

miesięcznik naukowo-techniczny Wydawnictwa SITK RP sp. z o.o.

przegląd[®] komunikacyjny

4-5
2024
rocznik LXXIX
cena 54,00 zł
w tym 8% VAT



UKAZUJE SIĘ OD 1945 ROKU



Strefa zamieszkania

Strefa zamieszkania – po 20 latach eksploatacji. Forecasting the number of road accidents in Poland by province. Urządzenie antypoślizgowe na koła o sprężystych oponach ułatwiające jazdę po oblodzonej nawierzchni drogowej. Nowe wyzwania w projektowaniu odwodnienia dróg. Zmiany wynikające z nowego wydania normy PN-EN 50155 oraz ich wpływ na proces oceny i certyfikacji urządzeń elektronicznych

eISSN
2544-6037

ISSN
0033-22-32

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:

artykuly@przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.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 rozróżniania 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 przesłać Redakcji.

Artykuły wnoszące wkład naukowy w dyscypliny: inżynieria lądowa i transport, inżynieria lądowa i transport; ekonomia i finanse; nauki prawne; nauki socjologiczne podlegają procedurze 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 („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 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.

www.transportation.overview.pwr.edu.pl

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 Spółka Wydawnictwa SITK RP sp. z o.o..

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:

Hanna Szary

hanna.szary@sitkrp.org.pl

ul. Świętokrzyska 14 A, lok. 150, 00-050 Warszawa, tel.: (22) 336 12 06, 506 116 966

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: "Wyspa typu pineska na ulicy głównej" (S. Majer)

Drodzy Czytelnicy!

W numerze

W bieżącym, podwójnym numerze Przeglądu Komunikacyjnego prezentujemy cztery artykuły z zakresu infrastruktury drogowej oraz jeden z działu „Prawo w transporcie”. Pierwsza pozycja zawiera refleksje nad strefą zamieszkania po 20 latach eksploatacji. W artykule przedstawiono problem oceny rezultatów wprowadzenia uspokojenia ruchu w strefie zamieszkania na przedmieściach Wolina. W przedmiotowej strefie zastosowano dość nowatorskie rozwiązania uspokojenia ruchu m.in.: przejezdne ronda typu pineska, odgięcia wlotów na skrzyżowaniach, wykrzywienia toru jazdy, szlaki boczne, itp. Wykonano pomiary prędkości w celu oceny, czy zastosowane środki uspokojenia ruchu przyczyniają się do utrzymania dozwolonej prędkości. Oceniono stan utrzymania nawierzchni i poprawność funkcjonowania zaprojektowanego systemu odwodnienia. Drugi artykuł (w języku angielskim) dotyczy prognozowania liczby wypadków drogowych w Polsce z uwzględnieniem województw. Przeanalizowano miesięczne dane dotyczące liczby wypadków w Polsce w latach 2007-2021 pochodzące ze statystyk Policji oraz dokonano prognozy na lata 2022-2024. Prognozy pokazują, że w obecnej sytuacji możemy spodziewać się dalszego spadku liczby wypadków drogowych w Polsce. Do prognozowania liczby wypadków drogowych wykorzystano szeregi czasowe i modele wykładnicze.

Przedmiotem kolejnej publikacji są urządzenia antypoślizgowe na koła o sprężystych oponach ułatwiające jazdę po oblodzonej nawierzchni drogowej. Przedstawiono antypoślizgowy zestaw montażowy na koła pojazdów. Zestaw ten charakteryzuje się uniwersalnością ponieważ może on być łatwo dostosowywany do kół pojazdów o różnych rozmiarach ogumienia poprzez dodawanie lub ujmowanie odpowiednich jego elementów konstrukcyjnych oraz poprzez zastosowanie odpowiednio dobranej konstrukcji napinającej elementy antypoślizgowe na kole. W kolejnym artykule omówiono nowe wyzwania w projektowaniu odwodnienia dróg. Przedstawiono główne problemy związane z zapewnieniem sprawnego odprowadzenia wód z jezdni i innych części dróg. Wskazano najważniejsze uwarunkowania funkcjonalne, środowiskowe i bezpieczeństwa ruchu wpływające na projektowanie urządzeń odwodnienia dróg. Szczególną uwagę zwrócono na uwzględnienie zmian klimatycznych oraz potrzebę szerszego stosowania analiz ryzyka. W artykule podano także uwarunkowania projektowania ramp drogowych w sposób zapewniający sprawny spływ wody. Ostatnia pozycja prezentuje zmiany wynikające z nowego wydania normy PN-EN 50155 oraz ich wpływ na proces oceny i certyfikacji urządzeń elektronicznych w transporcie kolejowym. W artykule przedstawiony został zakres zmian wprowadzonych poprzez nowe wydanie normy oraz ich wpływ na badania, jak i proces certyfikacji.

Życzę miłej lektury, Maciej Kruszyna

Aktualności	2
Strefa zamieszkania – po 20 latach eksploatacji	
Stanisław Majer	3
Forecasting the number of road accidents in Poland by province	
Piotr Gorzelanzyk	13
Urządzenie antypoślizgowe na koła o sprężystych oponach ułatwiające jazdę po oblodzonej nawierzchni drogowej	
Witold Paleczek	23
Nowe wyzwania w projektowaniu odwodnienia dróg	
Stanisław Gaca	28
Zmiany wynikające z nowego wydania normy PN-EN 50155 oraz ich wpływ na proces oceny i certyfikacji urządzeń elektronicznych	
Kamil Bialek, Magdalena Kycko, Patryk Wetoszka	36

Wydawca:

Wydawnictwa SITK RP sp. z o.o.
ul. Świętokrzyska 14 A, lok. 150, 00-050 Warszawa
www.sitkrp.org.pl
Wawrzyniec Wychowañski – Prezes

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:
redakcja@przegląd.komunikacyjny.pwr.wroc.pl
Poczta „tradycyjna”:
Piotr Mackiewicz, Maciej Kruszyna
Politechnika Wrocławska,
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
Faks: 71 320 45 39

Rada naukowa:

Marek Ciesielski (Poznań), Antanas Klibavičius (Wilno), Jozef Komačka (Žilina), Elżbieta Marciszewska (Warszawa), Andrzej S. Nowak (Auburn University), Tomasz Nowakowski (Wrocław), Jacek Sebastian Paś (Warszawa), Victor V. Rybkin (Dniepropietrowsk), Marek Sitarz (Katowice), Wiesław Starowicz (Kraków), Hans-Christoph Thiel (Cottbus), Tomasz Siwowski (Rzeszów), Jiri Straský (Brno), 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 począwszy od 4/2010.

Numer 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/>

Reklama:

Dział Marketingu:
hanna.szary@sitkrp.org.pl,
elzbieta.nowicka@sitkrp.com,

Nakład: 800 egz.

Będą budować drogę beskidzką Bielsko-Biała - Głogoczów. Zaczynają od badań geologicznych na najdłuższym odcinku

Barbara Ciry, Gazeta Krakowska, 26.03.2024

Trwają przygotowania do budowy Beskidzkiej Drogi Integracyjnej S52 Bielsko-Biała – Głogoczów. Na początek będą badania geologiczne. W Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad we wtorek, 26 marca zostały otworzone oferty firm zainteresowanych przeprowadzeniem tych badań. Na razie firmy są zainteresowane wykonaniem badań tylko na jednym z sześciu odcinków tej trasy. W przyszłości częścią tej trasy S52 będzie powstająca północna obwodnica Krakowa (...). Wykonawca zadania ma na przeprowadzenie prac 10 miesięcy. Oferty w przetargu na tym odcinku złożyły dwie firmy: MGGP S.A., wartość oferty 27 234 856,80 zł; GTPRO sp. z o.o., wartość oferty 22 815 442,20 zł. Kwota zarezerwowana na przeprowadzenie tych badań to 13 426 065 zł (...).

Powiat wodzisławski wzbogaci się o nowe, ekologiczne autobusy. Starostwo pozyskało miliony na supernowoczesne pojazdy!

Ireneusz Stajer, Dziennik Zachodni, 3.04.2024

Tabor Wodzisławskiej Komunikacji Powiatowej wzbogaci się o cztery nowe autobusy zero- i niskoemisyjne. Łączna wartość pojazdów wraz z dwoma mobilnymi stacjami do ładowania wynosi blisko 12 mln zł. Co ważne, koszt zakupu autobusów wraz z nabyciem i montażem infrastruktury do ich ładowania zostanie pokryty w 90 proc. ze środków Krajowego Planu Odbudowy i Zwiększenia Odporności (...). Planowana dostawa autobusów nastąpi najpóźniej w pierwszym kwartale 2026 roku.

Kolejowa obwodnica Wrocławia? Najpierw trzeba wyremontować tory towarowe. Urząd Marszałkowski jest "za"

Aneta Kolesińska, Gazeta Wrocławska, 2.04.2024

Dolnośląski przewoźnik podzielił się planami dotyczącymi rozwoju komunikacji zbiorowej przy pomocy pociągów. Jeśli udałoby się uruchomić tory używane obecnie jedynie przez pociągi towarowe, czas podróży mógłby skrócić się o kilkadziesiąt minut. Jak to wygląda w praktyce? Obwodnica towarowa Wrocławia została uruchomiona jeszcze pod koniec XIX wieku. Połączyła wtedy dwie stacje – Wrocław Brochów i Wrocław Gądów. Od ponad 120 lat jest wykorzystywana tylko do przewozu towarów. Gdyby udało się wyremontować torowisko i wybudować potrzebne przystanki, mogłaby powstać siatka połączeń

pasażerskich dookoła Wrocławia. Kto mógłby się za to zabrać? Rozwiązanie popiera Urząd Marszałkowski Województwa Dolnośląskiego – zwłaszcza, że pomysł nie wymaga budowy zupełnie nowych dróg, a jedynie przygotowania istniejących do ruchu pasażerskiego (...).

W końcu jest chętny na dostarczenie dla Małopolski 25 pociągów. To ma pomóc w rozwoju Szybkiej Kolei Aglomeracyjnej

Piotr Tymczak, Gazeta Krakowska, 3.04.2024

Jest szansa na zakończenie powołaniem postępowania dotyczącego dostarczenia 25 pociągów. Oferta opiewa na prawie 1,4 mld zł. Zwiększenie taboru w Małopolsce jest jednym z podstawowych warunków rozwoju Szybkiej Kolei Aglomeracyjnej (...). Zamówienie złożone przez Województwo Małopolskie dotyczy zawarcia umowy ramowej na dostawę do 25 szt. fabrycznie nowych, wieloczołowych Elektrycznych Zespołów Trakcyjnych wraz z 60 miesięczną gwarancją, dokumentacją techniczną, licencją na oprogramowanie i dokumentację techniczną, pięcioletnią usługą serwisowo-utrzymawczą oraz instruktorem pracowników.

W postępowaniu wpłynęła jedna oferta, złożona przez firmę NEWAG S.A. z siedzibą w Nowym Sączu, opiewająca na kwotę 1 391 559 974,40 zł w przypadku rozliczenia usługi serwisowo-utrzymawczej na podstawie przebiegu pojazdu oraz na kwotę 1 385 934 974,40 zł w przypadku rozliczenia usługi serwisowo-utrzymawczej jednorazowo (...).

Zakończył się remont drogi wojewódzkiej 835 Urzejowice-Kańczuga

Łukasz Solski, nowiny24.pl, 2.04.2024

Ostatnia drogowa inwestycja realizowana z Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Podkarpackiego na lata 2014-2020, została oficjalnie oddana do użytku. To 6-kilometrowy odcinek drogi wojewódzkiej 835 biegnący od Urzejowic do Kańczugi w powiecie przeworskim. Wartość wykonanych robót to 55,7 mln złotych z czego unijne dofinansowanie wyniosło ponad 38 mln złotych, a resztę – ponad 17 mln – dołożył samorząd województwa. Był to odcinek realizowany w ramach większej inwestycji na drodze wojewódzkiej 835 od Przeworska do Kańczugi (...).

Budowa odcinka S12 Chełm-Dorohusk coraz bliżej

Jakub Sarek, Kurier Lubelski, 27.03.2024

Na biurko wojewody lubelskiego trafił wniosek o wydanie zezwolenia na realizację inwestycji drogowej - to krok do budowy odcinka S12 między Chełmem a Dorohuskim. Wartość inwestycji to miliard złotych (...). Począ-

tek odcinka Chełm-Dorohusk zaplanowano w miejscowości Antonin, gdzie ekspresówka połączy się z powstającą obwodnicą Chełma. Dalej trasa S12 przebiegać będzie po południowej stronie obecnej drogi krajowej. Ominie m.in. rezerwat przyrody Roskosz oraz miejscowość Pławanice. Za Teosinem, gdzie planowana jest budowa Miejsc Obsługi Podróżnych, przekroczy linię kolejową nr 7 relacji Warszawa - Dorohusk. Trasa ma prowadzić do polsko-ukraińskiego przejścia granicznego (...).

Są plany na drogę rowerową z Łodzi do Aleksandrowa Łódzkiego. Ma objąć 5 km infrastruktury rowerowej na ul. Aleksandrowskiej

Matylda Witkowska, Dziennik Łódzki, 1.04.2024

Łódź i Aleksandrów Łódzki chcą wspólnie starać się o budowę drogi rowerowej łączącej oba miasta. Jednak to na razie dopiero plany, uzależnione od finansowania. Władze Łodzi i Aleksandrowa Łódzkiego chcą połączyć rowerowo oba miasta. Zapowiadana infrastruktura rowerowa ma powstać na ulicy Aleksandrowskiej od Lechickiej do Aleksandrowa Łódzkiego i objąć odcinek o długości 5 km. „Projekt realizowany będzie wspólnie z Aleksandrowem Łódzkim z którym w ramach obszaru metropolitalnego, będziemy starać się o pozyskanie dodatkowych środków na realizację tego zadania” – zapowiada w komunikacie prasowym łódzki magistrat (...).

Koleje Dolnośląskie zwiększają tabor. Przewoźnik planuje kupić nawet 20 nowoczesnych pociągów. Co to za maszyny?

Konrad Bałajewicz, Gazeta Wrocławska, 8.04.2024

Koleje Dolnośląskie zamierzają kupić nawet 20 nowoczesnych pociągów elektrycznych. Będą obsługiwały nowe połączenia i zwiększą częstotliwość kursowania na działających już liniach. Dolnośląski przewoźnik planuje rozbudować swój tabor o pojazdy przypominające specyfikacją pociągi Impuls 2 (45WE) oraz Elf 2 (48WEC), którymi dzisiaj poruszają się pasażerowie Kolei Dolnośląskich. Ogłoszony przez KD przetarg na zakup 10 elektrycznych zespołów trakcyjnych, z opcją kupna dodatkowych 10, zdradza szczegóły techniczne nowych jednostek. Prędkość eksploatacyjna nowych pociągów ma być nie mniejsza niż 160 km/h, długość pojazdów ma wynosić maksymalnie 99 metrów. Zapewnią minimum 235 stałych miejsc siedzących oraz minimum 15 miejsc siedzących uchylnych. Liczba miejsc stojących (przy założeniu 4 osób na metr kwadratowy) to minimum 290. Łącznie pociągi będą w stanie przewieźć minimum 540 pasażerów (...).

Strefa zamieszkania – po 20 latach eksploatacji

Home zone - after 20 years of operation



Stanisław Majer

Dr inż.

Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie

stanislaw.majer@zut.edu.pl
ORCID 0000-0003-2476-1982

Streszczenie: Stale wzrastający poziom gospodarczy i związany z nim stopień motoryzacji powoduje konieczność stopniowego wprowadzania uspokojenia ruchu w terenach zabudowanych. Jednym z rozwiązań uspokojenia ruchu jest strefa zamieszkania. W artykule przedstawiono problem oceny rezultatów wprowadzenia uspokojenia ruchu w strefie zamieszkania, funkcjonującej od ponad 20 lat na przedmieściach Wolina, miasta zlokalizowanego w województwie zachodniopomorskim. W przedmiotowej strefie zamieszkania zastosowano w 1999 roku, dość nowatorskie rozwiązania uspokojenia ruchu jak na tamte czasy, jakimi były w krajowych doświadczeniach m.in.: przejezdne ronda typu pineska, odgięcia wlotów na skrzyżowaniach, wykrzywienia toru jazdy, szykany boczne, progi zwalniające, zrównanie powierzchni chodnika z jezdnią, a także zastosowane różnego rodzaju nawierzchnie. Po ponad dwudziestu latach eksploatacji w przedmiotowej strefie zamieszkania wykonano pomiary prędkości, w celu oceny, czy zastosowane środki uspokojenia ruchu przyczyniają się do utrzymania dozwolonej w strefie zamieszkania prędkości – 20 km/h. Ponadto w artykule oceniono stan utrzymania nawierzchni i poprawność funkcjonowania zaprojektowanego systemu odwodnienia po ponad dwudziestu latach eksploatacji.

Słowa kluczowe: Strefa Zamieszkania; Ronda Typu Pineska; Progi Zwalniające; Szykana; Stan Nawierzchni; System Odwodnienia

Abstract: The rise of the economic level and the associated increase in car number required to introduce the traffic calming in built-up areas. One of the traffic calming solutions is the residential home zone. The paper presents the problem of evaluating the results of the introduction of traffic calming in a residential home zone that has been operating for more than 20 years in the suburbs of Wolin, a city located in the West Pomeranian Voivodeship. The traffic calming measures applied in the home zone already in 1999 were ahead of the times. Among others solutions like mini traffic circles, neckdown of inlets at junctions, curbing of the driving path horizontal and vertical deflection, chicanes, hump speed, even sidewalk and roadway surfaces, as well as various types of sidewalks were installed. After more than twenty years of operation in the residential zone, speed measurements were taken to assess whether the traffic calming measures used contribute to maintaining the speed limit of 20 km/h allowed in the home zone. In addition, the article evaluates the surface condition and the proper functioning of the designed drainage system.

Keywords: Home Zone; Traffic Circle; Hump Speed; Chicane; Surface Condition; Drainage System

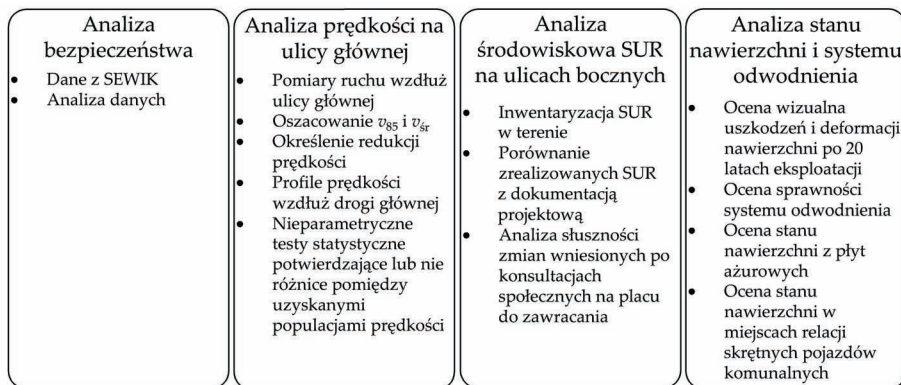
Wprowadzenie

Wzrost gospodarczy generuje w dużym stopniu potrzebę restrukturyzacji istniejących układów komunikacyjnych i coraz większego uwzględniania oczekiwań mieszkańców co do rozwiązań stosowanych w kształtowaniu przestrzeni publicznych. Coraz częściej spotyka się potrzebę wyłączenia części obszarów zabudowanych z przeznaczeniem ich na rejony do spokojnej egzystencji mieszkańców. W rejonach tych przede wszystkim ograniczeniu podlega ruch pojazdów, dzięki czemu uzyskuje się podniesienie bezpieczeństwa wraz zmniejszonym

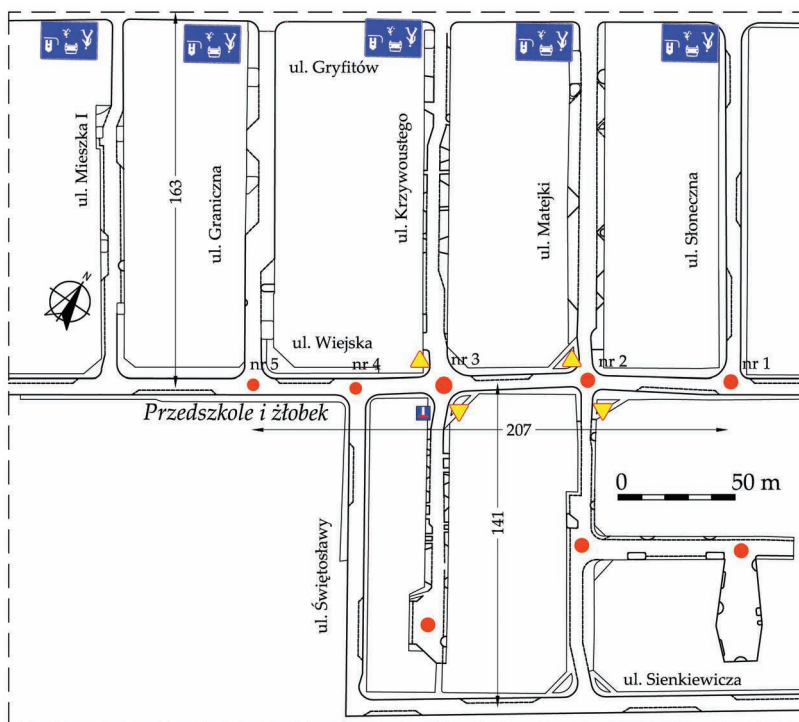
narażeniem mieszkańców na skutki ruchu, tj. spaliny i hałas. Pierwsze wydzielone obszary mieszkalne, czyli tzw. strefy zamieszkania (w języku niderlandzkim *woonerf*) zastosowano już w latach 60. ubiegłego wieku [2, 3, 16, 17, 18]. W wytycznych zagranicznych opracowanych pod koniec lat 90. i na początku XXI w. zaczęto stosować klasyfikację środków uspokojenia ruchu (SRU), przypisując im różne parametry charakteryzujące, czyli redukcję prędkości, zasięg oddziaływania i zalecaną funkcję ulicy do ich zastosowania [12, 16, 17]. Przy czym rozróżniono fizyczne środki SRU związane ze zmianą wysokości (tj. pionowe) i zmianą toru

jazdy (tj. poziome). Jednym z najczęściej stosowanych fizycznych środków pionowych są progi zwalniające, ze względu na łatwość montażu i niskie koszty. Z fizycznych środków poziomych wyróżnić można przede wszystkim wykrzywienia toru jazdy, zwężenia i ronda.

W Polsce nie ma jeszcze opracowanych wytycznych projektowych dotyczących tylko projektowania uspokojenia ruchu w obszarach zabudowanych, jednak część ogólnych zaleceń odnośnie projektowania uspokojenia ruchu zawarte jest w wytycznych opracowanych jeszcze w 2001 [19, 20]. W kilku publikacjach po-



1. Zastosowana kolejność analiz szczegółowych (Źródło: opracowanie własne)



2. Obszar badawczy – strefa zamieszkania w Wolinie (na ulicy Wiejskiej podane są numery analizowanych w artykule rond typu „pineska”). (Źródło: opracowanie własne)

teczności zastosowanych rozwiązań na bezpieczeństwo ruchu i redukcję prędkości. Przedstawiony powyżej przegląd literatury i wytycznych projektowych wykazał jednak, że brakuje w literaturze specjalistycznej oceny strefy zamieszkania po kilkudziesięciu latach eksploatacji ze względu na różne aspekty. Biorąc powyższe pod uwagę celem niniejszego artykułu jest ocena funkcjonowania strefy zamieszkania po ponad dwudziestoletniej eksploatacji, pod względem nie tylko bezpieczeństwa ruchu, redukcji prędkości, ale także względów środowiskowych, tj. uwzględnienia konsultacji społecznych z mieszkańcami osiedla na temat projektu strefy zamieszkania oraz ocena stanu nawierzchni. Przyjętą w niniejszym artykule kolejność analiz przedstawiono na rys. 1.

W niniejszym artykule wybranym obszarem badawczym jest strefa zamieszkania wprowadzona w latach 2001–2002 na osiedlu jednorodzinnym w Wolinie (rys. 2) na powierzchni około 6,5 ha. Podstawową funkcję rozprowadzenia ruchu wewnętrznego w analizowanej strefie zamieszkania pełni ulica Wiejska. Od niej odchodzą ulice boczne. Na ulicy Wiejskiej znajdują się obustronne chodniki i zjazdy do posesji prywatnych oraz pasy postojowe o nawierzchni wykonanej z płyt betonowych ażurowych wypełnianych humusem. Na ulicach bocznych chodniki są fragmentaryczne. Wszystkie analizowane ulice są dwukierunkowe. Na rys. 2 przedstawiono analizowaną strefę zamieszkania i symbolicznie przedstawiono także

dane są wyniki badań empirycznych prowadzonych przez polskich badaczy [1, 5, 22]. Dotyczą one jednak wybranych zagadnień lub skuteczności stosowania konkretnych SUR zastoso-

wanych na wybranych ulicach.

W dotychczasowych publikacjach krajowych i zagranicznych znajduje się wiele artykułów naukowych i raportów poruszających problem sku-



3. Chodnik oddzielony od jezdni krawężnikiem ułożonym na płask (na ulicy rozprowadzającej ruch)



4. Podział przestrzeni za pomocą zróżnicowanej nawierzchni



5. Wyspa typu pineska na ulicy głównej



6. Wyspa typu pineska na skrzyżowaniach ulic bocznych

zastosowaną organizację ruchu.

Powierzchnia ulic została doprowadzona do tego samego prawie poziomu, tj. na ul. Wiejskiej chodniki od jezdni oddzielone są krawężnikiem ulicznym ułożonym na płask i rzędne chodnika są wyniesione powyżej poziomu jezdni o ok. 4 cm (rys. 3). Na ulicach bocznych nie ma wydzielonych chodników. Na ul. Wiejskiej i Sienkiewicza zastosowano nawierzchnię z kostki betonowej koloru szarego. Na dwóch ulicach bocznych zastosowano kostkę betonową koloru czerwonego z ukośnymi rombami lub w szachownicę (rys. 4), wypełnionymi kostką kamienną granitową. Na pozostałych ulicach bocznych w celu podkreślenia charakteru strefy zamieszkania zastosowano nawierzchnię kostkową mieszaną kolorystycznie i gatunkowo, tj. zastosowano na kostki betonowe szare, czerwone, grafitowe lub kostki kamienne granitowe. Jedynie przy przedszkolu i żłobku przy ul. Wiejskiej zastosowano niewielkie obustronne pasy postojowe z parkowaniem prostokątnym i równoległym do osi jezdni, wykonane z nawierzchni z kostki betonowej. Na ulicach bocznych miejsca parkingowe wydzielone są za pomocą kostki kamiennej.

Na głównych skrzyżowaniach wzdłuż ul. Wiejskiej zastosowano pięć skrzyżowań z zastosowaniem na środku wysp typu pineska (rys. 5), na które składa się pierścień i wyspa środkowa. Średnica pierścienia na skrzyżowaniach czterowlotowych jest równa $D = 7$ m, a na pozostałych 6 m, a średnica wyspy środkowej jest różna na dwóch

rondach na ul. Wiejskiej jest równa $D = 4$, a na pozostałych 2 m. Pochylenie poprzeczne pierścienia i wyspy środkowej jest równe 2%. Na ulicach bocznych zastosowano jeszcze trzy ronda typu „pineska” (rys. 6), z czego jedno znajduje się ulicy bez przejazdu na poszerzonym placu do zawracania (rys. 7).

Zastosowane analizy i przyjęte kryteria oceny

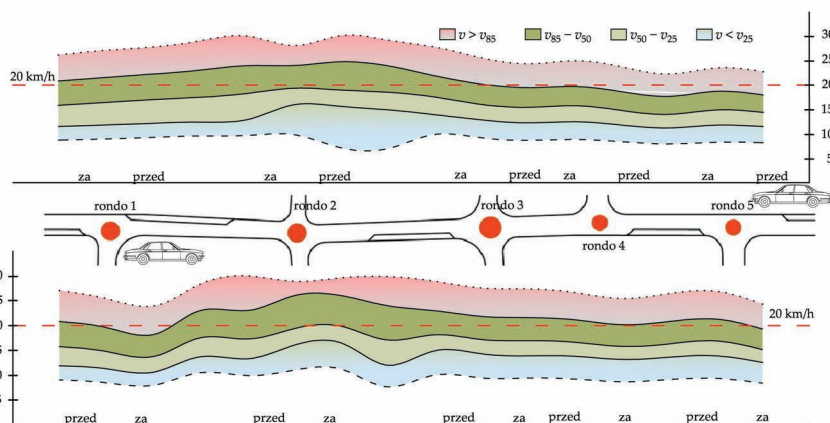
Pierwsza analiza wprowadzonej strefy zamieszkania dotyczyła oceny bezpieczeństwa ruchu. W tym celu zebrano odpowiednie dane począwszy od roku 1995 z programu SEWIK [14], czyli jeszcze sprzed wprowadzenia strefy zamieszkania. Analiza uzyskanych danych wykazała, że w analizowanych latach nie doszło w strefie zamieszkania w Wolinie do żadnych zdarzeń drogowych. Z uwagi na fakt braku jakichkolwiek zdarzeń drogowych na wskazanym obszarze można przyjąć, że wprowadzenie strefy zamieszkania było pozytywne i bezpieczeństwo ruchu było i jest zapewnione.

Druga analiza dotyczyła oceny skuteczności zastosowanych środków uspokojenia ruchu wzdłuż ulicy Wiejskiej rozprowadzającej ruch na ulice boczne. Biorąc pod uwagę niewielkie natężenie ruchu w analizowanej strefie zamieszkania przeprowadzono pomiary prędkości wzdłuż ul. Wiejskiej w ciągu kilku godzin od godz. 10 do godz. 15. Pomiary wykonano z użyciem elektronicznych czujników pomiarowych SR4 [15], zsynchronizo-

wanych ze sobą i ustawionych wzdłuż ulicy w kilkunastu przekrojach pomiarowych. Czujniki były umieszczane na istniejących słupkach drogowych i na dodatkowych słupkach badawczych ustawianych podczas pomiaru. Czujniki ustawiono przed i za każdym skrzyżowaniem, na którym zastosowano wyspy typu pineska oraz na odcinkach pomiędzy nimi. Zgodnie z wytycznymi [21] w strefie zamieszkania ustawia się znaki pionowe w razie potrzeby i tylko w wyznaczonych miejscach, dlatego wykorzystano słupki dodatkowe, ustawiane tylko na czas pomiaru. Ponieważ w strefie zamieszkania pieszy ma pierwszeństwo, to w analizowanym obszarze piesi mogli chodzić po całej szerokości ulicy i nie mieli wyznaczonych przejść. Biorąc pod uwagę niewielkie natężenie ruchu, można było przyjąć, że wszystkie zmierzone prędkości dotyczyły ruchu swobodnego. Dodatkowo ruch swobodny potwierdzano podczas analizy danych z czujników SR4. W wynikach z czujników SR4 podane są dane dotyczące [15]: kategorii pojazdu, prędkości, kierunku ruchu, odległości pomiędzy poszczególnymi przejazdami samochodów i czasu wykonania danego pomiaru z dokładnością do 0,01 sekundy. Mając te dane można w trakcie analiz wykluczyć przejazd samochodu niejadącego w ruchu swobodnym. W analizowanych danych nie zachodziła jednak tak konieczność. Wszystkie pomiary wykonano przy bezdeszczowej pogodzie w okresie letnio-jesiennym. Na ulicach bocznych nie prowadzono żadnych pomiarów prędkości, z



7. Wyspa typu pineska na ulicy bez przejazdu



8. Wykresy liniowe prędkości wzdłuż ul. Wiejskiej (Źródło: opracowanie własne)

racji znikomego na nich ruchu tylko kilkunastu mieszkańców, zamieszkujących przy danej ulicy i bardzo małych długości tych ulic. Jedynie w rejonie przedszkola rano i po południu można było odnotować chwilowe zwiększenie ruchu na ulicy Wiejskiej, nieprzekraczające jednak 35 P/h. Uwzględniając powyższe do analiz skuteczności zastosowanych rond typu pineska uwzględniono jedynie prędkość v_{85} i v_{sr} .

Trzecia analiza dotyczyła stanu faktycznego warunków środowiskowych i potrzeby zastosowanych środków uspokojenia ruchu na ulicach bocznych. W danym przypadku należy podkreślić duży udział mieszkańców w propozycjach, dotyczących szczególnie zagospodarowania niewielkich zieleńców i szykan bocznych oraz szczegółowej lokalizacji progów zwalniających. Projekt strefy zamieszkania opracowano w 1999 r. [4] i w tym samym roku przeprowadzano konsultacje społeczne w ramach uzgodnienia projektu. Oczekiwania mieszkańców uwzględniano również na etapie przyjmowania rozwiązań projektowych, a także w trakcie pomiarów uzupełniających i weryfikacji rozwiązań projektowych bezpośrednio w terenie. Projekt i strefa zamieszkania była wprowadzana stopniowo, jak już wcześniej wspomniano na początku XXI w., czyli w okresie braku krajowych wytycznych projektowych i zaleceń ogólnych dotyczących sposobu formalnego prowadzenia konsultacji społecznych. Dlatego cenne dla projektantów i wykonawców były wszelkie inicjatywy mieszkańców, do-

tyczące:

- zagospodarowania przestrzeni publicznej w otoczeniu planowanych szykan bocznych i na ich powierzchni oraz na planowanych pasach zielni,
- zastosowania kilku dodatkowych progów zwalniających na pozostałej części ulicy bocznej w przypadku lokalizacji na nich szykan bocznych lub miejsc parkingowych,
- wyniesienia niewielkiej powierzchni wokół latarni miejskich i hydrantów.

Prawie wszystkie propozycje mieszkańców zostały ocenione przez projektantów i wprowadzone w życie, ze względu na ich znikomy udział w kosztach lub nawet ich brak. Zmiany te polegały m.in. na przesunięciu progu czy szykany, zmiany lokalizacji zieleńca czy wręcz konieczności zastosowania zieleńca. W niniejszym artykule ocenie podległa, więc tylko skuteczność i stan zastosowanych SUR po 20-letnim okresie eksploatacji. Oceniano także np. czy zadeklarowane przez mieszkańców samodzielne utrzymanie zieleni i konkretnych nasadzeń na szykanach bocznych, w najbliższym otoczeniu zjazdu na ich posesje, rzeczywiście zrealizowano i czy funkcjonuje ono prawidłowo.

Nawierzchnie i zastosowane rozwiązania w strefie zamieszkania oceniono pod względem funkcjonalności, jak i sprawności pod względem odwodnienia. W odniesieniu do stanu nawierzchni założono, że wykonana się ocenę wizualną, odnotowując

powierzchnie osiadań, ewentualne braki kostek, pęknięcia kostek, ubytki w spoinach itd. Stan nawierzchni jest ściśle i nierozdzielnie związany z systemem odwodnienia. W zależności od jego sprawności nawierzchnia drogowa może ulegać różnym stanom deformacji lub degradacji. Biorąc pod uwagę dodatkowo fakt, że na analizowanych ulicach bocznych zastosowano rzadko stosowany w kraju odwrotny układ przekroju poprzecznego i skierowanie spływu wody opadowej w kierunku osi ulicy (rys. 4), zwrócono szczególną uwagę na stan nawierzchni w miejscach odprowadzenia wody do systemu kanalizacyjnego. Zastosowany system odwodnienia założono oceniać podczas pogody deszczowej i oceniać wizualnie skuteczność odprowadzenia wody, czyli zweryfikować kierunek spływu strumienia wody i ewentualnie oszacować zastoiska wody opadowej w rejonie szykan i progów.

Analiza skuteczności zastosowanych środków uspokojenia ruchu

Jak już wcześniej wspomniano w odniesieniu do rond typu pineska, zlokalizowanych na ul. Wiejskiej w analizowanej strefie zamieszkania, wykonano pomiary w wyznaczonych przekrojach badawczych. W odniesieniu do skrzyżowań skrajnych realizowane prędkości wzdłuż ulicy głównej były bardzo małe z uwagi na krótkie odcinki dojazdowe (rys. 2 do 50 m). Biorąc powyższe pod uwagę na skrajnych skrzyżowaniach wykonano dodatko-

we pomiary prędkości krzywoliniowego wjazdu i zjazdu z ul. Wiejskiej na ulice boczne. W każdym przekroju pomiarowym mierzono co najmniej po 100 prędkości w każdym kierunku ruchu. Na rys. 8 przedstawiono wyniki pomiarów prędkości wzdłuż ul. Wiejskiej w obu kierunkach. Dodatkowo na rys. 8 przedstawiono też czerwoną linią przerywaną prędkość obowiązującą w strefie zamieszkania. Pomiarów na trzech pozostałych rondach typu pineska, zlokalizowanych na bocznych ulicach, nie przeprowadzano z uwagi na bardzo małe natężenie ruchu i bardzo krótkie odcinki ulic. Analiza otrzymanych prędkości wykazała, że kwantyl 85% prędkości w ruchu swobodnym przekracza nieznacznie dopuszczalną prędkość w strefie zamieszkania. Szczególnie można to odnotować pomiędzy rondem 1 i 3, gdyż odległości dojazdu do danego skrzyżowania są prawie równe 70 m. Na pozostałych odcinkach pomiędzy skrzyżowaniami odległości dojazdu są mniejsze, równe ok. 38 – 45 m i nawet przy braku zaparkowanych samochodów na pasach postojowych kwantyl 85% oscyluje w granicach 20 km/h. Analiza wyników innych badaczy [1, 10, 11, 12, 13, 17, 18, 22], potwierdza, że w przypadku uspokojenia ruchu ważny jest rozstaw zastosowanych elementów uspokojenia ruchu. W danym przypadku rozstaw pomiędzy analizowanymi skrzyżowaniami różni się dwukrotnie, co potwierdza wnioski z badań [9, 11, 12, 13, 17, 18, 22]. Ponadto nieznacznie większe prędkości niż dopuszczalne w strefie zamieszka-

nia można uzasadnić, temperamentem krajowych kierowców, bardzo małym natężeniem ruchu i znikomym ruchem pieszych, co przy braku zaparkowanych samochodów na pasach postojowych może wpływać demobilizująco na kierowców.

W odniesieniu do wszystkich wyników prędkości otrzymanych w poszczególnych przekrojach badawczych obowiązkowo sprawdzono czy otrzymane populacje danych mają rozkład normalny. We wszystkich przypadkach potwierdzono, przy poziomie istotności równej $\alpha = 0,05$, że wszystkie populacje miały rozkład normalny. Chcąc zweryfikować, czy populacje prędkości zmierzone przed i za poszczególnymi skrzyżowaniami różnią się istotnie między sobą, czy stanowią tę samą jedną populację, przeprowadzono dwa testy nieparametryczne istotności: test Kołmogorowa-Smirnowa (równanie 1 i 2) i test mediany (równanie 3 i 4). Wybrane do analiz testy statystyczne weryfikujące hipotezy dotyczące rozkładu badanej cech w populacji nie precyzują parametrów tego rozkładu, lecz w przypadku testu Kołmogorowa-Smirnowa pozwalają określić typ rozkładu, tj. postać funkcijną dystrybucyjną. A test mediany pozwala stwierdzić, czy porównywane dwie próby pochodzą z jednej populacji, czy o rozkładzie populacji danych decyduje istotnie inny czynnik, np. w danym przypadku lokalizacja miejsca pomiaru. W żadnym przypadku w porównywanych populacjach, w obu kierunkach ruchu przed i za analizowanymi skrzyżowa-

niami, nie otrzymano potwierdzenia hipotezy zerowej świadczącej o tym, że porównywane dane stanowią tę samą populację. We wszystkich przypadkach wyniki testów potwierdzały, że istotne jest miejsce pomiaru i warunki kształtowania przestrzeni publicznej jego charakteryzujące. Czyli wynik testów statystycznych potwierdził, na poziomie istotności $\alpha = 0,05$, że przyjęte miejsce pomiaru statystycznie istotnie wpływało na otrzymane wyniki prędkości.

W celu uzyskania mniejszych wartości prędkości na odcinkach pomiędzy skrzyżowaniami, o długości większej niż 50 m, powinno się na końcu i początku pasa postojowego stosować dodatkowe elementy małej architektury np. w postaci betonowych kwietników czy niewielkich trójkątnych szykan bocznych typu „pinch point”, umieszczonych w wysokich krawężnikach [7, 8, 11, 13, 18]. Te elementy wpływają silnie na percepcję kierowcy, który w obawie uszkodzenia karoserii swojego pojazdu nie jedzie po pasach postojowych, tylko po wyznaczonym pasie ruchu [8, 13]. Przy dłuższych pasach postojowych niż 50 m zalecane by było również stosowanie na pasie postojowym niewielkich szykan bocznych z zasadzonymi małymi drzewami szczepionymi na pniu [8, 10, 13]. Gatunek drzew zastosowany w tych zielenicach powinien być specjalnie dobrany przez architekta krajobrazu pod względem rozpiętości korony i objętości systemu korzeniowego, oszacowanych dla drzewa kilkunastoletniego [6, 9, 10].

$$H_0: F(v_{przed}^i) = F(v_{przed}^{i+1}) \text{ i } H_1: F(v_{przed}^i) \neq F(v_{przed}^{i+1}), \text{ przy } \lambda_\alpha = 1.36, \alpha = 0.05. \quad (1)$$

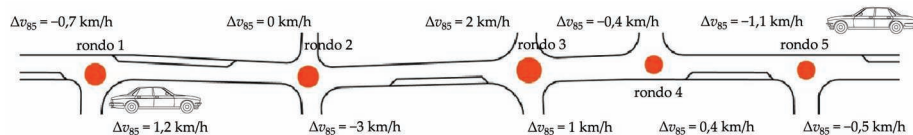
$$H_0: F(v_{za}^i) = F(v_{za}^{i+1}) \text{ i } H_1: F(v_{za}^i) \neq F(v_{za}^{i+1}), \text{ przy } \lambda_\alpha = 1.36, \alpha = 0.05. \quad (2)$$

gdzie: $F(v_{przed}^i)$ – dystrybucja prędkości odnotowanych przed skrzyżowaniem i , $F(v_{przed}^{i+1})$ – dystrybucja prędkości odnotowanych przed skrzyżowaniem $i + 1$, $F(v_{za}^i)$ – dystrybucja prędkości odnotowanych za skrzyżowaniem i , $F(v_{za}^{i+1})$ – dystrybucja prędkości odnotowanych za skrzyżowaniem $i + 1$, $\lambda_\alpha = 1.36$ – wartość krytyczna przy poziomie istotności $\alpha = 0.05$.

$$H_0: F_1(v_{50})_{przed} = F_2(v_{50})_{przed} \text{ i } H_1: F_1(v_{50})_{przed} \neq F_2(v_{50})_{przed}, \text{ przy } \chi_\alpha^2 = 3.84, \alpha = 0.05. \quad (3)$$

$$H_0: F_1(v_{50})_{za} = F_2(v_{50})_{za} \text{ i } H_1: F_1(v_{50})_{za} \neq F_2(v_{50})_{za}, \text{ przy } \chi_\alpha^2 = 3.84, \alpha = 0.05. \quad (4)$$

gdzie: $F_1(v_{50})$ – liczebność poniżej mediany z obu porównywanych populacji prędkości zmierzonych przed lub za skrzyżowaniem, $F_2(v_{50})$ – liczebność powyżej mediany z obu porównywanych populacji prędkości zmierzonych przed lub za skrzyżowaniem, $\chi_\alpha^2 = 3.84$ – wartość krytyczna przy poziomie istotności $\alpha = 0.05$.



9. Redukcje prędkości na rondach typu piniska (Źródło: opracowanie własne)

Redukcje prędkości przedstawiono na rys. 9. Analiza danych przedstawionych na rys. 9 wykazała, że nie na wszystkich rondach uzyskano redukcję prędkości, co można uzasadnić, jak poprzednio, dużą szerokością jezdni, przy braku zaparkowanych samochodów na pasach postojowych. Jednak należy to podkreślić, że w danym przypadku bardziej chodziło o utrzymanie wzdłuż ul. Wiejskiej prędkości $\approx 20 \text{ km/h}$ niż o redukcję prędkości na każdym skrzyżowaniu. I ten cel został osiągnięty (rys. 8).

Analiza stanu faktycznego warunków środowiskowych i potrzeby zastosowanych środków uspokojenia ruchu na ulicach bocznych

Biorąc pod uwagę różnice zastosowanych SRU i ich nieznacznie zmienione lokalizacje w stosunku do projektu wyjściowego [4], w pierwszej kolejności zinventaryzowano w terenie wykonane środki uspokojenia ruchu SUR i odnotowano ich dokładne lokalizacje. W trakcie realizacji strefy zamieszkania, 20 lat temu, odbyło się

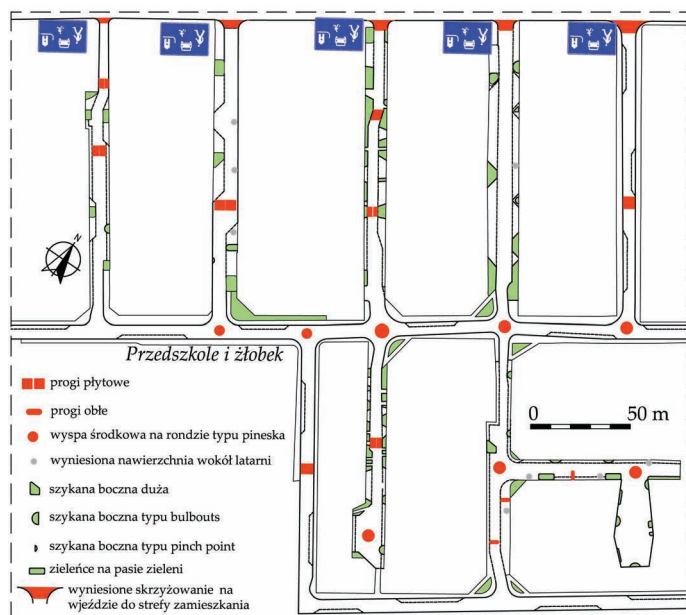
kilka konsultacji społecznych z mieszkańcami osiedla. Mieszkańcy podczas konsultacji wnosili wiele swoich propozycji dotyczących głównie zagospodarowania zieleni i szukan bocznych przyległych do ich posesji. W kilku przypadkach zaproponowali także zastosowanie dodatkowego progu zwalniającego przy ich posesjach, czy innego kształtu szukany bocznej uwzględniającej np. miejsce ustawienia pojemnika na śmieci, czy planowaną przez nich nową szerszą bramę wjazdową na posesję. Na wlotach ulic bocznych i na ulicach bocznych zastosowano w projekcie różne środki uspokojenia ruchu SUR [4]: odgięcia, zwężenia, progi zwalniające na całą szerokość ulicy i progi obłe (na połowie jezdni), wykrzywienie toru jazdy, przesunięcia wlotów bocznych naprzeciwległych na skrzyżowaniach z ulicą główną, szukany boczne, wyniesienia nawierzchni wokół słupów systemu oświetlenia. Zastosowane środki uspokojenia ruchu przedstawiono na rys. 10.

M.in. na podstawie konsultacji z mieszkańcami na ul. Matejki nie zastosowano progu zwalniającego,

natomiast zastosowano reprezentacyjną nawierzchnię na jezdni (rys. 11), podobną do zastosowanej na ul. Granicznej (rys. 3), ale z nawierzchnią z kostki kamiennej ułożoną nie w regularnych kwadratach tylko w rombach. Na rys. 11 widoczne są również topiary zaproponowane na konsultacjach społecznych przez mieszkańców, w ramach ich własnych projektów i zagospodarowania terenu ulicy, przyległego do ich posesji. Inny przykład propozycji zagospodarowania szukan bocznej przedstawiono na rys. 12 i 13.

Na rys. 14 i 15 przedstawiono przykładowe progi zwalniające płytowe i progi obłe zastosowane w tym samym przekroju co wydzielone miejsce parkingowe lub szukany boczne. A na rys. 16 przedstawiono zastosowane wyniesienia nawierzchni wokół słupów latarni oświetleniowych. Wyniesienie nawierzchni ponad poziom otaczającej powierzchni ulicy miało na celu zapewnienie bezpieczeństwa przy ewentualnym przejeździe i parkowaniu samochodów na zaplanowanych miejscach parkingowych i zjazdach do posesji prywatnych.

Największą zmianę jednak w odniesieniu do projektu proponowali mieszkańcy ulicy bez przejazdu na jednym z placów do zawracania. W projekcie [4] była zaplanowana pośrodku placu wyspa środkowa w



10. Zastosowane środki uspokojenia ruchu w strefie zamieszkania w Wolinie (Źródło: opracowanie własne)



11. Zastosowana inna nawierzchnia zgodnie z propozycją mieszkańców i zaproponowane przez mieszkańców zagospodarowanie przyległego do jezdni pasa zieleni



12. Zaproponowana przez mieszkańców aranżacja szczytów bocznej na ul. Granicznej



13. Zaproponowana przez mieszkańców aranżacja szczytów bocznej na ul. Krzywoustego



14. Zastosowane progi zwalniające płytowe



15. Wydzielone miejsca parkingowe na ulicach bocznych (za pomocą obramowania kilku rzędów kostki kamiennej) i zastosowane progi zwalniające obłe (na połowie szerokości ulicy)



16. Wniesiona nawierzchnia wokół latarni ulicznej



17. Osiadanie i degradacja płyty betonowej ażurowej na pasie postojowym

kształcie wydłużonej soczewki i kilka ławek do relaksu i odpoczynku. Jednak mieszkańcy jedenastu domów wielorodzinnych wspólnie zrezygnowali z tej wyspy i zaproponowali szczyt boczny z zielenią rozdzielającą planowane miejsca parkingowe, w celu zmaksymalizowania możliwej liczby miejsc parkingowych wokół placu. Prowadząc po 20 latach analizy

współautor projektu [4] potwierdza słuszność ówczesnej decyzji mieszkańców, z uwagi na liczbę zaparkowanych samochodów, potwierdzoną podczas wizji lokalnej. Podobne spostrzeżenia potwierdzenia słuszności prowadzenia konsultacji społecznych i uwzględniania propozycji mieszkańców dotyczyły zagospodarowania pasów zieleni i szczytów bocznych oraz

niewielkich korekt lokalizacji progów obłych na ulicach bocznych.

Analiza stanu nawierzchni po 20 latach eksploatacji i zastosowanego systemu odwodnienia

Kolejna analiza dotyczyła stanu nawierzchni i systemu odwodnienia. Obie analizy, zdaniem autora, należy

wykonać łącznie, gdyż one wzajemnie się uzupełniają i zależą od siebie. W projekcie [4] na wszystkich ulicach bocznych zastosowano pochylenia poprzeczne skierowane do osi ulicy i w ten sposób uformowano ściek i odprowadzono wody opadowe do systemu kanalizacyjnego.

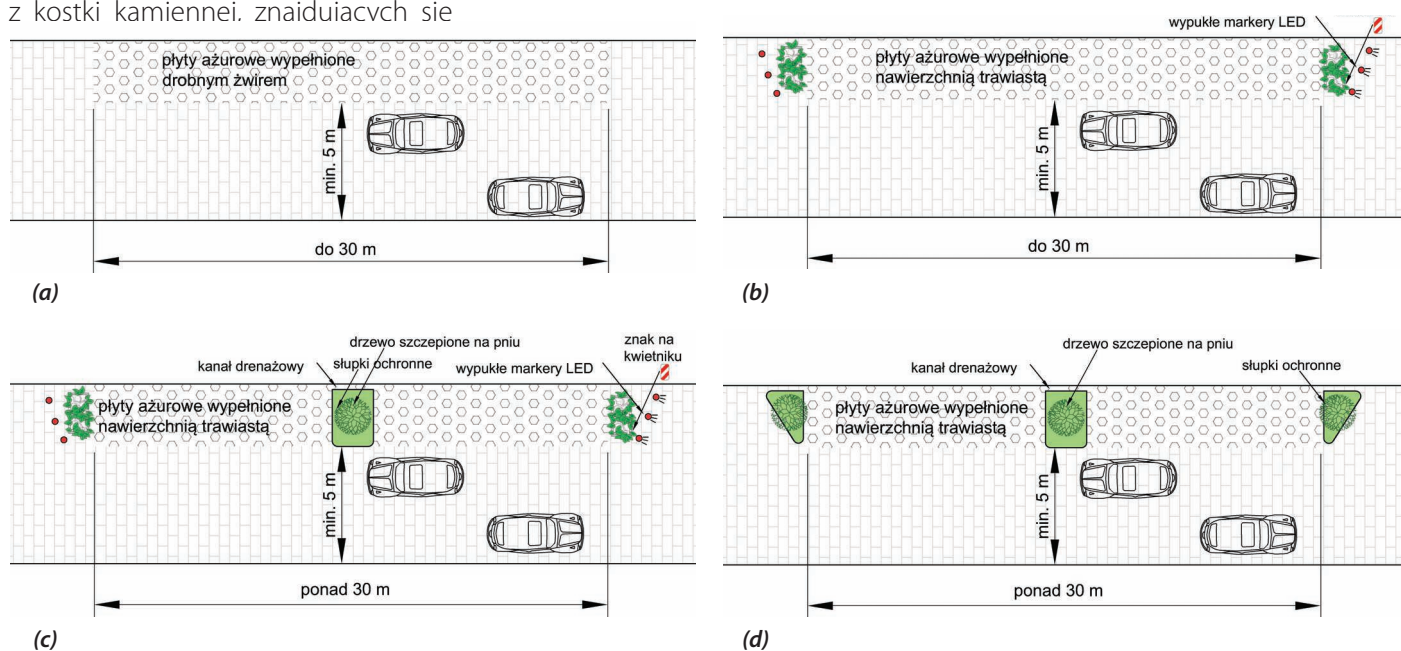
Taki sposób realizacji systemu odwodnienia jest stosowany powszechnie w krajach skandynawskich i przynosi on duże efekty ekonomiczne i utrzymaniowe. W realizowanej strefie zamieszkania, prawie na wszystkich ulicach bocznych potwierdzono słuszność tego systemu i tylko w kilku przypadkach stwierdzono po 20 latach eksploatacji, niewielkie osiadanie wokół wpustów deszczowych. Jedynie na ul. Matejki, na której zastosowano inny wzór nawierzchni, tj. zastosowanie kostek kamiennych w rombach (rys. 10), po 20-letniej eksploatacji można stwierdzić, że problem stanowi styk tych nawierzchni, zwłaszcza przy stosowaniu kostek kamiennych o mniejszych wymiarach. Ścieki uliczne w osi jezdni wykonane były z czterech lub sześciu rzędów kostki kamiennej. I na nich w kilku miejscach stwierdzono niewielkie powierzchnie osiadania i braki zaprawy w spoinach sięgające do 1,0–1,5 cm. To osiadanie również stwierdzono w pobliżu wpustów deszczowych i na kilkunastu rombów z kostki kamiennej. Znajdujących się

wzdłuż śladów toczenia się kół. Stąd można sformułować wniosek, że łączoną nawierzchnię z kostek betonowych i kamiennych powinno się wykonywać w regularnych kształtach (tj. kwadratach lub prostokątach) i nie powinno się zalecać stosowania ukośnych kształtów układanych na torach jazdy.

Analiza utrzymania nawierzchni na pasach postojowych wykonanych z płyt ażurowych betonowych, wykazała, że wyjątkowo na ich powierzchni należy w czasie wykonawstwa zadbać pieczołowicie o poprawne poprzeczne ukształtowanie warstw dolnych, w celu zapewnienia prawidłowego odprowadzenia wody opadowej pod płytami ażurowymi. W kilkunastu miejscach na pasach postojowych odnotowano lokalne uszkodzenia pojedynczych płyt, spękania, osiadania i wykruszenia na krawędziach. Powyższe świadczy o niedopilnowaniu ułożenia warstwy dolnej pod płytami ażurowymi, które nie mając stabilnego oparcia uległy niewielkiej dewastacji. Były to jednak pojedyncze przypadki i obejmowały tylko pojedyncze płyty (rys. 17). Wypełnienie w płytach ażurowych stanowiła nawierzchnia trawiasta, która po 20 latach eksploatacji i wykorzystywaniu jej przez kierowców, jako pas ruchu, uległa dużej degradacji. Biorąc to pod uwagę w przypadku

nawierzchni ażurowych używanych jako pas ruchu, tak jak w analizowanym przypadku, rozwiązaniem korzystniejszym byłoby wypełnienie płyt ażurowych kolorowym żwirem (rys. 18a), który zapewni dobrą długotrwałą funkcjonalność i przepuszczalność, niestety pogorszy warunki mikroklimatyczne i akustyczne. W przypadku, gdy na pasach postojowych zastosuje się wspomniane wcześniej elementy małej architektury (rys. 18b i c) lub trójkątne szykany boczne (rys. 18d) i będą one wykorzystywane tylko do postoju samochodów, to płyty ażurowe można i należy wypełnić humusem oraz posiać trawę, co znacznie podniesie estetykę takiego rozwiązania i przyczyni się w dużym stopniu do zapewnienia odpowiedniego mikroklimatu w strefie zamieszkania. Przykład stosowania zieleni, jako elementu wyznaczającego początek i koniec pasa postojowego przedstawiono na rys. 19.

Natomiast bardzo pozytywnie należy ocenić wykonane i utrzymanie wyniesionej nawierzchni wokół latarni ulicznych. We wszystkich przypadkach stan nawierzchni wokół latarni był idealny (rys. 16). A podwyższenie rzędnych nawierzchni wokół latarni zapewniało bezpieczeństwo ruchu, powodując dodatkowe wykrzywienia toru jazdy lub wyznaczało koniec albo początek miejsc parkingowych. Nale-



18. Przykłady zagospodarowania pasów postojowych w strefie zamieszkania: (a) najtańszy wariant, (b) i (c) rekomendowane zagospodarowanie pasów postojowych w zagranicznych wytycznych projektowych przy ich długości do 30 m i powyżej, (d) zalecane zagospodarowanie w reprezentacyjnych strefach zamieszkania.



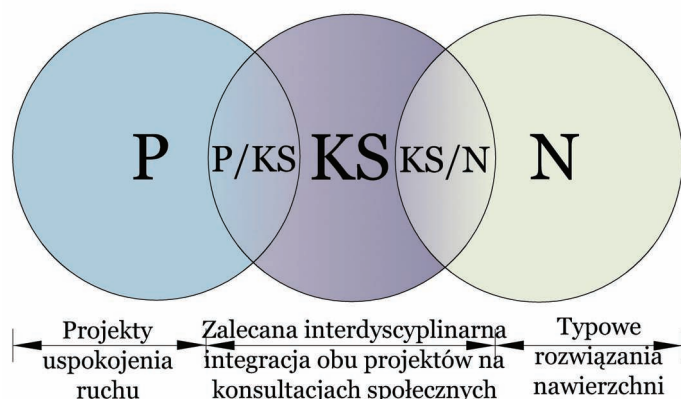
19. Przykład zastosowania zieleni na początku i końcu pasa postojowego na ul. Raday Utca w Budapeszcie (Źródło: fot. Street View z Google Earth)



20. Osiadanie nawierzchni wokół wjazdu na skrzyżowaniu ul. Wiejskiej z ul. Krzywoustego



21. Osiadanie nawierzchni wokół wjazdu na skrzyżowaniu ul. Wiejskiej z ul. Mieszka I



22. Proponowane podejście do merytorycznego interdyscyplinarnego połączenia obu projektów

ży to także podkreślić, że wizualnie to rozwiązanie wpisywało się w estetykę przestrzeni publicznej w strefie zamieszkania.

Ostatnia ocena stanu nawierzchni dotyczyła nawierzchni zastosowanej na wyspach środkowych rond typu pineska. W dwóch przypadkach odnotowano powierzchnie osiadania wokół wjazdów ulicznych i znaczną deformację powierzchni w najbliższym otoczeniu. Z obserwacji poczynionych w terenie wynika, że osiadania przedstawione na rys. 20 i 21 znajdują się na śladach kół pojazdu komunalnego, wykonującego na skrzyżowaniu relacje skrętne. Powyższe świadczy, że w trakcie projektowania rond typu pineska, należy obowiązkowo sprawdzać korytarze ruchu pojazdów komunalnych w relacjach skrętnych i w razie stwierdzenia najazdu na wyspy środkowe, szczególnie w miejscach lokalizacji wjazdów, odpowiednio korygować geometrię na wlotach i wylotach. Podobne spostrzeżenie uszkodzenia krawężników na krawędzi wyspy środkowej stwierdzono na placu do zawra-

cania. I w danym przypadku również odnotowano je na śladach kół pojazdu komunalnego, podczas zmiany kierunku jazdy.

Natomiast na progach zwalniających nie odnotowano żadnego uszkodzenia lub deformacji nawierzchni, co potwierdza słuszność stosowania tego typu SUR w strefie zamieszkania, obojętnie z czego byłyby one wykonane i jaki miałyby kształt.

Podsumowując powyższe analizy, można potwierdzić, że zachodzi potrzeba i konieczność integrowania projektu uspokojenia ruchu i projektu nawierzchni np. w ramach konsultacji społecznych z mieszkańcami osiedla, ponieważ to oni przede wszystkim będą korzystać z przebudowanych ulic (rys. 22). Te propozycje integracji obu projektów zalecano już w najwcześniejszych wytycznych [12, 16]. Dodatkowo zalecając dwustopniowe projekty, polegające na sprawdzeniu w pierwszej kolejności korytarzy ruchu pojazdów komunalnych, a w następnej kolejności korytarzy ruchu samochodów osobowych. Różnice

przestrzeni obu korytarzy ruchu wyznaczałaby możliwe zastosowanie innej kolorystycznie lub gatunkowo nawierzchni. Ważne w dyskusjach są również wszelkie aspekty ekonomiczne, środowiskowe i warunki zapewnienia bezpieczeństwa ruchu. Wspólna interdyscyplinarna współpraca projektantów i wykonawców z mieszkańcami strefy zamieszkania, może przyczynić się do lepszej ich egzystencji i do właściwego funkcjonowania strefy zamieszkania przez wiele lat.

Podsumowanie

Na podstawie wykonanych analiz można stwierdzić, że:

- na zaprojektowanych ulicach i przyjętych fizycznych środkach uspokojenia ruchu jest zapewniona prędkość docelowa ok. 20 km/h,
- potrzebne i efektywne są konsultacje społeczne z mieszkańcami projektowanej strefy zamieszkania, włącznie z projektem nawierzchni i projektem systemu

- odwodnienia,
- powinno się w strefach zamieszkania projektować wyniesioną nawierzchnię wokół latarni i wykorzystywać ją w miarę możliwości, jako dodatkowe środki ograniczenia ruchu w miejscach niepożądanych lub ostrzegawcze o granicy miejsc parkingowych,
- w trakcie projektowania na placach do zawracania powinno się sprawdzać korytarz ruchu pojazdów komunalnych przy zakładanym zajęciu zaplanowanych miejsc parkingowych przez zaparkowane samochody osobowe mieszkańców strefy zamieszkania,
- w strefie zamieszkania przy projektowaniu rond typu pineska, powinno się obowiązkowo sprawdzać korytarze ruchu pojazdów komunalnych w relacjach skrętnych, szczególnie zwracając uwagę na połączenia różnych rodzajów nawierzchni na powierzchni skrzyżowania i w sytuacjach newralgicznych należy korygować odpowiednio geometrię wlotów,
- na pasach postojowych wykonanych z zastosowaniem płyt ażurowych powinno się stosować elementy małej architektury lub szczykany boczne, uniemożliwiające niepożądane przejazdy kierowców i wykorzystywanie przez nich pasa postojowego, jako pasa ruchu,
- odnośnie systemu odwodnienia w strefie zamieszkania powinno się stosować pochylenia poprzeczne skierowane do osi jezdni i w tym miejscu projektować odprowadzenie wody do systemu kanalizacyjnego, przy czym rekomenduje się ściek w osi jezdni wykonywać z kilku rzędów kostki betonowej, zapewniając tym samym jednolitość konstrukcji nawierzchni i dogodny spływ wody opadowej. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Bohatkiewicz, J., Biernacki S., Drach M. i in. Zasady uspokajania ruchu na drogach za pomocą fizycznych środków technicznych, Ministerstwo Infrastruktury, Warszawa 2008.
- [2] Institute of Highway Incorporated Engineers, Home Zone Design Guidelines, HQ Design & Print, Essex, United Kingdom 2002.
- [3] Janssens I., Chalanton I., Bertrand P.-J., Caelen E., Broeckaert, M., Dullaert I., Englebin Y., Houdmont A., Mathieu V., Temmerman P., Van Duyse D., Het (Woon) Erf, Brochure ter attentie van de weg Beheerders, Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid BIVV, Brussel, Belgium 2013.
- [4] Kraśniański J., Majer S. Projekt koncepcyjny strefy zamieszkania na Osiedlu Światowid w Wolinie, Pracownia Projektowa Dróg, Ulic i Mostów „Damart”, Szczecin 1999.
- [5] Kruszyna M., Matczuk-Pisarek M. The Effectiveness of Selected Devices to Reduce the Speed of Vehicles on Pedestrian Crossings, Sustainability 2021, 13, 9678. <https://doi.org/10.3390/su13179678>.
- [6] La Vegetación en El Diseño de Las Obras Públicas, wersja elektroniczna dostępna na stronie <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3275/53960-10.pdf?sequence=10&isAllowed=y>, dostęp 20.07.2023.
- [7] Nocera S., Ruiz-Alarcón Quintero C., Cavallaro F., Assessing carbon emissions from road transport through traffic flow estimators, Transportation Research Part C: Emerging Technologies 2018, 95, pp. 125-148, <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.07.020>.
- [8] Planungshinweise Für Stadtstrassen, RSP 1, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, Hamburg, Germany, 2005.
- [9] Portovenere S., Manuale per la gestione delle alberate cittadine, Prov. di CO-LC-SO, n° 337, Area Opere e Lavori Pubblici, Tirano 2018, wersja elektroniczna dostępna na stronie: <http://www.comune.tirano.so.it/dmdocuments/Manuale%20per%20la%20gestione%20delle%20alberate%20cittadine.pdf>, dostęp 20.07.2023.
- [10] Ranney T.G., Kim Powell M.A., Alberi consigliati per l'arredo urbano: specie e varietà che si sono dimostrate idonee per le aree più difficili, North Carolina State University, Extension Center, tł. z American Nurseryman 15 Dicembre 1993, wersja elektroniczna dostępna na stronie: <http://www.cespevi.it/art/urbant.htm>, dostęp 20.07.2023.
- [11] Road and Transportation Research Association, Directives for the Design of Urban Roads, RAST 06, Road and Transportation Research Association, Köln, Germany, 2012.
- [12] Roads Development Guide, East Ayrshire, Strathclyde Regional Council, Ayrshire, United Kingdom, 2010.
- [13] Touring Club Schweiz TCS, Sicherheit in den Quartieren, Eine Informationsschrift über Strassengestaltung und Verkehrsmassnahmen, TCS CHF 10., Touring Club Schweiz Verkehrssicherheit, Vernier, Switzerland, 2002.
- [14] System Ewidencji Wypadków i Kolizji, dostęp <https://sewik.pl/> 23.11.2023.
- [15] Speed displays traffic detection, Radar, Detection, Software, Vitronic: Kędzierzyn Koźle, Poland 2015.
- [16] Traffic Calming Guidelines TCG, Devon County Council, Engineering and Planning Department, Devon, United Kingdom, 1991.
- [17] Urban Traffic Areas Part 7 Speed Reducers, Vejdirektoratet, Copenhagen, Denmark, 1991.
- [18] Woonerven, MENSenSTRAAT, Delft, Nederland, 2018.
- [19] Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych WPSD cz. I, GDDP, Warszawa 2001.
- [20] Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych WPSD cz. II, GDDP, Warszawa 2001.
- [21] Załącznik do Dziennika Ustaw nr 220 poz. 2181 z dnia 23.12.2003 z późn. zm., Szczegółowe warunki techniczne dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunki ich umieszczania na drogach
- [22] Ziółkowski R. Zachowania kierowców pojazdów w otoczeniu środków uspokojenia ruchu w warunkach miejskich, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok, 2022.

Forecasting the number of road accidents in Poland by province

Prognozowanie liczby wypadków drogowych w Polsce według województw



Piotr Gorzelanczyk

Dr inż.

Akademia Nauk Stosowanych
im. Stanisława Staszica w Pile

piotr.gorzelanczyk@ans.pila.pl

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9662-400X>

Streszczenie: Każdego roku na polskich drogach ginie bardzo duża liczba osób. Z roku na rok wartość ta spada, ale liczba ta nadal jest bardzo wysoka. Pandemia znacznie zmniejszyła liczbę wypadków drogowych, ale wartość ta nadal jest bardzo wysoka. Z tego powodu należy dowiedzieć się, w których województwach dochodzi do największej liczby wypadków drogowych oraz poznać prognozę wypadków na najbliższe lata, aby móc zrobić wszystko, aby tę liczbę zminimalizować. Celem artykułu jest sporządzenie prognozy liczby wypadków drogowych w Polsce w podziale na województwa. W tym celu przeanalizowano miesięczne dane dotyczące liczby wypadków w Polsce w latach 2007-2021 pochodzące ze statystyk Policji oraz dokonano prognozy na lata 2022-2024. Na podstawie uzyskanych danych można stwierdzić, że pandemia spowodowała spadek liczby wypadków drogowych w Polsce średnio o 21%. Rozrzut w zależności od województwa waha się w przedziale: 10% dla województwa lubuskiego do prawie 53% dla województwa lubelskiego. Spadek jest najbardziej zauważalny w województwach lubelskim, wielkopolskim i małopolskim. Ponadto prognozy pokazują, że w obecnej sytuacji możemy spodziewać się dalszego spadku liczby wypadków drogowych w Polsce. Wyniki badania pokazują, że nadal możemy spodziewać się podobnego poziomu wypadków drogowych jak przed pandemią z minimalnym spadkiem na polskich drogach, ale panująca pandemia zniekształca uzyskane wyniki. Do prognozowania liczby wypadków drogowych wykorzystano szeregi czasowe i modele wykładnicze.

Słowa kluczowe: Wypadek Drogowy; Pandemia; Polska; Prognozowanie; Wygładzanie Wykładnicze

Abstract: Every year a very large number of people die on Polish roads. From year to year, the value decreases, but the number is still very high. The pandemic has significantly reduced the number of road accidents, but the value is still very high. For this reason, it is necessary to find out which provinces have the highest number of traffic accidents and to know the accident forecast for the coming years, so that we can do everything possible to minimize this number.

The purpose of the article is to make a forecast of the number of road accidents in Poland by province. For this purpose, monthly data on the number of accidents in Poland in 2007-2021 from the statistics of the Police were analyzed, and a forecast was made for 2022-2024. Based on the data obtained, it can be said that the pandemic caused a decrease in the number of road accidents in Poland by an average of 21%. The spreads depending on the province sniff in the range: 10% for Lubuskie Voivodeship to almost 53% for Lubelskie Voivodeship. The decrease is most noticeable in the Lubelskie, Wielkopolskie and Małopolskie provinces. In addition, forecasts show that in the current situation we can expect a further decrease in the number of road accidents in Poland. The results of the study show that we can still expect a similar level of road accidents as before the pandemic with a minimal decrease on Polish roads, but the prevailing pandemic distorts the results obtained. Time series and exponential models were used to forecast the number of traffic accidents.

Keywords: Traffic Accident; Pandemic; Poland; Forecasting; Exponential Smoothing

Introduction

Road traffic accidents are events that cause not only injuries or death to road users, but also damage to property. According to the World Health Organization (WHO), approximately 1.3 million people die each year as a result of traffic accidents. Traffic accidents account for around 3% of their

GDP for most of the countries in the world. Road traffic accidents are the leading cause of death for minors and young people aged 5-29 [1]. The UN General Assembly has set an ambitious goal of halving the number of road deaths and injuries by 2030.

The extent of a traffic accident is an attribute for determining its severity. Predicting the severity of accidents is

important for competent authorities when designing transport safety policies to eliminate accidents, reduce injuries, deaths and property losses [2,3]. The identification of critical factors that affect the severity of accidents is a precondition for taking countermeasures to eliminate and mitigate the severity of accidents [4]. Yang et al. proposes a DNN (Deep Neural Network) multi-

-carbon framework to predict different levels of severity of injury, death and property loss. It allows a comprehensive and accurate analysis of the severity of traffic accidents [5].

There are several sources of accident data. They are mostly collected and analyzed by government authorities through the relevant government agencies. Data collection is carried out through police reports, insurance databases or hospital records. Partial traffic accident information is subsequently processed for the transport sector on a larger scale [6].

Intelligent transportation systems are currently the most important source of data related to the analysis and prediction of traffic accidents. The data can be processed due to the use of GPS devices in vehicles [7]. Microwave vehicle detection systems at roadsides can continuously record vehicle data (speed, traffic volume, vehicle type, etc.) [8]. The Vehicle License Plate Recognition system also makes it possible to collect large amounts of traffic data over a monitored period [9]. Another source of data for obtaining traffic and accidents information can be social media, but their relevance may be insufficient due to the incompetence of reporters [10].

For the relevance of accident data, it is necessary to work with several data

sources that need to be confronted correctly. The combination of different data sources by consolidating heterogeneous traffic accident data helps to increase the accuracy of the analysis results [11].

A statistical survey aimed at assessing the severity, finding out the connection between traffic accidents and road users was performed by Vilaca et al [12]. The result of the study is a proposal to improve road safety standards and the adoption of other policies related to transport safety.

Bak et al. [13] conducted a statistical survey of traffic safety in a selected region of Poland based on the number of traffic accidents, the pace of finding out the causes of their occurrence. The survey applied a multidimensional statistical analysis to examine safety aspect of persons responsible for accidents.

The choice of the source of accident data for the analysis depends on the type of traffic problem being addressed. The combination of statistical models with other natural driving data or other data obtained through intelligent transport systems contributes to increasing the accuracy of accident forecasts and contributes to their elimination [14].

Various methods of forecasting the number of accidents can be found in

the literature. Most often, time series methods are used for forecasting the number of road traffic accidents [15-16], the disadvantages of which are the impossibility of assessing the quality of forecast on the basis of expired forecasts and the often-occurring autocorrelation of the residual component [17]. Procházka et al. [18] used the multiple seasonality model for forecasting and Sunny et al. [19] used the Holt-Winters exponential smoothing method. Its limitations include the inability to introduce exogenous variables into the model [20,21].

For forecasting the number of road accidents, the vector autoregression model has also been used, whose drawback is the need to have a large number of observations of the variables in order to correctly estimate their parameters [22] as well as the autoregression models of Monederoa et al. for analysing the number of fatalities [23] and Al-Madani, curve-fitting regression models [24]. These, in turn, require only simple linear relationships [25] and the order of the autoregression (assuming that the series are already stationary) [26].

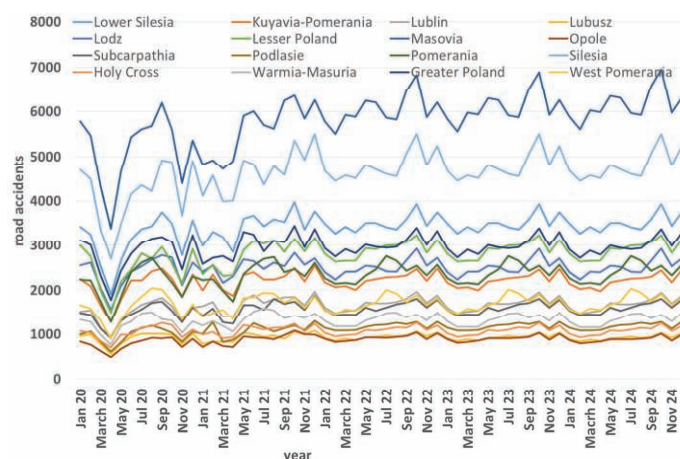
Biswas et al. [27] used Random Forest regression to predict the number of road accidents. In this case, the data contain groups of correlated features with similar significance to the original

Tab. 1. Population of Poland from 2007 to 2020 [52]

Province	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Lower Silesia	2 877 059	2 876 627	2 917 242	2 916 577	2 914 362	2 909 997	2 908 457	2 904 207	2 903 710	2 902 547	2 901 225	2 900 163	2 891 321
Kuyavia-Pomerania	2 067 918	2 069 083	2 098 711	2 098 370	2 096 404	2 092 564	2 089 992	2 086 210	2 083 927	2 082 944	2 077 775	2 072 373	2 061 942
Lublin	2 161 832	2 157 202	2 178 611	2 171 857	2 165 651	2 156 150	2 147 746	2 139 726	2 133 340	2 126 317	2 117 619	2 108 270	2 095 258
Lubusz	1 008 962	1 010 047	1 023 215	1 023 158	1 023 317	1 021 470	1 020 307	1 018 075	1 017 376	1 016 832	1 014 548	1 011 592	1 007 145
Lodz	2 548 861	2 541 832	2 542 436	2 533 681	2 524 651	2 513 093	2 504 136	2 493 603	2 485 323	2 476 315	2 466 322	2 454 779	2 437 970
Lesser Poland	3 287 136	3 298 270	3 336 699	3 346 796	3 354 077	3 360 581	3 368 336	3 372 618	3 382 260	3 391 380	3 400 577	3 410 901	3 410 441
Masovia	5 204 495	5 222 167	5 267 072	5 285 604	5 301 760	5 316 840	5 334 511	5 349 114	5 365 898	5 384 617	5 403 412	5 423 168	5 425 028
Opole	1 033 040	1 031 097	1 017 241	1 013 950	1 010 203	1 004 416	1 000 858	996 011	993 036	990 069	986 506	982 626	976 774
Subcarpathia	2 099 495	2 101 732	2 127 948	2 128 687	2 129 951	2 129 294	2 129 187	2 127 657	2 127 656	2 129 138	2 129 015	2 127 164	2 121 229
Podlasie	1 191 470	1 189 731	1 203 448	1 200 982	1 198 690	1 194 965	1 191 918	1 188 800	1 186 625	1 184 548	1 181 533	1 178 353	1 173 286
Pomerania	2 219 512	2 230 099	2 275 494	2 283 500	2 290 070	2 295 811	2 302 077	2 307 710	2 315 611	2 324 251	2 333 523	2 343 928	2 346 671
Silesia	4 645 665	4 640 725	4 634 935	4 626 357	4 615 870	4 599 447	4 585 924	4 570 849	4 559 164	4 548 180	4 533 565	4 517 635	4 492 330
Holy Cross	1 272 784	1 270 120	1 282 546	1 278 116	1 273 995	1 268 239	1 263 176	1 257 179	1 252 900	1 247 732	1 241 546	1 233 961	1 224 626
Warmia-Masuria	1 427 073	1 427 118	1 453 782	1 452 596	1 450 697	1 446 915	1 443 967	1 439 675	1 436 367	1 433 945	1 428 983	1 422 737	1 416 495
Greater Poland	3 397 617	3 408 281	3 446 745	3 455 477	3 462 196	3 467 016	3 472 579	3 475 323	3 481 625	3 489 210	3 493 969	3 498 733	3 496 450
West Pomerania	1 692 957	1 693 198	1 723 741	1 722 739	1 721 405	1 718 861	1 715 431	1 710 482	1 708 174	1 705 533	1 701 030	1 696 193	1 688 047



1. Location of provinces in Poland [53]



2. Comparison of the number of accidents in Poland from 2007 to 2021 [54]

data, smaller groups are favoured over larger ones [28], and there is instability in the method and spike prediction [29]. Chudy-Laskowska and Pisula [30] used the autoregressive model with quadratic trend, the univariate periodic trend model and the exponential equalization model for the forecasting issue discussed. A moving mean model can also be used for forecasting the discussed issue, the disadvantages of which are low forecast accuracy, loss of data in the sequence, lack of consideration of trends and seasonal effects [31]. Prochozka and Camej [32] used the GARMA method, in which some restrictions are imposed in the parameter space to guarantee the stationarity of the process. Very often the ARMA model for a stationary process or ARIMA or SARIMA for a non-stationary process is used for forecasting [19,32-34]. These models result in very high flexibility of the discussed models, but it is also their disadvantage, as good model identification requires more experience from the researcher than, for example, regression analysis [35]. Another disadvantage is the linear nature of the ARIMA model [36].

Chudy-Laskowska and Pisula in their work [37] used the ANOVA method to forecast the number of road crashes. The disadvantage of this method is the adoption of additional assumptions, especially the assumption of sphericity, the violation of which may lead to erroneous conclusions [38]. Neural network models are also used to forecast the number of road

Tab. 2. Area, population by province in Poland in 2020 [52]

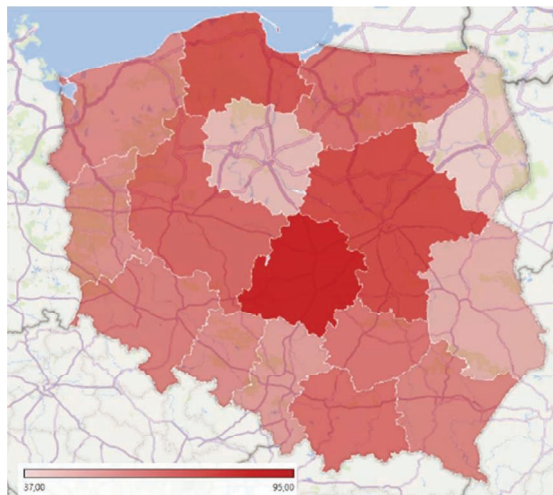
Province	Area		Population	
	in ha	in km ²	total	per 1 km ²
Poland	31270525	312705	38265013	122
Lower Silesia	1994670	19947	2891321	145
Kuyavia-Pomerania	1797134	17971	2061942	115
Lublin	2512246	25123	2095258	83
Lubusz	1398793	13988	1007145	72
Łódź	1821895	18219	2437970	134
Lesser Poland	1518279	15183	3410441	225
Masovia	3555847	35559	5425028	153
Opole	941187	9412	976774	104
Subcarpathia	1784576	17846	2121229	119
Podlasie	2018702	20187	1173286	58
Pomerania	1832368	18323	2346671	128
Silesia	1233309	12333	4492330	364
Holy Cross	1171050	11710	1224626	105
Warmia-Masuria	2417347	24173	1416495	59
Greater Poland	2982650	29826	3496450	117
West Pomerania	2290472	22905	1688047	74

accidents. The disadvantage of ANN is the need for experience in this field [37, 39] and the dependence of the final solution on the initial conditions of the network, as well as the lack of interpretability in the traditional way since ANN is usually referred to as blackbox where you give input and the model gives output without any knowledge about the analysis [40].

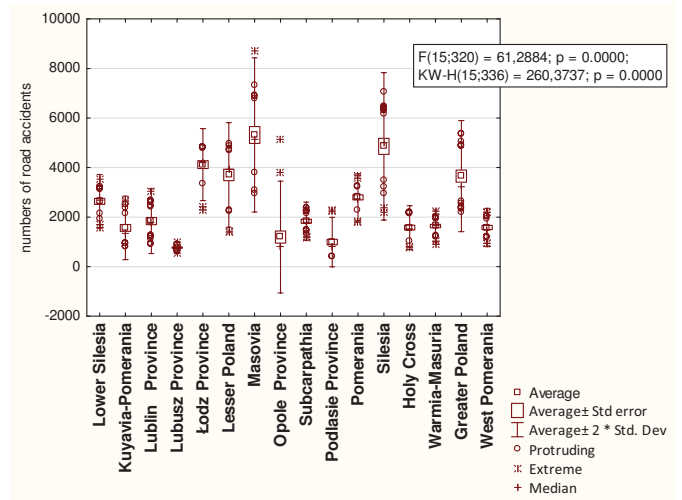
A new prediction method is the use of the Hadoop model by Kumar et al. [41]. The drawback of this method is its inability to work with small data files [42]. Karlaftis and Vlahogianni [34] used the Garch model for prediction. The disadvantage of this method is its complex form and complicated mo-

del [43,44]. On the other hand, McIlroy and his team used the ADF test [45] which has the disadvantage of poor power in the case of autocorrelation of the random component [46].

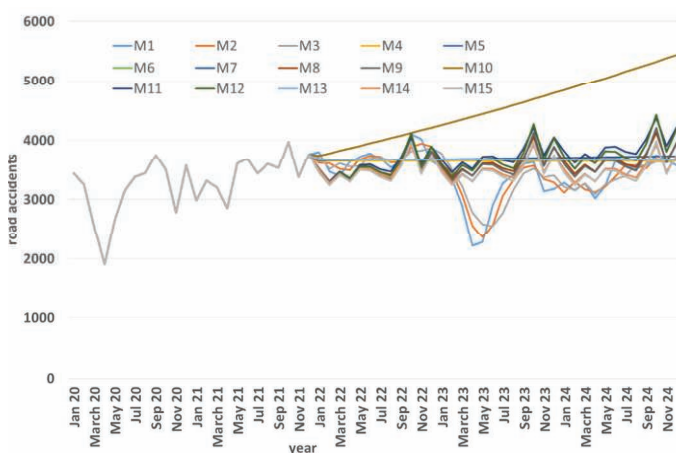
Authors of publications [47-48] have also used Data-Mining techniques for forecasting, which usually have the disadvantage of huge sets of general descriptions [49]. The combination of models proposed by Sebege et al. as a combination of different models is also encountered [50]. Parametric models are also proposed in the work of Bloomfield [51]. Taking into account the above analysis, the author made forecasts of the number of road accidents in Poland by province. Selected



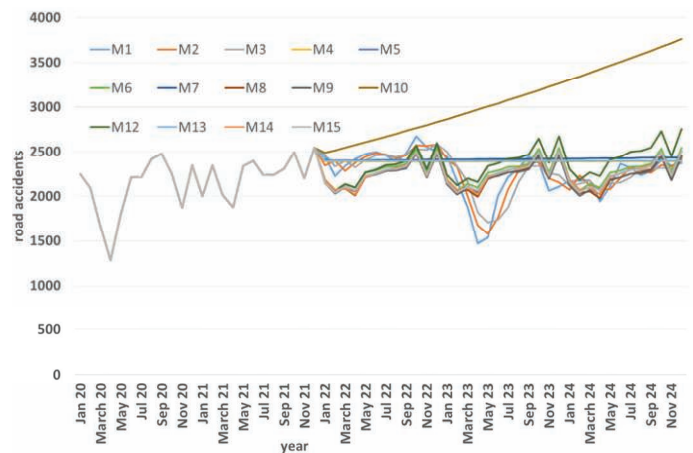
3. Accident rate per 100,000 population in 2021 [54]



4. Average number of road accidents by province from 2007 to 2021 [54]



5. Forecasting the number of road accidents in the Lower Silesian province from 2022 to 2024



6. Forecasting the number of road accidents in the Kuyavian-Pomeranian province from 2022 to 2024

time series models and exponential models were used to forecast the number of accidents.

Analysis of the seasonality of road accidents

Poland has a population of over 38 million (tab.1). Poland covers an area of 312705 km² and is divided into 16 provinces (tab.2, fig.1). Based on Police statistics, it can be concluded that the number of road accidents on Polish roads is decreasing from year to year. For all the analyzed provinces in the analyzed period 2007-2021, the average decrease is more than 56%. The most, this is evident in the Kujawsko-Pomorskie (70%) and Podlaskie (69%) provinces, and the least, in the Lubuskie (32%) province. The number of traffic accidents depends on the number of residents living in a particular province. In addition, some provinces have fluctuations in the number

of accidents with a downward trend. Compared to the European Union, the number of accidents in Poland is still very high.

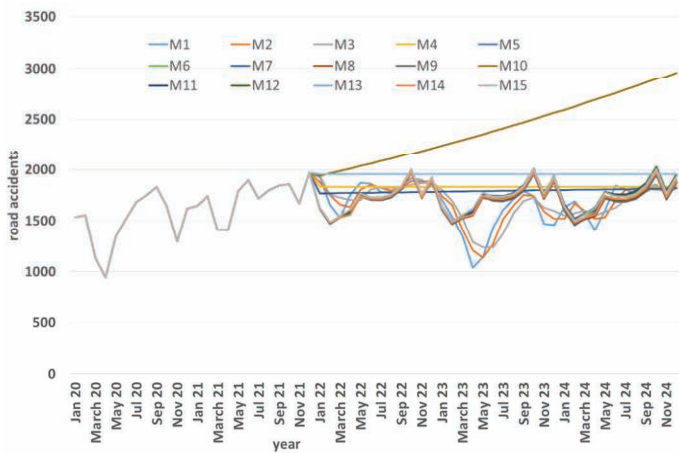
During the pandemic, there is a decrease in the number of road accidents. Compared to 2019, there were on average 21% fewer road accidents in 2020, and comparing the statistics of 2021 compared to 2019, the decrease is more than 23%. Figure 2 graphically shows the trend of road accidents in Poland from 2001 to 2021 for the analyzed provinces. The number of road accidents depends on the province. The accident rate per 100,000 residents in 2021 is shown in Figure 3. The highest number of accidents per 100,000 residents is observed in the Łódzkie (95) and Mazowieckie (79.3) provinces, and the lowest in the Podlaskie (37) and Kujawsko-Pomorskie (38.8) provinces.

The analysis of the change in the number of traffic accidents by provin-

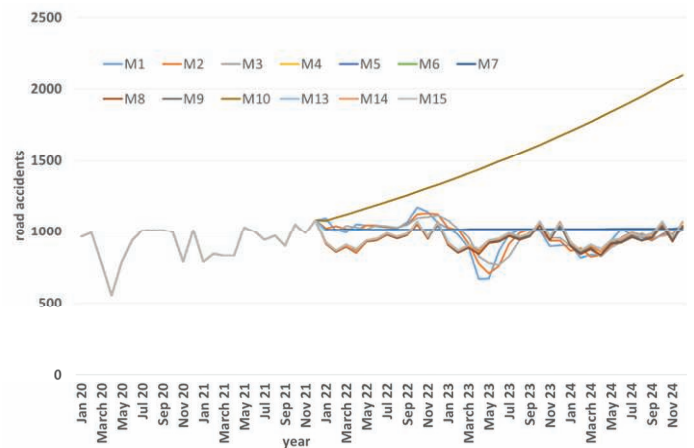
ce was examined using the Kruskal-Wallis test. The value of the test statistic is 260.4 with a test probability of $p = 0.000$. The value obtained indicates the rejection of equality of the average level of road accidents. On this basis, it can be concluded that the number of traffic accidents analyzed, over the years, shows a systematic decrease in the average level of accidents. In addition, depending on the provinces analyzed, there is a clear variation in the number of accidents, as shown in Figure 1. In Figure 4, it is clear that the highest number of road accidents occurs in the provinces of Silesia and Lesser Poland, and these provinces should be looked at closely.

Forecasting the number of road accidents

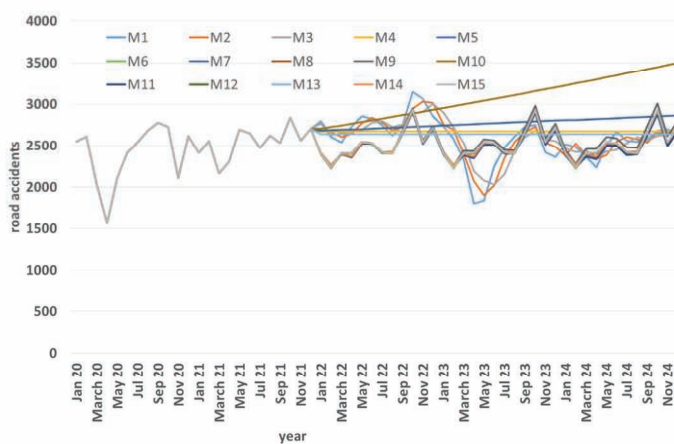
Selected exponential equalization models were used to forecast the number of traffic accidents for provin-



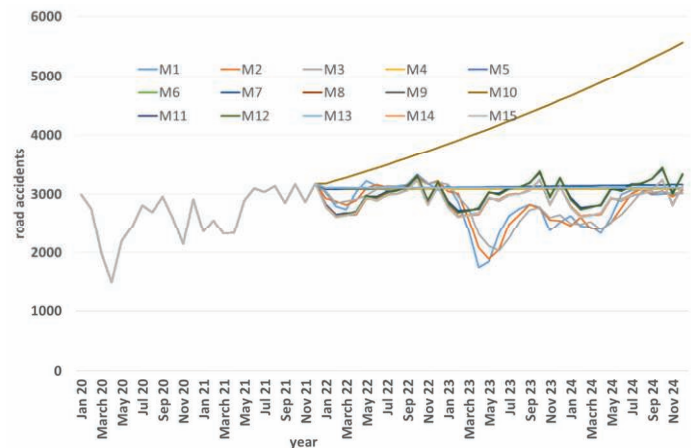
7. Forecasting the number of road accidents in Lublin Province from 2022 to 2024



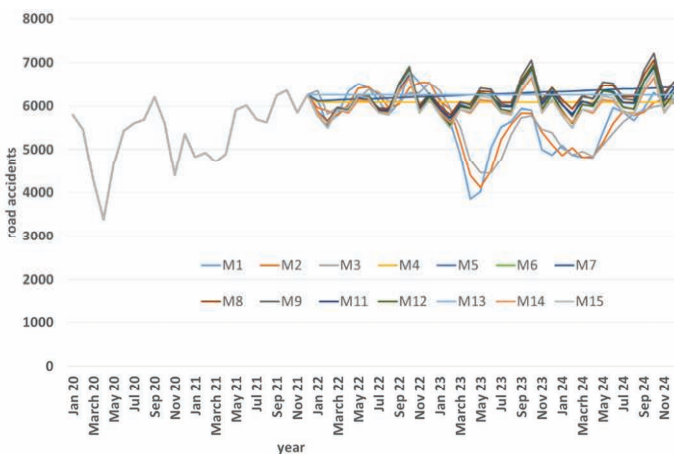
8. Forecasting the number of road accidents in Lubuskie Province from 2022 to 2024



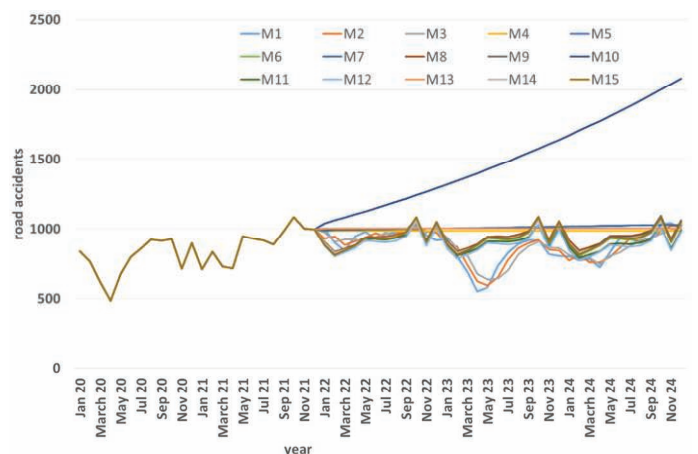
9. Forecasting the number of road accidents in Lodz province in 2022-2024



10. Forecasting the number of road accidents in Małopolska province from 2022 to 2024



11. Forecasting the number of road accidents in the Mazowieckie province from 2022 to 2024



12. Forecasting the number of road accidents in Opole Province from 2022 to 2024

ces. The essence of these methods is that the time series of the forecast variable is pronounced with a weighted moving average, and the weights are determined according to the exponential function. These weights were optimally selected by Statistica software, in which the applied analyses were carried out.

The forecast of the number of accidents for the analyzed provinces

was based on a weighted average of the current and historical series. The forecast results obtained using these methods depend on the choice of the model and its optimal parameter values. Forecasting the number of accidents in Poland by occurring provinces, was carried out using selected time series models.

The following errors of expired forecasts determined from equations (1-5)

were used to calculate measures of analytical forecasting perfection:

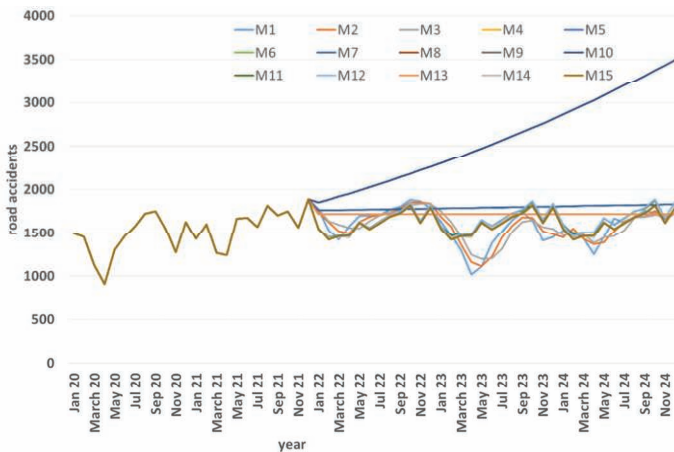
ME – mean error

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_p) \quad (1)$$

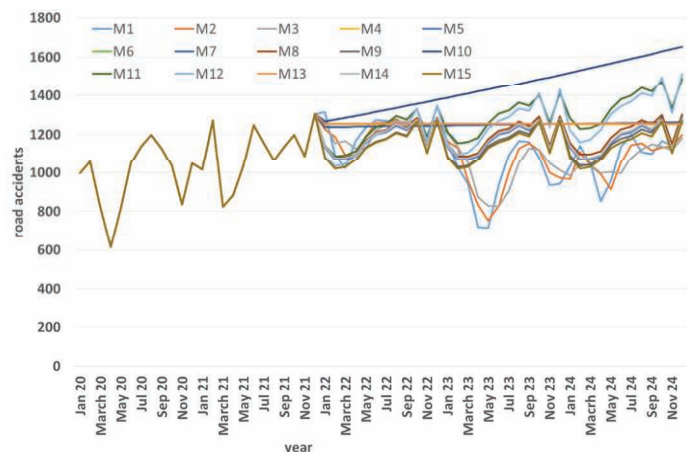
MAE – mean average error

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i - Y_p| \quad (2)$$

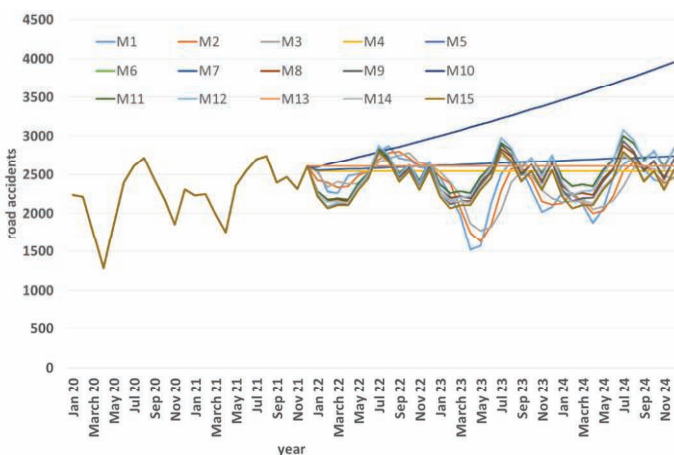
MPE – mean percentage error



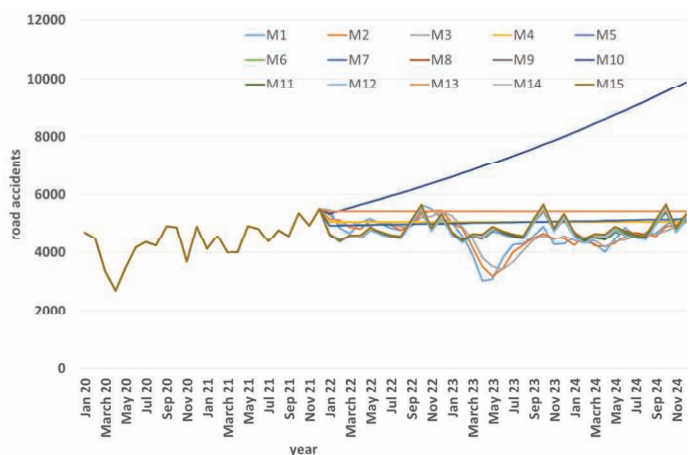
13. Forecasting the number of road accidents in Podkarpackie Province from 2022 to 2024



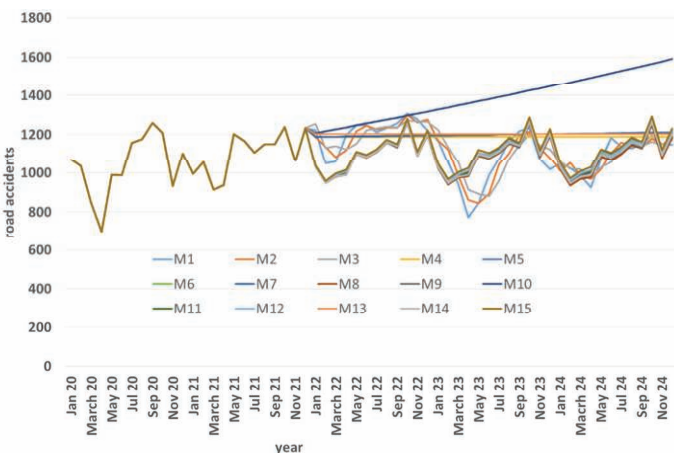
14. Forecasting the number of road accidents in Podlaskie Province from 2022 to 2024



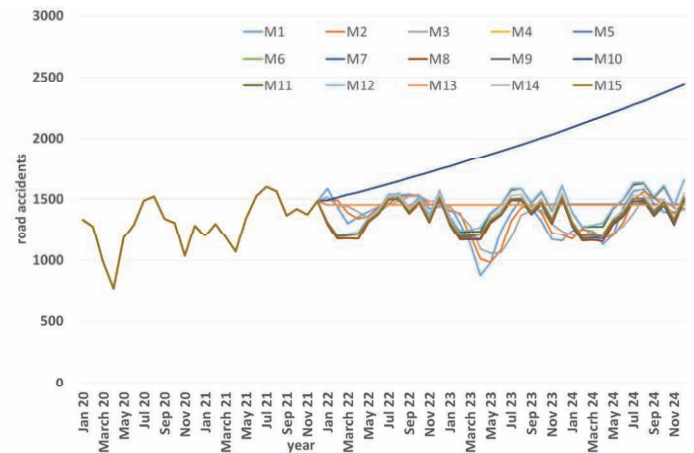
15. Forecasting the number of road accidents in Pomeranian Province from 2022 to 2024



16. Forecasting the number of road accidents in Silesia Province from 2022 to 2024



17. Forecasting the number of road accidents in the Świętokrzyskie province from 2022 to 2024



18. Forecasting the number of road accidents in the Warmian-Masurian Voivodeship from 2022 to 2024

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{Y_i - Y_p}{Y_i} \quad (3)$$

MAPE - mean absolute percentage error

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|Y_i - Y_p|}{Y_i} \quad (4)$$

MSE – mean square error

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_p)^2 \quad (5)$$

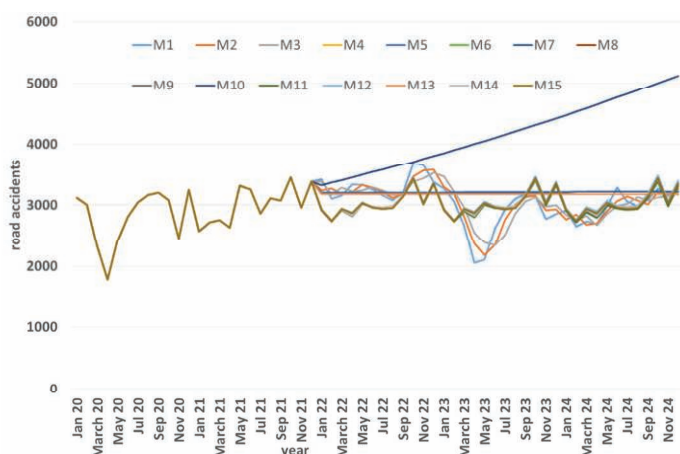
where:

n – the length of the forecast horizon,
Y – observed value of road accidents,
Y_p – forecasted value of road accidents.

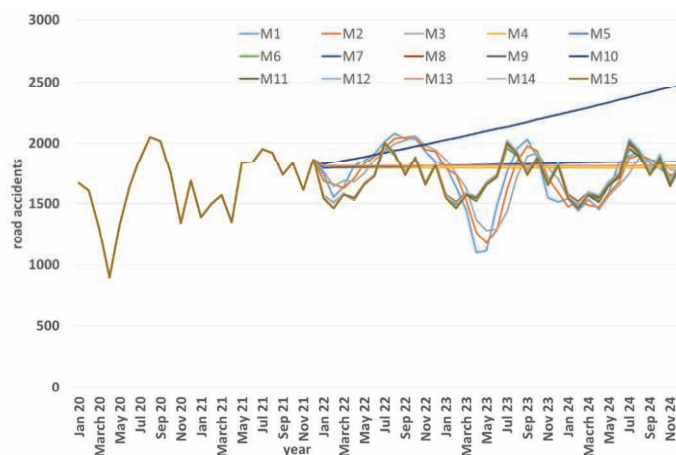
In order to compare the number of accidents during a pandemic and if it did not exist, the mean absolute percentage error was minimized

Forecasting the number of road accidents in Poland

Data from the Polish Police from 2007-2021 were used to forecast the number of accidents in the analyzed provinces. The forecast results for the provinces are shown in Figures 3-9. The different forecasting methods used in the study



19. Forecasting the number of road accidents in the Wielkopolska province from 2022 to 2024



20. Forecasting the number of road accidents in the West Pomeranian province from 2022 to 2024

are coded M1, M2,....., Mn. The forecasting techniques used in the study are:

- M1 moving average method 2-points,
- M2 moving average method 3-points,
- M3 moving average method 4-points,
- M4 exponential smoothing no trend seasonal component: none,
- M5 exponential smoothing no trend seasonal component: additive,
- M6 exponential smoothing no trend seasonal component: multiplicative,
- M7 exponential smoothing linear trend seasonal component: none HOLTA,
- M8 exponential smoothing linear trend seasonal component: additive,
- M9 exponential smoothing linear trend seasonal component: multiplicative WINTERSA,
- M10 exponential smoothing exponential seasonal component: none,
- M11 exponential smoothing exponential seasonal component: additive,
- M12 exponential smoothing exponential seasonal component: multiplicative,
- M13 exponential smoothing fading trend seasonal component: none,
- M14 exponential smoothing fading trend seasonal component: additive,
- M15 exponential smoothing fading trend seasonal component: multiplicative).

Based on the above data, it can be concluded that not all the methods used are effective in the case studied. In the next step, the best forecasting method in which the MAPE error was minimal was presented. The following methods were selected as the best forecasting methods for each province:

- Lower Silesia - M5
- Kujawsko-pomorskie - M8

Tab. 3. Forecast errors

forecast error/ province	ME	MPE	MSE	MAPE [%]	MAE [%]
Lower Silesia	3.208997514	188.4726684	68878.1878	0.450566933	6.441275887
Kuyavia-Pomerania	2.346605332	134.2447066	32446.81837	0.447358531	5.997117204
Lublin	3.38357111	92.95928945	15312.7583	0.323852721	5.703924675
Lubusz	5.954995074	63.73415879	6927.33137	0.06565246	6.668295983
Lodz	12.89057225	125.2129324	30256.14262	0.077675164	5.250496692
Lesser Poland	3.738428028	137.239586	36230.34961	0.337291561	5.205621655
Masovia	33.15728838	312.2327679	211883.9746	0.013442517	6.493443012
Opole	6.120110928	55.08085009	4988.750659	0.106896808	6.999187736
Subcarpathia	3.877532058	82.77703037	13200.35334	0.294025739	5.553336533
Podlasie	0.374843299	73.18912197	12945.62756	0.886450432	7.158647302
Pomerania	12.07251273	109.163129	21988.27088	0.168959493	5.621077124
Silesia	13.92971096	228.1574737	97951.27438	0.183521704	5.424355374
Holy Cross	1.62737223	55.49788666	5278.434034	0.235158676	5.143998883
Warmia-Masuria	2.543996469	76.6130496	9890.936403	0.265121154	5.612666064
Greater Poland	6.07939686	162.031501	47276.38541	0.301951406	5.63669225
West Pomerania	9.094299176	86.47579672	15880.93027	0.025641961	5.823004188

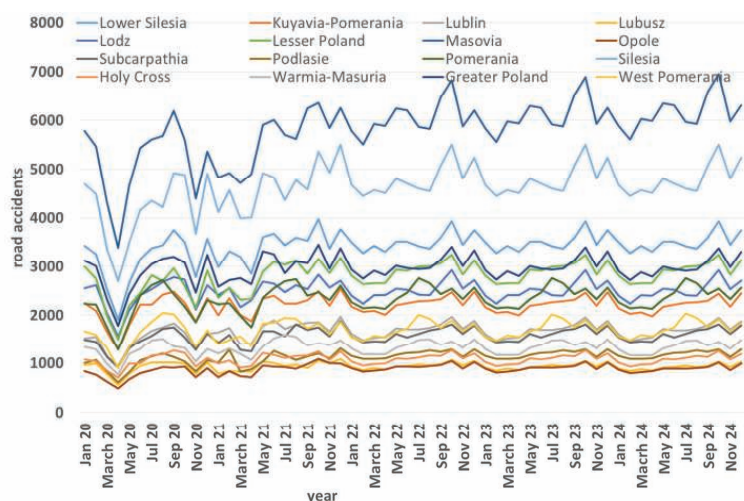
- Lubelskie - M8
- Lubuskie - M12
- Łódź - M12
- Malopolska - M14
- Mazovia - M12
- Opolskie - M11
- Subcarpathian - M8
- Podlasie - M14
- Pomerania - M14
- Silesia - M5
- Holy Cross - M8
- Warmia and Mazury - M8
- Greater Poland - M11
- West Pomerania - M12

Based on the data obtained, it can be concluded that the choice of the method used depends on the province being analyzed. The minimum MAPE

error was most common when using exponential and linear trend methods. On this basis, the forecast of the number of traffic accidents by province was determined, shown in Figure 21, and the obtained forecast errors are presented in Table 3. The results indicate that we can still expect a similar level of traffic accidents as before the pandemic with a minimal decrease. It should be noted that the pandemic distorted the obtained results [55-57]. An error value of at most 6% demonstrates the choice of an effective forecasting method.

Conclusions

The forecast of the number of acci-



21. *Optimal forecast number of traffic accidents depending on the analyzed province in 2022-2024*

dents in Poland was determined by exponential equalization methods using the Statistica program. The weights used were estimated by the program to minimize the mean absolute error and mean absolute percentage error.

The results show that we can still expect a similar level of traffic accidents as before the pandemic with a minimal decrease. It should be noted that the pandemic distorted the results obtained. The error value of a maximum of 6%, with one exception, can testify to the choice of an effective forecasting method.

The forecast of the number of traffic accidents obtained in the article, can be used in the future to formulate further measures to minimize the number of accidents in the countries analyzed. These measures may include, for example, the introduction of higher fines for traffic offenses on Polish roads from January 1, 2022.

In their further research, the authors plan to take into account more factors influencing accident rates in Poland. We can include traffic volume, day of the week or age of the accident perpetrator, among others.

Declaration of Competing Interest

None ◀

References

- [1] WHO. The Global status on road safety. 2018, 403 pp. ISBN: 9789241565684. Available from:

<https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684>

- [2] Tambouratzis T., Souliou D., Chalikias M., Gregoriades A. Maximising accuracy and efficiency of traffic accident prediction combining information mining with computational intelligence approaches and decision trees J. Artificial Intel. Soft Comput. Res., 4 (1) (2014), pp. 31-42
- [3] Zhu L., Lu L., Zhang W., Zhao Y., Song M. Analysis of accident severity for curved roadways based on bayesian networks. Sustainability, 11 (8) (2019), p. 2223
- [4] Arteaga C., Paz A., Park J. Injury severity on traffic crashes: A text mining with an interpretable machine-learning approach Saf. Sci., 132 (2020), Article 104988
- [5] Yang Z. Zhang W., Feng J. Predicting multiple types of traffic accident severity with explanations: A multi-task deep learning framework. Safety Science. Volume 146,2022, 105522, ISSN 0925-7535, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105522>.
- [6] Gorzelanczyk, P., Pyszewska, D., Kalina, T., Jurkovic, M. Analysis of road traffic safety in the Pila powiat. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2020, 107, 33-52. ISSN: 0209-3324. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2020.107.3>.
- [7] Chen C. Analysis and forecast of traffic accident big data ITM Web Conf., 12 (2017), p. 04029, 10.1051/itmconf/20171204029

itmconf/20171204029

- [8] Khaliq K.A., Chughtai O., Shahwani A., Qayyum A., Pannek J. Road accidents detection, data collection and data analysis using V2X communication and edge/cloud computing *Electron*, 8 (2019), 10.3390/electronics8080896
- [9] Rajput H., T. Som, S. Kar. An automated vehicle license plate recognition system *Computer (Long Beach, Calif.)*, 48 (2015), pp. 56-61, 10.1109/MC.2015.244
- [10] Zheng Z., Wang C., Wang P., Xiong Y., Zhang F., Lv Y. Framework for fusing traffic information from social and physical transportation data *PLoS One*, 13 (2018), 10.1371/journal.pone.0201531
- [11] Abdullah E., Emam A., Traffic accidents analyzer using big data, in: *Proc. - 2015 Int. Conf. Comput. Sci. Comput. Intell. CSCI 2015*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2016: pp. 392–397. 10.1109/CSCI.2015.187.
- [12] Vilaça M., Silva N., Coelho M.C. Statistical analysis of the occurrence and severity of crashes involving vulnerable road users. *Transp. Res. Procedia*, 27 (2017), pp. 1113–1120, 10.1016/j.trpro.2017.12.113
- [13] Bąk. I., Cheba K., Szczecińska B. The statistical analysis of road traffic in cities of Poland. *Transp. Res. Procedia*, 39 (2019), pp. 14-23, 10.1016/j.trpro.2019.06.003
- [14] Chand A., Jayesh S., Bhasi A.B. Road traffic accidents: An overview of data sources, analysis techniques and contributing factors, *Materials Today: Proceedings*. Volume 47, Part 15, 2021. Pages 5135-5141. ISSN 2214-7853, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.415>.
- [15] Helgason A., Fractional integration methods and short Time series: evidence from a simulation study, *Polit. Anal.* 24 (1) (2016) 59–68 <http://www.jstor.org/stable/24573204>.
- [16] Lavrenz S., Vlahogianni E., Gkritza K., Ke Y., Time series modeling in traffic safety research, *Accid. Anal. Prev.* 117 (2018) 368–380
- [17] Forecasting based on time series

- (2022) <http://pis.rezolwenta.eu.org/Materialy/PiS-W-5.pdf>
- [18] Prochazka J., Camaj M. Modelling the number of road accidents of uninsured drivers and their severity. *Proceedings of International Academic Conferences* 5408040, International Institute of Social and Economic Sciences. 2017
- [19] Sunny C.M., Nithya S., Sinshi K.S., Vinodini V.M.D., Lakshmi A.K.G., Anjana S., Manojkumar T.K. Forecasting of Road Accident in Kerala: A Case Study. *Environmental Science, Computer Science*. 2018 International Conference on Data Science and Engineering (ICDSE). DOI:10.1109/ICDSE.2018.8527825
- [20] Szmuksta-Zawadzka M., Zawadzki J. Forecasting on the basis of Holt-Winters models for complete and incomplete data. *Research papers of the Wrocław University of Economics*, No. 38, 2009
- [21] Dudek, G. (2013). Forecasting Time Series with Multiple Seasonal Cycles Using Neural Networks with Local Learning. In: Rutkowski, L., Korytkowski, M., Scherer, R., Tadeusiewicz, R., Zadeh, L.A., Zurada, J.M. (eds) *Artificial Intelligence and Soft Computing*. ICAISC 2013. *Lecture Notes in Computer Science*(), vol 7894. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-38658-9_5
- [22] Wójcik A. Autoregressive vector models as a response to the critique of multi-equation structural econometric models. Publishing house of the University of Economics in Katowice. Vol. 193. 2014.
- [23] Monederoa B.D., Gil-Alana L.A., Martínezaa M.C.V. Road accidents in Spain: Are they persistent?. *IATSS Research*. Vol. 45, Issue 3, October 2021, Pages 317-325. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2021.01.002>
- [24] Al-Madani H., Global road fatality trends estimations based on country-wise microlevel data, *Accid. Anal. Prev.* 111 (2018) 297–310, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.11.035>
- [25] Mamczur M. Machine learning How does linear regression work? And is it worth using? <https://mirosławmamczur.pl/jak-działa-regresja liniowa-i-czy-warto-ją-stosować/>
- [26] Piłatowska M. The choice of the order of autoregression depending on the parameters of the generating model. *Econometrics* 4(38). 2012
- [27] Biswas A.A., Mia J., Majumder A. Forecasting the Number of Road Accidents and Casualties using Random Forest Regression in the Context of Bangladesh July 2019 *Economics* 10th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)
- [28] Random forest (2022) https://pl.wikipedia.org/wiki/Las_losowy
- [29] Fijorek K., Mróz K., Niedziela K., Fijorek D. Forecasting electricity prices on the day-ahead market using data mining methods *Energy Market* - 12/2010
- [30] Chudy-Laskowska K., Pisula T. Forecast of the number of road accidents in Poland. *Logistics* 6/2014.
- [31] Kashpruk N. Comparative research of statistical models and soft computing for identification of time series and forecasting. *Opole University of Technology* 2010.
- [32] Procházka J., Flimmel S., Čamaj M., Bašta M. Modelling the Number of Road Accidents. Publishing house of the University of Economics in Wrocław. Wrocław 2017. doi:10.15611/amse.2017.20.29
- [33] Dutta B., Barman M.P., Patowary A.N. Application of Arima model for forecasting road accident deaths in India. *Int. J. Agricult. Stat. Sci.* Vol. 16, No. 2, pp. 607-615, 2020
- [34] Karlaftis M., Vlahogianni E. Memory properties and fractional integration in transportation time-series, *Transp. Res. C* 17 (2009) 444–453.
- [35] Łobejko S. Time series analysis and forecasting with SAS. Main business school in Warsaw. Warsaw 2015
- [36] Dudek G. Exponential smoothing models for short-term power system load forecasting. *Energy market* No. 3 (106) – 2013.
- [37] Chudy-Laskowska K., Pisula T. Prognozowanie liczby wypadków drogowych na Podkarpaciu. *Logistics*. N0 4/ 2015
- [38] Road safety assessment handbook https://www.iung.pl/PJA/wydane/11/PJA11_3.pdf
- [39] Wrobel M.S. Application of neural fuzzy systems in chemistry. PhD thesis. Katowice: University of Silesia. 2017.
- [40] Data mining techniques StatSoft https://www.statsoft.pl/textbook/stathome_stat.html?https%3A-%2F%2Fwww.statsoft.pl%2Ftextbook%2Fstddatmin.html
- [41] Kumar S., Viswanadham V., Bharathi B. (2019) Analysis of road accident. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering* 590(1):012029. DOI: 10.1088/1757-899X/590/1/012029
- [42] Top Advantages and Disadvantages of Hadoop 3 DataFlair <https://data-flair.training/blogs/advantages-and-disadvantages-of-hadoop/>
- [43] Perczak G., Fiszeder P. GARCH model - using additional information on minimum and maximum prices. *Bank and Credit*. Number 2. 2014
- [44] Fiszeder P. GARCH class models in empirical financial research. *Scientific Publishers of the Nicolaus Copernicus University*. Torun 2009.
- [45] McIlroy R.C., Plant K.A., Hoque M.S., Wu J., Kokwaro G.O., Nam V.H., Stanton N.A. Who is responsible for global road safety? A cross-cultural comparison of factor maps, *Accid. Anal. Prev.* 122 (2019) 8–18. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.09.011>
- [46] Muck J. *Econometrics. Modeling of time series. Stationary. Unit root tests. ARDL models. Co-integration.* <http://web.sgh.waw.pl/~j-muck/Ekonometria/Ekonometria-Prezentacja5.pdf>
- [47] Shetty P., Sachin P.C., Kashyap V.K., Madi V. Analysis of road accidents using data mining techniques. *International Research Journal of Engineering and Technology*.

04/2017

- [48] Li L, Shrestha S., Hu G. Analysis of road traffic fatal accidents using data mining techniques. 2017 IEEE 15th International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications (SERA), 2017, pp. 363-370, doi: 10.1109/SERA.2017.7965753.
- [49] Marcinkowska J. Statistical methods and data mining in assessing the occurrence of syncope in the group of narrow-QRS tachycardia (AVNRT and AVRT). Medical University of Karol Marcinkowski in Poznań. Poznań, 2015 <http://www.wbc.poznan.pl/Content/373785/index.pdf>
- [50] Sebeg M., Naumann R.B., Rudd R.A., Voetsch K., Dellinger A.M., Ndlovu C., The impact of alcohol and road traffic policies on crash rates in Botswana, 2004–2011: time-series analysis, *Accid. Anal. Prev.* 70 (2008) 33–39, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.02.017>
- [51] Bloomfield P. An exponential model in the spectrum of a scalar time series. *Biometrika* 60 (1973) 217–226 <https://www.jstor.org/stable/2334533>.
- [52] Central Statistical Office, www.gus.pl (17.04.2022)
- [53] Province names in English, <https://www.facebook.com/Pogoda-Na-Przygod%C4%99-687347091288220/photo.toa.1077421475614111.1073741838.687347091288220/1077421502280775> (17.04.2022)
- [54] Statistic Road Accident <https://statystyka.policja.pl/>
- [55] Gorzelańczyk P., Jurković M., Kalina T., Mohanty M. 2022. Forecasting the road accident rate and the impact of the Covid 19 on its frequency in the Polish provinces. *Communications* 24(4)A 216-A 231. <https://doi.org/10.26552/com.C.2022.4.A216-A231>
- [56] Gorzelańczyk, P. (2022). Change in the Mobility of Polish Residents during the Covid-19 Pandemic. *Communications - Scientific letters of the University of Zilina*, 24(3), A100-111. doi: 10.26552/com.C.2022.3.A100-A111
- [57] Jurkovic, M., Gorzelanczyk, P., Kalina, T., Jaros, J. & Mohanty, M. (2022). Impact of the COVID-19 pandemic on road traffic accident forecasting in Poland and Slovakia. *Open Engineering*, 12(1), 578-589. <https://doi.org/10.1515/eng-2022-0370>

REKLAMA



RAILPROFILE 2D

LASEROWY POMIAR PROFILU KAŻEGO RODZAJU SZYN ORAZ ROZJAZDÓW

Urządzenie obsługiwane jest przez aplikację na telefonie z systemem Android™.

Railprofile 2D mierzy pełny profil główki szyny oraz wylicza parametry dotyczące obszaru szlifowania. Dostępna jest również funkcja związana z pomiarem rozjazdu lub jego elementów. Urządzenie prezentuje wynik pomiaru bezpośrednio na ekranie aplikacji.

Więcej informacji na www.graw.com

www.goldschmidt.com



Urządzenie antypoślizgowe na koła o sprężystych oponach ułatwiające jazdę po oblodzonej nawierzchni drogowej

Anti-skid device for wheels with elastic tires to facilitate driving on icy road surfaces



Witold Paleczek

Dr inż.

Politechnika Częstochowska,
Wydział Budownictwa

witold.paleczek@pcz.pl

ORCID: 0000-0003-4742-2078

Streszczenie: Przedstawiono antypoślizgowy zestaw montażowy na koła pojazdów ułatwiający ich poruszanie się po oblodzonej i zaśniewanej nawierzchni. Zestaw ten charakteryzuje się pewną uniwersalnością polegającą na tym, że może być on łatwo dostosowywany do kół pojazdów o różnych rozmiarach ogumienia poprzez dodawanie lub ujmowanie odpowiednich jego elementów konstrukcyjnych oraz poprzez zastosowanie odpowiednio dobranej konstrukcji napinającej elementy antypoślizgowe na kole. Zestaw może być montowany metodą bez zdejmowania koła jak również metodą najazdową. Sprawne serwisowanie zestawu jest znacznie ułatwione dzięki zastosowaniu powszechnie dostępnych elementów konstrukcyjnych. Urządzenie uzyskało patent nr Pat.242395. Uwzględniono przegląd wad i zalet różnych urządzeń antypoślizgowych zakładane na koła pojazdów. Omówiono sposób montażu.

Słowa kluczowe: *Urządzenie antypoślizgowe; Łańcuchy na koła; Łańcuchy śniegowe*

Abstract: A non-slip mounting kit for vehicle wheels is presented to facilitate their traction on icy and snowy surfaces. This set is characterized by a certain universality consisting in the fact that it can be easily adapted to vehicle wheels with different tire sizes by adding or subtracting its appropriate structural elements and by using a properly selected structure that tightens the anti-skid elements on the wheel. The set can be mounted using the method without removing the wheel as well as the overrun method. Efficient servicing of the set is greatly facilitated by the use of commonly available construction elements. The device is patented under number Pat.242395. An overview of the advantages and disadvantages of different anti-skid devices installed on vehicle wheels has been included. The method of assembly is discussed.

Keywords: *Anti-skid devices; Wheel chains; Snow chains*

Wprowadzenie

Problematyka trakcji pojazdów kołowych, samochodowych na różnorodnej nawierzchni, w tym na nawierzchni oblodzonej, poruszana jest między innymi w pracach [1-13]. Produkowane i stosowane są od wielu lat urządzenia antypoślizgowe tymczasowo mocowane do sprężystych opon lub kół o sprężystych oponach, rozciągających się na całym obwodzie bieżnika, na przykład wykonane z łańcuchów lub kabli, a nazwane tu zestawami antypoślizgowymi na koła. Ich zadaniem jest polepszenie właściwości trakcyjnych, transportowych, przeciwpoślizgowych na nawierzchni zaśniewanej i oblodzonej. Zestawy antypoślizgowe nazy-

wane są powszechnie: łańcuchami na koła, łańcuchami śniegowymi, łańcuchami przeciwślizgowymi, urządzeniami antypoślizgowymi, zestawami antypoślizgowymi.

Z danych historycznych wynika, że pierwsze łańcuchy na koła są wynalazkiem Harry D.Weed'a – otrzymał on w Urzędzie Patentowym USA dn. 23.08.1904 r. dyplom patentowy – cyt.: „Patent: Grip-Tread for Pneumatic Tires. Data zgłoszenia 09.02.1904, opublikowano 23.08.1904, wynalazca: Harry D.Weed; Patent US768495”, [12].

Materiały i zestawy konstrukcyjne urządzeń antypoślizgowych

Materiały, z których wykonywane są

antypoślizgowe zestawy montażowe to metale, metale łączone ze sztucznymi tworzywami (kompozyty), sztuczne tworzywa, tekstylia, przeciwpoślizgowe powłoki chemiczne. Spotykane są zestawy kompozytowe z wykorzystaniem: aramidu, kevlaru, tekstyliów impregnowanych. Znajdujemy także antypoślizgowe zestawy, które montowane są na części bieżnika: tzw. nakładki sektorowe na koła, opaski sekcyjne. Znajdujemy także chemiczne preparaty antypoślizgowe do spryskiwania ogumienia koła. Oprócz zestawów antypoślizgowych nakładanych bezpośrednio na koła stosowane są, wbudowane w pobliżu koła zewnętrzne zestawy wirujących łańcuchów, na które przy śliskiej, ośnieżonej na-

wierzchni najeżdża odpowiednio koło pojazdu, zwiększając przy tym swoją przyczepność do podłoża – zestawy te stanowią osobne instalacje, które montowane są na zewnątrz kół, a nazywane łańcuchami procowymi, łańcuchami rotacyjnymi, [12]. Znanymi sposobami zwiększenia trakcji pojazdów na podłożu oblodzonym, ośnieżonym są odpowiednio kolcowane opony, [8].

Konstruowane są także pojazdy specjalne, które poruszają się na ośnieżonym lub grząskim podłożu na walcach śrubowych lub na gąsienicowych układach bieżnych. W zakładach górniczych stosowane są także zestawy łańcuchowe chroniące dodatkowo ogumione koło maszyny przed jego mechanicznym uszkodzeniem w przypadku najechania na ostre, skalne krawędzie.

Zestawy antypoślizgowe różnią się konstrukcją, która przystosowana jest do pracy na całym obwodzie koła lub tylko sektorowo. W przypadku pojazdów samochodowych zalecane jest montowanie zestawu na minimum jedno prawe i jednocześnie jedno lewe koło osi napędowej.

Przepisy drogowe o stosowaniu urządzeń antypoślizgowych

Stosowanie łańcuchów śniegowych na drogach publicznych jest regulowane odpowiednio przepisami różniącymi się od siebie w różnych krajach. W Polsce, zgodnie z art. 60, ust. 3 ustawy „Prawo o ruchu drogowym”, cyt.: „*Używanie łańcuchów przeciwślizgowych na oponach jest dozwolone tylko na drodze pokrytej śniegiem*”, natomiast obowiązek ich użycia jest, zwłaszcza na terenach górskich i podgórskich, gdzie występuje oznaczenie drogowe znakiem C-18, tj. znak drogowy, pionowy, nakazu z symbolem opony z łańcuchami, do którego komentarz można odnieść jako: „*nakaz używania łańcuchów przeciwślizgowych, oznaczający, że kierujący pojazdem silnikowym ma obowiązek stosować łańcuchy przeciwślizgowe na co najmniej dwóch kołach napędowych, stosowany w okresie zimowym na drogach, na których podczas opadów śniegu występują trudności poruszania się po-*

jazdów niewyposażonych w łańcuchy”, [4, 11].

Ocena stanu technicznego i różnice między konstrukcjami łańcuchów antypoślizgowych

Spotykane odmiany zestawów przeciwpoślizgowych zwiększających przyczepność kół do ośnieżonego i/lub oblodzonego podłoża, w przypadku wykorzystania urządzeń antypoślizgowych montowanych na oba koła osi napędowej, różnią się między sobą:

- wzorem geometrycznym: ułożenia łańcucha/kabla na powierzchni opony (tzw. układ siatki jezdnej), pozostawionego śladu na podłożu (tzw. ślad siatki bieżnej), śladu na nawierzchni nachylonej (zjazd, podjazd), śladu na nawierzchni przy pokonywaniu łuków, śladu na nawierzchni przy wykonywaniu manewrów związanych z gwałtownym ruszaniem lub nagłym zatrzymaniem pojazdu,
- konstrukcją i zastosowanymi materiałami mającymi bezpośrednią styczność z podłożem oraz elementami dodatkowymi zestawu antypoślizgowego,
- sposobem realizacji montowania kompletnego zestawu na koło,
- sposobem rozwiązującym problem przylegania i stabilności zestawu na kole podczas jazdy,
- wielkością pozostawionych prześwitów między elementami zestawu i nadkolem pojazdu,
- czasem montażu i demontażu pojedynczego zestawu w warunkach polowych,
- stopniem awaryjności poszczególnych elementów zestawu,
- zakresem zastosowań danego zestawu określonym w dokumentacji techniczno-ruchowej,
- zakresem potencjalnych uszkodzeń pojazdu podczas awarii różnych elementów zestawu w warunkach roboczych,
- sposobem rozwiązującym problem ochrony felgi koła przed uszkodzeniami mechanicznymi powstałymi podczas użytkowania zestawu,

- rzeczywistą, bezpieczną prędkością dopuszczalną jazdy pojazdu z zamontowanym zestawem,
- zakresem niewyrównoważenia koła jezdnego z zamontowanym zestawem,
- sposobem serwisowania, konserwacji i przechowywania zestawu,
- sposobem realizacji rozwiązywania problemów dotyczących łatwości samodzielnego montażu i demontażu,
- kosztami wykonania poszczególnych elementów zestawu,
- czasem serwisowania kompletnego zestawu,
- uniwersalnością zastosowania zestawu (różne rozmiary kół, różne pojazdy, różne obciążenia, różne nawierzchnie, różne podłoża),
- ciężarem własnym kompletnego zestawu,
- zakresem badań technicznych zawartych w dokumentacji techniczno-ruchowej, [2, 5÷7].

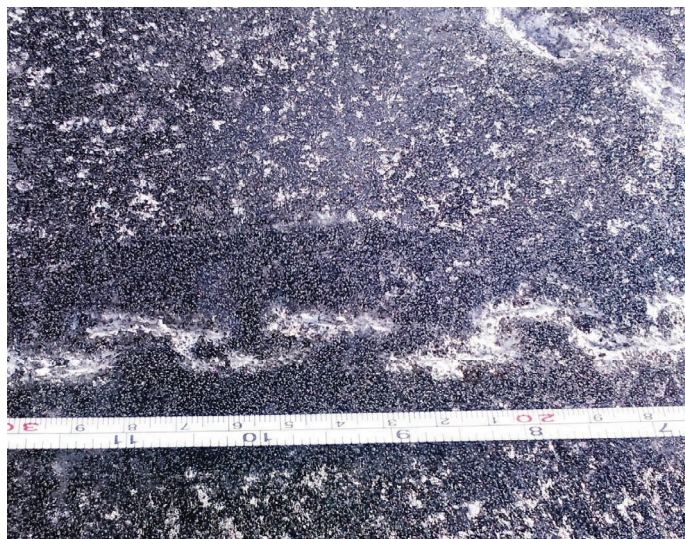
Założenia i cele przyjęte w projekcie omawianego urządzenia przeciwpoślizgowego

Celem projektu, ze wskazaniem zagadnień będących przedmiotem projektu, było wytworzenie prototypu zestawu antypoślizgowego spełniającego następujące wymagania:

1. Zestaw antypoślizgowy spełnia oczekiwania użytkownika w warunkach roboczych, przy jego zastosowaniu na całkowicie oblodzonym podłożu oraz także na podłożu zaśnieżonym, częściowo oblodzonym również na podłożu częściowo grząskim. Montaż zestawu na koła charakteryzuje się znaczną prostotą.
3. Zestaw jest wykonany z elementów powszechnie dostępnych na rynku, co sprawia, że ewentualne elementy zużyte lub wskazujące na ich uszkodzenie są bezproblemowo zastępowalne i jest zatem łatwy w samodzielnym serwisowaniu.
4. Zestaw jest prosty w demontażu i posiada co najmniej dwustopniowy system zabezpieczeń przy ko-



1. Wykruszony lód pod naciskających ogniw stalowego łańcucha – powstałe zagłębienia w wyniku przekroczenia doraźnej wytrzymałości lodu na ściskanie; test wykonany przy temperaturze otoczenia -13°C



2. Ślad siatki jezdnej na podłożu lodowym

- nieczności nagłego zdjęcia zestawu z koła.
5. Zestaw charakteryzuje się uniwersalnością polegającą na tym, że opracowany prototyp umożliwia jego sprawną modyfikację do kół o innych rozmiarach zachowując pełną funkcjonalność.
 6. Zestaw ma umożliwiać utrzymanie trakcji pojazdu na nawierzchni lodowej na zasadzie wykorzystania zjawiska miejscowego przekroczenia wytrzymałości lodu na ściskanie powodując wykruszanie się lodu spod zastosowanych elementów na bieżniku opony.
 7. W zestawie przewidziano wyposażenie w dodatkowe, ochronne, polimerowe nakładki dystansowe, które mają zmniejszać wystąpienie ewentualnego uszkodzenia mechanicznego materiału felgi koła przez elementy składowe zestawu, które nieprzewidziane są do kontaktu z felgą w warunkach roboczych.
 8. Geometria siatki bieżnej zestawu ma oddziaływać korzystnie na utrzymanie trakcji zarówno podłużnej jak i poprzecznej.
 9. W miejscu styczności elementów łańcucha z oblodzonym podłożem ma być wytworzony nacisk przekraczający 3 MPa, gdyż przy tej wartości przekroczona zostaje lokalna wytrzymałość lodu na ściskanie i ulega on wykruszeniu spod metalowych ogniw łańcucha, co w sposób naturalny zapobiega poślizgowi.
 10. Konstrukcja ma zapewniać jego montaż bez zdejmowania koła, jak również montaż metodą najazdową.
 11. Sposób rozwiązujący problem równomiernego przylegania siatki jezdnej do koła ma być rozwiązany poprzez zastosowanie napinacza wielosprężynowego.
 12. Połączenia elementów zestawu mają zapewniać możliwość zwiększenia nośności zestawu i zwiększenia bezawaryjności przy konieczności zwiększenia obciążenia

roboczego: na przykład poprzez równoległe podwojenie odpowiednich elementów.

13. Założono, że wielkość przeswitu między elementami sterowania kołem i elementami nadkola jest wielkością decydującą o stopniu dodatkowej modernizacji zestawu przez użytkownika.
14. Konstrukcja zestawu ma zapewniać możliwość przeprowadzenia jego sprawnego serwisowania.
15. System napinający w zestawie ma zapewniać możliwość zwiększania siły docisku elementów zestawu do powierzchni koła poprzez dodanie kolejnych elementów napinających, [12, 13].

Osiągnięte rezultaty przy próbach testowych na nawierzchni lodowej

Przeprowadzono próby trakcji na nawierzchni lodowej w zakresie temperatury zewnętrznej -15 do -9°C, przy prędkości maksymalnej do 20 km/h. Wykluczono układy geometryczne siatek bieżnych, które powodowały ślizganie po nawierzchni – zdecydowano na wybór takiej geometrii, której ślad na nawierzchni lodowej przedstawiono na rys. 1 i 2.

Jeden z egzemplarzy prototypów urządzenia, które dobrze sprawdzały się podczas prób testowych przedstawiono na rys. 3, gdzie uwidoczniono trójstopniowy napinacz w otulinach z rurek polimerowych.



3. Jeden z prototypów, które spełniają większość założeń przyjętych w projekcie urządzenia antypoślizgowego, [12]



4a. Sposób montażu na koło: ułożenie przed kołem całości zestawu i sprawdzenie kompletności elementów – tu: dla przejrzystości widoku odczepiono część z urządzeniem napinającym



4b. Przełożenie całości za oponę, tak, aby część środkowa, podzielona na dwa segmenty, znajdowała się za kołem



4c. Połączenie końców cięgna wewnętrznego wykonane u góry na oponie – cięgno zewnętrzne jest jeszcze rozłączone



4e. Równomierne, symetryczne ułożenie elementów na bieżniku opony, a następnie połączenie końców cięgna zewnętrznego u dołu koła. Przełożenie cięgna napinacza kolejno przez odpowiednie łączniki boczne, które są zainstalowane na cięgnie zewnętrznym



4g. Przykład nietypowego, „awaryjnego” zastosowania elementów napinacza na kole o zbyt małych rozmiarach; tu: zamiast koła z oponą 195/65/15 jest 185/65/14 – jeden z elementów świadczących o uniwersalności opisywanego projektu. Z kolei przy kole o większych rozmiarach wielkość zestawu dopasowujemy dodając lub odejmując odpowiednio liczbę łączników wewnętrznych i zewnętrznych



4d. Połączenie odpowiednio końców u góry



4f. Przygotowanie do nietypowego, „awaryjnego” przyczepienia elementów napinacza, gdyż przykładowe koło jest znacznie mniejszych rozmiarów od rozmiarów testowanego wcześniej koła



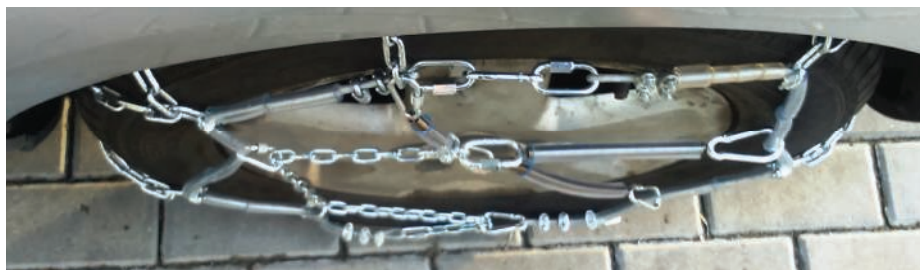
4h. Widok urządzenia antypoślizgowego na kole z oponą o rozmiarze 195/65/15 z przykładowym napinaczem trójelementowym

Sposób montażu urządzenia antypoślizgowego metodą „bez zdejmowania koła”

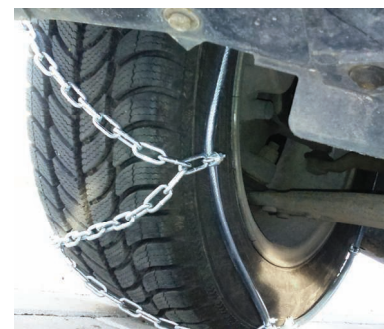
Zakładanie zestawu antypoślizgowego na koło najprościej jest zaprezentować w sposób ilustracyjny. W tym

celu do prezentacji uniwersalności „awaryjnego użycia” zestawu wybrano koło znacznie mniejsze: zamiast koła z oponą o rozmiarze 195/65/15 wybrano koło z oponą o rozmiarze 185/65/14. Przykład ten pozwala uwydatnić zalety zastosowanego napinacza wielostop-

niowego, co jest istotne w szczególności w sytuacji „awaryjnego użycia” zestawu, czyli bez wykorzystania możliwości modyfikacji rozmiarów zestawu przez użytkownika.



5. Widok urządzenia antypoślizgowego na kole z uwidocznionymi łącznikami, które umożliwiają także regulację do rozmiaru koła. W tej wersji prototypu nie zastosowano kauszy na ciągnach oraz elementy łączące są pojedyncze



6. Widok jednego z prototypów urządzenia antypoślizgowego od wewnętrznej strony koła – przedstawiono jeden ze sposobów zwiększenia niezawodności połączeń cięgien za pomocą zacisków kablkowych pojedynczych i podwójnych - przetestowano także dołączenia: zaciski kubelkowe, siodełkowe jedno i dwuwkrętowe, szekłowe. Testy jazdy w terenie przeprowadzono z maksymalną prędkością pojazdu nie przekraczającą 20km/h



7. Widok łączników i testowanej geometrii śladu urządzenia antypoślizgowego na oponie, także przy zdjętym kole

Wnioski

Prace nad końcowym prototypem urządzenia antypoślizgowego montowanego na koła o ogumieniu sprężystym umożliwiły wybrać walory użytkowe, które ukierunkowane były zwłaszcza na uniwersalność, zminimalizowanie awaryjności, zmaksymalizowanie możliwości serwisowania. Opracowany projekt charakteryzują:

1. Możliwość montażu i demontażu metodą „bez zdejmowania koła”, a także montażu metodą „najazdową”,
2. Możliwość montażu na kołach o różnych średnicach i wielkościach poprzez dodanie lub ujęcie odpowiednich elementów zestawu przy jednoczesnym wykorzystaniu istoty i właściwości napinacza wielosprężynowego,
3. Możliwość sprawnej naprawy zestawu poprzez łatwość dostępu do poszczególnych części i sposobu ich połączenia,
4. Możliwość zwiększenia bezawaryjności zestawu poprzez równoległe podwojenie jego elementów składowych,
5. Możliwość sprawnego demontażu zestawu w przypadku uszkodzenia bezpośrednich łączników,
6. Możliwość jazdy nie tylko po ośnieżonej nawierzchni, ale także po nawierzchni lodowej dzięki wykorzystaniu efektu lokalnego przekroczenia wytrzymałości lodu na ściskanie,
7. Możliwość łatwego montażu dodatkowych elementów zwiększających tarcie robocze koła o podłoże,
8. Łatwość rynkowa dostępu do elementów zastępowalnych.

Zaprezentowane rozwiązanie w dniu 23.11.2020 r. uzyskało patent nr Pat.242395 w Urzędzie Patentowym Rzeczypospolitej Polskiej. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Marianowski J., Ogumienie kół pojazdów roboczych – budowa i zastosowanie. Kruszywa – Produkcja – Transport – Zastosowanie, Tom 1/2017, str.54-59
- [2] Korniejew T., Złapać przyczepność: łańcuchy na koła. Motor nr 5, 2006, s.38-39
- [3] Żmij P., Minc L., Ogumienie pojazdów mechanicznych: wskazówki praktyczne dla kierowców. Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, Warszawa 1949
- [4] Zasel J., Kodeks drogowy: poradnik dla kierowcy. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności Warszawa 1999
- [5] Anioła M., Kurek J., Lewandowski A., Warszczyński J., Badania doświadczalne nad wpływem głębokości bieżnika opony na hamowanie samochodu osobowego. Z Zagadnień Nauk Sądowych, Z. 33, 1996, s.39-52
- [6] Brosdorf K.D., Możliwości i granice analizy śladów kontaktowych kół. Paragraf na Drodze 3/2020, s.69-88
- [7] Polski Komitet Normalizacyjny, Pojazdy drogowe: dodatkowe urządzenia zwiększające przyczepność przeznaczone do opon samochodów osobowych i pojazdów lekkich. PN-EN 16662-1:2020-10, Warszawa 2020
- [8] Polski Komitet Normalizacyjny, Oznaczanie odporności na ścieranie abrazyjne przez opony z kolcami. PN-EN 1097-9:2000/A1, Warszawa 2006

- [9] Jaworski J., Ogumienie pojazdów samochodowych, budowa i eksploatacja. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1987
- [10] Konik T. (red.), Off-Road PL, Magazyn 4x4, Samochody terenowe i quady. Kraków 1/1999
- [11] Dziennik Ustaw 2022.988: Prawo o ruchu drogowym
- [12] Paleczek W., Dokumentacja techniczna prototypów do zgłoszenia patentowego numer P.432617: Urządzenie antypoślizgowe na koła i sposób jego montażu, Materiały niepublikowane, Częstochowa 2020
- [13] Paleczek W., Urządzenie antypoślizgowe na koła i sposób jego montażu = Anti-skid device for wheels and method of its assembly, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, patent nr Pat.242395, Warszawa 2022

Nowe wyzwania w projektowaniu odwodnienia dróg

New challenges in road drainage design



Stanisław Gaca

Prof. dr hab. inż.

Politechnika Krakowska
ORCID 0000-0002-1757-6984

sgaca@pk.edu.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono główne problemy związane z zapewnieniem sprawnego odprowadzenia wód z jezdni i innych części dróg. Wskazano najważniejsze uwarunkowania funkcjonalne, środowiskowe i bezpieczeństwa ruchu wpływające na projektowanie urządzeń odwodnienia dróg. Szczególną uwagę zwrócono na uwzględnienie zmian klimatycznych w projektowaniu odwodnienia dróg oraz potrzebę szerszego stosowania analiz ryzyka w wymiarowaniu urządzeń odwodnienia. Uwarunkowania środowiskowe analizowano głównie w aspekcie potrzeb stosowania infiltracji i retencji wód odprowadzanych ze zlewni drogowych. W artykule podano także uwarunkowania projektowania ramp drogowych w sposób zapewniający sprawny spływ wody. W podsumowaniu zestawiono najważniejsze problemy wymagające dalszych analiz i prac badawczych w celu racjonalnego projektowania odwodnienia dróg.

Słowa kluczowe: *Odwodnienie Dróg; Wymiarowanie Urządzeń Odwodnienia; Bezpieczeństwo Ruchu Drogowego*

Abstract: The article presents the main problems related to ensuring efficient drainage of water from the roads. The most important functional, environmental, and road safety conditions influencing the design of road drainage devices were indicated. Particular attention was paid to climate change in the design of road drainage and the need for wider use of risk analyses in the dimensioning of drainage devices. Environmental conditions were analyzed mainly regarding the need for infiltration and retention of water discharged from road catchments. The article also presents the conditions for designing road ramps to ensure efficient water flow. The summary presents the most important problems requiring further analysis and research in order to design road drainage rationally.

Keywords: *Road Drainage; Dimensioning Of Drainage Devices; Road Safety*

Wstęp

Potrzeba sprawnego odwodnienia dróg wydaje się być oczywistym stwierdzeniem, które jednak nie zawsze znajduje potwierdzenie w praktyce ich projektowania i utrzymania.

Takie krytyczne stwierdzenie wynika z obserwacji występowania następujących zjawisk:

- rozlewiska wody i długie odcinki spływu strug wody po jezdni, szczególnie na odcinkach dróg zamiejskich i ulic o minimalnych pochyleniach. W takich przypadkach pogarszają się warunki współpracy opony z nawierzchnią i w skrajnych przypadkach może dojść do całkowitej utraty

przyczepności pomiędzy oponą i nawierzchnią (aquaplaning), co jest jednym z potencjalnych zagrożeń bezpieczeństwa ruchu,

- rozlewiska lub szerokie strugi wody płynącej przy krawędziach dróg, jako następstwo wyniesienia poboczy ponad krawędź jezdni lub niewystarczającej przepustowości wpustów deszczowych do kanalizacji. Jeśli takie rozlewiska lub strugi wody znajdą się w śladzie kół poruszających się pojazdów, to może dojść do utraty kontroli toru jazdy pojazdu (niesymetryczne rozłożenie oporu ruchu lub wystąpienie zjawiska aquaplaningu). Ponadto w takich sytuacjach piesi i rowerzyści na drogach

zamiejskich nie mogą poruszać się zgodnie z przepisami przy krawędzi jezdni, a w przypadku ulic komfort ruchu pieszych ulega drastycznemu pogorszeniu przez możliwość ich ochlapywania,

- uszkodzenia krawędzi jezdni i deformacje gruntowych poboczy, jako następstwo nadmiernego zwilgocenia podłoża gruntowego wywołanego m.in. utrudnionym spływem wody powierzchniowej z jezdni i poboczy,
- uszkodzenia nawierzchni, w tym koleiny i spękania siatkowe wywołane m.in. obniżeniem nośności warstw podłoża w konstrukcji nawierzchni jako efekt działania

wód gruntowych lub wód opadowych przenikających do podłoża,

- uszkodzenia skarp nasypów i wykopów wywołane ich zawilgoceniem powodującym zmiany parametrów wytrzymałościowych, w tym wytrzymałości na ścinanie,
- podtapianie terenów w otoczeniu dróg spowodowane m.in. niewydolnością urządzeń odwodnienia powierzchniowego dróg i ich otoczenia lub nieprawidłowym odprowadzeniem wód z tych urządzeń do odbiorników.

W/w problemy związane z brakiem sprawnego odwodnienia infrastruktury drogowej są tak oczywiste i znane od wielu lat, że zasadnym jest postawienie pytania o przyczyny, które powodują, że znaczna część istniejących rozwiązań infrastruktury drogowej nie spełnia kryteriów sprawnego odwodnienia. Zdaniem autora może to wynikać m.in. z:

- ograniczeń wiedzy inżynierskiej i rutynowego traktowania projektowania urządzeń odwodnienia jako typowych, bez szerszego spojrzenia na kompleks powiązań tego projektowania ze sprawnością i bezpieczeństwem ruchu, z uwarunkowaniami klimatycznymi, zarządzaniem zasobami wodnymi i uwarunkowaniami środowiskowymi,
- przyjmowania błędnych założeń projektowych np. w odniesieniu do szacowania miarodajnego spływu wód powierzchniowych ze zlewni i niejednoznacznego zdefiniowania pojęcia „sprawności odwodnienia” jako kryterium oceny poprawności projektowanych rozwiązań,
- pomijania w projektowaniu pełnej analizy kosztów cyklu życia z preferencjami kosztów budowy, co często wyklucza rozwiązania najbardziej korzystne z uwagi na ich długotrwałą eksploatację,
- niedoceniań zadań utrzymania sprawności urządzeń odwodnie-

nia i braku bardziej precyzyjnych przepisów wymuszających podejmowanie takich działań.

Opisane powyżej problemy wymagają pilnego podjęcia działań naprawczych, zmierzających co najmniej do eliminacji z praktyki inżynierskiej spotykanych błędów, w tym przez wypełnianie luk wiedzy oraz promocję tzw. dobrych praktyk”. Staje się to tym bardziej ważne, że w nowej strukturze przepisów techniczno-budowlanych w drogownictwie obligatoryjne wymagania w odniesieniu do odwodnienia dróg i ulic potraktowane są bardzo ogólnie i pozostawiono dużą swobodę projektantom w doborze rozwiązań najlepszych [2].

Aktualnym wyzwaniem środowiska naukowego i inżynierskiego w poszukiwaniach racjonalnych rozwiązań odwodnienia dróg i ulic jest aktualizacja dotychczasowych i sformułowanie nowych zaleceń projektowych uwzględniających:

- wpływ zmian klimatu na szacowaną wielkość opadów i dobór przepustowości urządzeń odwodnienia spełniających oczekiwane poziomy niezawodności ich funkcjonowania,
- odprowadzanie wód ze zlewni drogowych w sposób minimalizujący zakłócenia naturalnych procesów obiegu wody w przyrodzie, z preferencjami dla „pozostawiania wód na miejscu wystąpienia opadu”,
- poprawę sprawności i bezpieczeństwa ruchu drogowego poprzez eliminację miejsc z niesprawnym odwodnieniem, pogarszających warunki współpracy opony z nawierzchnią oraz projektowanie urządzeń odwodnienia w taki sposób, aby nie stanowiły one fizycznych przeszkód powodujących zagrożenia bezpieczeństwa ruchu,
- rosnącą rolę urządzeń przejmujących wody opadowe jako elementów krajobrazu w ramach kształtowania przyjaznej człowiekowi miejskiej przestrzeni

publicznej,

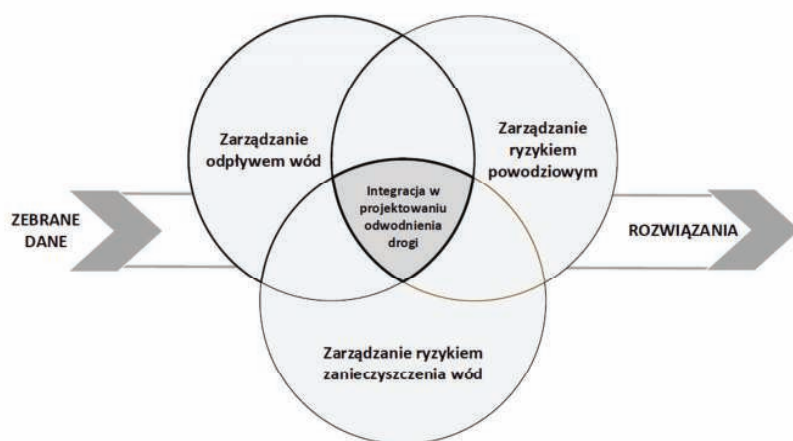
- trwałość urządzeń odwodnienia i łatwość ich utrzymania w całym okresie użytkowania, przy minimalizacji zakłóceń w ruchu drogowym.

Syntetyczne przedstawienie stanu wiedzy i propozycji wybranych zaleceń projektowych odnoszących się do części z w/w wyzwań jest przedmiotem niniejszego opracowania.

Wybrane problemy i tendencje w projektowaniu odwodnienia dróg

Projektowanie odwodnienia dróg stało się współcześnie złożonym zadaniem, wymagającym od projektanta umiejętnego powiązania wiedzy co najmniej o:

- elementach składowych systemu odwodnienia umożliwiających skuteczne przejmowanie wód opadowych i gruntowych wraz z wiedzą o rozwiązaniach konstrukcyjnych tych elementów,
- ilości wód, którymi należy zarządzać w ramach systemu odwodnienia dróg, wraz z konsekwencjami oddziaływania na środowisko, przy zastosowaniu różnych wariantów projektowych,
- naturalnym bilansie wodnym terenów w otoczeniu projektowanych dróg i ewentualnych potrzebach oraz możliwościach utrzymania tego bilansu bez zakłóceń,
- przepustowości, stanie i trwałości już istniejących elementów systemu odwodnienia (jeśli występują) wraz z oszacowaniem ryzyka podtopień lub powodzi,
- wpływie projektowanych urządzeń odwodnienia na rozwiązania innych części dróg i ich funkcjonowanie,
- potencjalnych skutkach awarii lub przeciążeń urządzeń odwodnienia i sposobach reagowania na nie,
- wymaganiach i ograniczeniach



1. Schemat powiązania różnych wymagań w projektowaniu odwodnienia dróg (źródło: opracowanie własne na podstawie [1])

- konstrukcyjnych związanych z budową, funkcjonowaniem i utrzymaniem,
- kosztach analizowanych w cyklu życia drogi.

Zakres niezbędnych danych i analiz poprzedzających projektowanie urządzeń odwodnienia zależał będzie od lokalnych uwarunkowań i będzie różny np. dla dróg zamieszkanych i ulic. Jednak w każdym przypadku konieczne jest zintegrowane podejście do projektowania odwodnienia dróg uwzględniające grup danych odnoszących się do zarządzania odpływem wód powierzchniowych, zarządzania ryzykiem zanieczyszczenia wód i zarządzania ryzykiem powodzi. Schematyczne powiązanie w/w grup danych i wynikające z nich zintegrowane podejście do projektowania odwodnienia dróg pokazano na rys. 1.

Wyznaczanie objętości wód spływających ze zlewni drogowych

Podstawowym warunkiem poprawnego projektowania urządzeń odwodnienia jest określenie objętości wód, które system odwodnienia powinien przejmować. W tym zakresie dotychczasowe przepisy krajowe rekomendowały obliczanie miarodajnego odpływu wód ze zlewni drogowych z wykorzystaniem prostych krajowych wzorów [3, 10, 16], opracowanych w połowie lat 50. ubie-

głego wieku na podstawie wyników wieloletnich obserwacji opadów. Dostępne są także modele obliczeń pochodzących z lat 90. ubiegłego wieku, ale one też nie uwzględniają w wystarczającym stopniu wiedzy na temat regionalnej i długookresowej zmienności opadów w Polsce [11]. Dlatego uzasadnione jest stwierdzenie, szczególnie w kontekście obserwowanego od kilkunastu lat zjawiska częstego występowania ekstremalnych opadów deszczu, o konieczności weryfikacji dotychczasowych metod obliczania miarodajnego odpływu wód ze zlewni drogowych.

Ekstremalne opady deszczu (deszcze dużych natężeń i opadu i długich czasach ich trwania) mogą powodować niekorzystne zjawiska obejmujące: czasowe zatapianie jezdni i innych części drogi, erozję nasypów i wykopów ze spływami gruntu na jezdnię, przeciążenia systemów odwadniających powodujące ich uszkodzenia, pogorszenie sprawności i bezpieczeństwa ruchu pojazdów oraz pieszych. Jeśli wynikające ze zmian klimatu zmiany charakterystyk opadów okresowych i średniorocznych nie zostaną poprawnie uwzględnione w projektowaniu odwodnienia dróg, to ich skutkiem może być także nadmierne podniesienie poziomu wód stojących z ich niekorzystnym oddziaływaniem na podłoże i konstrukcję nawierzchni (długotrwałe podtopienia), nadmierne zawiłgocenie

budowli ziemnych i utrata ich stateczności oraz podtopienia terenów przylegających do drogi. Dlatego niezwykle ważne jest wiarygodne określenie natężenia deszczu miarodajnego jako podstawy wymiarowania urządzeń odwodnienia dróg. Uwaga ta dotyczy nie tylko sposobu obliczania wielkości spływu wody ze zlewni, ale także potrzeby szerszego i bardziej indywidualnego niż dotychczas stosowania analiz ryzyka w ocenach sprawności odwodnienia.

W ujęciu ogólnym ryzyko należy rozpatrywać jako funkcję trzech zmiennych, tj. występowania zagrożeń, podatności na zagrożenia i konsekwencji zrealizowania się określonego scenariusza wystąpienia zagrożeń. W przypadku analiz i projektowania odwodnienia ryzyko może być rozumiane jako prawdopodobieństwo wystąpienia szkód o określonej skali, jeśli pojawią się opady o natężeniu większym niż natężenie przyjęte do wymiarowania urządzeń odwodnienia. Miarą „szkody” w przypadku analiz skuteczności odwodnienia może być np. fizyczne uszkodzenie składowych części drogi, czas trwania wyłączenia drogi z użytkowania, istotne pogorszenie jej właściwości użytkowych, spowodowanie znaczących szkód przez zalanie obszaru w otoczeniu drogi, przekroczenie dopuszczalnego poziomu zanieczyszczenia wód odbiornika itp.

Podany powyżej postulat wykorzystywania analiz ryzyka w projektowaniu odwodnienia dróg jest tylko częściowo uwzględniony w dotychczasowych przepisach techniczno-budowlanych, w których zostały podane prawdopodobieństwa występowania deszczów miarodajnych p (częstość występowania deszczu C) do przyjmowania w obliczeniach odpływu wody ze zlewni. Prawdopodobieństwa te można utożsamiać z umownymi poziomami oczekiwanej niezawodności funkcjonowania dróg i dlatego zostały one powiązane z ich klasami oraz funkcjami, co pokazano w tabeli 1.

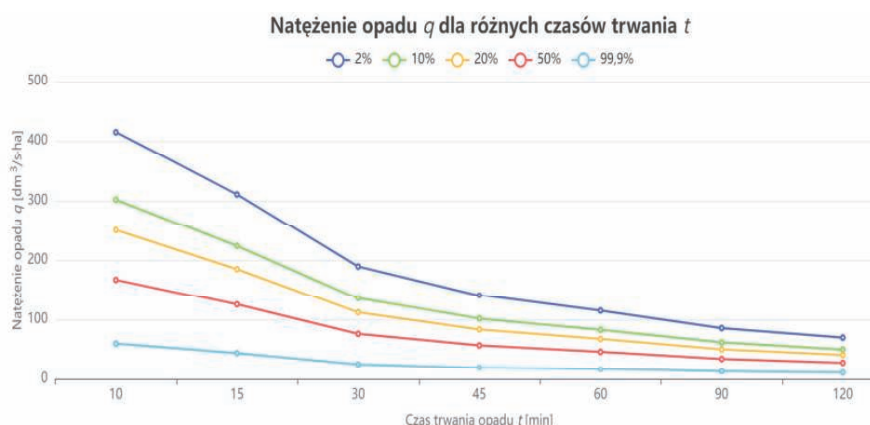
Niezależnie od zaleceń poda-

Tab. 1. Zalecane do stosowania w obliczeniach urządzeń do odwodnienia prawdopodobieństwa p (częstości C) występowania deszczów miarodajnych

Odwadniane drogi lub ich części		Prawdopodobieństwo p [%]	Częstość C [lata]
Drogi zamiejskie	klasy A lub S	10	10
	klasy GP	20	5
	klasy G lub Z	50	2
	klasy L lub D	100	1
	miejsca obsługi podróżnych przy drogach klasy A lub S	10	10
	parkingi przy drogach klasy GP	20	5
Ulice	tereny mieszkaniowe	≤ 50	≥ 2
	centra miast, tereny usługowe i przemysłowe	≤ 20	≥ 5
	infrastruktura zaliczana do krytycznej z uwagi na funkcjonowanie sieci ulic	10	10
	najbardziej wrażliwe na zalania i podtopienia sekcje infrastruktury (np. wjazdy do tuneli, przejścia i przejazdy podziemne)	5	20



2. Schemat metody postępowania w celu minimalizacji skutków zagrożeń związanych ze zmianami klimatu (źródło: opracowanie własne na podstawie [18])



3. Przykład danych z atlasu opadów IMGW do wyznaczania natężenia opadu (źródło: <https://klimat.imgw.pl/opady-maksymalne>)

nych w tabeli 1 wskazane jest ich rozszerzenie o indywidualną analizę uwzględniającą rzeczywistą rolę określonych odcinków dróg w sieci, niezależnie od ich klasy, ze szczególnym uwzględnieniem krytycznych elementów sieci (np. odcinki dróg w tunelach, dojazdy do mostów, krytyczne połączenia wybranych stref miasta itp.), a także z uwzględnieniem wrażliwości otoczenia dróg na przeciążenia systemu odwodnienia i możliwości oraz zasadność stosowania działań redukujących poziom ryzyka. Potrzeba indywidualnego podejścia do przyjmowania prawdopodobieństwa występowania opadów w obliczeniach urządzeń odwodnienia jest wymiarowanie zbiorników infiltracyjnych z uwzględnieniem wrażliwości otoczenia tych zbiorników na ich przepełnienie. W takich przypadkach na terenach rolniczych mogłoby to być np. prawdopodobieństwo 10%, na terenach mieszkaniowych 5%, a w centrach miast 3%. Ze względu na specyfikę funkcjonowania zbiorników infiltracyjnych są to zalecenia inne niż podane w tabeli 1.

Ogólne ujęcie analizy ryzyka jako skutków zmian klimatu, w tym związanych z opadami deszczu, bardziej szczegółowo opisano w [17]. W tym samym opracowaniu zaproponowano także pokazany na rys. 2 schemat metody postępowania w celu minimalizacji skutków zagrożeń związanych ze zmianami klimatu.

Przy wyborze metod obliczania miarodajnych odpływów wód ze zlewni drogowych w jednoznaczny sposób zaleca się korzystanie z lokalnych probabilistycznych modeli opadowych wykorzystujących nowoczesny warsztat statystyczny. Modele takie, opracowane na podstawie danych opadowych z ostatnich ponad 30 lat, są dostępne i umożliwiają bardziej wiarygodne oszacowanie natężenia deszczu miarodajnego przy założonym prawdopodobieństwie jego wystąpienia [12, 14]. W [10] podano przykłady porównań wyników obliczeń natężeń deszczu miarodajnego przy

zastosowaniu formuły Błaszczyka i danych z atlasu opadów uwzględniającego także regionalne zróżnicowanie charakterystyk opadów. Z porównania tego wyniku, że stosowanie formuły Błaszczyka podanej w [16] powoduje istotne zaniżanie wartości natężenia deszczu miarodajnego, a względny błąd oszacowania tego natężenia może osiągać nawet 50%, w zależności od czasu trwania deszczu, jego prawdopodobieństwa i lokalizacji zlewni. Taki wynik porównań jednoznacznie wskazuje na celowość posługiwania się bardziej aktualnymi modelami opadów.

Na rys. 3 pokazano przykład możliwości wyznaczania natężenia opadów deszczu miarodajnego w wybranym rejonie (przykład danych z Balic k. Krakowa) z wykorzystaniem danych zebranych z 30 lat (1986–2015).

Dysponując takimi danymi jak na przykładowym rys. 3 możliwe jest znacznie szersze niż dotychczas

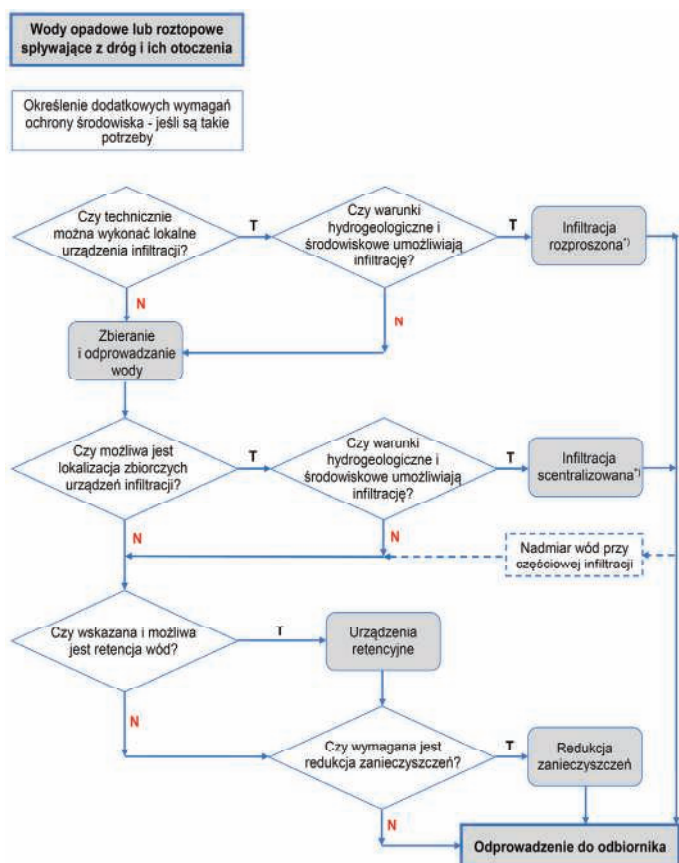
dotychczas dodatkowo szacowanie skutków występowania opadów zaliczanych do ekstremalnych, tj. z prawdopodobieństwem 1÷5%. Analizując np. odcinek autostrady przy zalecanym w przepisach projektowania prawdopodobieństwie deszczu miarodajnego 10% i przykładowym czasie jego trwania 15 minut, otrzymujemy natężenie deszczu miarodajnego 226 l/s/ha, ale jeśli przyjmujemy np., że określony odcinek autostrady jest krytycznym elementem sieci i zasadnym byłoby wyznaczenie natężenia deszczu miarodajnego z prawdopodobieństwem 2%, to wówczas natężenie tego deszczu wyniesie 310 l/s/ha, tj. wartość większą o 37% w stosunku do standardowego założenia. Taka różnica powinna skutkować istotnym zwiększeniem wymiarów urządzeń odwodnienia w podanym przykładzie odcinka autostrady.

Brak ogólnodostępnych krajowych danych o najczęściej występujących przyczynach zawodności urządzeń odwodnienia dróg unie-

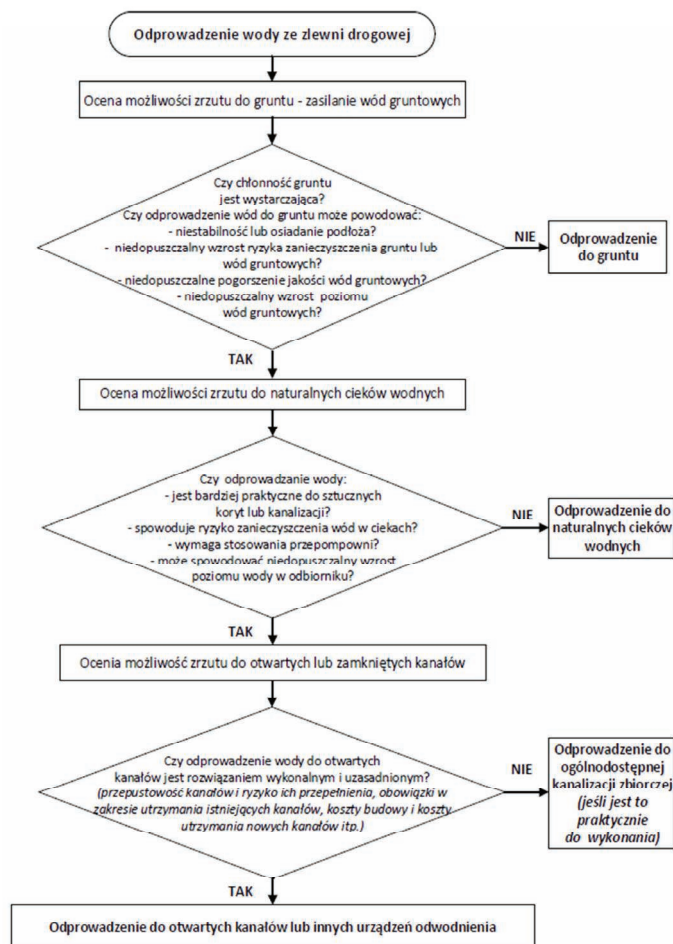
możliwia ocenę stopnia wpływu braku zapewnienia ich wystarczającej przepustowości na wspomnianą zawodność, ale np. w badaniach wykonanych w Szwecji stwierdzono, że niewłaściwy dobór wymiarów urządzeń odwodnienia jest przyczyną ok. 23% wszystkich zakłóceń sprawności ich funkcjonowania [6].

Odprowadzenie wód ze zlewni drogowych

Kolejnym problemem w projektowaniu odwodnienia infrastruktury drogowej jest poszukiwanie takich sposobów odprowadzania wód ze zlewni drogowych, aby minimalizować zakłócenia naturalnych procesów obiegu wody w przyrodzie. Wyjściowym założeniem w tym przypadku powinno być „pozostawianie wód na miejscu wystąpienia opadu”, o ile jest to tylko możliwe ze względu na uwarunkowania techniczne i środowiskowe. Oznacza to stosowanie w znacznie szerszym



4. Schemat blokowy wyboru sposobu postępowania z wodami opadowymi lub roztopowymi (źródło: opracowanie własne na podstawie [4])



5. Schemat blokowy uwarunkowań wyboru sposobu przejścia wód ze zlewni drogowych (źródło: opracowanie własne na podstawie [1])

zakresie niż dotychczas urządzeń infiltracji rozproszonej i zbiorczej oraz retencji wód. Powszechnie stosowane w praktyce zalecenie „możliwie szybkiego odprowadzenia wód z pasa drogowego ulicy do kanalizacji deszczowej” wymaga modyfikacji przez uwzględnienie także innych sposobów zagospodarowania wód spływających ze zlewni drogowej. Przykładem takiej zmiany są zalecenia podane np. w brytyjskich i niemieckich przepisach projektowania [1, 4], co zilustrowano pokazanymi na rys. 4 i 5 schematami wspomagającymi podejmowanie decyzji przy wyborze sposobów odprowadzenia wód.

Zgodnie ze schematem pokazanym na rys. 4 procedura postępowania z wodami opadowymi lub roztopowymi powinna w pierwszym kroku uwzględniać możliwość ich infiltracji w urządzeniach rozproszonych wzdłuż drogi, a jeśli nie jest to możliwe, to należy wody zbierać i odprowadzać do urządzeń infiltracyjnych zbiorczych. Tylko w przypadku braku możliwości zastosowania wspomnianych rozwiązań rekomenduje się odprowadzenie wody do innych odbiorników z dodatkowym zaleceniem stosowania urządzeń retencyjnych. Takie postępowanie powinno być rozważane także w sytuacji dostępności sieci kanalizacyjnych. W przypadku każdego sposobu odprowadzenia wody ze zlewni drogowej konieczna jest analiza stopnia zanieczyszczenia tych wód i potrzeby ich ewentualnego oczyszczania. Podobne podejście do sposobu przejmowania wód ze zlewni drogowych jest pokazane na schemacie na rys. 5, na którym dodatkowo zestawione są praktyczne pytania kontrolne ułatwiające projektantowi podejmowanie decyzji.

Odprowadzanie wód do gruntu z wykorzystaniem urządzeń infiltracji rozproszonej jest stosunkowo mało rozpowszechnioną praktyką, kojarzoną dotychczas głównie z muldami i studniami infiltracyjnymi przy drogach zamiejskich, ale w ostatnich latach pojawia się coraz więcej roz-

wiązań zalecanych do stosowania także w warunkach miejskich. Należą do nich np. wypełnione materiałem filtracyjnym muldy i rowy infiltracyjne, tzw. rigole, nawierzchnie przepuszczalne, powierzchnie infiltracyjne wspomagane przez drenaż, komory rozsączające. Urządzenia te mogą łączyć funkcje infiltracji z funkcją retencji wody. Zalecenia funkcjonalne i techniczne ich stosowania podano m.in. w [5, 9, 18].

Zagadnienia oczyszczania wód spływających ze zlewni drogowej są obecnie powszechnie znane w praktyce projektowej, ale nadal można wskazać na błędy projektowe polegające na pomijaniu lub błędnych ocenach naturalnych metod podczyszczania wód opadowych i roztopowych. Ich podczyszczanie powinno się rozpoczynać już w miejscu ich opadu i na drodze spływu do odbiornika, a w mniejszym stopniu z wykorzystywaniem systemów zbiorczych (scentralizowanych). Podobnie jak w przypadku obliczania natężenia deszczu miarodajnego, również w przypadku oceny potrzeby stosowania podczyszczania wody powinno się stosować analizy ryzyka, z uwzględnieniem wrażliwości odbiorników wody i ich naturalnych właściwości ochronnych. Taki nurt projektowania powinien być rozwijany w aktualizowanych przepisach techniczno-budowlanych.

Kryterium bezpieczeństwa ruchu w projektowaniu odwodnienia dróg

Bezpieczeństwo ruchu jest podstawowym kryterium projektowania i eksploatacji infrastruktury drogowej, co obejmuje także urządzenia odwodnienia powierzchniowego. Istotnymi w tym przypadku są następujące aspekty projektowania:

- sprawne odwodnienie jezdni, ze szczególnym uwzględnieniem miejsc z utrudnionym spływem wody przy pochyleniach wypadkowych mniejszych od $0,5 \div 1,0\%$. Miejscami takimi mogą być nie tylko odcinki ramp dro-

gowych o bardzo małych pochyleniach wypadkowych, ale także odcinki szerokich umocnionych powierzchni, w tym jezdni, o długich liniach spływu wody,

- konstrukcja urządzeń odwodnienia i ich lokalizowanie w taki sposób, aby nie stanowiły one fizycznych przeszkód powodujących poważne skutki w przypadku najechania pojazdem na te urządzenia,
- na odcinkach dróg, które w przypadku ekstremalnych opadów mogą być zalewane należy zapewnić warunki ich dostatecznej wczesnej dostrzegalności i widoczności na zatrzymanie przed przeszkodą, przy założeniu wydłużonej drogi hamowania,
- bezpieczeństwo i komfort ruchu pieszych i rowerzystów poprzez eliminowanie przepływu strug wody po pasach ruchu przeznaczonych dla pieszych i rowerzystów, tak aby nie zmuszać ich do wchodzenia/wjeżdżania na pasy ruchu przeznaczone dla samochodów.

W [7, 15] wykazano, że kluczowymi czynnikami wpływającymi na możliwość poślizgu pojazdów na łuk poziomym są: prędkość pojazdu, promień łuku, przechyłka na łuku, grubość warstwy wody oraz szorstkość nawierzchni. Przy dopuszczeniu w krajach UE używania opon o minimalnej głębokości bieżnika 1,6 mm warstwa wody o grubości 2 mm i więcej będzie stanowić istotne zagrożenie bezpieczeństwa ruchu, już przy prędkości większej od 60 km/h. Takie grubości warstwy wody mogą występować na rampach drogowych, jeśli nie będą one poprawnie skonstruowane, tzn. nie zapewnią spływu wody warstwami o grubości mniejszej niż 1,5 mm. Krytycznymi odcinkami ramp mogą być odcinki o wypadkowym pochyleniu $0,5 \div 1,0\%$, w zależności od szerokości jezdni i innych umocnionych części drogi, z których spływ wody prowadzony jest jedną stru-

gą (warstwą) oraz w zależności od dopuszczalnej prędkości pojazdów. Na grubość warstwy wody wpływa natężenie deszczu, długość odcinka spływu i pochylenie wzdłuż linii spływu wody po jezdni. Dlatego trudno jest w uproszczony sposób podać graniczne wartości pochyłeń wypadkowych powierzchni rampy, przy których grubość warstwy wody nie przekroczy wartości krytycznej związanej z dopuszczalną prędkością, a także teksturą nawierzchni. Na podstawie danych zestawionych w [13] można przyjąć, że rzeczywiste pochylenie wypadkowe jezdni nie może być mniejsze od 0,5%. Jednak spełnienie tego warunku nie jest wystarczające do stwierdzenia, że zapewniony będzie sprawny spływ wody z rampy drogowej. Sprawność spływu rozumiana jako zapewnienie bezpiecznych warunków ruchu powinna być zweryfikowana przez analizę linii spływu wody i sprawdzenie czy grubości warstwy wody nie przekracza granicznej wartości. Przy ustalaniu dopuszczalnej grubości warstwy wody zaleca się uwzględnić dodatkowo dopuszczalną prędkość pojazdów. Tak złożone zależności pomiędzy natężeniem opadu, długością linii spływu wody, pochyleniami wzdłuż linii spływu wody i dopuszczalną prędkością powodują, że dotychczasowe zalecenia w zakresie projektowania ramp drogowych powinny być z powodu potrzeb odwodnienia określane bardziej precyzyjnie.

Na konieczność szczególnie starannego projektowania odcinków ramp drogowych wskazują także dane o wypadkach rejestrowanych w czasie opadów deszczu [8] i na odcinkach ramp. Ryzyko wypadków na odcinkach ramp jest w czasie opadów 2÷4 razy większe niż na odcinkach prostych o suchej jezdni, a udział wypadków z udziałem pojedynczych pojazdów na odcinkach ramp drogowych w czasie opadów deszczu może osiągać 50% [13].

Szczególnie trudnymi do rozwiązania są rampy drogowe projektowane na odcinkach dróg o ma-

łych pochyleniach podłużnych, co utrudnia zapewnienie odpowiednich spadków wypadkowych. W takich sytuacjach projektant, mając na uwadze bezpieczeństwo ruchu, powinien poszukiwać rozwiązań poprawiających sprawność odwodnienia ramp. Rozwiązaniami tymi mogą być:

- zwiększenie pochylenia niwelety drogi na odcinku rampy. Wymaga to jednak dodatkowej kontroli długości linii spływu i grubości warstwy wody,
- zwiększenie promienia łuku poziomego do wartości umożliwiającej pochylenia poprzecznego na łuku takiego samego, jak na prostej. Jest to rozwiązanie zalecane przy małych kątach zwrotu trasy, gdyż zwiększenie promienia łuku w takich przypadkach nie powoduje istotnej zmiany przebiegu trasy drogi,
- zastosowanie warstwy ścieralnej z asfaltobetonu porowatego. Wymaga to zapewnienia niestandardowego odprowadzenia wody z tej warstwy np. przez ścieki o specjalnej konstrukcji z bocznymi wlotami wody, wbudowany w konstrukcję nawierzchni drenaż przy krawędzi jezdni lub ułożenie warstwy drenażowej na poboczu,
- wbudowanie w nawierzchnię zakrytych ścieków przejmujących spływ wody w miejscach przekroczeń dopuszczalnej grubości warstwy wody,
- specjalne konstrukcje rampy z podziałem jej powierzchni na części ze spadkiem wypadkowym zapewniającym sprawny spływ wody (tzw. koperta). W takich przypadkach powstają jednak krawędzie na załamaniach jezdni pogarszające komfort jazdy,
- ograniczenie dopuszczalnej prędkości w czasie występowania opadów deszczu (znaki zmiennej treści lub znaki stałe o wzorze graficznym dopiero planowanym do wprowadzenia),
- rowkowanie powierzchni rampy

w celu ułatwienia spływu wody wytworzonymi rowkami. Jest to sposób dopuszczalny do zastosowania w przypadku istniejących nawierzchni, ale nie zalecany do stosowania bezpośrednio po wykonaniu nowej nawierzchni.

Upowszechnienie w praktyce inżynierskiej powyższych rozwiązań przyczyni się do eliminacji wielu spotykanych dotychczas błędów odwodnienia ramp drogowych.

Podsumowanie

Przedstawiony w artykule przegląd wybranych problemów odwodnienia dróg jest tylko częściowym wskazaniem kierunków koniecznych zmian w praktyce inżynierskiej w nowych ramach prawnych porównujących inżynierom dużą swobodę w zakresie wyboru sposobów i szczegółowych rozwiązań odprowadzania wody ze zlewni drogowych. Poza dostępnymi przykładami tzw. „dobrej praktyki” w odwodnieniu dróg, pozostaje wiele luk wiedzy wymagających jej pilnego uzupełnienia w dostosowaniu do krajowej specyfiki opadów atmosferycznych i gospodarki wodnej, a także budowy i zarządzania infrastrukturą drogową. Taka potrzeba jest zdaniem autora oczywista, mimo iż nie jest ona powszechnie dostrzegana w krajowym środowisku inżynierskim, o czym świadczą wyniki badań ankietowych wykonanych z udziałem autora w grupie 151 jednostek związanych z drogownictwem. Bliższe 70% jednostek w przeprowadzonych w 2018 roku badaniach ankietowych stwierdziło, że nie ma potrzeby wprowadzania zmian dotychczasowych przepisów techniczno-budowlanych w zakresie projektowania odwodnienia. Wbrew temu przekonaniu należy wskazać następujące ogólne problemy, które powinny być przedmiotem dalszych krajowych badań, studiów i analiz:

- rozwój narzędzi analiz ryzyka związanych z projektowaniem i

eksploatacją odwodnienia dróg wraz z prognozami zmian klimatycznych, w tym występowania ekstremalnych opadów i ich skutków w odniesieniu do różnych aspektów funkcjonowania infrastruktury drogowej,

- retencja wód opadowych spływających ze zlewni drogowych i możliwości wykorzystania tych wód do celów gospodarczych,
- zasady monitorowania i określenie wymaganych standardów utrzymania urządzeń odwodnienia dróg jako części ogólnego systemu zarządzania infrastrukturą drogową,
- modele kompleksowego szacowania kosztów odwodnienia dróg w cyklu życia drogi wraz z wpływem odwodnienia na koszty sprawności i bezpieczeństwa ruchu,
- podczyszczanie wód z wykorzystaniem naturalnego potencjału ochronnego gruntu i roślinności.

Wyniki takich badań, studiów i analiz powinny być wykorzystane w opracowaniu uzupełniających zaleceń projektowania i eksploatacji urządzeń odwodnienia dróg. ◀

Materiały źródłowe

[1] Design Manual for Roads and Bridges. Drainage General Information, CG 501 Design of highway drainage systems. Version 2.1.0. <https://www.standardsfor-highways.co.uk> (23.11.2023 r.)

[2] Dz.U. 2022 poz. 1518. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych.

[3] Edel R., Odwodnienie dróg. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa, 2022.

[4] FGSV 539. Richtlinien für Entwässerung von Straßen. REWS – Ausgabe 2021, FGSV Verlag, Köln, 2022.

[5] Hinweise für eine wassersensible Straßenraumgestaltung. Hamburger Regelwerke für Planung und Entwurf von Stadtstraßen. Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation, 2015. <https://www.hamburg.de/contentblob/4458538/e b 8 a d 8 6 c a 2 1 c d 3 0 6 5 b - be624605bfb809/data/wassersensible-strassenraumgestaltung.pdf> (23.11.2023 r.)

[6] Kalantari Z., Folkson L. Road Drainage in Sweden: Current Practice and Suggestions for Adaptation to Climate Change. Journal of Infrastructure Systems. American Society of Civil Engineers. 2013 June. DOI: 10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000119.

[7] Kumar A., Gupta A. Review of Factors Controlling Skid Resistance at Tire-Pavement Interface. Hindawi, Advances in Civil Engineering, 2021(8),1-16. <https://doi.org/10.1155/2021/2733054>

[8] Lee J., Chae J., Yoon T., Yang H. Traffic accident severity analysis with rain-related factors using structural equation modeling – A case study of Seoul City. Accident Analysis and Prevention, 2018, 112, 1–10. DOI:10.1016/j.aap.2017.12.013

[9] Lejcuś K. i inni. Katalog Dobrych Praktyk – Zasady zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi pochodzącymi z nawierzchni pasów drogowych. Gmina Wrocław, Wydział Inżynierii Miejskiej. Wrocław, 2017.

[10] Licznar P. i inni. Empiryczna weryfikacja formuły Błaszczyka do obliczania wartości natężenia deszczu miarodajnego. Ochrona środowiska, 2018, nr 2, vol, 40, 17-22.

[11] Licznar P. i inni. Empiryczna weryfikacja modelu Bogdanowicz-Stachy do obliczania wartości natężenia deszczu miarodajnego. Ochrona środowiska, 2018, nr 3, vol, 40, 21-28.

[12] Licznar P. i inni. Metodyka opracowania polskiego atlasu natężeń

deszczów (PANDA). Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 2020.

[13] Lippold Ch., Vettters A. Ressel W., Alber S. Vermeidung von abflussschwachen Zonen in Verwindungsbereichen. Vergleich und Bewertung von baulichen Lösungen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 319, Bergisch Gladbach, 2019.

[14] Ozga-Zieliński B. i inni. Modele probabilistyczne opadów maksymalnych o określonym czasie trwania i prawdopodobieństwie przewyższenia – projekt PMAXTP. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 2022.

[15] Peng J., Chu L., Wang T., Fwa T.F. Analysis of vehicle skidding potential on horizontal curves. Accident Analysis and Prevention. 2021, Vol. 152, 105960. DOI:10.1016/j.aap.2020.105960

[16] PN-S-02204:1997: Drogi samochodowe – Odwodnienie dróg.

[17] Project No. TR80A 2008:72148 Risk Management for Roads in a Changing Climate. A Guidebook to the RIMAROCC Method - Final version. ERA-NET ROAD. https://www.fehrl.org/index.php?m=32&mode=download&id_file=10736 (22.11.2023 r.)

[18] Sommer H., Post M., Estupinan F. Dezentrale Behandlung von Straßenabflüssen. Übersicht verfügbarer Anlagen, Stand 09/2015. 3. überarbeitete Auflage. http://www.sieker.de/daten/download/DSWT/Broschüre_Dezentrale_Regenwasserbehandlung.pdf (23.11.2023 r.)

Zmiany wynikające z nowego wydania normy PN-EN 50155 oraz ich wpływ na proces oceny i certyfikacji urządzeń elektronicznych

Changes resulting from the new edition of the standard PN-EN 50155 and their impact on the process of evaluation and certification of electronic devices



Kamil Białek

Mgr inż.

Laboratorium Automatyki
i Telekomunikacji, Instytut
Kolejnictwa, Warszawa

kbialek@ikolej.pl

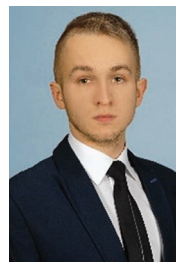


Magdalena Kycko

Dr inż.

Ośrodek Jakości i Certyfikacji,
Instytut Kolejnictwa, Warszawa

mkycko@ikolej.pl



Patryk Wetoszka

Mgr inż.

Laboratorium Automatyki
i Telekomunikacji, Instytut
Kolejnictwa, Warszawa

pwetoszka@ikolej.pl

Streszczenie: W transporcie kolejowym wszystkie stosowane urządzenia, czy systemy muszą spełniać stawiane im wymagania, które opisane zostały w dyrektywach, normach europejskich, rozporządzeniach, czy też kartach UIC. Stąd też, każdy nowy wyrób przed wprowadzeniem na rynek musi przejść stosowne badania w celu potwierdzenia, że dany wyrób jest bezpieczny i nie stwarza zagrożenia dla życia, zdrowia i środowiska. Szereg takich wymagań stawiany jest urządzeniom instalowanym na pojazdach kolejowych. Urządzenia te muszą spełnić między innymi wymagania normy PN-EN 50155:2022-05[5], w związku z tym należy przeprowadzić stosowne badania zgodnie z zapisami normy. Dodatkowo, jeżeli Producenci chcą zdobyć lepszą pozycję swoich wyrobów na konkurencyjnym rynku mogą zgłosić się do jednostki certyfikującej w celu wydania certyfikatu zgodności dla danego wyrobu, na przykład potwierdzającego zgodność wyrobu z normą PN-EN 50155:2022-05[5]. Coraz częściej można spotkać się z tym, że certyfikaty zgodności potwierdzające spełnienie wymagań zgodnie z daną normą są wymagane przez wykonawców inwestycji lub producentów, w szczególności dotyczy to wyrobów/urządzeń instalowanych na pojazdach kolejowych. W związku z powyższym w artykule przedstawiony został zakres zmian wprowadzonych poprzez nowe wydanie normy PN-EN 50155:2022-05[5] oraz ich wpływ na badania, jak i proces certyfikacji wyrobów elektronicznych instalowanych na pojazdach kolejowych.

Słowa kluczowe: Badania; EMC; Certyfikacja Dobrowolna; Ocena Zgodności

Abstract: In rail transportation, all equipment or systems used must meet the requirements placed on them, which are described in directives, European standards, regulations, or UIC charters. For this reason, every new product must undergo the appropriate tests before it is placed on the market in order to confirm that the product is safe and does not pose a threat to life, health and the environment. Among other things, a number of requirements are placed on devices that are installed on railroad vehicles. Among other things, these devices must meet the requirements of the standard PN-EN 50155:2022-05[5], therefore, appropriate tests must be carried out in accordance with the provisions of the standard. In addition, if Manufacturers want to gain a better position for their products in the competitive market, they can apply to a certification body to issue a certificate of conformity for the product, for example, confirming the compliance of the product with PN-EN 50155:2022-05[5]. Increasingly, it is possible to encounter that certificates of conformity confirming compliance with the requirements in accordance with a given standard are required by investment contractors or vehicle manufacturers, in particular, this applies to products/equipment installed on railroad vehicles. Therefore, the article presents the scope of changes introduced by the new edition of the standard PN-EN 50155:2022-05[5] and their impact on testing, as well as the certification process of electronic products installed on railroad vehicles

Keywords: Tests; EMC; Voluntary Certification; Conformity Assessment.

Wprowadzenie

Głównym zadaniem systemu certyfikacji wyrobów jest ochrona rynku przed wyrobami stwarzającymi zagrożenie dla życia, zdrowia i środowiska oraz podnoszenie bezpieczeństwa użytkowania wyrobu. Bezpieczeństwo ma szczególne znaczenie w przypadku wyrobów przeznaczonych dla transportu, a zwłaszcza dla kolejnictwa. Procedury

certyfikacyjne są formalnym instrumentem, który ma zapewnić spełnienie wymagań stawianych wyrobom. Właściwą rolę i wymierne korzyści dla wszystkich zainteresowanych stron może odegrać tylko dobrowolna certyfikacja wyrobów, w której decyzję korzystania z certyfikacji podejmuje samodzielnie producent/dostawca, dla upewnienia się o słuszności dokonanej własnej samooceny, np. w odniesieniu do znako-

wania CE lub zdobycia lepszej pozycji swoich wyrobów na konkurencyjnym rynku. Często również decyzja korzystania z certyfikacji może wynikać z żądania/ warunku odbiorcy, którym może być użytkownik końcowy: eksporter, dystrybutor, organizator przetargu lub zamówienia publicznego.

W odróżnieniu od obowiązkowej certyfikacji, która często bazuje na jednym ściśle określonym podejściu, w

przypadku dobrowolnej certyfikacji celowe jest świadome wybranie rodzaju certyfikacji wyrobu, tak zwanego typu programu certyfikacji (typy programów zdefiniowane są w normie PN-EN ISO/IEC 17067 [6]), do stosowanego do celu, jaki producent lub odbiorca wyrobów chce osiągnąć przez certyfikację. Aby uzyskać stosowny certyfikat do jednostki należy przedłożyć między innymi aktualne badania wykonane zgodnie z wymaganiami danej normy.

W transporcie kolejowym coraz częściej można spotkać się z potrzebą uzyskania certyfikatu zgodności z daną normą przez producentów, którzy chcą swój wyrób wprowadzić na rynek. Między innymi takie wymagania stawiane są producentom urządzeń instalowanych na pojazdach kolejowych, które muszą spełniać wymagania normy PN-EN 50155:2022-05 [5], co można potwierdzić tylko poprzez stosowne badania oraz przeprowadzenie procesu certyfikacji. Przedmiotowe badania powinny być wykonane przez akredytowane laboratoria badawcze. Wymagania normy PN-EN 50155 zostały przedstawione w kolejnych punktach artykułu.

Badania laboratoryjne wyposażenia elektronicznego instalowanego na taborze

Tabor kolejowy ze względu na bezpieczeństwo musi spełniać szereg wymagań związanych m.in. z palnością,

kompatybilnością elektromagnetyczną, odpornością na warunki środowiskowe. W związku z tym wyposażenie elektroniczne również musi zostać przebadane i spełniać wymagania stosownych norm, których wyjściowym dokumentem jest norma PN-EN 50155. Poniżej przedstawiono schemat obrazujący powyższe rodzaje badań laboratoryjnych wymaganych przez normę PN-EN 50155[4][5] – Rys.1.

Eksploatacja wielu urządzeń elektrycznych i elektronicznych na rozległym obszarze kolejowym jest źródłem zniekształcenia środowiska elektromagnetycznego wytwarzanego przez stacjonarne (nadajniki radiowe, telewizyjne, GSM-R, sieć zasilającą i trakcyjną, itd.) lub ruchome (elektryczne zespoły trakcyjne, wagony kolejowe, przenośne nadajniki systemów bezpieczeństwa, itd.) źródła promieniowania [1]. Promieniowanie elektromagnetyczne na obszarze kolejowym wytwarzane jest w sposób celowy – np. sygnały bezprzewodowe systemów bezpieczeństwa, telefonia komórkowa np. GSM – te sygnały wykorzystywane są przez uprawnione służby kolejowe. Promieniowanie elektromagnetyczne niezamierzone wytwarzane przez inne źródła – np. zasilanie energetyczne, trakcję kolejową, odbiorniki dużych prądów i napięć – np. przetwornice trakcyjne, silniki lokomotyw, które występują na tych obszarach [1][2]. Urządzenia za instalowane na taborze powinny być odporne na różnego rodzaju narażenia,

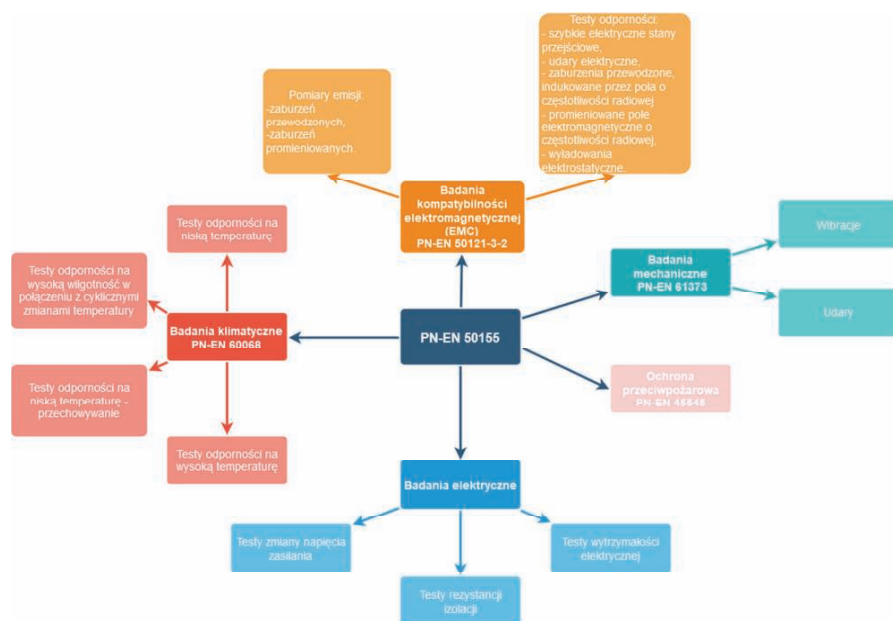
które występują w trakcie eksploatacji. Symulacja skrajnych warunków środowiskowych poprzez badania w komorze klimatycznej są w stanie sprawdzić odporność urządzeń na warunki temperaturowe oraz wilgotnościowe panujące w czterech porach roku. Badania odpornościowe - mechaniczne odzwierciedlające wibracje oraz nagłe wstrząsy mające miejsce w trakcie normalnej pracy pojazdu trakcyjnego. Szeroko rozumiane testy elektryczne wymagane przez poprzednie i obecne wydanie normy PN-EN 50155 [4][5] pozwalają zapewnić bezpieczeństwo i niezawodność w działaniu, podczas użytkowania pasażerów oraz obsługi np. elektrycznych zespołów trakcyjnych, wagonów pasażerskich lub lokomotyw. Spełnienie skomplikowanych zapisów serii norm PN-EN 45545 [3] zawierającej wymagania ochrony przeciwpożarowej gwarantuje odpowiedni poziom komfortu i bezpieczeństwa osób korzystających z taboru.

Badania laboratoryjne według nowego wydania normy PN-EN 50155:2022-05

W dniu 9 maja 2022 roku zostało opublikowane nowe wydanie normy PN-EN 50155 [5], która przedstawia wymagania dla wyposażenia elektronicznego instalowanego na taborze. Przedmiotowa norma dotyczy całego wyposażenia elektronicznego przeznaczonego do sterowania, regulacji, zabezpieczenia, diagnostyki, zasilania w energię itp. montowanego w pojazdach szynowych. W niniejszym dokumencie wyposażenie elektroniczne zostało określone, jako wyposażenie złożone z podzespołów elektronicznych (np. rezystory, kondensatory, tranzystory, diody, układy hybrydowe, układy scalone do konkretnych zastosowań, elementy z uzwojeniami i przekładniki) i zidentyfikowanych powiązanych podzespołów (np. złącza, części mechaniczne).

Nowe wydanie normy z maja 2022 roku wprowadziła kilka istotnych zmian w części merytorycznej oraz formalnej treści normy. Zostało uszczegółowionych wiele zapisów pozwalających rozwiązać wątpliwości w interpretowaniu zapisów dokumentu.

Najistotniejszą kwestią jest zmiana w zakresie metody badań



1. Podział badań według normy PN-EN 50155 [4][5]

klimatycznych zawartych w rozdziale 13 w/w normy. Dokonano modyfikacji czasu uruchomienia urządzeń badanych w trakcie konkretnych testów (odporność na zimno, ciepło, cykliczne zmiany temperatury i wilgotności). W celu przejrzystego zaprezentowania zmian, które wprowadziło nowe wydanie normy w tym zakresie przedstawiono wykresy z zaznaczonymi istotnymi modyfikacjami – Rys. 2-4.

Zaprezentowane wykresy z obu wydań norm, pozwalają zaobserwować zmianę w metodyce ukierunkowaną na weryfikację wielokrotnego i poprawnego włączania urządzenia badanego w trakcie testów – Rys. 2,3. Zastosowanie się do nowych wymagań normy pozwala zweryfikować, czy urządzenie jest w stanie pod wpływem narażeń (np. temperatura -40°C) prawidłowo rozpocząć normalną pracę. W przypadku badania odporności na cykliczne zmiany wilgotności i temperatury dodany został aspekt kilkukrotnego restartu urządzenia w końcowej fazie badań – Rys. 4. Pozwoli to sprawdzić funkcjonalność badanego urządzenia w dość trudnych warunkach środowiskowych (np. wilgotność 97%, temperatura 55°C).

Dodatkowo w nowym wydaniu normy PN-EN 50155:2022-05 [5] dokonano zmiany w badaniu elektrycznym dotyczącym odporności na zanik napięcia. Autorzy normy zdecydowali się na zmianę czasu narastania/ opadania napięcia z wartości $50\mu\text{s}$ na $100\mu\text{s}$ – Rys. 5. Jest to znaczna zmiana z punktu widzenia dostępności aparatury badawczej, która pozwala przeprowadzić tego typu próbę. Korekta wartości pozwoli na wykonywanie tego typu badania większej ilości przyrządom pomiarowym, co poszerzy rynek dostępnej aparatury badawczej. Pozostałe wartości poziomów badań m.in. procentowe zmiany, zapady napięcia zasilania pozostały bez zmian.

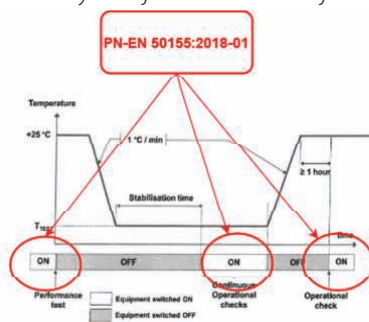
Proces certyfikacji

Poza certyfikacją obowiązkową, związaną ze spełnieniem wymagań dyrektyw Unii Europejskiej, istnieje też termin certyfikacja dobrowolna. To proces mający na celu wydanie oświadczenia o tym, że dany wyrób spełnia określone

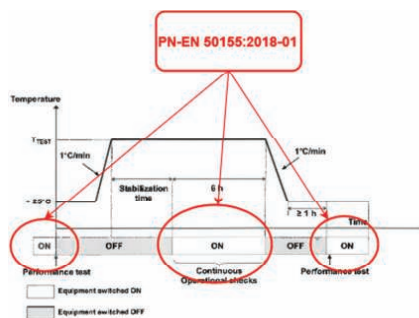
wymogi. Dobrowolna certyfikacja wyrobu może dotyczyć ogólnie uznanych norm, takich jak te formułowane przez Międzynarodową Organizację Normalizacyjną (ISO), bądź wewnętrznych przepisów ustalonych przez jednostki certyfikujące. Głównym zadaniem certyfikacji dobrowolnej jest stworzenie zaufania w relacji dostawca-klient lub dostawca-władze kraju, w którym dana certyfikacja ma moc obowiązującą.

Certyfikacja dobrowolna jest dowo-

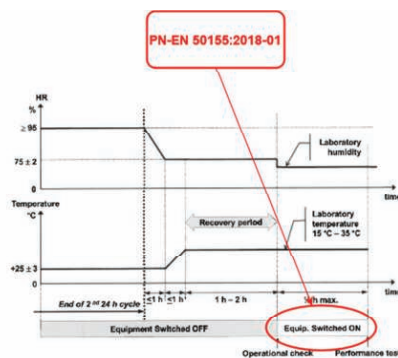
dem na to, że produkt spełnia najwyższe standardy jakości i bezpieczeństwa. Wyroby posiadające certyfikację jednostki niezależnej wzbudzają większe zaufanie użytkowników, aniżeli wyroby objęte wyłącznie deklaracją producenta. Oznakowanie przyjęte w ramach certyfikacji dobrowolnej to także dobry ruch marketingowy, który pozytywnie wpływa na wizerunek marki i buduje jej świadomość. Ponadto certyfikacja dobrowolna umożliwia znalezienie niszy



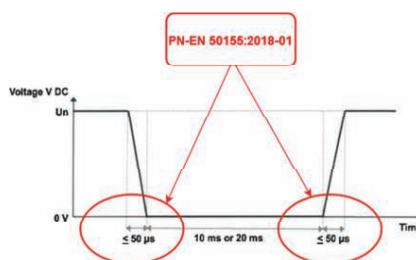
2. Porównanie metod badawczych odporności na niskie temperatury według norm PN-EN 50155 [4][5]



3. Porównanie metod badawczych odporności na wysokie temperatury według norm PN-EN 50155 [4][5]



4. Porównanie metod badawczych odporności na cykliczne zmiany wilgotności i temperatury według norm PN-EN 50155[4][5]



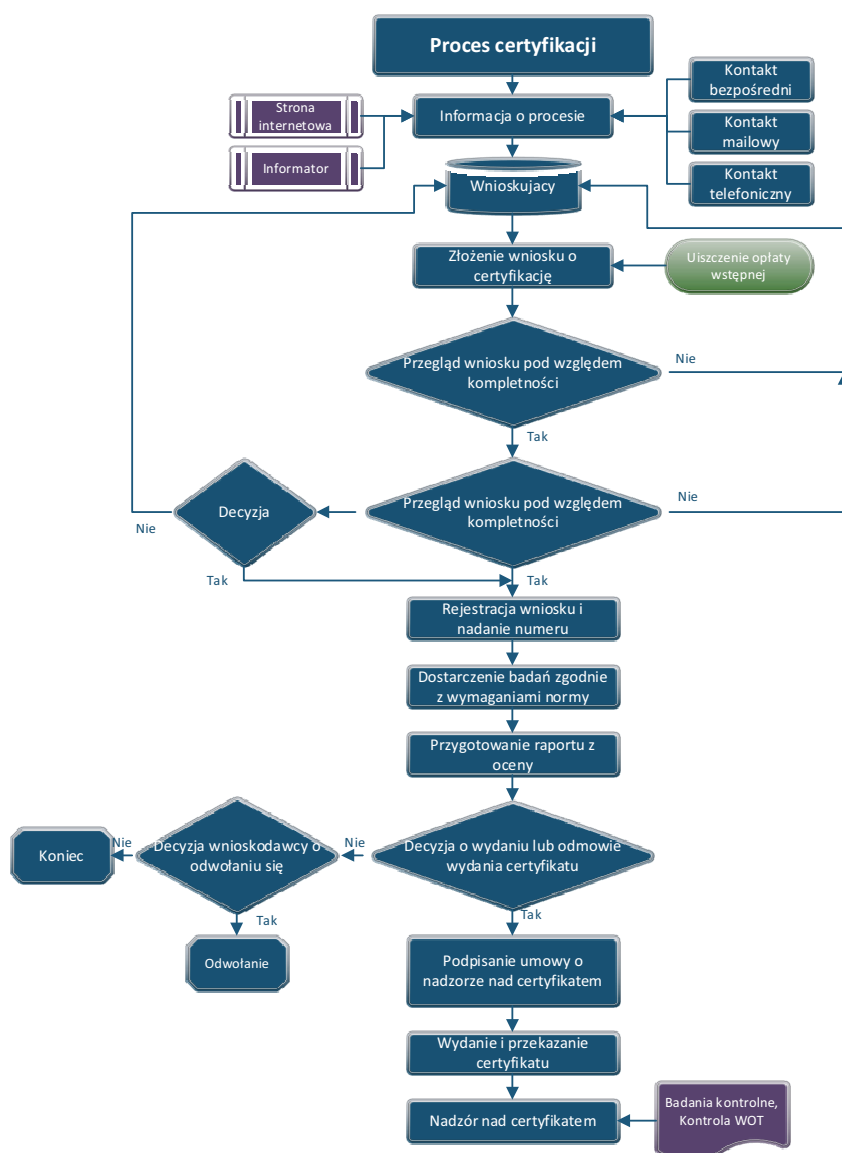
5. Porównanie metod badawczych odporności na zaniki napięcia według norm PN-EN 50155[4][5]

Tab. 1. Typy programów certyfikacji wyrobów wg. PN-EN ISO/IEC 17067

Działania w zakresie oceny zgodności w procesie certyfikacji	Typ programu certyfikacji*					
	1a	1b	2	3	4	5
Działania dla wydania certyfikatu						
Ocena wyrobu - badanie próbki wyrobu	X	X	X	X	X	X
Ocena produkcji - inspekcja fabryczna przedlicencyjną				X	X	X
Przegląd wyników oceny	X	X	X	X	X	X
Decyzja certyfikacyjna	X	X	X	X	X	X
Dokumenty certyfikacyjne	X	X	X	X	X	X
Certyfikat zgodności	X	X	X	X	X	X
Licencja - udzielenie prawa do stosowania znaku zgodności		X	X	X	X	X
Certyfikat zgodności dla partii		X				
Nadzór po wydaniu certyfikatu						
Badania kontrolne wyrobów pobranych z rynku			X		X	X
Badania kontrolne wyrobów pobranych z fabryki				X	X	X
Okresowa ocena produkcji - inspekcja fabryczna rutynowa				X	X	X
Audyty systemu zarządzania, inspekcja rutynowa z losowymi badaniami wyrobów						X

* Pominięto typ programu 6 dotyczący procesów

** Często ocena ta nazywana jest „Badanie typu”. Nic oznacza to jednak badania wg programu badań „pełnych” określonych w normie, lecz badanie odnoszące się do jednoznacznie zdefiniowanego typu wyrobu w zakresie wyspecyfikowanych wymagań.



6. Schemat procesu certyfikacji

rynkowej dla produktu oraz wprowadzenie go do sprzedaży.

Przebieg procesu certyfikacji zależy od zastosowanego programu certyfikacji, które zdefiniowane są w normie PN-EN ISO/IEC 17067 [6]. Każda jednostka certyfikująca przed uzyskaniem akredytacji musi wybrać typ programu, według którego będzie realizowała procesy certyfikacji oraz opracować stosowne programy certyfikacji, które następnie muszą zostać uznane i objęte zakresem akredytacji przez Polskie Centrum Akredytacji (PCA). Uzyskanie akredytacji przez jednostkę certyfikującą dodatkowo wiąże się z koniecznością posiadania w danym zakresie stosownych procedur oraz kompetencji.

Programy certyfikacji przedstawione zostały w tabeli nr 1.

Najczęściej stosowana procedura kwalifikacji wyrobów, która również wdrożona jest w Instytucie Kolejnictwa, dotyczy następujących elementów oceny zgodności:

- badanie wyrobów,
- ocena warunków techniczno-organizacyjnych u dostawców,
- nadzór w okresie ważności certyfikatu nad wyrobem i systemem jakości dostawcy.

Proces certyfikacji rozpoczyna się od złożenia wniosku wraz z kompletem badań do wybranej, akredytowanej jednostki certyfikującej. Etapy procesu certyfikacji przedstawione zostały na poniższym schemacie.

Procesy realizowane przez Instytut Kolejnictwa

Instytut Kolejnictwa działalność certyfikacyjną (kwalifikacyjną) rozpoczął w 1994 r. na mocy zarządzenia nr 32 Dyrektora Generalnego PKP z dnia 2 sierpnia 1994 r. Od roku 2011 Instytut Kolejnictwa, jako instytut badawczy kontynuuje działalność certyfikacyjną w oparciu o statut zatwierdzony przez Ministerstwo Infrastruktury.

Obecnie Ośrodek Jakości i Certyfikacji prowadzi w ramach Instytutu Kolejnictwa certyfikację wyrobów zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17065:2013-03 [7]. Proces certyfikacji ma na celu potwierdzenie spełnienia wymagań określonych w przepisach

krajowych lub europejskich. Producent danego wyrobu powołując się na wydany przez upoważnioną jednostkę certyfikat, deklaruje na własną i wyłączną odpowiedzialność, że dany wyrób jest zgodny z badanym typem wyrobu i spełnia wszystkie stosowne wymagania.

Sam przebieg procesu certyfikacji jest uzależniony od wymagań oraz zakresu realizowanej oceny.

Ośrodek Jakości i Certyfikacji posiada stosowne kompetencje i realizuje procesy certyfikacji jako jednostka notyfikowana, wyznaczona, organizacyjna oraz inspekcyjna. Aby móc pełnić te role Instytut Kolejnictwa posiada w tym zakresie następujące akredytacje:

- AC 128 Jednostka certyfikująca wyroby
- AK 029 Jednostka inspekcyjna

Ośrodek Jakości i Certyfikacji Instytutu Kolejnictwa od wielu lat realizuje procesy certyfikacji w obszarze dobrowolnym na zgodność z daną normą lub dokumentem normatywnym. Obecnie Ośrodek realizuje procesy certyfikacji w zakresie akredytacji AC128 zgodnie z dwoma programami certyfikacji:

- PCW-01 Kruszywa na podsypkę kolejową
- PCW-02 Wyroby dla kolejnictwa.

Ośrodek Jakości i Certyfikacji Instytutu Kolejnictwa przede wszystkim realizuje procesy certyfikacji w odniesieniu do norm oraz dokumentów normatywnych, które objęte są zakresem akredytacji AC128. Wykaz norm, przedstawiony jest na rysunku 7.

Podsumowanie

Głównym zadaniem systemu certyfikacji wyrobów jest ochrona rynku przed wyrobami stwarzającymi zagrożenie dla życia, zdrowia i środowiska oraz podnoszenie bezpieczeństwa użytkowania wyrobu. W związku z tym proces badań, jak i certyfikacji wyrobów, jest niezmiernie ważny z punktu widzenia bezpieczeństwa. Kolejne wydania norm z lat: 2007, 2018, 2022 doprecyzowują zapisy, które nie były jednoznaczne z punktu widzenia Laboratoriów. Najnowsze wydania nieustannie rozszerzają zakresy badawcze, zwiększają limity

w ślad za ciągłym rozwojem techniki i zapotrzebowaniem rynku.

Badania wymagane przez normę PN-EN 50155 [5] wykonane przez laboratorium posiadające akredytację Polskiego Centrum Akredytacji dają pewność wiarygodności przeprowadzonych testów. Instytut Kolejnictwa w ramach akredytacji Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji (AB310) oraz Laboratorium Badań Materiałów i Elementów Konstrukcji (AB369) posiada kompetencje oraz możliwości badawcze do wykonania niezbędnych badań, w celu spełnienia wymagań aktualnego wydania normy PN-EN 50155 [5]. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Paś, J.; Rosiński, A.; Wetoszka, P.; Białek, K.; Klimczak, T.; Siergiejczyk, M. Assessment of the Impact of Emitted Radiated Interference Generated by a Selected Rail Traction Unit on the Operating Process of Trackside Video Monitoring Systems. Electronics 2022, 11, 2554,
- [2] Mollerstedt, E.; Bernhardsson, B.

Out of control because of harmonics-an analysis of the harmonic response of an inverter locomotive. in IEEE Control Systems Magazine, vol. 20, no. 4, pp. 70-81, Aug. 2000, doi: 10.1109/37.856180

- [3] PN-EN 45545-7:2013-07 Kolejnictwo -- Ochrona przeciwpożarowa w pojazdach szynowych -- Część 7: Wymagania w zakresie bezpieczeństwa pożarowego dla instalacji cieczy palnych i gazów palnych
- [4] PN-EN 50155:2018-01 Zastosowania kolejowe -- Tabor -- Wyposażenie elektroniczne
- [5] PN-EN 50155:2022-05 Zastosowania kolejowe -- Tabor -- Wyposażenie elektroniczne
- [6] Norma PN-EN ISO/IEC 17067:2014-01. Ocena zgodności - Podstawy certyfikacji wyrobów oraz wytyczne dotyczące programów certyfikacji wyrobów., (n.d.).
- [7] PN-EN ISO/IEC 17065:2013-03 Ocena zgodności - Wymagania dla jednostek certyfikujących wyroby, procesy i usługi, (n.d.)

Rodzaj działalności:			
CERTYFIKACJA ZGODNOŚCI WYROBÓW			
Nazwa wyrobu / grupy wyrobów	Program certyfikacji ¹⁾	Norma / dokument normatywny ²⁾	ICS
Kable i przewody elektryczne	PCW - 02	PN-E-90090 PN-EN 50149 PN-E-90081	29.060
Elektroenergetyczne sieci przesyłowe i rozdzielcze		PN-IEC 1089	29.240
Izolatory		PN-E-91112 PN-EN 60383-1	29.080
Materiały i zespoły dla kolejnictwa		PN-C-94134 PN-EN 13260 PN-EN 13261 PN-EN 13262	45.040
Pojazdy szynowe i wyposażenie		UIC – Kodex 510-3 UIC – Kodex 515-4 UIC – Kodex 615-4 UIC – Kodex 826 UIC – Kodex 833 PN-K-88156 PN-K-88176 Dokument Normatywny DN 001/06 PN-K-02511 PN-EN 45545-2 PN-EN 50155	45.060
Wyposażenie metra, tramwaju i szybkiej kolei		Dokument Normatywny DN 001/2020	45.140
Szyny i elementy konstrukcyjne linii kolejowych		PN-EN 13230-1 PN-EN 13230-2 PN-EN 13230-4 PN-EN 13481-2	93.100
		PN-D-95014	79.040
		PN-D-95006	45.080
Środki myjące przeznaczone do zewnętrznego i wewnętrznego mycia taboru szynowego		Dokument Normatywny DN 001/07	71.100.40
Materiały mineralne	PCW – 01	Id-110	91.100.15

7. Zakres akredytacji Instytutu Kolejnictwa

Q7-BL-TR | Eurobalisa przełączalna



rmRailProtector4.0[®]

Rozwiązania dla
ERTMS | ETCS - L1



Poręczny uchwyt ułatwiający
przenoszenie



Eurobalisa **Q7-BL-TR** produkcji firmy Rail-Mil jest jednym z produktów należących do rodziny **Q7 – rmRailProtector4.0[®]**, która została zaprojektowana specjalnie z myślą o wymogach oraz funkcjonalności systemów ERTMS i ETCS.

Podstawowe parametry urządzenia:

Eurobalisa o zmniejszonym rozmiarze
Obsługuje uniwersalny interfejs C, zgodny z wymaganiami SUBSET-036, umożliwiający współpracę z koderem LEU dowolnego producenta
Stopień szczelności obudowy IP67
Programowanie odbywa się bezprzewodowo, z wykorzystaniem dedykowanego programatora eurobalis Q7-UPKE
Posiada możliwość zablokowania interfejsu, dzięki czemu staje się niewidoczna dla przejeżdżającego pociągu

Rail-Mil sp. z o.o. jest polską firmą działającą w obszarze elektroniki i automatyki przemysłowej, która skupia się na oferowaniu kompletnych oraz innowacyjnych rozwiązań dla sektora kolejowego i wojskowego. Rozwiązania te oparte są na sprzęcie własnej produkcji, lub od wiodących na rynku zagranicznych partnerów. Naszym głównym celem jest dostarczanie polskich, nowoczesnych i niezawodnych rozwiązań na światowym poziomie dostosowanych do konkretnych potrzeb klienta. W celu zapewnienia najwyższej jakości proponowanych rozwiązań prowadzimy bliską współpracę z najlepszymi jednostkami naukowo-badawczymi w Polsce oraz renomowanymi partnerami zagranicznymi takimi jak m.in.: Ansys Inc., VIAVI Solutions, ERTMS Solutions, RedHat oraz Adlink.

Posiadamy certyfikaty: PN-EN ISO 9001:2015 oraz AQAP 2110:2016



Więcej na temat
ETCS i ERTMS:
www.ertms.net



Zakłady Automatyki Kombud SA
ul. Wrocławska 7, 26-600 Radom
+48 48 389 43 01

PDP - POWIADAMIANIE DRÓŻNIKÓW PRZEJAZDOWYCH

Podnosi poziom bezpieczeństwa i skraca czas zamknięcia przejazdów kolejowych kategorii A.

- dzięki integracji z systemem zdalnego sterowania i kierowania ruchem usprawnia proces prowadzenia ruchu
- pozwala na krótszy czas zamknięcia przejazdu
- zmniejszenie ryzyka wystąpienia błędów ludzkich
- monitoring pracy dróżnika umożliwia zdalną kontrolę jego obecności
- usprawnienie komunikacji z sąsiednimi posterunkami dzięki przesyłaniu informacji o sytuacjach szczególnych

FUNKCJE SYSTEMU PDP:

- dwukanałowa sygnalizacja alarmowa
- mechanizm kontroli obecności
- dwukierunkowa komunikacja
- rejestracja zdarzeń i powiadomień
- administrowanie i kontrola dostępu
- sygnalizacja alarmów i usterek
- samokontrola systemu
- automatyczne informacje dla sąsiednich posterunków

#TRANSFORMUJEMY TRANSPORT

