, występującym na autostradach słowackich i austriackich, jest umieszczanie na tablicy szlaku drogowego nazwy i odległości do kolejnego węzła autostradowego. Dzięki takiemu oznakowaniu, podróżujący wcześniej mogą się już przygotować do ewentualnego zjazdu z autostrady. Proponuje się umieszczanie tej informacji również na polskich autostradach.

Informacja o większych miastach za

granicą zamiast o przejściach granicznych oraz informacja o kolejnych węzłach jest już umieszczana na polskich autostradach i drogach ekspresowych w ramach oznakowania eksperymentalnego [4]. Przykład takiej tablicy na autostradzie A1 przedstawiono na rys. 9.

Na tablicach szlaku drogowego z oznakowaniem eksperymentalnym, jako pierwszy, podawany jest numer kolejnego węzła na autostradzie oraz odległość do niego. Korzystniejsze byłoby umieszczenie nazwy tego węzła. Natomiast w ostatnim wierszu nie ma już nazwy przejścia granicznego tylko nazwa większego miasta sąsiedniego kraju wraz ze znakiem tego państwa. Liczba wierszy nie musi ograniczać się do trzech. Mogą być cztery lub pięć. Zbyt duża liczba wierszy też jest niekorzystna, ponieważ wtedy na tablicy jest za dużo informacji i kierujący pojazdami nie są w stanie, przy takiej dużej prędkości, odczytać wszystkie treści z tablicy.

Korzystnym rozwiązaniem byłoby też wprowadzenie na tablicach szlaku drogowego, na wszystkich autostradach i drogach ekspresowych w Polsce, już kilka węzłów wcześniej, przed krzyżującą się autostradą lub drogą ekspresową, informacji o tym, że niedługo będzie przecięcie z inną autostradą lub drogą ekspresową (podając numer drogi oraz wykaz miast, dokąd można dojechać korzystając z krzyżującej się autostrady lub drogi ekspresowej). Takie informacje są już czasem zawarte na niektórych tablicach szlaku drogowego na polskich autostradach, ale w zbyt dużej odległości, co pokazano wcześniej i co skutkuje tym, że informacja ta jest nieprzydatna. Proponuje się, by było to 3 ÷ 5 węzłów wcześniej. Dzięki takiemu oznakowaniu, kierującym pojazdami będzie podróżować się łatwiej. Zbliżając się do węzła, gdzie muszą wybrać inną autostradę lub drogę ekspresową, będą spokojniejsi i będą bardziej przygotowani do zjazdu na inną drogę szybkiego ruchu.

Podsumowanie

Znaki kierunku i miejscowości, do których należą też tablice szlaku drogowego,



9. Tablica szlaku drogowego z oznakowaniem eksperymentalnym na autostradzie A1 w rejonie węzła „Włocławek Zachód” [7]

go, pełnią bardzo ważną rolę z punktu widzenia sprawności i bezpieczeństwa ruchu, gdyż prowadzą kierujących pojazdami do zamierzonego celu podróży. Im wyższa klasa techniczna drogi, a tym samym większa prędkość podróżowania, tym oznakowanie dróg nabiera większego znaczenia. Na autostradach uwaga kierujących pojazdami, w jak największym stopniu, powinna skupiać się na prowadzeniu pojazdu. Z tego powodu należy dołożyć wszelkich starań, aby oznakowanie było czytelne i jednoznaczne dla wszystkich użytkowników dróg, a nie tylko dla tych miejscowych.

W niniejszym artykule przedstawiono zasady umieszczania tablic szlaku drogowego na polskich autostradach. Pokazano, że mimo iż warunki techniczne [3] umożliwiają, w dolnym wierszu tablicy, umieszczania nazwy większego miasta sąsiedniego kraju, jeżeli autostrada dochodzi do granicy, to w zasadzie stosowane są w Polsce nazwy przejść granicznych. Nazwy przejść odnoszą się do nazw miejscowości granicznych. A te miejscowości są bardzo małe i raczej nieznane dla większości mieszkańców Polski, a co dopiero dla obcokrajowców, którzy podróżują po naszym kraju. A oznakowanie powinno być czytelne i rozpoznawalne dla wszystkich.

Krokiem w dobrym kierunku jest wprowadzenie, na nowych odcinkach autostrad i dróg ekspresowych w Polsce, oznakowania eksperymentalnego, które przybliży oznakowanie kierunków i miejscowości na drogach szybkiego ruchu w Polsce do standardów europejskich. Należy mieć nadzieję, że bogate doświadczenie krajów zachod-

nich oraz już niemałe doświadczenie Polski w tej dziedzinie zostanie wykorzystane w celu poprawy komfortu i bezpieczeństwa podróżowania na wszystkich polskich drogach. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Gasz K. Drogowskazy tablicowe na autostradach. Drogownictwo nr 3/2018
- [2] Gasz K. Tablice przeddrogowskazo- we na autostradach. Drogownictwo nr 3/2017
- [3] Obwieszczenie Ministra Infrastruktury z dnia 9 września 2019 roku w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach. Dz. U. 2019 poz. 2311
- [4] Oznakowanie eksperymentalne – wytyczne. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad. Warszawa 2017
- [5] Straßenverkehrs – Ordnung. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Berlin 2014. www.stvo.de
- [6] Význam dopravných značiek, dopravných zariadení a osobitných označení. www.minv.sk
- [7] www.google.com/maps (funkcja Street View)
- [8] www.gov.pl/web/gddkia/generalna-dyrekcja-drog-krajowych-i-autostrad (stan na 18 sierpnia 2025)
- [9] [www.pl.wikipedia.org/wiki/Jędrzychowice_\(powiat_zgorzelecki\)](http://www.pl.wikipedia.org/wiki/Jędrzychowice_(powiat_zgorzelecki))

Zwiększanie dostępności przystanków kolejowych na przykładzie Jeleniej Góry Zabobrze

Improving the accessibility of railway stations, using the example of Jelenia Góra Zabobrze



Michał Zawodny

Mgr inż.

Politechnika Wrocławska
Wydział Budownictwa Lądowego
i Wodnego, Katedra Dróg,
Mostów, Kolei i Lotnisk

michal.zawodny@pwr.edu.pl
ORCID: 0000-0001-5709-3429

Streszczenie: Artykuł ma na celu zaproponowanie zwiększenia dostępności transportowej regionu Jeleniej Góry, poprzez stworzenie nowego dojścia do przystanku kolejowego Jelenia Góra Zabobrze wykorzystując starotorze Linii Kolejowej 283 zlikwidowane podczas budowy przystanku. Jako rozwiązanie wskazano możliwość zagospodarowania przęsła mostu kolejowego na rzece Bóbr. W tym celu przeanalizowano dostępność transportową przystanku i otoczenia proponując rozwiązanie minimalizujące koszty budowy.

Słowa kluczowe: Jelenia Góra; Przystanek Kolejowy; Dostępność

Abstract: The article aims to propose improving transport accessibility in the Jelenia Góra region by creating a new access route to the Jelenia Góra Zabobrze railway stop, using the old track of Railway Line 283, which was dismantled during the construction of the stop. The solution proposes usage of the span of the railway bridge over the Bóbr River. For the purpose, the transport accessibility of the station and its surroundings was analyzed, proposing a solution that minimizes construction costs.

Keywords: Jelenia Góra; Railway Stop; Accessibility

Wstęp

Celem przystanków kolejowych jest obsługa jak największej liczby podróży. Najbardziej korzystnymi z punktu widzenia mobilności są podróże piesze i te odbywające się zbiorowym transportem publicznym. W niniejszym artykule przeanalizowano jak można zwiększyć dostępność transportową przystanku kolejowego, który już osiągnął sukces w wymianie pasażerskiej. Zamiast likwidowania naturalnie powstałych przejść i przedseptów, artykuł ma na celu promowanie niskokosztowych rozwiązań ułatwiających korzystanie z infrastruktury.

15 grudnia 2019 roku w Jeleniej Górze otwarto nowy przystanek kolejowy – Jelenia Góra Zabobrze. W ramach niniejszego artykułu proponowane jest stworzenie dojścia do wspomnianego przystanku z obszaru Osiedla Robotniczego, mającego większą gęstość zaludnienia niż Zabobrze i przyległe bezpośrednio do przystanku. Obszar ten jest zwarto zabudowany budynkami o

wysokości do 5 kondygnacji. Zabudowa jest przedwojenna, wielkopłytowa, oraz w trakcie budowy są osiedla deweloperskie. Proponowane w artykule rozwiązania skomunikują osiedle z przystankiem wykorzystując starotorze Linii Kolejowej (LK) 283 nieplanowane do odbudowy wraz z wykorzystaniem przęsła wiaduktu kolejowego na cele pieszo-rowerowe. Pierwotnie osiedle miało mieć dedykowany przystanek w okolicy ulicy Drzymały i Kubsza – Jelenia Góra Centrum.

Niniejszy artykuł proponuje alternatywę bez wpływu na warunki ruchu kolejowego. Zakładając maksymalną pieszą odległość akceptowalnego dojścia do przystanku podaną w [2] w wysokości 1000 m, zasięg oddziaływania przystanku obejmie całe Osiedle Robotnicze oraz część Śródmieścia Jeleniej Góry. Odległość 1000 m jest również zgodna z badaniem z USA [1], gdzie średnia odległość dojścia ankietowanych do stacji kolejowej wynosiła około 800 m, a głównym czynnikiem wyboru

podróży pieszej była najszybsza lub najkrótsza droga. Ze względu na średnicowy charakter układu sieci kolejowej w obszarze Jeleniej Góry, nowsza analiza [7] wskazuje na potencjał kolejowych podróży wewnątrzmiastowych w mieście. Wskazano tam długi czas dojścia na przystanki jako jeden z problemów wykorzystania kolei w mieście. Koncepcja zrównoważonej mobilności dotycząca obszaru Jeleniej Góry [8] również wskazuje potrzebę bardziej efektywnego wykorzystania kolei w obszarze by osiągnąć cel. Niniejszy artykuł jest początkiem serii publikacji na temat propozycji działań „u podstaw” w obszarze.

Analiza obszaru przystanku i sytuacji transportowej

Jelenia Góra Zabobrze jest obecnie drugim największym zaraz po stacji kolejowej Jelenia Góra przystankiem na poziomie dobowej wymiany pasażerskiej w wysokości 300-499 w 2024 roku [9]. Lokalizację przystanku pokazano na rys.



1. Lokalizacja przystanku Jelenia Góra Zabobrze [5]

1. Celem przystanku jest nomen omen obsługa pasażerska dzielnicy Zabobrze. Jest to dzielnica będąca wybudowanym w latach 60-90 modernistycznym osiedlem w technologii wielkopłytywowej na polach uprawnych włączonych do Jeleniej Góry wsi Strupice. Jest to dzielnica skupiająca około 30 tysięcy mieszkańców z największą gęstością zaludnienia w mieście, szczególnie w obszarze Zabobrza II [6]. Przystanek znajduje się na terenie najstarszego Zabobrza I. Składa się on z dwóch jednokrawędziowych peronów o długości 150 m i wysokości 0,76 m powyżej główki szyny. W celu budowy przystanku zredukowano przekrój trzytorowy do dwutorowego, przenosząc początek LK 283 w górę kilometrara linii 274, tuż za przystankiem, zaczynając ją rozjazdem. Przekrój trzytorowy pozostał na odcinku Stacja Jelenia Góra do wiaduktów na ulicy Osiedle Robotnicze. Przystanek obsługuje połączenia kolejowe w kierunku Szklarskiej Poręby, Goerlitz, Świeradowa Zdroju, oraz Wrocławia. Przystanek znajduje się pod estakadą na DK 3 w ciągu al. Jana Pawła II w Jeleniej Górze przy której zlokalizowane są dwa przystanki autobusowe – około 400 m na wschód Paderewskiego, oraz 400 m na zachód Grunwaldzka, obsługiwane przez 7 linii autobusowych miejskiego przewoźnika MZK, oraz 7 linii PKS – Powiatowej Komunikacji Karkonoskiej. Proponowane rozwiązanie umożliwi dojazd do przystanku Osiedle Robotnicze, który daje podróżnym alternatywne połączenia

autobusowe, kolejne 5 linii MZK oraz jedną nocną. Lokalizację przystanku w sieci połączeń MZK pokazano na rys. 2.

W Jeleniej Górze sytuacja transportowa jest daleka od idealnej. W 2019 roku 71,9% podróży stanowił udział podróży transportem indywidualnym wewnątrz obszaru Miasta Jelenia Góra, przy 0,1% udziału podróży koleją, jednak dla obszaru z gminami ościennymi udział podróży koleją wzrasta już do 2,1% [6]. Wtedy omawiany w niniejszym artykule przystanek nie funkcjonował, ponadto nie była oddana do ruchu LK 308 do Mysłakowic i dalej LK 340 do Karpacza. W planach jest również odbudowa dalszej części LK 308 do Kowar i Ogorzelca oraz LK 283 do Lwówka Śląskiego, której aktualny początek to rozjazd zlokalizowany w bezpośredniej bliskości przystanku. Proponowana w niniejszym artykule inwestycja przyczyni się do lepszej obsługi transportowej miasta koleją, zbliżając je do celów zrównoważonej mobilności. Jednocześnie nie wpłynie na istniejący i planowany do odbudowy układ torowy.

Dojazd południowy pozwoli również zrekomensować brak wybudowanego przystanku Jelenia Góra Centrum na ulicy Kubsza/Drzymały. Był on planowany przy niezrealizowanej koncepcji Jeleniogórskiej Kolei Miejskiej [6]. Ze względu na konstrukcję nasypu zakończonego murem oporowym bezpośrednio przy ulicy Drzymały, konieczne byłoby zbudowanie peronu na konstrukcji wsporczej, co zwiększyłoby koszty bu-



2. Lokalizacja przystanku na sieci transportu publicznego, przystanek zaznaczony na czerwono [4]

dowy. Opcją alternatywną byłaby budowa przystanku tuż pod kamienicami w miejscu ogródków w okolicy Drzymały 2. Rozwiązanie proponowane w artykule pozwoli stworzyć dogodny dojazd do przystanku Jelenia Góra Zabobrze zaledwie około 400-500m od lokalizacji niepowstałego Jelenia Góra Centrum.

Propozycja zwiększenia dostępności transportowej przystanku

Ze względu na budowę przystanku przekrój trzytorowy zredukowano do dwóch torów, by przy dwóch używanych torach zlokalizować perony jednokrawędziowe. Zlikwidowano kilkaset metrów dawnego przebiegu nieczynnej LK 283 i jej włączenie w LK 274 rozwiązano rozjazdem widocznym na rys.

3. Poprzez lokalizację blisko mostu kolejowego nad rzeką Bóbr, rozjazd złączający przekrój od strony stacji Jelenia Góra wykonany został za wiaduktami nad ulicą Osiedle Robotnicze, a przed mostem na rzece Bóbr, powodując, że jest on obecnie wyłączony z użytkowania. Jest to trzecie przesło mostu, dobudowane później, po budowie LK 283. Nie poszerzono wszystkich podpór i wykorzystano konstrukcję kratownicową do większych rozpiętości przęseł. Kratownica ma konstrukcję spawaną. Analiza samej konstrukcji i zdjęć archiwalnych dostępnych w Internecie pozwoliła określić jej wiek na 30-35 lat. Jest to więc konstrukcja stosunkowo nowa, oględziny na miejscu wskazują na dobry stan techniczny. Zdjęcie wykonane z przystanku pokazano na rys. 4. W ramach artykułu proponowane jest więc zagospodarowanie jej na kładkę pieszą lub pieszo-rowerową. W takcie wykonywania zdjęć widocznych na rys. 3-4



3. Nowy początek LK 283 bezpośrednio na północ od przystanku Jelenia Góra Zabobrze



4. Most kolejowy na rzece Bóbr widoczny z przystanku – widoczny przebieg w miejscu proponowanego dojścia

przeszło było wykorzystywane w celu dojścia od Osiedla Robotniczego, co wskazuje na potrzebę wykonania tego dojścia w sposób bezpieczny i dostosowany do osób z niepełnosprawnościami. Na rys. 4. Warty uwagi jest widoczny przebieg, w użyciu przez mieszkańców w trakcie wykonywania zdjęć do artykułu w 2022 roku. Widoczne ślady w okolicach przyczółku wskazują, że mieszkańcy regularnie używają nielegalnego dojścia, przekraczając również tory w celu dojścia na wschodnią stronę ulicy Osiedle Robotnicze.

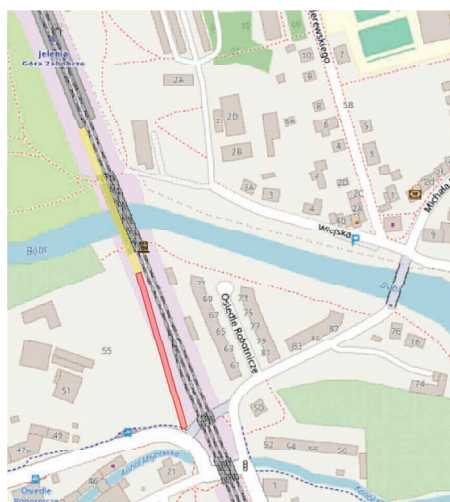
Autor sugeruje przebudowę nieużywanego kratownicy mostu kolejowego na ciąg pieszy oraz wybudowanie rampy wzdłuż nasypu od ul. Osiedle Robotnicze do mostu kolejowego. Tańszą alternatywą byłyby schody, jednak nie są one przyjazne dla osób z niepełnosprawnościami. Proponowane rozwiązanie pokazano na rys. 5. Obecnie od strony proponowanej rampy znajduje się budowana hala, jednak jest ona od-

dalona około 30m od osi toru lewego w użytku, czyli środkowego w przekroju trzytorowym, co pozwoli zmieścić rampę, która musi wynieść dojście na wysokość nasypu, około 3,7 m według danych dostępnych na [3]. Przy odległości 150 metrów da to spadek około 2,5%, który zagwarantuje dogodny dojazd. Autor sugeruje również rozważenie poszerzenia nasypu za przystankiem na drogę pieszo-rowerową w celu promocji podróży pieszych i rowerowych. Wykorzystywana kratownica ma skrajnie kolejową, więc zmieszczą się na niej dwumetrowe ciągi pieszy i rowerowy. Po drugiej stronie estakady na al. Jana Pawła II znajduje się generator ruchu w postaci Zespołu Szkół Ogólnokształcących i Technicznych oraz galeria handlowa. Proponowane dojście należy ogrodzić w celu zminimalizowania szansy wejścia pod pociąg lub spadnięcia z mostu. Bariery spowodują również poczucie bezpieczeństwa podróżnych zachęcając do podróży pieszej.

legalnego dojścia przez mieszkańców wskazuje na potrzebę inwestycji. Uniknie też niebezpiecznego przekraczania torowiska, oraz rzeki Bóbr nieczynnym prześłem mostu kolejowego z wybrakowanym pomostem technicznym oraz niezabezpieczoną szczeliną pomiędzy prześłami mostu. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Agrawal A. W., Schlossberg M., Irvin, K. How far, by which route and why? A spatial analysis of pedestrian preference. *Journal of Urban Design*, 2008, 13(1), s. 81–98. <https://doi.org/10.1080/13574800701803472>
- [2] Bąk A. Analiza dostępności pieszej stacji Szybkiej Kolei Aglomeracyjnej w województwie małopolskim, *Transport Miejski i Regionalny*, 2020, 08, s. 5-10
- [3] geoportal.gov.pl (dostęp: 11.09.2025)
- [4] <https://miasto.jeleniogora.pl/content/schemat-uk%C5%82adu-komunikacyjnego> (dostęp: 10.09.2025)
- [5] <https://www.openstreetmap.org/> (dostęp: 10.09.2025)
- [6] Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Miasta Jeleniej Góry oraz Gmin, z którymi Miasto Jelenia Góra zawarło Porozumienie Międzygminne w zakresie organizacji publicznego transportu zbiorowego. Jelenia Góra, lipiec 2013 r
- [7] Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Miasta Jeleniej Góry oraz Gmin, z którymi Miasto Jelenia Góra zawarło Porozumienia Międzygminne w zakresie organizacji publicznego transportu zbiorowego. wrzesień 2021, TRAKO projekty transportowe
- [8] Staśkiewicz D., Hareża O., Protyńska U., Małyś M. Koncepcja zrównoważonej mobilności w obszarze funkcjonalnym Jeleniej Góry, *Transport Miejski i Regionalny*, 2023, 08, s. 17-24
- [9] Urząd Transportu Kolejowego: Wymiana pasażerska - Dane o stacjach 2024



5. Proponowane dojście, na żółto część wykorzystująca szerokość starotorza, na czerwono proponowana rampa na konstrukcji ziemnej/wsporczej (opracowanie własne na podkładzie [5])

Podsumowanie

W ramach artykułu zaproponowano wybudowanie rampy wzdłuż nasypu, oraz wykorzystanie nieużywanego prześła mostu na zlikwidowanej części LK 283, by umożliwić korzystanie z przystanku Jelenia Góra Zabobrze mieszkańcom Osiedla Robotniczego i części Śródmieścia Jeleniej Góry.

Proponowane dojście może zostać poddane w wątpliwość ze względu na kładkę w postaci „Garbatego Mostku” około 250m na wschód od mostu kolejowego, jednak dojście do przystanku jest możliwe tylko od północnej strony i należy pokonać całą długość przystanku „na około”. Wybieranie nie-

Przegląd praktyk związanych z montażem i eksploatacją smarownic tramwajowych w Polsce

Review of practices related to the installation and operation of tram lubricators in Poland



Magdalena Skiba

Mgr inż.

Doktorantka, Politechnika
Wrocławska

magdalena.skiba@pwr.edu.pl
ORCID: 0000-0001-7998-4767

Streszczenie: W artykule zwrócono uwagę na problem zanieczyszczenia hałasem tramwajowym. Wskazano, że jednym ze sposobów jego redukcji jest montaż smarownic torowych. Przeprowadzono analizę praktyk związanych z montażem i eksploatacją smarownic tramwajowych na podstawie danych zebranych od operatorów i zarządców systemów tramwajowych w Polsce. Stwierdzono, że od wykonawców nie wymaga się obligatoryjnie ograniczenia hałasu, ani potwierdzenia tego faktu poprzez wykonanie pomiarów hałasu przed i po montażu smarownic. Zweryfikowano obowiązujące przepisy w Polsce i zasugerowano konieczne zmiany.

Słowa kluczowe: Torowisko tramwajowe; Hałas; Smarownica

Abstract: This article highlights the problem of tram noise pollution. One way to reduce it is to install track lubricators. An analysis of practices related to the installation and operation of tram lubricators was conducted, based on data collected from operators and managers of tram systems in Poland. It was concluded that contractors are not required to mandatorily reduce noise, nor are they required to confirm this by conducting noise measurements before and after the lubricators' installation. The current regulations in Poland were reviewed and necessary changes were suggested.

Keywords: Tram track; Noise; Lubricator

Wstęp

Zanieczyszczenie hałasem jest jednym z głównych zjawisk środowiskowych wpływających na zdrowie i samopoczucie milionów mieszkańców Europy. Co najmniej 20% ludności jest narażona na długotrwałe działanie hałasu szkodliwego dla zdrowia [1]. Hałas można eliminować na trzy sposoby:

- wpływając na źródła hałasu (poprzez ograniczenie emisji u źródła lub poprawę warunków mobilności na określonym terenie);
- wpływając na rozchodzenie się hałasu (poprzez zachowanie maksymalnej odległości między obszarami mieszkalnymi a terenami o największym poziomie emisji dźwięku);
- stosując systemy biernej ochrony (bariery dźwiękochłonne) [2].

Z uwagi na charakteru emitowanego hałasu szczególnie uciążliwym rodzajem jest hałas tramwajowy. Jednym ze sposobów jego ograniczenia jest montaż smarownic torowych. Stwierdzono jednak, że z uwagi na zróżnicowany tabor tramwajowy dobierany indywidualnie przez przewoźników miejskich, rzeczywista skuteczność smarownic torowych może być ustalona wyłącznie na podstawie pomiarów przeprowadzonych dla danej lokalizacji [3]. W związku z powyższym zdecydowano o przeprowadzeniu analizy praktyk związanych z montażem i eksploatacją smarownic tramwajowych wśród operatorów i zarządców torowisk tramwajowych, która mogłaby przyczynić się do ustalenia prawidłowych i skutecznych działań.

Przegląd zastosowania smarownic torowych w systemach tramwajowych na terenie Europy

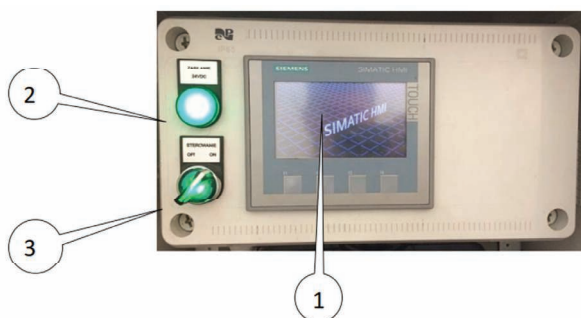
W pierwszej kolejności wykonano zestawienie czynnych linii tramwajowych



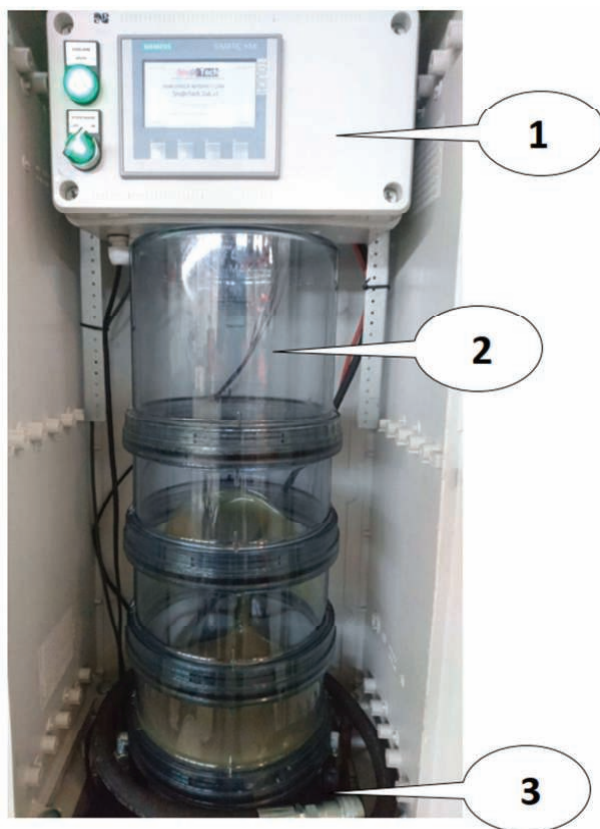
1. Przewód doprowadzający smar, widok od strony zewnętrznej toru, Pętla Klecina we Wrocławiu, materiały własne, 19.09.2025 r.



2. Przewód doprowadzający smar, widok od strony wewnętrznej toru, Pętla Kleci-na we Wrocławiu, materiały własne, 19.09.2025 r.



4. Ekran dotykowy 4", 2. Kontrolka zasilania 24V/230V, 3. Włacznik sterowania. Przykładowa główna jednostka sterująca smarownicy automatycznej, Dokumentacja Techniczno-Eksploatacyjna SmarTech 2x6. v1, 23.12.20221



3. Główna jednostka sterująca, 2. Zbiornik smaru, 3. Pompa smaru. Przykładowa szafa główna smarownicy automatycznej, Dokumentacja Techniczno-Eksploatacyjna SmarTech 2x6. v1, 23.12.20221

wych (stan 10.09.2024 r.) na terenie Europy z podziałem na 46 państw [4], w tym:

1. uwzględniono systemy w 31 krajach, co stanowi 67% rozpatrywanych krajów,
2. w przypadku 13 państw stwierdzono brak czynnego systemu tramwajowego, co stanowi 28% rozpatrywanych krajów,
3. nie uwzględniono systemu tramwajowego w Kazachstanie; państwo leżące częściowo w Azji (88% powierzchni) i częściowo w Europie (12% powierzchni). Systemy tramwajowe leżące w części azjatyckiej nie są brane pod uwagę na potrzeby niniejszego opracowania,
4. nie uwzględniono systemu tramwajowego na Ukrainie - ze względu na trwający konflikt zbrojny - zawieszanie połączeń, likwidacja linii oraz problemy z dostępem do stron internetowych.

W zestawieniu czynnych linii tramwajowych (czas realizacji zestawienia od

10.09.2024 r.-03.11.2024 r.) na terenie Europy uporządkowano nazwy i adresy e-mail operatorów i zarządców. W ten sposób wyszczególniono 208 systemów tramwajowych w 31 krajach.

Do wszystkich zarządców i operatorów w dniu 09.11.2024 r. przesłano w formie elektronicznej listę pytań w języku polskim - w Polsce oraz formularz w języku angielskim - w pozostałych krajach z prośbą o wypełnienie i odesłanie. Ponadto z uwagi na indywidualne wymogi zarządcy w Brukseli przesłano pytania zgodnie z przekazanym przez niego formularzem. Zgodnie z wymogiem zarządcy torowisk tramwajowych w Neuchâtel w Szwajcarii przekazano pytania dodatkowo w wersji francuskiej.

Formularz przesłany do zarządców i operatorów zawierał listę pytań dotyczących smarownic torowych w zakresie m.in. podania ich lokalizacji, rodzaju stosowanego smaru, wykonywanych pomiarów hałasu, stosowanych przepisów, wymogów odbiorowych, itp.

Z uwagi na fakt, że 3 kraje (Litwa,

Malta, Słowenia) z 31 uwzględnionych w zestawieniu przynależą do Unii Europejskiej [5], w celu uzyskania jak najbardziej wiarygodnych danych, podjęto decyzję o powołaniu się, w wiadomościach do zarządców i operatorów, na wspólny dla większości państw akt prawny - *Traktat o funkcjonowaniu Unii Europejskiej* (Dz.U. C 202 z 7.6.2016) oraz *Kartę praw podstawowych Unii Europejskiej* (Dz.U.U-E.C.2016.202.389 [6].

Zgodnie z art. 15 (dawny artykuł 255 Traktatu ustanawiającego Wspólnotę Europejską - TWE) *Traktatu o funkcjonowaniu Unii Europejskiej* (Dz.U. C 202 z 7.6.2016): Każdy obywatel Unii i każda osoba fizyczna lub prawna mająca miejsce zamieszkania lub siedzibę statutową w Państwie Członkowskim ma prawo dostępu do dokumentów instytucji, organów i jednostek organizacyjnych Unii, niezależnie od ich formy, z zastrzeżeniem zasad i warunków określonych zgodnie z niniejszym ustępem.

Do zarządców i operatorów zwrócono się o udzielenie informacji rów-

niez z uwzględnieniem obowiązujących przepisów wewnętrznych m.in.:

1. Ustawę z dnia 6 września 2001 r. o dostępie do informacji publicznej (Dz.U. 2001 nr 112 poz. 1198) w Polsce
2. Ustawę nr 19/2013 z dnia 9 grudnia 2013 r. o przejrzystości, dostępie do informacji publicznej i dobrych rządach [7] w Hiszpanii,
3. Ustawą Nr 211/2000 Dz. o swobodnym dostępie do informacji oraz o zmianie i zmianie pozostałych ustaw (Ustawa o wolności informacji) z późniejszymi zmianami (zwanej dalej jedynie „Ustawą o wolności informacji”), zarejestrowanej pod numerem 18219/2024 jako żądanie informacji nr rej. 33/2024
4. Ustawa nr 211/2000 Dz. U. o swobodnym dostępie do informacji oraz o zmianie niektórych ustaw (ustawa o wolności informacji) [8] w Bratysławie.

W wyniku powyższych zapytań otrzymano odpowiedzi od 38 zarządców i operatorów (w tym od wszystkich 15 z Polski) wśród których:

1. w 6 przypadkach odmówiono udzielenia odpowiedzi lub odpo-

wiedzi nie przyniosły skutku (np. przekierowano na inne adresy e-mail),

2. dla 10 systemów tramwajowych ustalono brak zamontowanych smarownic torowych (w tym 1 system w Polsce),
3. dla 22 systemów tramwajowych ustalono zamontowane smarownice torowe (w tym 14 systemów w Polsce).

Dla pozostałych 170 systemów tramwajowych nie uzyskano żadnej odpowiedzi. Nie ponawiano zapytań do operatorów zagranicznych.

Analiza uzyskanych odpowiedzi dotyczących smarownic torowych od operatorów i zarządców systemów tramwajowych na terenie Polski

Z uwagi na indywidualne przepisy obowiązujące na terenie różnych państw dane uzyskane od zarządców zagranicznych potraktowano jako poglądowe i skoncentrowano się na odpowiedziach uzyskanych od operatorów i zarządców systemów tramwajowych w Polsce.

Przeanalizowano 15 systemów tramwajowych w Polsce tj. na terenie:

Bydgoszczy, Częstochowy, Elbląga, Gdańska, Gorzowa Wielkopolskiego, Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii, Grudziądza, Krakowa, Łodzi, Olsztyna, Poznania, Szczecina, Torunia, Warszawy i Wrocławia. Na podstawie udzielonych odpowiedzi ustalono, że na terenie Gorzowa Wielkopolskiego nie zamontowano smarownic torowych. W związku z powyższym dalsza analiza dotyczy pozostałych czternastu systemów tramwajowych.

Dane zebrane w tabeli 1. Dodatkowo w przypadku ustalenia lokalizacji montażu dla 14 rozpatrywanych operatorów:

1. w przypadku 7 operatorów deklarujących wskazanie lokalizacji montażu przez Zamawiającego:
 - dla 4 nastąpiła również weryfikacja wskazanej lokalizacji przez projektanta,
 - dla 3 - bez weryfikacji projektanta/ bez dokumentacji projektowej,
2. w przypadku 10 operatorów deklarujących wskazanie lokalizacji montażu przez projektanta/Wykonawcę:
 - dla 4 wskazujących lokalizację nastąpiła weryfikacja projektanta (jak w punkcie 1 powyżej),
 - dla 6 było to niezależne wskazanie lokalizacji montażu przez projektanta.
3. w przypadku 1 operatora nie uzyskano informacji.

W wyniku analizy ustalono następujące informacje:

1. wymóg ograniczenia hałasu wskazało 8 operatorów, co powoduje, że nie jest to wymóg obligatoryjny i spójny dla wszystkich miast,
2. pomiar hałasu przed i po montażu smarownic wskazało wyłącznie 3 operatorów. Potwierdzenie prawidłowego wykonania montażu smarownicy opiera się wyłącznie na weryfikacji empirycznej;
3. wyłącznie 3 operatorów posiada przepisy wewnętrzne,
4. wyłącznie 7 operatorów potwierdziło, że odbiór smarownic odbył się przy udziale osób posiadających uprawnienia budowlane.

Tab. 1. Zestawienie danych dotyczących smarownic tramwajowych uzyskanych od 14 operatorów i zarządców w Polsce

			tak	nie	b.d.
lokalizacja	łuki		14	-	-
	pętle		11	1	2
	zajeżdnie		4	7	3
wymogi zamawiającego (operatora, zarządcy)	ograniczenie hałasu		8	4	2
	smar biodegradowalny		13	-	1
	dostęp do ustawień		11	2	1
	dostosowanie do wewnętrznych przepisów		3	10	1
montaż	sposób ustalenia lokalizacji	wskazane przez Zamawiającego	7	-	-
		wskazane przez projektanta, geometria toru	10	-	-
	pomiar hałasu (przed i po montażu)		3	11	-
	odbior przez osoby z uprawnieniami budowlanymi		7	3	4

Obowiązujące przepisy w zakresie smarownic tramwajowych w Polsce

Nadrzędnym aktem prawnym w budownictwie obowiązującym w Polsce jest Prawo budowlane [9]. Zgodnie z art. 5 „Obiekt budowlany jako całość oraz jego poszczególne części, wraz ze związanymi z nim urządzeniami budowlanymi należy, biorąc pod uwagę przewidywany okres użytkowania, projektować i budować w sposób określony w przepisach, w tym techniczno-budowlanych, oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej”.

Obecnie jedyne zapisy dotyczące smarownic tramwajowych można znaleźć w:

1. WR-D-43-3 Wytyczne projektowania infrastruktury transportu zbiorowego. Część 3: Projektowanie infrastruktury transportu tramwajowego [10],
2. WR-D-84 Wytyczne utrzymania infrastruktury transportu tramwajowego [11].

Należy jednak pamiętać, że powyższe:

1. nie stanowią przepisów techniczno-budowlanych, ale stanowią jeden ze zbiorów zasad wiedzy technicznej w rozumieniu ustawy – Prawo budowlane,
2. zgodnie z ustawą o drogach publicznych przeznaczone są do dobrowolnego stosowania,

Jednak mając na uwadze art.5 Prawa budowlanego powyższe wytyczne należy potraktować na równi z pozostałymi aktami prawnymi [12].

Zapisy zawarte w powyższych dokumentach są ogólne bez wskazania konkretnych parametrów, sposobu ustalenia lokalizacji, wymaganych pomiarów itp.

W związku z powyższym brakiem przepisów jedynym możliwym sposobem właściwego montażu i eksploatacji smarownic są szczegółowe zapisy w:

- postępowaniu przetargowym (opis przedmiotu zamówienia) lub zleceniu,
- przepisach wewnętrznych zarządcy.

Podsumowanie

Przedmiotem niniejszego opracowania jest porównanie i analiza praktyk związanych z montażem i eksploatacją smarownic tramwajowych. Analizę przeprowadzono na podstawie pytań kierowanych do zarządców torowisk tramwajowych i operatorów publicznego transportu zbiorowego. Przeprowadzona analiza wykazała, że smarownice montowane są bez ustalenia konkretnych wytycznych. Zarządcy nie stawiają wymogów, które prowadziłyby do skutecznego ograniczenia hałasu. Nie tylko nie oczekują oni od wykonawców przeprowadzenia pomiarów poziomu hałasu przed i po montażu smarownic torowych, ale również nie wymagają wprost ograniczenia hałasu. Powoduje to, że zamontowane smarownice nie zawsze prowadzą do ograniczenia hałasu [3], a ich zamontowanie może być nie tylko bezcelowe ale i szkodliwe z powodu wprowadzenia złych ustawień (np. zbyt duże dozowanie smaru powodujące wydłużenie drogi hamowania, smarowanie w rejonie ciągów pieszo-rowerowych, itp.).

Wątpliwy jest również sposób odbioru z uwagi na brak zapewnienia odpowiedniego nadzoru.

W przyszłości należałoby zatem wymagać od wykonawców:

- wykonywania pomiarów hałasu przed i po montażu smarownic z uwzględnieniem taboru eksploatowanego u danego zarządcy (wraz z pomiarem drogi hamowania),
- ograniczenia hałasu w wyniku zamontowania smarownic, co potwierdziłoby prawidłowe wykonanie usługi. Konieczna jest weryfikacja zasadności stosowania smarownicy poprzez każdorazowe przeprowadzenie pomiaru poziomu hałasu.

Ponadto sugeruje się rozszerzenie zapisów zawartych w obowiązujących wytycznych [10,11] o informacje dotyczące warunków montażu, odbioru i eksploatacji smarownic torowych. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Raport Europejskiej Agencji Środowiska (EEA) „Hałas w Europie 2020”.
- [2] Opinia Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego w sprawie: „Emisje z transportu drogowego: konkretne środki służące przewyższeniu zastoju” (Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej C, 2009 nr 317 str. 22 z 2009-12-23)
- [3] Skiba M., Analiza skuteczności smarownic torowych w wybranych lokalizacjach na terenie Wrocławia. Przegląd Komunikacyjny. 2023, R. 78, nr 2, s. 2-8.
- [4] Urzędowy wykaz nazw państw i terytoriów niesamodzielnych, wyd. 6, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, 2021, ISBN 978-83-254-2587-6 (pol.).
- [5] https://european-union.europa.eu/principles-countries-history/eu-countries_pl (dostęp 09.11.2024 r.)
- [6] <https://eur-lex.europa.eu/> (dostęp 08.11.2024 r.)
- [7] Ley 19/2013, de 9 de diciembre, de transparencia, acceso a la información pública y buen gobierno.
- [8] Act No. 211/2000 Coll. on Free Access to Information and Amendments of Some Acts (The Freedom of Information Act)
- [9] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane z późn. zm. (Dz.U. 1994 nr 89 poz. 414),
- [10] WR-D-43-3 Wytyczne projektowania infrastruktury transportu zbiorowego. Część 3: Projektowanie infrastruktury transportu tramwajowego, Część 3: Projektowanie infrastruktury transportu tramwajowego, Warszawa, 2024,
- [11] WR-D-84 Wytyczne utrzymania infrastruktury transportu tramwajowego, Warszawa, 2023.
- [12] Szmagliński J. Nowe zasady projektowania infrastruktury tramwajowej. Inżynier Budownictwa, vol. 4 (2024), s.30-34.

Wpływ popiołu lotnego krzemionkowego na właściwości fizyczne i mechaniczne betonu niskoemisyjnego

Effect of silica fly ash on the physical and mechanical properties of low carbon concrete



Joanna Filusz

Mgr inż.

filuszjoanna@gmail.com
ORCID: 0009-0000-0882-7211



Magdalena Piechówka-Mielnik

Dr inż.

Politechnika Wrocławska, Katedra
Konstrukcji Budowlanych

magdalena.piechowka-mielnik@pwr.edu.pl
ORCID: 0000-0003-1172-9238

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczących wpływu dodatku popiołu lotnego krzemionkowego na właściwości fizyczne i mechaniczne betonu. Analizowano mieszanki zawierające od 0% do 70% popiołu w stosunku do masy cementu, oceniając m.in. wodoszczelność, nasiąkliwość, wytrzymałość na ściskanie oraz gęstość. Uzyskane wyniki wskazują, że większy udział popiołu (50-70%) poprawia szczelność i trwałość betonu przy jednoczesnym ograniczeniu jego śladu węglowego. Dodatek ten efektywnie wspiera rozwój zrównoważonego budownictwa.

Słowa kluczowe: Beton niskoemisyjny; Popiół lotny krzemionkowy; Zrównoważone budownictwo; Ślad węglowy

Abstract: The article presents the results of research on the impact of silica fly ash additive on the physical and mechanical properties of concrete. Mixtures containing 0% to 70% ash by weight of cement were analysed, assessing, among other things, watertightness, water absorption, compressive strength and density. The results indicate that a higher proportion of ash (50-70%) improves the impermeability and durability of concrete while reducing its carbon footprint. This additive effectively supports the development of sustainable construction.

Keywords: Low-carbon concrete; Silica fly ash; Sustainable construction; Carbon footprints

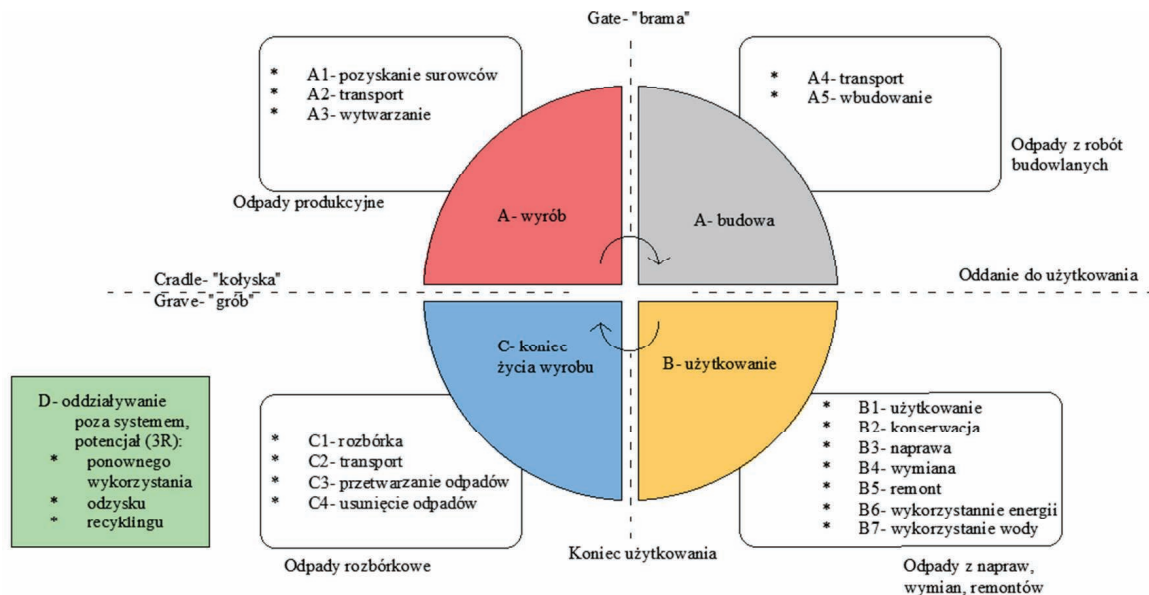
Wstęp

Możliwości i perspektywy wykorzystania betonu niskoemisyjnego powodują, że jest on coraz częściej stosowany w konstrukcjach masowych i hydrotechnicznych. Beton niskoemisyjny to nowoczesny kompozyt budowlany, który powstaje poprzez częściowe zastąpienie cementu portlandzkiego dodatkami mineralnymi, m.in. popiołem lotnym krzemionkowym. W kontekście ochrony środowiska, ten typ betonu odgrywa kluczową rolę w ograniczaniu emisji CO₂, która w dużej mierze pochodzi z energochłonnego procesu wypalania klinkieru cementowego.

Zastosowanie popiołów lotnych przyczynia się do poprawy szczelno-

ści, trwałości oraz parametrów mechanicznych betonu, przy jednoczesnym obniżeniu śladu węglowego. W badaniach wskazano, że zastąpienie cementu popiołem może obniżyć emisję CO₂ nawet o 21–25 % w stosunku do tradycyjnych mieszanek [1, 2]. Takie podejście wpisuje się w cele zrównoważonego rozwoju i jest odpowiedzią na rosnące wymagania środowiskowe stawiane budownictwu [3, 4]. Beton niskoemisyjny oferuje szereg korzyści, takich jak niższe ciepło hydratacji, lepsza szczelność i długoterminowa wytrzymałość. Zrównoważone projektowanie mieszanki betonowej zakłada użycie cementów o obniżonej zawartości klinkieru, dodatków pochodzenia odpadowego oraz lokalnych surowców,

co zmniejsza koszty transportu i ślad węglowy. Ponadto, preferuje się betony trwałe i odporne, które wydłużają cykl życia konstrukcji i ograniczają konieczność napraw [5]. Produkcja cementu jest jednym z głównych źródeł emisji CO₂ w branży budowlanej – aż 90 % emisji pochodzi z wytwarzania klinkieru i spalania paliw w piecach obrotowych [6]. Zastosowanie nowoczesnych technologii, takich jak wypalanie w niższych temperaturach, zamiana paliw konwencjonalnych na alternatywne czy ograniczenie udziału klinkieru, pozwala znacznie zmniejszyć emisyjność procesu [7, 8]. Ważną rolę odgrywa także optymalizacja składu mieszanki betonowej. Redukcja ilości cementu, zwiększenie udziału dodatków mineralnych oraz



1. Podział na etapy cyklu życia wyrobów budowlanych [6]

zastosowanie superplastyfikatorów umożliwiają poprawę właściwości betonu bez zwiększania jego śladu środowiskowego [9]. Jednym z kluczowych elementów strategii nisko-emisyjnej jest podejście cyklu życia (LCA), które pozwala ocenić wpływ materiału budowlanego na środowisko w całym okresie jego użytkowania [10], rys. 1. W przemyśle cementowym coraz większe znaczenie ma gospodarka o obiegu zamkniętym, polegająca na wtórnym wykorzystywaniu produktów odpadowych, takich jak popiół lotny krzemionkowy. Dzięki temu możliwe jest ograniczenie zużycia surowców naturalnych, emisji CO₂ i kosztów produkcji [11].

Badania

W ramach badań wykonano pięć mieszanek betonowych, do których dodawano popiół lotny krzemionkowy (V) w różnych ilościach w sto-

sunku do masy cementu, aby ocenić jego wpływ na właściwości betonu. Mieszanki wykonano z zastosowaniem cementu portlandzkiego CEM I 42,5R oraz kruszywa żwirowego o frakcji 0/2 i 8/16. W każdej mieszance zastosowano domieszkę upłynniającą FM 6 firmy SIKA w ilości 3% m.c., natomiast współczynnik w/c lub w/s wynosił 0,4 dla wszystkich wykonanych mieszanek betonowych. Składy mieszanek są następujące:

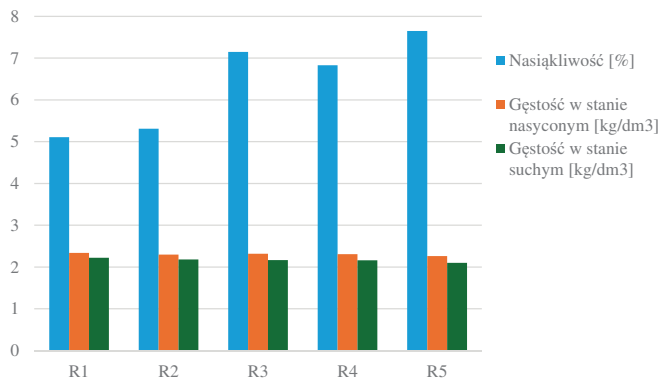
- R1 – próbka referencyjna, bez dodatku popiołu lotnego krzemionkowego
- R2 - +10% V m.c.
- R3 - +30% V m.c.
- R4 - +50% V m.c.
- R5 - +70% V m.c.

Dla każdej mieszanki wykonano około 6 próbek o boku 100 mm do badań wytrzymałości na ściskanie i nasiąkliwości oraz po 3 próbki o boku 150 mm do badania wodoszczelności.

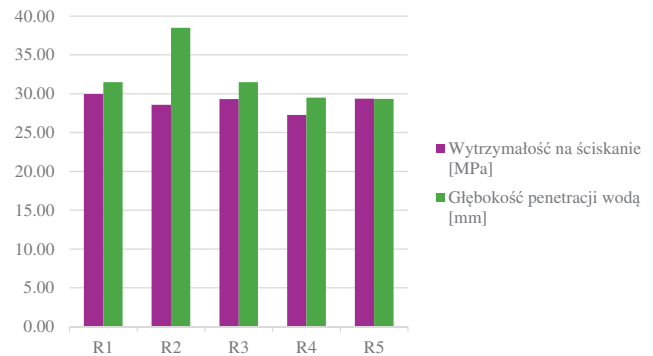
Próbki formowano poprzez układanie dwóch warstw mieszanki, z których każdą zagęszczano osobno. Konsystencję mieszanek określono metodą opadu stożka. Po 24 godzinach próbki rozformowano i umieszczono w wodzie na 27 dni, gdzie dojrzewały w warunkach laboratoryjnych. Następnie wykonano badanie wytrzymałości na ściskanie oraz zważono kolejne próbki w stanie pełnego nasycenia wodą. Próbki przeznaczone do badania nasiąkliwości umieszczono w suszarkach i suszono w temperaturze 105±5°C do stałej masy. Próbki przeznaczone do badania wodoszczelności pozostawiono na 14 dni do wysuszenia w stanie powietrzno-suchym w temperaturze otoczenia. następnie odpowiednio je przygotowano, skuwając górną powierzchnię i pokrywając ściany boczne warstwą ochronną zabezpieczającą przed wnikaniami wody. Gotowe próbki umieszczono w maszynie badawczej i poddano wstępnemu ciśnieniu 0,2 MPa. Ciśnienie zwiększano, o kolejne 0,2 MPa co 24 godziny, aż do osiągnięcia poziomu 0,8 MPa. W trakcie badania obserwowano próbki pod kątem przenikania wody przed osiągnięciem ostatecznego poziomu ciśnienia.

Tab. 1. Uzyskane wyniki badań

Próbka	Rozplływ mieszanki [mm]	Gęstość objętościowa stwardniałego betonu w stanie:		Nasiąkliwość [%]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	Głębokość penetracji wodą [mm]
		nasycenym [kg/dm ³]	suchym [kg/dm ³]			
R1	45	2.34	2.22	5.11	29.95	32
R2	139	2.30	2.18	5.31	28.56	39
R3	210	2.32	2.16	7.15	29.30	32
R4	93	2.31	2.16	6.83	27.26	30
R5	143	2.26	2.10	7.65	29.36	29



2. Otrzymane wyniki dla badania gęstości objętościowych stwardniałego betonu oraz nasiąkliwości



3. Otrzymane wyniki dla badania wytrzymałości na ściskanie oraz wodoszczelności

Wyniki badań oraz ich analiza

Otrzymane wyniki badań zestawiono w tabeli 1. Można zaobserwować upłynnienie konsystencji wraz ze wzrostem ilości popiołu lotnego krzemionkowego do poziomu 30% m.c. Zastosowanie większej ilości dodatku (50% oraz 70%) powodowało dalsze doszczelnienie struktury betonu, czyniąc go bardziej zwartym. Wynika to ze zwiększonej ilości materiałów o drobnej frakcji. Podobne wyniki odnotowano również w artykule [12]. Gęstość objętościowa betonu w stanie nasyconym dla wszystkich mieszanek betonowych malała w porównaniu z gęstością mieszanki referencyjnej, bez dodatku. Popiół uszczelnił strukturę betonu, co spowodowało zmniejszenie ilości porów. Dla gęstości objętościowej w stanie suchym zaobserwowano podobną tendencję spadkową wraz ze wzrostem udziału popiołu w składzie. Zawartość popiołu lotnego krzemionkowego miała również wpływ na czas suszenia próbek – jego wzrost wydłużał proces suszenia od 7 dni dla mieszanki R1 do 11 dni dla mieszanki R5.

Nasiąkliwość próbek wzrastała do poziomu 30% dodatku mineralnego, natomiast przy większych ilościach stabilizowała się. Bezpośredni wpływ na nasiąkliwość ma różnica gęstości stwardniałego betonu, gdzie większa różnica pomiędzy stanem nasyconym a suchym, tym wyższa nasiąkliwość. Wyniki dotyczące gęstości objętościowej oraz nasiąkliwości

przedstawiono na rysunku 2.

Zniszczenie próbek w badaniu wytrzymałości na ściskanie miało charakter stożkowo-pryzmatyczny, a przekątne pęknięcia prowadziły do powstania dwóch lub większej liczby odłamków w kształcie klina. Najwyższe wartości wytrzymałości uzyskano dla próbek R1, R3 oraz R5, natomiast spadek odnotowano w przypadku R2 i R4. Próbkę bez dodatku popiołu lotnego krzemionkowego wykazywały nieco wyższe wytrzymałości po 28 dniach, jednak różnica w wynikach była niewielka i wynosiła około 2,7 MPa. Penetracja wody w próbkach wynosiła 29–39 mm. Dodatek popiołu lotnego krzemionkowego powyżej 50% zredukował głębokość wnikania wody, natomiast największą wartość uzyskano przy udziale dodatku mineralnego w ilości 10% masy cementu. Wyniki te zilustrowano na rysunku 3 wraz z wartościami wytrzymałości na ściskanie. Wykazuje to na zoptymalizowaną strukturę porów oraz lepsze właściwości reologiczne betonu przy wysokich zawartościach popiołu lotnego krzemionkowego.

Wnioski

Dodatek popiołu lotnego krzemionkowego stosowany w mieszankach betonowych jest jednym z najsukcesowniejzych sposobów redukcji śladu węglowego i uzyskania betonu niskoemisyjnego. Popiół lotny krzemionkowy, będący produktem ubocznym spalania węgla kamien-

nego, pełni funkcję składnika pucolanowego betonu i może częściowo zastępować klinkier cementowy, co bezpośrednio przyczynia się do zmniejszenia całkowitej emisyjności mieszanki. Z punktu widzenia zrównoważonego budownictwa dodatek ten stanowi korzystne rozwiązanie technologiczne - pozwala zagospodarować odpad przemysłowy w sposób zgodny z ideą gospodarki o obiegu zamkniętym. W rezultacie możliwe jest uzyskanie betonu o niższym śladzie węglowym przy zachowaniu, a nawet poprawie, długoterminowej trwałości elementów betonowych.

Podsumowując uzyskane wyniki:

- Zastosowanie popiołów lotnych wpływa na konsystencję mieszanek betonowych, przy czym większe ilości popiołu lotnego krzemionkowego skutkują zmniejszeniem klasy konsystencji. Dzięki drobniejszej frakcji uzyskuje się konsystencję spoiwą, a wydzielanie mleczka cementowego jest ograniczone [7, 13]. Efekt ten wynika ze szczelnego wypełnienia struktury mieszanki drobnymi frakcjami popiołu.
- Zastosowanie popiołu w składzie betonu przyczynia się do uszczelnienia jego struktury poprzez zmniejszenie ilości porów, a także do obniżenia masy mieszanki, co przekłada się na mniejsze gęstości objętościowe w betonach zawierających ilość popiołu lotnego krzemionkowego.
- Różnice w gęstościach stward-

niałego betonu w stanie i suchym mają bezpośredni wpływ na nasiąkliwość – im większa różnica gęstości, tym większa nasiąkliwość [14].

- Zawartość popiołu lotnego krzemionkowego w mieszance zwiększa jego nasiąkliwość betonu [2].
- Wytrzymałość na ściskanie betonów z dodatkiem popiołu lotnego krzemionkowego nieznacznie różni się od betonów referencyjnych; średnie wartości po 28 dniach wynoszą 27,3-29,9 MPa. Podobne obserwacje odnotowano w literaturze, gdzie beton z dodatkiem popiołu wykazywał nieco niższe wartości wytrzymałości w porównaniu z betonem referencyjnym [12].
- Próbkę osiągnęły klasę wodoszczelności W8 przy maksymalnej penetracji wody 39 mm. Optymalny zakres dodatku popiołu lotnego, zapewniający równowagę pomiędzy wodoszczelnością a wytrzymałością na ściskanie, wynosi 50 – 70 %.
- Większy udział dodatku mineralnego może poprawić szczelność betonu bez utraty jego wytrzymałości na ściskanie oraz stanowić barierę na przenikanie cieczy agresywnych [12]. Jest to związane z uszczelnieniem matrycy cementowej przez drobne frakcje popiołu.

Betony z dodatkiem mineralnym, jakim jest popiół lotny krzemionkowy, znajdują zastosowanie w środowiskach agresywnych i narażonych na działanie wody. Wykorzystanie tego dodatku jest jednocześnie skutecznym sposobem na redukcję śladu węglowego betonu, ponieważ popiół stanowi produkt uboczny spalania węgla kamiennego, mogący zastąpić klinkier cementowy i zmniejszyć emisyjność mieszanki. Dla zrównoważonego budownictwa jest to rozwiązanie korzystne technolo-

gicznie - pozwala wykorzystać odpad przemysłowy. W rezultacie możliwe jest uzyskanie betonu o niższej emisyjności CO₂ przy zachowaniu lub poprawie trwałości elementów betonowych. ◀

Materiały źródłowe

- [1] „Beton niskoemisyjny- perspektywy rozwoju” dr inż. Maciej Gruszczyński, Materiały Budowlane 11/2023 strona 55
- [2] „Wpływ stosowania cementów niskoemisyjnych na właściwości betonu oraz trwałość drobnymi- miarowych dwuwarstwowych elementów wibroprasowanych” mgr inż. Michał Oleksik, mgr inż. Arkadiusz Ignerowicz, mgr inż. Arkadiusz Fornal, dr inż. Maciej Batog, mgr inż. Jakub Baklarz, mgr inż. Wioletta Wojtkiewicz, Dni Betonu 2023 strony 1033-1047
- [3] „Możliwości zastosowania nowych rodzajów cementów wieloskładnikowych CEM II/C-M (S-V) oraz CEM VI (S-V) w budownictwie” mgr inż. Michał Tałaj, mgr inż. Karol Wandoch, Materiały Budowlane 10/2018 strony 10-12
- [4] „Korzyści ekologiczne i ekonomiczne z wykorzystania w betonie krzemionkowych popiołów lotnych i mikrokrzemionki zagęszczanej” mgr inż. Damian Marek Gil, dr hab. inż. Grzegorz Ludwik Golewski, prof. PL, Materiały Budowlane 10/2018 strony 22-24
- [5] „Wybór receptury mieszanki betonowej w aspekcie trzech obszarów formułowania celu” mgr inż. Wioletta Dobaczewska, dr hab. inż. Karol Prałat, dr inż. Wojciech Kubissa, mgr inż. Tomasz Dobaczewski, Przegląd Budowlany 7-8/2023 strony 137-142
- [6] „Zrównoważony rozwój budownictwa w świetle wyzwań klimatycznych” dr inż. Robert Geryło, prof. dr hab. Inż. Andrzej Garbacz,

Materiały Budowlane 9/2022 strony 15-18

- [7] „Badanie wybranych właściwości betonu z popiołem lotnym ze współspalania biomasy drzewnej i węgla kamiennego” dr inż. Bogdan Langier, dr inż. Jacek Halbiński, dr hab. inż. Maciej Major, prof. PCz, dr hab. inż. Izabela Major, Materiały Budowlane 12/2022 strony 131-135
- [8] „Wpływ składu mieszanek betonowych nowej generacji na ich ślad węglowy” dr inż. Daniel Wałach, Materiały Budowlane 6/2023 strony 28-31
- [9] „Problem wodożądności mieszanki betonowej” inż. Edmund Horała, Przegląd Budowlany 11-12/2021 strony 44-45
- [10] „Cement i beton- niskoemisyjne materiały budowlane” Krystyna Wiśniewska, Materiały Budowlane 5/2019 strony 82-83
- [11] „Wykorzystanie odpadów w cementowni a polityka klimatyczna” dr inż. Bożena Środa, Materiały Budowlane 12/2021 strony 28-29
- [12] „Ocena wpływu dodatku popiołu lotnego na szczelność i migrację jonów chlorkowych w betonie na bazie cementu hutniczego CEM IIIA 42,5N” mgr inż. Jacek Zycho-wicz, dr inż. Anna Szcześniak, prof. dr hab. inż. Adam Stolarski, Materiały Budowlane 12/2016 strony 13-17
- [13] „Betony z dużą zawartością dodatków mineralnych, wyróżniające się małą emisją CO₂ w procesie produkcji ich składników” dr inż. Mikołaj Ostrowski, dr inż. Tomasz Baran, dr hab. inż. Paweł Pichniarczyk, Dni Betonu 2021 strony 625-635
- [14] „Popiół lotny w składzie cementu i betonu” Z. Giergiczny

Przyczepność lepiszcza asfaltowego do kruszyw drogowych

Adhesion of asphalt binder to road aggregates



Łukasz Skotnicki

Dr inż.

Politechnika Wrocławska,
Katedra Dróg, Mostów, Kolei i Lotnisk

lukasz.skotnicki@pwr.edu.pl
ORCID: 0000-0002-4090-2311

Streszczenie: W artykule przedstawiono zagadnienie związane powinowactwem fizykochemicznym tj. przyczepnością lepiszcza asfaltowego do kruszyw stosowanych w drogownictwie. Badano zmianę przyczepności lepiszcza do kruszyw w zależności od poziomu dodatku adhezyjnego i rodzaju kruszywa. W analizach uwzględniono kruszywa granitowe, granodiorytowe oraz bazaltowe. Wyniki badań odniesiono do obowiązujących wymagań dotyczących stopnia obmycia ziaren kruszywa w badaniu obmywania. Podstawowym celem było wykazanie różnic pomiędzy poszczególnymi rodzajami kruszyw oraz oszacowanie minimalnej zawartości dodatku polepszającego przyczepność, pozwalającego na spełnienie ustanowionych wymagań technicznych. Stwierdzono duże różnice w wynikach badań dla poszczególnych rodzajów kruszyw. Wykazano pozytywne efekty stosowania dodatku adhezyjnego, który polepszał przyczepność lepiszcza asfaltowego do kruszywa.

Słowa kluczowe: Przyczepność; Lepiszczce asfaltowe; Kruszywo

Abstract: This article presents an issue related to physicochemical affinity, i.e., the adhesion of asphalt binder to aggregates used in road construction. The change in binder adhesion to aggregates was examined depending on the level of adhesive additive and the type of the aggregate. Granite, granodiorite, and basalt aggregates were included in the analyses. The test results were compared to the requirements regarding the degree of aggregate grain washing in the washing test. The primary goal was to demonstrate differences between individual aggregate types and to estimate the minimum content of the adhesion-improving additive necessary to meet the established technical requirements. Significant differences were observed in the test results for individual aggregate types. Positive effects of using an adhesion additive, which improved the adhesion of asphalt binder to aggregate, were demonstrated.

Keywords: Adhesion; Asphalt binder; Aggregate

Wprowadzenie

Przyczepność lepiszcza asfaltowego do kruszywa jest istotnym parametrem wpływającym na właściwości mechaniczne mieszanki mineralno-asfaltowej. Od powinowactwa lepiszcza do kruszywa zależą cechy wytrzymałościowe przyszłej mieszanki mineralno-asfaltowej. Cienki film asfaltowy łączący poszczególne ziarna kruszywa stanowi o odporności materiału na działanie czynników zewnętrznych takich jak obciążenia czy warunki środowiskowe.

Podstawowym celem analiz było oszacowanie różnic w przyczepności lepiszcza asfaltowego dla kruszyw różniących się zawartością krzemionki SiO₂. W ramach programu badawcze-

go wykonano badania laboratoryjne powinowactwa pomiędzy lepiszczem asfaltowym a kruszywem dla kruszyw granitowych, granodiorytowych oraz bazaltowych. W celu polepszenia przyczepności stosowano dodatek adhezyjny dodawany do lepiszcza asfaltowego. Wyniki badań porównano z wymaganiami technicznymi ustanowionymi dla analizowanej cechy. Wg [1] maksymalny dopuszczalny poziom obmycia kruszywa w badaniu przyczepności wynosi 20%.

W wyniku analiz ustalono zawartości dodatku polepszającego przyczepność, który pozwalał na spełnienie ustanowionych wymagań technicznych dla wszystkich trzech rodzajów kruszyw drogowych. W badaniach wykazano przydatność zastosowanej

oceny wagowej stopnia obmycia kruszywa.

Materiały i program badawczy

Na wstępie prac przeprowadzono podstawowe badania stosowanego lepiszcza asfaltowego: penetracja igłą wg PN-EN 1426 [2] oraz temperatura mięknięcia metodą PiK wg PN-EN 1427 [3].

Badania przyczepności lepiszcza do analizowanych kruszyw wykonano wg normy PN-EN 12697-11 [4], metodą obracanych butelek. Badania przeprowadzono na kruszywie granitowym, granodiorytowym oraz kruszywie bazaltowym o frakcjach 8/11 mm. Jako lepiszcze zastosowano we wszystkich przypadkach asfalt drogo-



1. Badanie przyczepności asfaltu do kruszywa



2. Widok kruszywa granitowego po badaniu

wy 35/50. Ilość lepiszcza asfaltowego dodana do otoczenia ziaren kruszywa wynosiła w każdym przypadku 3% wagowo w stosunku do wagi całej porcji mieszanki mineralno-asfaltowej. Badania przeprowadzono przy różnej zawartości środka adhezyjnego. Stosowano następujące poziomy dodatku: 0,2% i 0,5% - masowo w stosunku do ilości użytego lepiszcza użytego. W celach porównawczych pokazano również stopień obmycia kruszyw bez stosowania środka polepszającego przyczepność. Ocenę przyczepności po 6 godzinach odmywania przeprowadzono na podstawie Wymagań Technicznych [1].

Stopień obmycia kruszywa oszacowano na podstawie procentowego obmycia poszczególnych ziaren kruszywa, stosując metodę wagową. W tym celu ustalono pięć poziomów procentowego udziału powierzchni obmytej „ d_i ” poszczególnych ziaren kruszywa, które wynosiły: 10% obmy-

tej powierzchni, 30%, 50% 90% oraz 100% powierzchni obmytej. Po podzieleniu ziaren na ustalone grupy ważono je i obliczano całkowity stopień obmycia kruszywa „ F ” jako średnią ważoną dla uzyskanych wyników – zależność (1).

$$F = (k_1 \cdot d_1 + k_2 \cdot d_2 + k_3 \cdot d_3 + k_4 \cdot d_4 + k_5 \cdot d_5) / K \quad (1)$$

gdzie:

F – stopień obmycia kruszywa [%],

k_i – masa ziaren obmytych po obracaniu z ustalonym, odpowiadającym procentowym udziałem powierzchni obmytej d_i [g],

d_i – ustalony procentowy udział powierzchni obmytej [%] (10%, 30%, 50%, 90%, 100%),

K – Masa ziaren kruszywa pokrytych w 100% lepiszczem asfaltowym [g].

Badania przyczepności

Próbki kruszywa otoczonego lepiszczem asfaltowym zostały umieszczone w butelkach wypełnionych wodą demineralizowaną. Każdy rodzaj kruszywa (3 rodzaje) oraz poziom dodatku adhezyjnego (3 poziomy) reprezentowany był przez 3 próbki badawcze. W sumie wykonano 27 niezależnych prób obmywania. Widok badania przyczepności, polegającego na odmywaniu asfaltu z kruszywa poprzez obracanie, przedstawiono na rys. 1. Prędkość obrotowa wynosiła 60 obrotów/minutę, badanie przeprowadzono w temperaturze pokojowej wynoszącej 25°C. Czas trwania obracania to 6h.

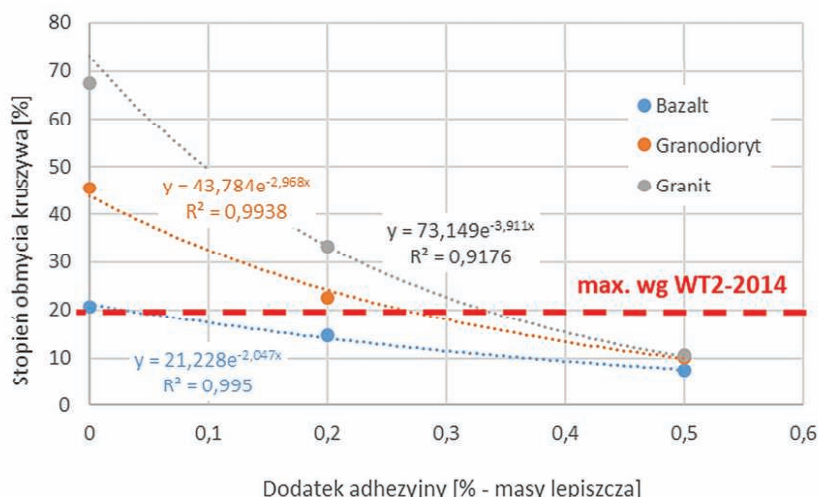
Widok kruszywa granitowego po badaniu przedstawiono na rys. 2, widok kruszywa granodiorytowego po badaniu przedstawiono na rys. 3, natomiast widok kruszywa bazaltowego po badaniu przedstawiono na rys. 4.



3. Widok kruszywa granodiorytowego po badaniu



4. Widok kruszywa bazaltowego po badaniu



5. Przyczepność asfaltu do kruszywa, w zależności od ilości środka adhezyjnego

Wyniki badań

W tabeli 1 podano wartości dla podstawowych cech stosowanego lepiszcza asfaltowego. Dla asfaltu drogowego określono penetrację i temperaturę mięknięcia.

Wyniki badań przyczepności asfaltu 35/50 do kruszyw, przy różnej zawartości środka adhezyjnego przedstawiono w tabeli 2 oraz na rys. 5.

Analizując kruszywa referencyjne otoczone lepiszczem bez dodatku adhezyjnego stwierdzono najlepszą przyczepność asfaltu do kruszywa bazaltowego. Stopień obmycia ziaren wynosił 20,7%. W przypadku kruszywa granodiorytowego stopień obmycia był większy i wynosił 45,6%. Największe obmycie zarejestrowano dla granitu, gdzie stopień obmycia wynosił aż 67,4%. W badaniach wykazano istotny wpływ dodatku adhezyjnego na analizowane cechy. Stwierdzono, że dla poszczególnych rodzajów kruszyw ilość środka adhezyjnego, niezbędnego do osiągnięcia wymaganego poziomu otoczenia kruszywa w badaniu obmywania wg [1] jest różna. Dla bazaltu ilość środka zwiększającego przyczepność powinna wynosić min. 0,2%, dla kruszywa granodiorytowego min. 0,3%, a dla granitu minimalnie 0,4%, w stosunku do wagi lepiszcza asfaltowego. W przypadku użycia środka adhezyjnego na poziomie 0,5% przyczepność asfaltu do kruszywa bazaltowego, granodiorytowego i granitowego była zbliżona, a stopień obmycia wynosił odpowiednio 7,5%, 10,2% i 10,5%.

Wnioski i podsumowanie

W wyniku przeprowadzonych prac zaobserwowano zmienne przyczepności lepiszcza asfaltowego do różnych rodzajów kruszyw.

Do wyznaczenia stopnia obmycia poszczególnych rodzajów kruszywa wykorzystano algorytm polegający na ustalaniu progów procentowych udziałów powierzchni obmytej dla ziaren kruszywa w połączeniu z oceną wagową.

Zawartość krzemionki SiO₂ w kruszywach otoczonych lepiszczem wpływa na stopień obmycia poszczególnych ziaren. Przyczepność asfaltu do kruszywa bazaltowego bez użycia środka adhezyjnego jest wyraźnie najlepsza. Gorszą przyczepność zaobserwowano dla kruszywa granodiorytowego, najgorszą zaś dla kruszywa granitowego.

Stwierdzono polepszenie przyczepności lepiszcza do kruszywa po zastosowaniu dedykowanego środka adhezyjnego. Przeprowadzone analizy umożliwiły ustalenie minimalnych zawartości środka adhezyjnego dla różnych rodzajów kruszyw, które pozwolą na spełnienie wymagań stopnia obmycia ustalonych w wytycznych [1]. Dla bazaltu ilość środka zwiększającego przyczepność powinna wynosić min. 0,2%, dla kruszywa granodiorytowego min. 0,3%, a dla granitu minimalnie 0,4%.

W przypadku użycia środka adhezyjnego na poziomie 0,5% przyczepność asfaltu do kruszywa bazaltowego, granodiorytowego i granitowego

Tab. 1. Właściwości asfaltu drogowego 35/50

Właściwości	Jednostka	Wynik
Penetracja w temp. 25°C	[mm·10 ⁻¹]	35,7
Temperatura mięknięcia PiK, temp. początkowa 5°C	[°C]	53,5

Tab. 2. Analiza przyczepności lepiszcza asfaltowego do kruszywa

Kruszywo	Ilość dodanego środka	Średni stopień obmycia / otoczenia kruszywa (po 6h)	
		[%]	
Granit	0,0	67,4	32,6
	0,2	33,4	66,6
	0,5	10,5	89,5
Granodioryt	0,0	45,6	54,4
	0,2	22,6	77,4
	0,5	10,2	89,8
Bazalt	0,0	20,7	79,3
	0,2	14,7	85,3
	0,5	7,5	92,5

jest zbliżona. Przedstawione wyniki prac badawczych pozwalają na stwierdzenie, że wymagany 20% poziom otoczenia kruszywa lepiszczem asfaltowym w badaniu przyczepności możliwy jest do osiągnięcia dla wszystkich analizowanych rodzajów kruszyw. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. WT-2 2014. Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania techniczne.
- [2] PN-EN 1426 Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Oznaczanie penetracji igłą.
- [3] PN-EN 1427 Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Oznaczanie temperatury mięknięcia. Metoda PiK.
- [4] PN-EN 12697-11 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań. Część 11. Oznaczanie powinowactwa pomiędzy kruszywem i asfaltem.

Wpływ agresywności zestawu pojazdów i przyczep niskopodwoziowych do przewozu ładunków ponadnormatywnych na nawierzchnie drogowe

The impact of the aggressiveness of a combination of vehicles and low-bed trailers for the transport of oversize loads on road surfaces

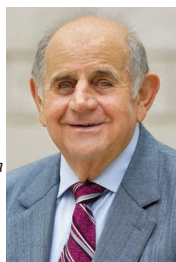


Piotr Mackiewicz

Dr hab. inż., Prof. PWR

Politechnika Wrocławska, Katedra
Dróg, Mostów, Kolei i Lotnisk

piotr.mackiewicz@pwr.edu.pl
ORCID: 0000-0002-3170-6415



Antoni Szydło

Prof. dr hab. inż.

Politechnika Wrocławska, Katedra
Dróg, Mostów, Kolei i Lotnisk

antoni.szydlo@pwr.edu.pl
ORCID: 0000-0002-3363-9391

Streszczenie: Przedmiotem artykułu jest ocena nośności nawierzchni w wyniku oddziaływania zestawu pojazdów i przyczep niskopodwoziowych do przewozu ładunków ponadnormatywnych. Analizę przeprowadzono na przykładzie przewozu elementów tarczy TBM do drążenia tunelu na drodze ekspresowej S19 w miejscowości Babica. Trasa przejazdu rozpoczyna się w Opolu, a kończy na drodze ekspresowej S19 w miejscowości Babica

Słowa kluczowe: Nawierzchnia podatna; Nawierzchnia sztywna; Oś standardowa; Obciążenie ponadnormatywne; Trwałość zmęczeniowa

Abstract: This article assesses the load-bearing capacity of road surfaces as a result of the impact of a combination of vehicles and low-bed trailers transporting oversized loads. The analysis was conducted using the example of transporting TBM shield components for tunneling on the S19 expressway in Babica. The route begins in Opole and ends on the S19 expressway in Babica.

Keywords: Flexible pavement; Rigid pavement; Standard axle; Overload; Fatigue life

Opis i charakterystyka zestawu transportowego

Zestaw transportowy składa się z pojazdu ciągnącego (pojazd pierwszy – „ciągnik”), dwóch przyczep transportowych oraz pojazdu pchającego-hamującego (pojazd ostatni – „pchacz”). Na rys. 1 przedstawiono schemat zestawu transportowego.

Ciągnik posiada 4 osie, każda z przyczep posiada po 17 osi, pchacz posiada analogicznie jak ciągnik 4 osie. Na rys.

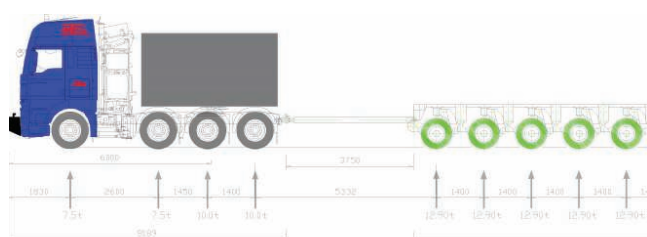
2 przedstawiono ciągnik z fragmentem przyczepy. Na rys. 3 przedstawiono pchacz z fragmentem przyczepy.

Na rys. 2 i 3 zaprezentowano także wartości obciążenia osi oraz ich rozstaw. W ciągniku i pchaczu maksymalne obciążenia osi wynoszą 100 kN, rozstaw 1,4 m oraz 1,45 m. Osie 100 kN w tym pojeździe posiadają koła bliźniacze. W przyczepie maksymalne obciążenie osi wynosi 129 kN, a ich rozstaw wynosi 1,4 m. Na rys. 4 przedstawiono wymiary szczegółowe przyczepy.

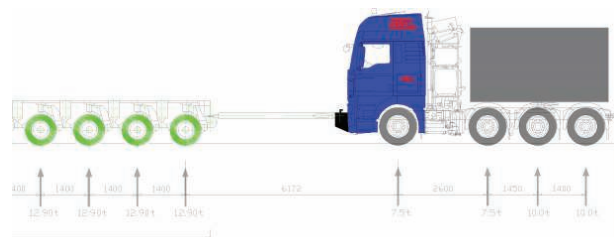
Odległość pomiędzy środkami osi kół bliźniaczych wynosi 1,78 m. Rozstaw osiowy kół bliźniaczych wynosi 0,705 m. Odległość pomiędzy wewnętrznymi kołami bliźniaczymi wynosi 0,81 m. Obciążenie jednostkowe oddziaływania koła na nawierzchnię wynosi 0,9 MPa. Powyższe informacje tj. obciążenia osi oraz rozstawy osi i kół posłużą do tworzenia modelu obciążenia zestawu na nawierzchnię drogową.



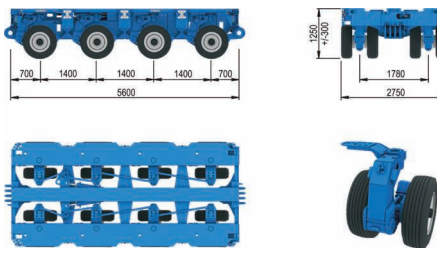
1. Schemat zestawu transportowego



2. Ciągnik wraz z fragmentem przyczepy



3. Pchacz z fragmentem przyczepy



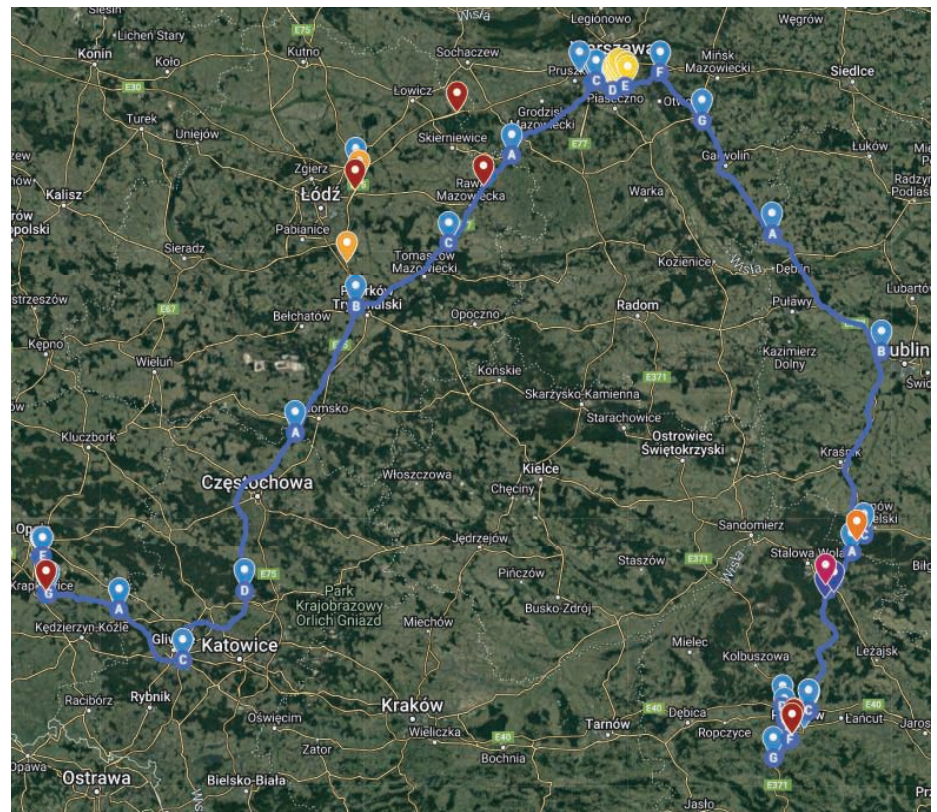
4. Wymiary szczegółowe przyczepy

Trasa przejazdu zestawu transportowego

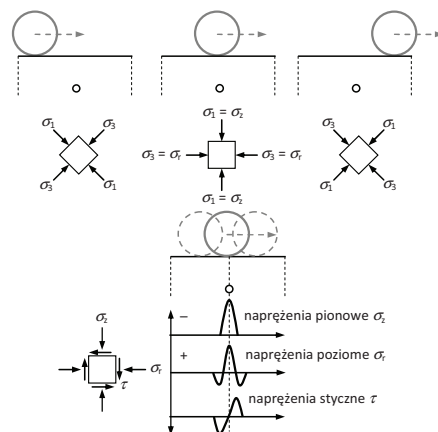
Zestaw transportował tarczę TBM i jej elementy do drążenia tunelu na drodze ekspresowej S19. Transport odbywał się na trasie Opole – Babica. Do Opola zestaw przetransportowano drogą wodną ze Szczecina. Długość trasy wynosiła około 745 km. Zaplanowany przejazd przebiegał następującymi drogami: DW423, A4, A1, S8, S2, S17, S19, DK19, S19, A4, A19, A4, S19, DK9, DK19, DW988. Na podanych drogach występowały zróżnicowane nawierzchnie drogowe wykonane w technologii asfaltowej i betonowej. W dalszej części artykułu na podstawie danych dostarczonych przez zamawiającego zestawiono szczegółowo zidentyfikowane nawierzchnie na różnych odcinkach. Na rys. 5 pokazano przebieg planowanej trasy przejazdu.

Modele obciążenia nawierzchni drogowej

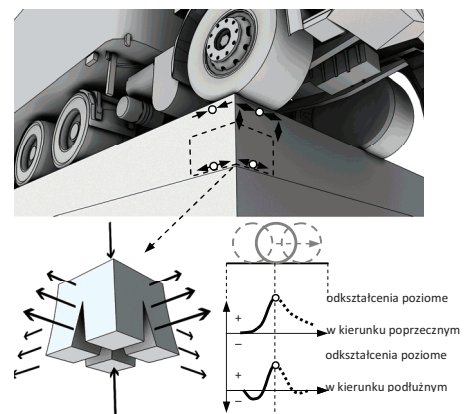
W celu oszacowania oddziaływania zestawu transportowego na nawierzchnie na trasie przejazdu oraz potencjalnej utraty jej trwałości opracowano różne modele, które pozwoliły w dalszym etapie określić trwałości nawierzchni. W pierwszym etapie modelowania opracowano model obciążenia zestawu. Analizę przeprowadzono w odpowiednio opracowanym modelu numerycznym opartym na półprzestrzeni sprężystej. Autorzy zwracają uwagę, że kluczowym elementem w analizie nawierzchni jest sposób przekazywania obciążenia przez koła oraz lokalizacja wzajemna osi. Podczas przejazdu koła w dolnych warstwach nawierzchni powstaje złożony stan naprężeń (rys. 6, 7). W różnym zakresie pojawiają się naprężenia pionowe, poziome oraz styczne wywołujące głów-



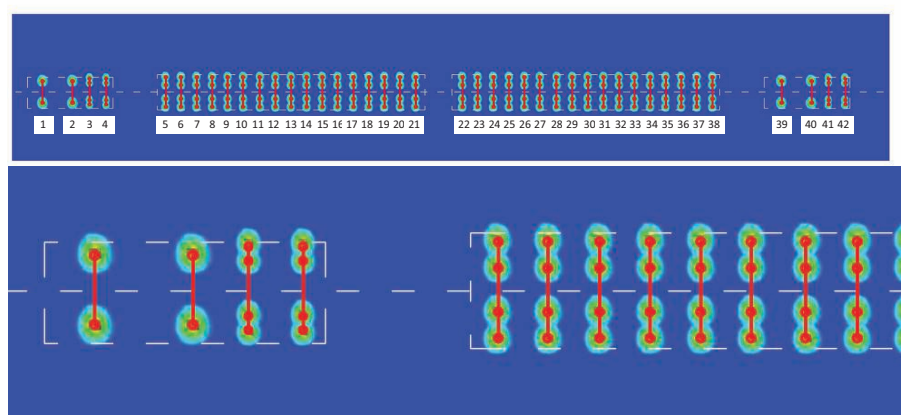
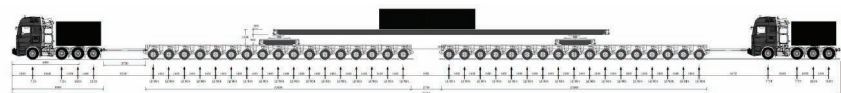
5. Trasa przejazdu zestawu transportowego



6. Zmiana rozkładu naprężeń podczas przejazdu koła



7. Typowy rozkład odkształceń w nawierzchni pod obciążeniem



8. Model obciążenia

nie ściskanie i rozciąganie.

Wzajemne położenie osi oraz typ kół (pojedyncze lub podwójne) ma istotne znaczenie w przyszłej analizie odkształceń i naprężeń.

W świetle zaprezentowanego oddziaływania opracowano model obciążenia dla zestawu transportowego. Wstępne obliczenia wskazały, że należy uwzględniać cały zestaw i kompletne konfiguracje osi, mimo ich dużych odległości w zakresie od 2.6 m (pojazd) do 1.4 m (przyczepy). Powstające w nawierzchni w zależności od różnej jej sztywności odkształcenia i naprężenia na różnych głębokościach są wzajemnie „znoszone” lub sumowane wskutek superpozycji. Na rys. 8 zaprezentowano schemat obciążenia zastosowany przy analizach numerycznych konstrukcji.

W modelu uwzględniono konfigurację osi oraz kół w osiach. Przyjęto następujące wartości obciążeń dla poszczególnych elementów zestawu transportowego, tab. 1.

Dodatkowo w modelowaniu nawierzchni uwzględniono odrębny model osi standardowej 115 kN. Zamodelowaną jako oś pojedynczą o kołach bliźniaczych, tab. 2.

Nawierzchnie i modele nawierzchni na trasie przejazdu

W celu oszacowania oddziaływania zestawu transportowego na nawierzchnie na trasie przejazdu oraz potencjalnej utraty jej trwałości opracowano w drugim etapie modele nawierzchni, oparte na zidentyfikowanych konstrukcjach dostarczonych w różnych materiałach przez zamawiającego. Przyjęto układ następujących warstw (rys. 9):

- warstwy asfaltowe lub warstwa betonowa,
- warstwa podbudowy,
- warstwa podłoża.

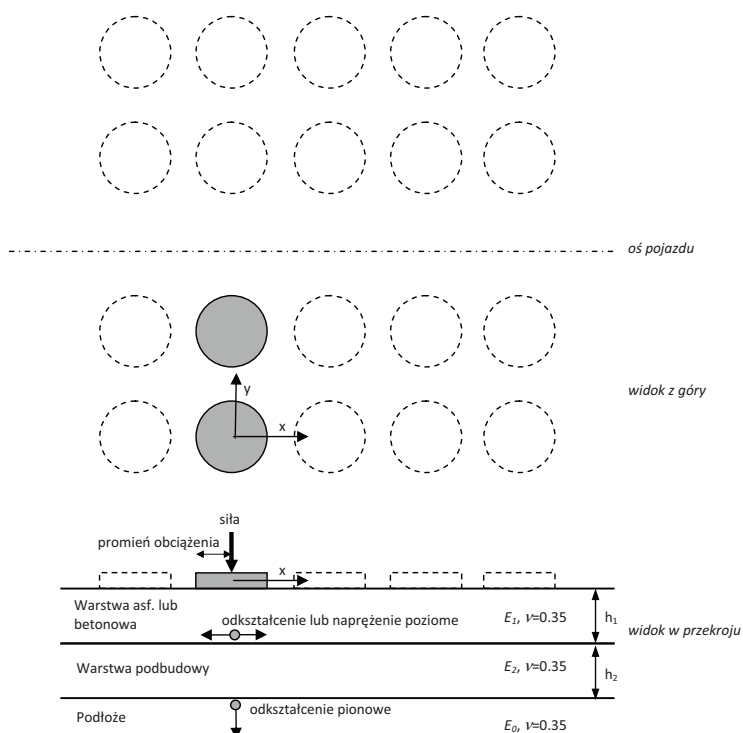
Uwzględniano układ i liczbę osi znajdującą się w całym zestawie transportowym. W analizach obliczeniowych modelu opartym na warstwowej półprzestrzeni sprężystej zidentyfikowano wartości odkształceń rozciągających na spodzie warstw asfaltowych lub naprężeń rozciągających na spodzie warstwy betonowej oraz wartości odkształceń

Tab. 1. Parametry obciążeń dla poszczególnych elementów zestawu transportowego

ciągnik					
	Nacisk na oś [kN]	Nacisk na koło [kN]	Promień śladu obciążenia [m]	Rozstaw w osi w przekroju poprzecznym [m]	Rozstaw pomiędzy kołami bliźniaczymi [m]
Oś 1	75	37.5	0.118	2	-
Oś 2	75	37.5	0.118	2	-
Oś 3	100	25	0.094	2	0.309
Oś 4	100	25	0.094	2	0.309
przyczepa 1					
Każda z 17 osi	129	32.25	0.107	1.78	0.705
przyczepa 2					
Każda z 17 osi	129	32.25	0.107	1.78	0.705
pchacz					
Oś 1	75	37.5	0.118	2	-
Oś 2	75	37.5	0.118	2	-
Oś 3	100	25	0.094	2	0.309
Oś 4	100	25	0.094	2	0.309

Tab. 2. Parametry obciążeń dla osi standardowej

Oś standardowa					
	Nacisk na oś [kN]	Nacisk na koło [kN]	Promień śladu obciążenia [m]	Rozstaw w osi [m]	Rozstaw pomiędzy kołami bliźniaczymi [m]
Oś	115	28.75	0.103	2	0.309

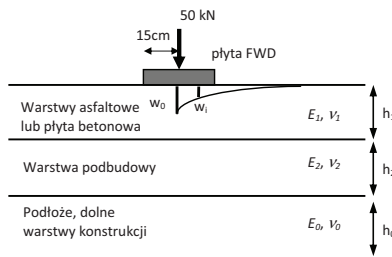


9. Model układu warstwowego

pionowych w podłożu gruntowym. Wartości te posłużyły w dalszym etapie do analizy trwałości nawierzchni na trasie przejazdu. Uwzględniono dodatkowo wartości obliczonych parametrów w kierunku x oraz y, który przy tak zróżnicowanej konfiguracji kół osi nie jest jednoznaczny.

Parametry modelu obliczano na

podstawie identyfikacji modułów przedmiotowych nawierzchni. W tym celu wykorzystano parametry czasy ugięć, które dostarczono autorom przez Zlecającego a które otrzymano w ramach diagnostyki wg DSN. W tym celu wykorzystano pomiary ugięć w osi obciążenia ugięciomierzem FWD oraz parametr SCI 300, będącego róż-



10. Model obliczeniowy identyfikacji modułów

nicą ugięcia maksymalnego i ugięcia w odległości 0,3 m od osi obciążenia.

Na trasie jest wiele odcinków nowo wybudowanych na których nie była prowadzona jeszcze diagnostyka DSN. Na tych odcinkach wykorzystano parametry modelu przyjmowane do obliczeń z wykorzystaniem metod mechanistycznych na etapie projektowania konstrukcji nawierzchni. Na rys. 10 przedstawiono model identyfikacji parametrów modelu.

Założony układ konstrukcji nawierzchni składa się z trzech warstw. Warstwa o grubości h_1 opisuje, warstwy asfaltowe M(MA) lub płyty betonowej. Warstwa o grubości h_2 opisuje podbudowę. Warstwa o grubości h_0 – zastępcze podłoże tj. wzmocnienie podłoża i warstwy dolne.

Obliczenia wykonywano na podstawie programu CZUG opracowanego przez autora [1]. W wyniku identyfikacji uzyskuje się wartości modułów (E) poszczególnych warstw. W tym wypadku warstw z mieszanek mineralno-asfaltowych lub płyty betonowej, podbudowy oraz podłoża wzmocnionego. Współczynniki Poissona (ν) nie wpły-

Tab. 3. Charakterystyka wybranych konstrukcji na trasie przejazdu

DW423 Opole, park przemysłowy METALCHEM			
Warstwa	Grubość [cm]	Grubość warstw w modelu [cm]	Parametry modelu [MPa]
MMA SMA11	4	18	13 000
MMA AC16W PMB	5		
ACWMS	9		
MNZ 0/31.5	20	20	400
MZSH/podłoże	20	-	120
A1 Pyrzowice - Bełchatów (Piotrków Trybunalski)			
Warstwa	Grubość [cm]	Grubość warstw w modelu [cm]	Parametry modelu [MPa]
Płyta betonowa	29	29	35 000
MZSH C8/10	20	20	2 000
Wzmoc. podłoże	-	-	120

wają znacząco na uzyskiwane wartości modułów.

W tab. 3 zaprezentowano nawierzchnie (asfaltową i betonową) na wybranych odcinkach trasy przejazdu oraz parametry w modelach trójwarstwowych nawierzchni.

Wyniki obliczeń wartości odkształceń i naprężeń

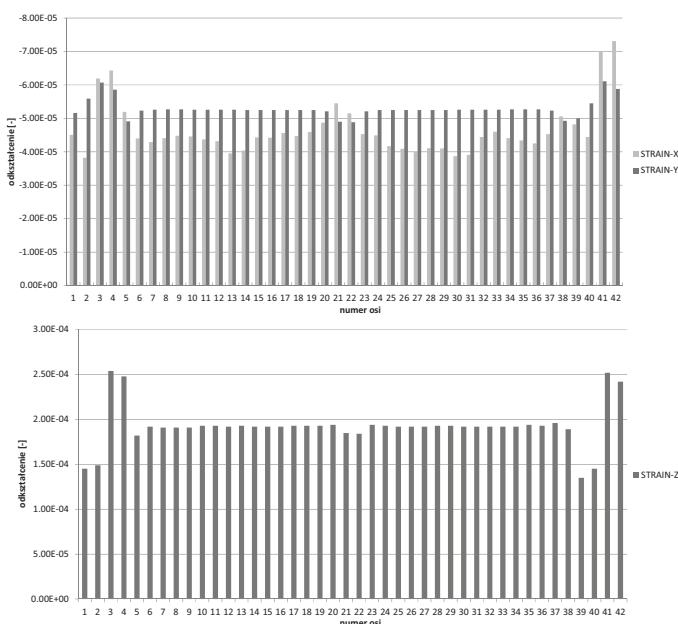
Na podstawie obliczeń w modelach nawierzchni uzyskano wyniki odkształceń i naprężeń. Przykładowe wyniki dla wybranych typów konstrukcji o przedstawiono oraz na rys. 11 i 12.

Uzyskano zróżnicowane wartości odkształceń dla różnych typów nawierzchni oraz różnych osi. Należy zauważyć, że wartości odkształceń lub naprężeń są większe dla kierunku Y (kierunek poprzeczny w stosunku do kierunku ruchu pojazdu). Największe wartości odkształceń lub naprężeń

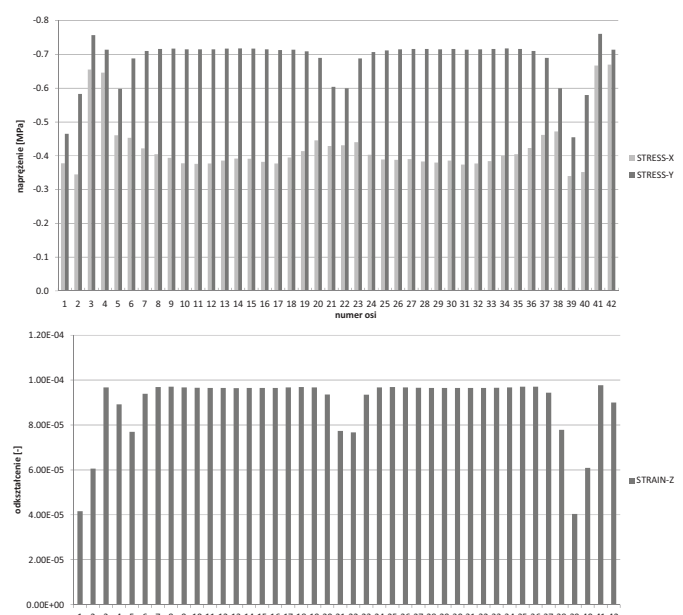
występują dla skrajnych osi oraz osi występujących w ciągniku i pchaczu (osie 100 kN). Należy zwrócić uwagę, że występują w tej osi koła podwójne położone blisko siebie oraz wywołujące nacisk na małej powierzchni. W przypadku przyczep występują większe naciski, ale na większej powierzchni a koła podwójne są w większej odległości. Dzięki temu nie dochodzi do kumulowania się wartości odkształceń.

Wyniki obliczeń trwałości

Trwałość zmęczeniowa jest określana jako dopuszczalna liczba powtarzalnych cykli zmiennego naprężenia lub odkształcenia, jakie może przenieść nawierzchnia zanim dojdzie do jej zniszczenia. W przypadku analizy konstrukcji nawierzchni trwałość stanowi liczba osi, jaką może ona przenieść do wystąpienia stanu krytycznego. W zależności od typu konstrukcji przez stan



11. Wyniki dla DW423 Opole, park przemysłowy METALCHEM



12. Wyniki dla A1 Pyrzowice - Bełchatów (Piotrków Trybunalski)

krytyczny rozumie się pojawienie się pęknięć lub powstanie deformacji. W niniejszych analizach przyjęto w obliczeniach dla nawierzchni asfaltowych kryterium Instytutu Asfaltowego, natomiast dla nawierzchni betonowych kryterium jakie zastosowano w Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztywnych, GDDKiA, Warszawa, 2014r. [2] Dla weryfikacji trwałości podłoża gruntowego zastosowano kryterium Instytutu Asfaltowego deformacji strukturalnych nawierzchni (podłoża gruntowego). Kryterium Instytutu Asfaltowego przyjęto z tego względu, że konstrukcje podatne na trasie przejazdu pojazdu były wymiarowane z wykorzystaniem tego kryterium.

Kryterium zmęczeniowe w ogólnej formie opisane jest zależnością [4], [5]:

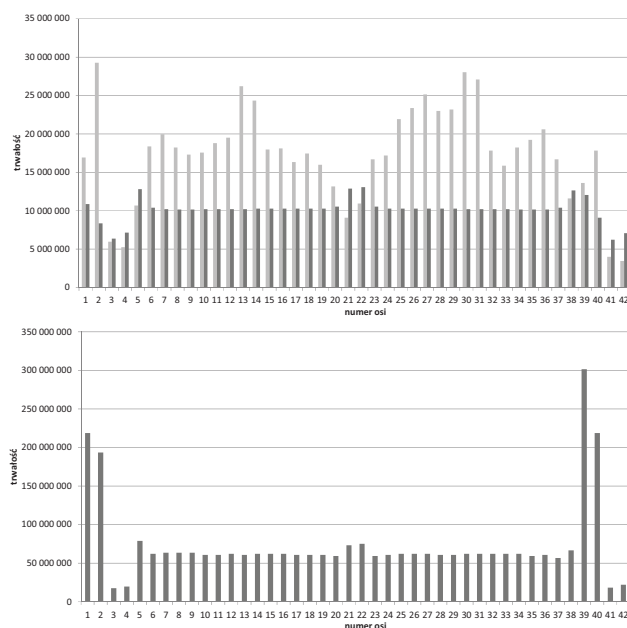
$$N_f = Ck_1 \left(\frac{1}{\varepsilon_t} \right)^{k_2} \left(\frac{1}{E} \right)^{k_3} \quad (1)$$

gdzie:

N_f – liczba obciążeń do powstania spękań zmęczeniowych, [–],
 ε_t – odkształcenie rozciągające w krytycznym punkcie przekroju, [–],
 E – moduł sztywności MMA, [MPa],
 C – współczynnik zależny od właściwości MMA, [–],
 k_1, k_2, k_3 – współczynniki regresji, [–].

Dla kryterium Instytutu Asfaltowego stosuje się zależność:

$$N_f = 18.4 \cdot 10^{4.84(V_b/(V_a+V_b)-0.69)} \cdot$$



13. Wyniki dla DW423 Opole, park przemysłowy METALCHEM

$$\cdot 6.167(10^{-5}) \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_t} \right)^{3.291} \left(\frac{1}{E} \right)^{0.854} \quad (2)$$

gdzie:

V_a – zawartość wolnych przestrzeni [%], przyjęto wartość 7%,
 V_b – zawartość objętościowa asfaltu [%], przyjęto wartość 9%.

Kryterium deformacji strukturalnych nawierzchni (podłoża gruntowego) pozwala wyznaczyć trwałość konstrukcji do powstania krytycznej deformacji strukturalnej 12.5 mm na podstawie zależności pomiędzy dopuszczalną liczbą powtarzalnych obciążeń a odkształceniem pionowym podłoża gruntowego. Określone jest ogólną zależnością:

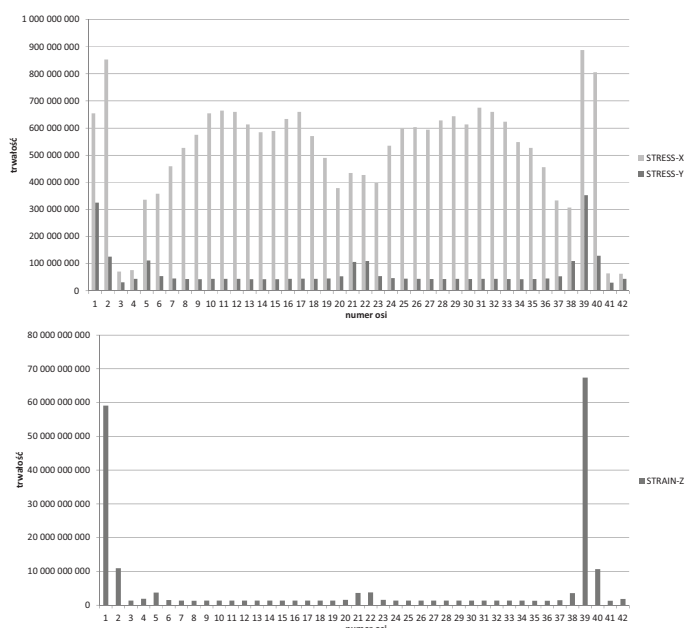
$$\varepsilon_p = k \cdot (1/N)^m \quad (3)$$

gdzie:

ε_p – odkształcenie pionowe na powierzchni podłoża gruntowego [–],
 k, m – współczynniki eksperymentalne zależne od rodzaju kryterium, $1.05 \times 10^{-2}, 0.223$,
 N – liczba dopuszczalnych obciążeń do wystąpienia krytycznej deformacji strukturalnej.

Analizę trwałości nawierzchni betonowej (płyty) przeprowadzono wykorzystując zależność określającą dopuszczalną wytrzymałość płyty betonowej, jako funkcję liczby obciążeń (6).

$$F(\sigma_{dop}) = R_{zg} \cdot (1 - 0.078 \cdot \log N) \quad (4)$$



14. Wyniki dla A1 Pyrzowice - Bełchatów (Piotrków Trybunalski)

gdzie:

R_{zg} – wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu (przyjęto 5.5 MPa),
 N – liczba powtarzalnych obciążeń,
 $F(\sigma_{dop})$ – funkcja naprężeń w płycie betonowej od obciążenia i temperatury,
 $F(odop) = \gamma_m \cdot [\gamma_p \cdot (n \cdot \sigma_p) \cdot \gamma_t \cdot (n \cdot \sigma_t)]$,
 $\gamma_m, \gamma_p, \gamma_t$ – współczynniki: materiałowy (1.2), obciążenia (1.2), temperatury (1.2),
 σ_p, σ_t – naprężenia od obciążenia [MPa] i temperatury [MPa],
 n – współczynnik dyblowania (0.8).

W obliczeniach trwałości naprężeń uwzględniono, że obciążenie działa na krawędzi płyt (wariant niekorzystny) oraz występuje gradient temperatury, którego wartość przyjęto wg KTKNSz.

Wyniki obliczeń trwałości przestawiono wybranych odcinków dróg pokazano na rys. 13 i 14.

Na podstawie obliczeń uzyskano zróżnicowane wartości trwałości zmęczeniowej. Są one uzależnione od uzyskanych wcześniej wartości odkształceń i naprężeń występujących w warstwach asfaltowych lub płycie betonowej oraz w podłożu.

W dalszym etapie analiz w celu miarodajnej oceny wpływu degradacji nawierzchni w wyniku przejazdu zestawu transportowego przeanalizowano wywołaną szkodę zmęczeniową na nawierzchnię określaną jako sumę wartości $1/N_i$, N_i oznacza trwałość zmęczeniowa wyliczoną dla kolejnej i – tej osi z zestawu. Przeanalizowano szkody zmęczeniowe dla kierunku X oraz Y oraz oddziaływania na podłożę Z. Aby okre-

Tab. 4. Wyniki szkody zmęczeniowej oraz współczynnika agresywności

	kierunek_x	kierunek_y	kierunek_z
DW423 Opole, park przemysłowy METALCHEM			
zestaw transp. szkoda suma 1/N	3.07E-06	4.24E-06	7.69E-07
oś 115 kN szkoda 1/N	2.52E-07	8.34E-08	2.56E-08
współczynnik agresywności	12	51	30
A1 Pyrzowice - Bełchatów (Piotrków Trybunalski)			
zestaw transp. szkoda suma 1/N	1.30E-07	8.38E-07	2.58E-08
oś 115 kN szkoda 1/N	1.36E-08	5.71E-09	1.18E-10
współczynnik agresywności	10	147	218

ślić wielkość oddziaływania zestawu w stosunku do osi standardowej 115 kN wyznaczono agresywność zestawu transportowego jako stosunek szkody zestawu do szkody osi 115 kN. Wartość współczynnika agresywności pozwala określić liczbę osi standardowych wywołującą szkodę zmęczeniową taką samą jak przejazd zestawu transportowego (ciągnik + przyczepa 17 kołowa + przyczepa 17 kołowa + pchacz). Przykładowo współczynnik agresywności 12 oznacza, że przejazd jednego zestawu transportowego wywołuje szkodę zmęczeniową w nawierzchni taką jak przejazd 12 osi standardowych. Wyniki przedstawiono w tab. 4.

Analizując uzyskane wartości współczynników agresywności (także dla innych odcinków nie zamieszczanych w artykule) stwierdzon, że wynoszą one dla odcinków działających w kierunku X od 8 do 12. W kierunku Y od 51 do 151. W kierunku Z od 30 do 218. Liczby te oznaczają ilość przejazdów osi standardowych wywołujących taką samą szkodę zmęczeniową jak przejazd jednego zestawu transportowego. Przy czym należy sobie zdawać sprawę, że dopuszczalna liczba obciążeń osi stan-

dardowych dla nawierzchni charakteryzowanych liczbą 218 wynosi ok. 3 000 000 000 a więc jest to niewielki ułamek dopuszczalnej liczby obciążeń. Podobnie dla nawierzchni charakteryzowanej liczbą 8 dopuszczalna liczba obciążeń wynosi ok. 35 000 000. Reasumując należy stwierdzić, że agresywność zestawu transportowego w stosunku do osi standardowej jest nieznaczna w przypadku sporadycznego przejazdu.

Podsumowanie

W artykule przeanalizowano wpływ oddziaływania zestawu transportowego przewożącego ponadnormatywny ciężar na różne konstrukcje nawierzchni występujące na jego trasie. W modelach obliczeniowych wyznaczono wartości odkształceń i naprężeń, które wykorzystano do wyznaczenia trwałości zmęczeniowej. Trwałość zmęczeniową wykorzystano do określenia współczynnika agresywności, który określa nam liczbę osi standardowych wywołujących taką samą szkodę zmęczeniową w nawierzchni jak przejazd jednego zestawu transportowego (ciągnik + przyczepa + przyczepa +

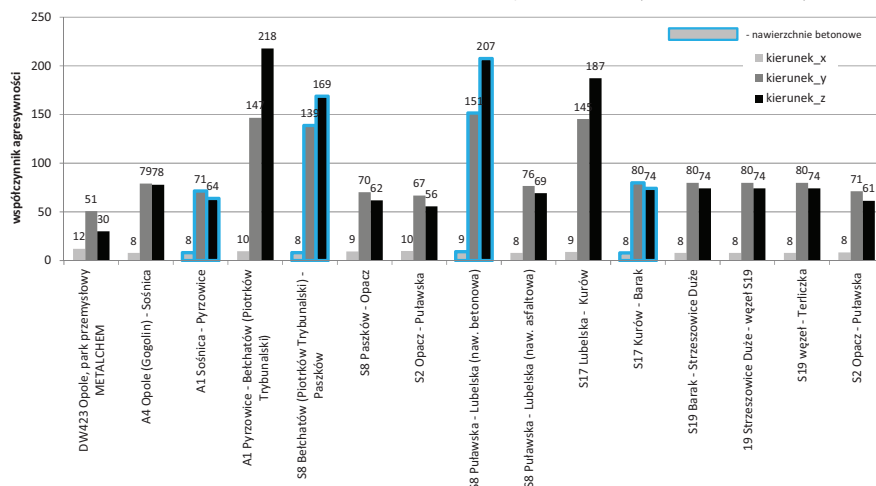
pchacz). Na rys. 15 zestawiono wartości współczynników agresywności dla wszystkich analizowanych nawierzchni na trasie przejazdu. Kolorem niebieskim dodatkowo wyróżniono nawierzchnie betonowe.

Należy mieć na uwadze, że dla nawierzchni betonowych dopuszczalna liczba obciążeń osi standardowych wynosi ok. 85 000 000 osi 115 kN w okresie eksploatacji. Dla nawierzchni podatnych dopuszczalna liczba obciążeń osi standardowych wynosi ok. 40 000 000 osi 115 kN.

Ostatecznie należy stwierdzić, że oddziaływanie zestawu transportowego nie jest duże w stosunku do osi standardowej 115 kN. Jeden przejazd zestawu transportowego (o sumarycznej liczbie osi 42) odpowiada przejściom od 8 do 218 osi standardowych w zależności od rodzaju nawierzchni. Jest to nieznaczny ułamek dopuszczalnej liczby obciążeń osiami standardowymi.

Materiały źródłowe

- [1] Szydło Antoni „Statyczna identyfikacja parametrów modeli nawierzchni lotniskowych”, Prace Naukowe Instytutu Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej, nr 45/1995
- [2] Katalog typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych, GDDKiA, Warszawa, 2014
- [3] Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych, GDDKiA, Warszawa 2014
- [4] FINN F.N., SARAF C., KULKARNI R., NAIR K., SMITH W., ABDULAH A., The use of Distress Prediction Subsystems for the Design of Pavement Structures, Proceedings, Fourth International Conference on the structural Design of Asphalt Pavements, University of Michigan, Ann Arbor, 1977, Vol. 1, 3–38
- [5] Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Final Report, Part 3 – Design and Analysis, NCHRP, TRB, NRC, March 2004
- [6] Applied Research Associates (ARA). 2004. Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures. Final Report. Transportation Research Board



15. Zestawienie wyników współczynnika agresywności dla analizowanych nawierzchni



Politechnika
Wrocławska



Wydział Budownictwa
Lądowego i Wodnego



WYDZIAŁU BUDOWNICTWA LĄDOWEGO I WODNEGO

— 1 9 4 5 - 2 0 2 5 —

Rok 2025 to wyjątkowy czas dla naszej społeczności akademickiej – **Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej** obchodzi w tym roku **Jubileusz 80-lecia**.

Z tej okazji serdecznie zapraszam Państwa do wspólnego świętowania podczas konferencji **„80 lat Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego”** na **Politechnice Wrocławskiej**. Będzie to nie tylko okazja do spotkań i wspomnień, ale także do inspirujących dyskusji o przyszłości budownictwa i inżynierii.

Adrian Różański
Dziekan Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego

17.10.2025
godz. 9:00-17:00

Formularz zapisowy:
www.80wbliw.pwr.edu.pl

Budynek A-1
Politechniki Wrocławskiej

