

Kodeks Dobrych Praktyk - Część V - Systemy WIM

- Wersja: 0.2.1 (beta)

Spis treści

- 1. Wprowadzenie
 - 1.1. Cel
 - 1.2. Autorzy
 - 1.3. Licencja
- 2. Podstawy
 - 2.1. Definicja
 - 2.2. Zastosowania
 - 2.2.1. Ochrona dróg
 - 2.2.2. Bezpieczeństwo
 - 2.2.3. Uczciwa konkurencja
 - 2.3. Podział ze względu na prędkość
 - 2.3.1. LS-WIM
 - 2.3.2. HS-WIM
 - 2.4. Podział ze względu na zastosowanie
 - 2.4.1. WIM-S
 - 2.4.2. WIM-P
 - 2.4.3. WIM-E
 - 2.5. Standardy
 - 2.5.1. COST323
 - 2.5.2. OIML R-134
 - 2.5.3. TLS 2012
 - 2.5.4. ASTM E1318-09
 - 2.5.5. NMi
 - 2.5.6. GDDKiA WIM
- 3. Pojazd
 - 3.1. Definicja
 - 3.2. Kategoria
 - 3.2.1. TLS
 - 3.2.2. COST
 - 3.2.3. FHWA
 - 3.2.4. GDDKiA
 - 3.2.5. EURO
 - 3.2.6. Sylwetka
 - 3.3. Osie
 - 3.3.1. Koło
 - 3.3.2. Koła bliźniacze
 - 3.3.3. Oś pojedyncza
 - 3.3.4. Grupa osi
 - 3.3.5. Oś sterująca
 - 3.3.6. Oś napędowa

- 3.4. Człony
 - 3.4.1. Pojazd pojedynczy
 - 3.4.2. Zespół pojazdów
 - 3.4.3. Przyczepa
 - 3.4.4. Ciągnik
 - 3.4.5. Naczepa
 - 3.4.6. Pojazd członowy / Przegub
- 3.5. Ładunek
 - 3.5.1. Autotransporter
 - 3.5.2. Cysterna
 - 3.5.3. Kontenerowiec
 - 3.5.4. Dłżyca
 - 3.5.5. Wywrotka
 - 3.5.6. Plandeka
 - 3.5.7. Betonomieszarka
 - 3.5.8. Śmieciarka
- 4. Pomiary
 - 4.1. Definicja
 - 4.2. Jednostki
 - 4.3. Kompletność
 - 4.4. Detekcja pojazdu
 - 4.5. Znacznik czasu
 - 4.6. Lokalizacja pomiaru
 - 4.7. Pas ruchu
 - 4.8. Kierunek jazdy
 - 4.9. Kategoria pojazdu
 - 4.10. Sylwetka pojazdu
 - 4.11. Waga pojazdu
 - 4.12. ESAL
 - 4.13. Prędkość pojazdu
 - 4.14. Wymiary pojazdu
 - 4.15. Osie
 - 4.16. Koła bliźniacze
 - 4.17. Identyfikacja pojazdu
 - 4.18. Towary niebezpieczne
 - 4.19. Środowisko
- 5. Naruszenia
 - 5.1. Podstawy prawne
 - 5.2. Przeciężenia
 - 5.3. Przewymiarowania
 - 5.4. Przekroczenie prędkości
 - 5.5. Zwalnianie i przyspieszanie
 - 5.6. Omijanie pola pomiarowego
 - 5.7. Limity
 - 5.8. Progi
 - 5.9. Klasa dokładności
 - 5.10. Konfiguracja
 - 5.11. Wyjątki

- 6. Budowa
 - 6.1. Architektura
 - 6.1.1. Układ pomiarowy
 - 6.1.2. Punkt pomiarowy
 - 6.1.3. System pomiarowy
 - 6.2. Pole pomiarowe
 - 6.2.1. HS-WIM-S
 - 6.2.2. HS-WIM-P
 - 6.2.3. HS-WIM-E
 - 6.3. Urządzenia
 - 6.3.1. Czujnik nacisku
 - 6.3.2. Kamera ANPR
 - 6.3.3. Kamera OV
 - 6.3.4. Kontroler CPU
 - 6.3.5. Kontroler WIM
 - 6.3.6. Lidar
 - 6.3.7. Czujnik wysokości
 - 6.3.8. Znak VMS
 - 6.3.9. Stacja pogodowa
- 7. Droga
 - 7.1. Lokalizacja
 - 7.2. Geometria
 - 7.3. Konstrukcja
 - 7.4. Ugięcia
 - 7.4.1. Klasy lokalizacji WIM (COST 323):
 - 7.4.2. Pomiar ugięć
 - 7.5. Równość
- 8. Oprogramowanie
 - 8.1. Moduły
 - 8.1.1. Oprogramowanie sterownika WIM
 - 8.1.2. Oprogramowanie „middleware”
 - 8.2. Uwierzytelnianie
 - 8.3. Wizualizacja danych
 - 8.4. Raporty
 - 8.5. Weryfikacja pomiarów
 - 8.6. Bezpieczna transmisja danych
 - 8.7. Szyfrowanie nośników danych
 - 8.8. Podpis elektroniczny
 - 8.9. Anonimizacja
 - 8.10. Bezpieczeństwo informatyczne
 - 8.11. Retencja danych
 - 8.12. Zgłaszanie usterek
- 9. Jakość ważenia
 - 9.1. Wprowadzenie
 - 9.2. Klasy dokładności
 - 9.2.1. COST 323
 - 9.2.2. OIML R134
 - 9.2.3. NMI+
 - 9.2.4. Powiązanie między klasami

- 9.3. Techniczne aspekty kalibracji
 - 9.3.1. Referencyjne urządzenia pomiarowe
 - 9.3.2. Rodzaje pojazdów referencyjnych
 - 9.3.3. Liczba przejazdów
 - 9.3.4. Prędkości pojazdów
- 9.4. Rodzaje testów stacji HS-WIM
 - 9.4.1. Test dopuszczający urządzenie do działania w trybie ciągłym
 - 9.4.2. Coroczne testy sprawdzające
 - 9.4.3. Testy w trakcie wykorzystania urządzenia (in-service)
- 9.5. Podstawy matematyczne
 - 9.5.1. Wstępne ważenie pojazdów oraz wyznaczenie wartości referencyjnych nacisków osi
 - 9.5.2. Definicja możliwych rodzajów estymatorów wartości nacisków - ważenie dynamiczne
 - 9.5.3. Wyznaczenie estymatorów wartości nacisku badanych wielkości - ważenie dynamiczne
 - 9.5.4. Wykorzystanie obliczonych punktów (estymatorów) do określenia klasy jakości preselekcyjnego systemu HS-WIM
- 9.6. Matematyczne podstawy procedur
 - 9.6.1. Wyznaczenie wartości referencyjnych z ważeń stacjonarnych
 - 9.6.2. Obliczenie jakości dla kolejnych przejazdów - weryfikacja systemu
- 10. Jakość podsystemów
 - 10.1. Wprowadzenie
 - 10.2. Klasyfikacja pojazdów
 - 10.2.1. Stosowane podziały na klasy dokładności klasyfikacji
 - 10.2.1.1. Klasyfikacja OG oraz OG+C
 - 10.2.1.2. Klasyfikacja 5+1
 - 10.2.1.3. Klasyfikacja 8+1
 - 10.2.1.4. Klasyfikacja EURO6
 - 10.2.2. Ocena jakości klasyfikacji
 - 10.2.2.1. Minimalna wielkość zbioru do określenia jakości na zadanym poziomie
 - 10.2.2.2. Tabela absolutnej liczby pojazdów
 - 10.2.2.3. "Unormowana" tabela liczby pojazdów ze względu na udział pojazdów w ruchu
 - 10.2.3. Kryteria oceny klasyfikatora
 - 10.2.3.1. Współczynniki jakości $E1_x$ oraz $P_{E1,x}$
 - 10.2.3.2. Współczynniki jakości $E2_i$ oraz $P_{E2,i}$
 - 10.2.4. Metoda badania liczby pojazdów (skuteczności detekcji)
 - 10.3. Podsumowanie
- 11. Serwis
 - 11.1. Wymagania
 - 11.1.1. Poziom sprawności systemu
 - 11.1.2. Poziom kompletności pomiarów
 - 11.1.3. Jakość detekcji pojazdów
 - 11.1.4. Jakość klasyfikacji pojazdów
 - 11.1.5. Jakość identyfikacji pojazdów
 - 11.1.6. Jakość ważenia pojazdów
 - 11.2. Proces
 - 11.2.1. Zadania
 - 11.2.2. Zdarzenia
 - 11.2.3. Osoby
 - 11.2.4. Harmonogram
 - 11.3. Monitoring
 - 11.3.1. MON-TRM-ENV

- 11.3.2. MON-TRM-STATUS
- 11.3.3. MON-WIM-STATCAL
- 11.4. Testy
- 11.5. Konserwacja
- 11.6. Dokumentacja
 - 11.6.1. Książka serwisowa
 - 11.6.2. Statusy
 - 11.6.3. Raporty
- 12. Legalizacja
 - 12.1. Wprowadzenie
 - 12.2. Wymogi specyficzne dla metrologii legalnej
 - 12.2.1. Minimalny zakres temperatur roboczych
 - 12.2.2. Prędkość robocza
 - 12.2.3. Zakres ważenia
 - 12.2.4. Błędy graniczne
 - 12.2.5. Jednostki miary
 - 12.2.6. Działka elementarna
 - 12.3. Wymogi dodatkowe
 - 12.3.1. Pamięć danych
 - 12.3.2. Odporność na pył i wodę
 - 12.3.3. Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC)
 - 12.3.4. Zasilanie
 - 12.3.5. Oprogramowanie podlegające legalizacji metrologicznej
 - 12.3.6. Środki zapewniające bezpieczeństwo oprogramowania
 - 12.3.7. Bezpieczeństwo sprzętu i oprogramowania
 - 12.3.8. Wymogi instalacyjne
 - 12.3.8.1. Informacje ogólne
 - 12.3.8.2. Geometria jezdni
 - 12.3.8.3. Charakterystyka jezdni
 - 12.4. Oznakowanie przyrządów pomiarowych
 - 12.4.1. Oznaczenia na przyrządzie
 - 12.4.2. Wykonanie oznakowania
 - 12.4.3. Cechy legalizacyjne
 - 12.5. Proces zatwierdzania typu
 - 12.5.1. Kontrola cech zewnętrznych
 - 12.6. Symulowane próby eksploatacyjne prowadzone w laboratorium
 - 12.6.1. Badania odporności na wpływ środowiska zewnętrznego
 - 12.6.1.1. Badania odporności wagi na oddziaływania fizyczne
 - 12.6.1.1.1. Badanie odporności na wibracje losowe
 - 12.6.1.1.2. Badanie wytrzymałości na uderzenia
 - 12.6.1.2. Badania odporności na warunki atmosferyczne
 - 12.6.1.2.1. Badanie odporności na temperatury graniczne
 - 12.6.1.2.2. Odporność na temperatury robocze
 - 12.6.1.2.3. Odporność na wilgotność powietrza
 - 12.6.1.2.4. Odporność na pył i wodę
 - 12.6.1.3. Badania kompatybilności elektromagnetycznej (EMC)
 - 12.6.1.3.1. Odporność na zakłócenia przewodzone wywołane przez pola o częstotliwości radiowej
 - 12.6.1.3.2. Odporność na promieniowanie pola elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej
 - 12.6.1.3.3. Odporność na wyładowania elektrostatyczne

- 12.6.1.3.4. Odporność na szybkie elektryczne stany przejściowe / serie zakłóceń impulsowych
- 12.6.1.3.5. Odporność na przepięcia
- 12.6.1.3.6. Odporność na pola magnetyczne o częstotliwości sieciowej
- 12.6.1.3.7. Odporność na spadki napięcia w sieci prądu przemiennego
- 12.6.1.4. Badanie odporności na wartości graniczne napięcia zasilania prądem przemiennym
- 12.6.2. Drogowe badania dokładności ważenia pojazdów w ruchu
 - 12.6.2.1. Pojazdy kontrolne
 - 12.6.2.2. Wagi kontrolne
 - 12.6.2.3. Badania dokładności ważenia pojazdów w ruchu
 - 12.6.2.4. Badania granic prędkości roboczych
 - 12.6.2.5. Badanie zakresu prędkości roboczych
- 12.7. Legalizacja pierwotna
- 12.8. Legalizacja ponowna
- 13. Odesłania

1. Wprowadzenie

1.1. Cel

Celem niniejszego dokumentu jest usystematyzowanie informacji dotyczących systemów ważenia pojazdów w ruchu (ang. *High Speed Weigh-In-Motion* – HS-WIM) na podstawie szeregu dokumentów zawierających specyfikacje techniczne dotyczące różnych ich aspektów. Dokument stanowi niejako zestawienie, konsolidację i ujednolicenie wiedzy zawartej w takich dokumentach jak COST-323, OIML R-143, BAST TLS-2012, ASTM E1318-09, dokumentacja GDDKiA oraz przepisy prawa obowiązujące Polsce.

W Kodeksie Dobrych Praktyk V zebrano informacje na temat stosowanych rozwiązań technicznych, definicji, klasyfikacji, wymagań, zakresu rejestrowanych danych i stosowanych protokołów komunikacyjnych. Potrzeba opracowania tego dokumentu wynikała z braku jednolitego, krajowego źródła informacji o systemach WIM.

1.2. Autorzy

Dokument został opracowany przez Komitet ds. Architektury i Standaryzacji ITS (KASI), działający przy Stowarzyszeniu ITS POLSKA. Wiodący eksperci i podmioty Polskiego rynku ITS, pod przewodnictwem dr hab. inż. Tomasza Kamińskiego, opracowały kolejną wersję Kodeksu Dobrych Praktyk.

KASI powstał w rezultacie dotychczasowej współpracy firm i organizacji członkowskich działających w ramach Stowarzyszenia i prowadzi prace standaryzacyjne i normalizacyjne w obszarze ITS od maja 2014 r. Podstawowym celem Komitetu jest dążenie do ustanowienia i przestrzegania standardów na rynku Inteligentnych Systemów Transportowych (ITS) w Polsce.

KASI stanowi platformę wymiany wiedzy i doświadczeń między uczestnikami tego dynamicznie rozwijającego się rynku. W ramach swojej działalności Komitet inicjuje i koordynuje działania w zakresie standaryzacji inteligentnych rozwiązań w transporcie oraz współpracuje z kluczowymi instytucjami zajmującymi się ich wdrażaniem. Komitet ma charakter otwarty, a udział w nim jest dobrowolny.

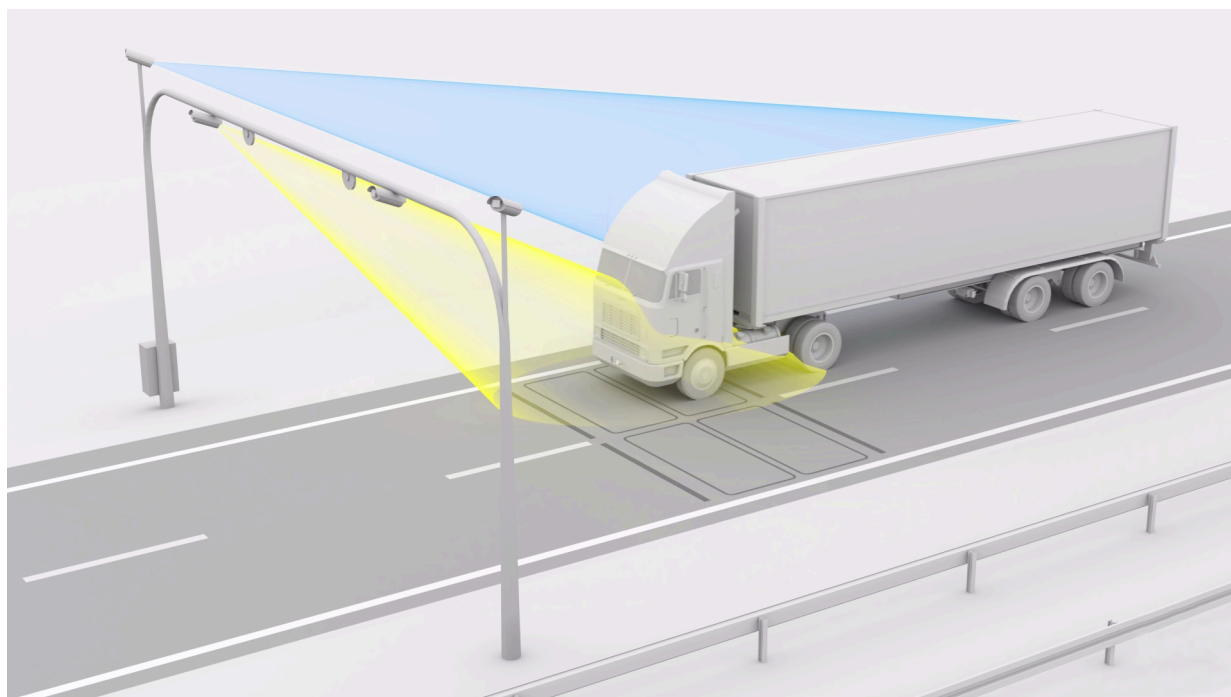
1.3. Licencja

Dokument jest rozpowszechniany na licencji Creative Commons 3.0, która upoważnia do jego bezpłatnego kopiowania i rozpowszechniania.

2. Podstawy

2.1. Definicja

System HS-WIM (ang. *High-Speed Weigh-in-Motion*) służy do automatycznej detekcji i ważenia pojazdów w ruchu. System wykorzystuje do tego specjalny układ sensorów zamontowanych w nawierzchni drogi. Układ ten przygotowany jest w taki sposób, że pojazd ważony jest bez konieczności zatrzymania się czy zwolnienia – może jechać z normalną prędkością przejazdową. Dzięki temu system WIM montowany jest na drogach publicznych i jest w stanie kontrolować wagę każdego przejeżdżającego pojazdu.



Pojazd przejeżdżający przez pole pomiarowe jest automatycznie wykrywany przy pomocy odpowiedniego zestawu czujników. Następnie mierzony jest nacisk każdego koła; naciski kół są sumowane przez co generowany jest nacisk poszczególnych osi i w efekcie ciężar całkowity pojazdu. Dodatkowo mierzona jest precyzyjnie prędkość pojazdu i odstęp między osiami. Na podstawie tych danych specjalizowany komputer wyznacza parametry pojazdu: kategorię, naciski, masę całkowitą, podział na segmenty oraz określa, czy dany pojazd mieści się w określonych przez przepisy limitach.

2.2. Zastosowania

2.2.1. Ochrona dróg

Głównym zadaniem systemów ważenia pojazdów w ruchu jest ochrona sieci dróg przed degradacją. Zużycie zmęczeniowe nawierzchni powoduje spękania, co przyczynia się do niszczenia infrastruktury drogowej. Przez rozpatrywany przekrój drogi może przejechać określona liczba osi pojazdów, które wywierają nacisk na nawierzchnię. Wprowadzono pojęcie standardowych osi równoważnych, aby przeliczać rzeczywiste osie pojazdów na potrzeby określenia obciążenia drogi i projektowania nawierzchni. W Polsce przyjmuje się 100 lub 115 kN. Pojazdy lekkie nie degradują nawierzchni w istotny sposób, w przeciwieństwie do pojazdów ciężarowych. Przeciążone pojazdy uszkadzają nawierzchnię znacznie bardziej niż normatywne. Nawierzchnie asfaltowe uszkadza jeden pojazd przeciążony jak ok. 10000 pojazdów nieprzeciążonych, a betonowe nawet 109 razy bardziej. Wcześniejsze zużycie

nawierzchni pogarsza bezpieczeństwo ruchu drogowego, prowadząc do koleinowania i konieczności kosztownego, przedwczesnego odtwarzania nawierzchni, co obniża przepustowość i bezpieczeństwo.

2.2.2. Bezpieczeństwo

Podczas manewrów, szczególnie w zakrętach i przy zmianie pasa ruchu, przeciążony samochód jest mniej stabilny i trudniej go kierować, co może prowadzić do kolizji i wypadków, zwłaszcza w nagłych sytuacjach. Zawieszenie pojazdu, dostrójone do normatywnych obciążeń, działa inaczej przy przeciążeniu. Hamowanie przeciążonego pojazdu trwa dłużej, ponieważ układ hamulcowy jest zaprojektowany do określonego momentu hamującego, co przy zwiększonej masie pojazdu wydłuża drogę hamowania. To stwarza zagrożenie na drodze, uniemożliwiając zatrzymanie pojazdu na planowanym dystansie. Systemy WIM, wykrywając przeciążone pojazdy, poprawiają bezpieczeństwo na drogach.

2.2.3. Uczciwa konkurencja

Systemy WIM wspierają uczciwą konkurencję wśród przedsiębiorstw przewozowych. Niektórzy przewoźnicy, dążąc do maksymalizacji zysków, przeciążają pojazdy, co redukuje liczbę przejazdów, ale prowadzi do większej degradacji dróg i nieuczciwej konkurencji. Przeciążenie pojazdu o 35% pozwala zredukować liczbę pojazdów z 4 do 3, co zwiększa koszty dla firm używających pojazdów normatywnych. Systemy WIM wspierają uczciwe przedsiębiorstwa, przeciwdziałając takim praktykom.

2.3. Podział ze względu na prędkość

W zależności od prędkości pojazdu w trakcie pomiaru można wyróżnić dwa typy systemów:

2.3.1. LS-WIM

LS-WIM (ang. *Low Speed WIM*) to systemy służące do pomiaru ciężaru pojazdu jadącego powoli. Zwykle instalowane są na dedykowanych pasach wyłączonych z normalnego ruchu drogowego. W związku z koniecznością zapewnienia wysokiej jakości oraz sztywności nawierzchni najczęściej stosowane są płyty betonowe na odpowiednio długim odcinku pasa ruchu. Systemy te zwracają bardzo precyzyjne dane, wadą jest natomiast konieczność

W systemach LS-WIM możliwe jest dodatkowo precyzyjne kontrolowanie zachowania kierowcy w czasie pomiaru – tak aby zminimalizować wpływ efektów dynamicznych na wyznaczany ciężar pojazdu.

2.3.2. HS-WIM

HS-WIM (ang. *High Speed WIM*) to systemy, w których pomiar odbywa się w normalnym ruchu drogowym i jest niezauważalny dla kierowcy. Poza podstawowym pomiarem, systemy HS-WIM dostarczają zazwyczaj szereg dodatkowych informacji, takich jak np. odległości między osiami, prędkość pojazdu, klasa (typ) pojazdu. W połączeniu z dodatkowymi sensorami mogą też do wyników pomiaru automatycznie dołączyć np. zdjęcie pojazdu.

2.4. Podział ze względu na zastosowanie

Systemy WIM można podzielić ze względu na cel ich zastosowania:

2.4.1. WIM-S

WIM-S (ang. *WIM-Statistics*) to systemy służące do rejestracji parametrów pojazdów do celów statystycznych. Nie muszą posiadać elementów do rejestracji dodatkowych informacji o pojeździe, takich jak np. numer rejestracyjny. Służą do oceny ruchu drogowego w celu utrzymania oraz projektowania infrastruktury drogowej czy mostowej.

Ze względu na ograniczenia i zazwyczaj wymagają mniejszej dokładności i można je instalować na drogach, których nawierzchnia nie spełnia najwyższych wymagań.

2.4.2. WIM-P

WIM-P (ang. *WIM-Preselection*) to systemy umożliwiające automatyczne lub manualne przekierowywanie pojazdów o potencjalnie przekroczonej masie na certyfikowane stanowisko pomiarowe w celu dodatkowej weryfikacji i ewentualnego nałożenia kary za naruszenie.

Systemy do preselekcji wyposażane są w systemy kamer w celu zapewnienia podglądu obrazu oraz automatycznego rozpoznawania tablic rejestracyjnych co ułatwia zatrzymanie konkretnego pojazdu w przypadku niezautomatyzowanego stanowiska ważenia certyfikowanego. Systemy te mogą być wykorzystywane również w celach statystycznych. Najczęściej wyposażone w dwa rzędy czujników. Z zasady są dokładniejsze od systemów WIM-S.

2.4.3. WIM-E

WIM-E (ang. *WIM-Enforcement*) to systemy o najwyższej dokładności działania i służą do automatycznego wykrywania i egzekwowania naruszeń. Wyposażone zwykle w trzy (lub więcej) rzędy czujników. Wymagają bardzo dobrej jakości nawierzchni oraz precyzyjnie określonej geometrii drogi (nachylenia wzdłużne i poprzeczne, umieszczenie z dala od mostów, wiaduktów i innych konstrukcji drogowych).

2.5. Standardy

2.5.1. COST323

Francuskie opracowanie [COST 323](#) „Weigh-in-Motion of Road Vehicles for Europe” [\[1\]](#) stanowi podstawowy punkt odniesienia w Europie przy definiowaniu krajowych wymagań dla systemów preselekcyjnych ważenia pojazdów w ruchu. Dokument określa klasy dokładności ważenia, obejmujące pomiar masy całkowitej pojazdu, mas poszczególnych osi, grup osi oraz osi w ramach grupy osi. COST 323 zawiera również procedury testowe dotyczące dokładności pomiaru odległości między osiami, ale nie definiuje wymagań związanych z kompatybilnością elektromagnetyczną (EMC) urządzeń. Przedstawiona metodyka, oparta na aparacie matematycznym i analizie statystycznej, sprawdza się bardzo dobrze w zastosowaniach preselekcyjnych oraz statystycznych, umożliwiając wiarygodne potwierdzanie dokładności działania systemów.

Jednocześnie COST 323 nie nadaje się do wykorzystania w systemach bezpośredniego egzekwowania przepisów (np. karania kierowców na podstawie wyników pomiaru), ze względu na dopuszczalne poziomy błędów. Istotnym elementem dokumentu jest także definicja warunków środowiskowych w kontekście przeprowadzanych testów, obejmujących klasy r1, r2 (dla warunków ruchowych) oraz R1, R2 (dla warunków testowych i instalacyjnych), które pozwalają ocenić zachowanie systemów WIM w zróżnicowanych warunkach eksploatacyjnych. Dzięki temu COST 323 stał się fundamentem dla europejskich norm (np. CEN/TS 15197) oraz dokumentów krajowych, takich jak chociażby polska instrukcja GDDKiA WIM.

2.5.2. OIML R-134

Europejskie rekomendacje [OIML R134-1](#) i [OIML R134-2](#) [\[2\]](#) definiują wymagania metrologiczne, techniczne i środowiskowe dla systemów ważenia pojazdów w ruchu (WIM) o wysokiej dokładności, przeznaczonych głównie do zastosowań legalizacyjnych lub kontrolnych przy niskich prędkościach (LS-WIM), a nie do preselekcyjnych systemów HS-WIM. Część pierwsza (R134-1) opisuje wymagania oraz procedury testowe, a część druga (R134-2) zawiera ujednolicony format raportu testowego (Test Report Format) stosowany przy ocenie typu.

OIML R134-1 definiuje również procedury testowe dla pomiaru masy całkowitej, nacisku pojedynczych osi i grup osi, obejmujące testy powtarzalności, liniowości, stabilności i wpływu prędkości. Standard zawiera wymagania dotyczące parametrów elektrycznych oraz kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) – w Załączniku A określono [m.in.](#) testy zgodne z normami IEC 61000-4-2 (ESD 6 kV/8 kV), IEC 61000-4-4 (szybkie impulsy), IEC 61000-4-5 (przepięcia) i ISO 16750 dla zasilania w pojazdach. Zdefiniowano także testy środowiskowe (temperatura, wilgotność, wibracje, zakłócenia zasilania) oraz szczegółowe procedury oceny poprawności działania systemu w ramach testów typu. Dokument R134-2 uzupełnia te wymagania, dostarczając szczegółowy układ raportu testowego, który obejmuje wyniki testów metrologicznych, środowiskowych i EMC.

2.5.3. TLS 2012

Niemiecki standard [TLS 2012](#) [\[3\]](#) (*Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen 2012*) to standard techniczny opracowany przez Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) – Federalny Instytut Drogownictwa. Dokument ten definiuje kompleksowe wymagania dla systemów pomiarowych zainstalowanych w pasie drogowym, w tym także dla systemów ważenia pojazdów w ruchu (WIM). Jego głównym celem jest zapewnienie, aby dane zbierane przez stacje pomiarowe

– dotyczące obciążenia osi, masy całkowitej pojazdów, prędkości, klasyfikacji i geometrii – były wiarygodne, spójne oraz prawnie użyteczne.

2.5.4. ASTM E1318-09

Amerykański standard [ASTM E1318-09](#) [7] nosi tytuł „*Standard Specification for Highway Weigh-In-Motion (WIM) Systems with User Requirements and Test Methods*” i stanowi jedno z kluczowych opracowań opisujących wymagania dla systemów ważenia pojazdów w ruchu. Dokument określa parametry techniczne, funkcjonalne oraz metody testowania urządzeń służących do dynamicznego pomiaru masy pojazdów poruszających się po drogach. Celem normy jest zapewnienie jednolitych kryteriów dokładności i wiarygodności pomiarów, niezależnie od producenta czy konfiguracji systemu.

Standard opisuje cztery klasy systemów WIM (oznaczone jako typy I–IV), które różnią się poziomem precyzji oraz zastosowaniem – od systemów badawczych o najwyższej dokładności, przez urządzenia służące do nadzoru i klasyfikacji ruchu, aż po rozwiązania statystyczne, gdzie dopuszczalny błąd jest większy. W każdej z tych klas określono dopuszczalne odchylenia pomiarów zarówno dla całkowitej masy pojazdu, jak i dla nacisków poszczególnych osi. Norma definiuje też podstawowe pojęcia związane z pomiarami dynamicznymi, takie jak „wheel load”, „axle load” czy „gross vehicle weight”, oraz przedstawia sposób interpretacji wyników w zależności od warunków drogowych.

W dokumencie dużą uwagę poświęcono procedurom testowym i kalibracyjnym. ASTM E1318-09 opisuje, jak należy przeprowadzać testy porównawcze z użyciem pojazdów referencyjnych ważonych statycznie, aby określić dokładność systemu WIM w warunkach ruchu. Uwzględnia się przy tym czynniki wpływające na wynik, takie jak stan nawierzchni, prędkość pojazdu, temperatura czy geometria pasa ruchu. Standard podaje również zasady lokalizacji i montażu czujników w jezdni, minimalne wymagania dotyczące równości nawierzchni, a także sposób prowadzenia przewodów i zabezpieczenia urządzeń pomiarowych przed wpływem środowiska.

2.5.5. NMI

Holenderski standard [6] opracowany przez organizację NMI (Dutch Metrology Organization) ma na celu ujednolicenie specyfikacji i procedur testowych dla systemów WIM zarówno o wysokiej prędkości (HS-WIM), jak i niskiej prędkości (LS-WIM), w zastosowaniach statystycznych i legalizacyjnych.

Dokument definiuje klasy dokładności oznaczone kodem, w którym litera „S” dotyczy zastosowań statystycznych, a „L” systemów bezpośrednio egzekwujących wykroczenia związane z przeciążeniem pojazdów. Standard zawiera wymagania dotyczące pomiaru nacisków osi i grup osi oraz procedury testowe dotyczące oceny powtarzalności, liniowości i stabilności systemów WIM. W NMI+ się także testy środowiskowe i odporności elektrycznej, obejmujące [m.in.](#) zmiany napięcia zasilania, zakłócenia elektromagnetyczne i odporność na pola elektromagnetyczne (EMC), stosownie do praktyk takich jak IEC/ISO.

Procedury testowe zostały podzielone na trzy poziomy:

1. Homologacja typu
2. Wstępna weryfikacja
3. Weryfikacja eksploatacyjna

– by zróżnicować zakres i intensywność testów w zależności od zastosowania systemu. Twórcy dokumentu przyznają, że opracowany przez nich standard stara się łączyć zalety wcześniejszych norm (ASTM, COST-323, OIML R134) przez co pokrywa zarówno aspekty pomiaru dynamicznego jak i wymogi prawne i eksploatacyjne. Definiuje również bardzo uproszczone testy jakości klasyfikacji.

Dokument kładzie nacisk na niezawodność i spójność certyfikacji, co pozwala by urządzenia certyfikowane wg NMI były uznawane międzynarodowo. Standard dopuszcza stosowanie systemów HS-WIM do bezpośredniego egzekwowania wykroczeń związanych z przeciążeniem pojazdów, co czyni go bardziej elastycznym niż wiele wcześniejszych norm. Ogranicza również skalę definiowanych klas jakości do maksymalnej precyzji 3% na macie całkowitej pojazdu, dając możliwość na zmniejszenie długości trwania testów certyfikacyjnych/sprawdzających.

NMI Standard wymaga także stałego monitoringu jakości (and. *Data Quality Control*) w eksploatacji systemu, aby weryfikować, czy system pozostaje zgodny ze specyfikacjami.

2.5.6. GDDKiA WIM

Polski dokument GDDKiA [11] „Procedura sprawdzania stanowisk do ważenia pojazdów w ruchu (WIM)” oparty jest na standardzie COST323, który definiuje wymagania metrologiczne i techniczne dla systemów WIM. Tak samo jak w COST323, w ramach testu, weryfikowane są parametry takie jak: precyzja wartości masy całkowitej pojazdu, dokładność pomiaru nacisku osi, grupy osi oraz osi w ramach grupy osi. Weryfikowana jest również precyzja zwracanych wartości będących odległością między osiami. Dokument przedstawia wybrany i dostosowany jeden z testów zaproponowanych w COST323.

Dokument jest instrukcją, która dotyczy tylko i wyłącznie sprawdzenia poprawności działania stacji HS-WIM dla zastosowań statystycznych (WIM-S) i preselekcyjnych (WIM-P). Oprócz dokładności ważenia, testowane są również aspekty takie jak detekcja obecności pojazdu w strefie pomiarowej oraz poprawność klasyfikacji pojazdu (w bardzo uproszczonej matematycznie formie).

3. Pojazd

3.1. Definicja

Systemy WIM służą do ważenia *pojazdów*, a dokładniej *pojazdów samochodowych* w ruchu.

Pojazd wg definicji [16] to środek transportu przeznaczony do poruszania się po drodze oraz maszynę lub urządzenie do tego przystosowane, z wyjątkiem urządzenia wspomagającego ruch.

Pojazd silnikowy to pojazd wyposażony w silnik, z wyjątkiem motoroweru, pojazdu szynowego, roweru, wózka rowerowego, hulajnogi elektrycznej, urządzenia transportu osobistego i wózka inwalidzkiego.

Pojazd samochodowy to pojazd silnikowy którego konstrukcja umożliwia jazdę z prędkością przekraczającą 25 km/h; określenie to nie obejmuje ciągnika rolniczego.

3.2. Kategoria

Kategoria pojazdu określa jego budowę i przeznaczenie. Przykładowymi kategoriami są np.:

- motocykl,
- samochód osobowy,
- samochód dostawczy,
- autobus,
- ciężarowy,
- ciężarowy z przyczepą,
- ciągnik siodłowy z naczepą,
- ciężarowy wieloczęłonowy (więcej niż 2 człony),
- itp.

Istnieje wiele klasyfikacji pojazdów opracowanych do różnych celów – w przypadku systemów WIM stosowane są klasyfikacje wspierające proces ważenia, w których rozróżnia się nie tylko główne kategorie (patrz powyżej), ale także przypisuje się odrębną kategorię w zależności od liczby członów (obecność przyczepy lub naczepy) aż po rozróżnienie sposobu grupowania osi.

W następnych punktach opisano różne, używane praktycznie klasyfikacje, wskazując zależności między nimi.


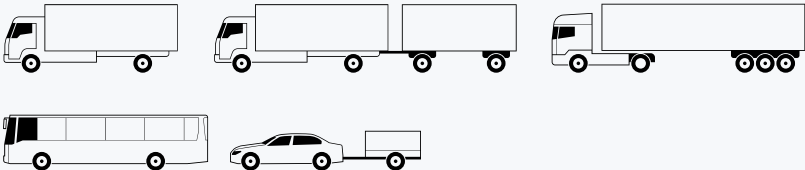
3.2.1. TLS

Niemiecki standard TLS-2012 [3] definiuje trzy typy klasyfikacji pojazdów:

- TLS 2+0
- TLS 5+1
- TLS 8+1

Klasyfikacja pojazdów w tym przypadku bazuje na możliwości automatycznego określenia kategorii pojazdu przy użyciu klasyfikatora pętlowego - zestawu dwóch pętli indukcyjnych zamontowanych w nawierzchni, oddzielnie dla każdego pasa ruchu.



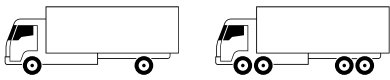

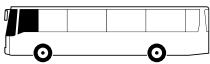
Klasyfikacja 2+0

Kategoria	Kod	Przykłady
osobowy ¹	32	
ciężarowy ²	33	

¹ W dokładnym tłumaczeniu chodzi o pojazdy "podobne do osobowych" - jednoczłonowe

² W dokładnym tłumaczeniu chodzi o pojazdy "podobne do ciężarowych" - w tym także pojazdy osobowe z przyczepami





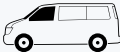
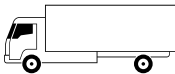
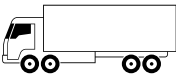
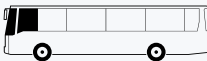
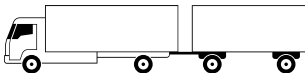
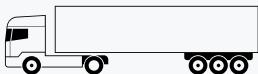
Klasyfikacja 5+1

Kategoria	Kod	Przykłady
osobowy ³	1	
osobowy z przyczepą ⁴	2	
ciężarowy	3	
ciężarowy (zespół)	4	
autobus	5	
inny	6	żaden z powyższych klas

³ W dokładnym tłumaczeniu chodzi o "grupę pojazdów osobowych"

⁴ Dotyczy także pojazdów dostawczych z przyczepą

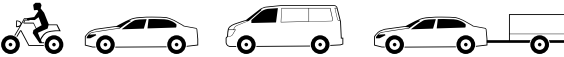

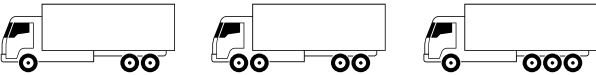

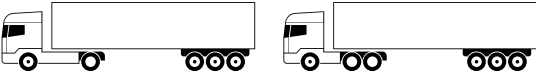
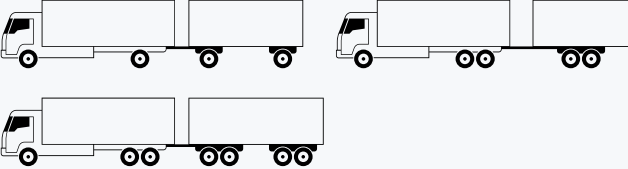
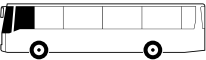
Klasyfikacja 8+1

Kategoria	Kod	Przykłady
motocykl	10	
osobowy	7	
osobowy z przyczepą ⁴	2	 
dostawczy	11	
ciężarowy	3	 
autobus	5	
ciężarowy z przyczepą	8	
ciągnik siodłowy z naczepą	9	
inny	6	żaden z powyższych klas

⁴ Dotyczy także pojazdów dostawczych z przyczepą

3.2.2. COST


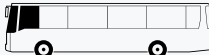
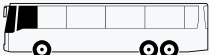
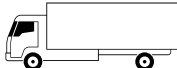

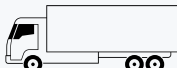

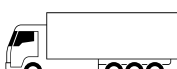

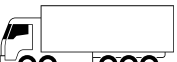
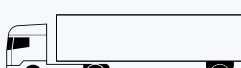
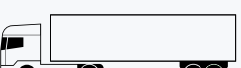
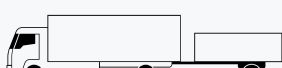

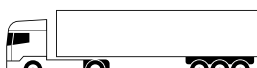
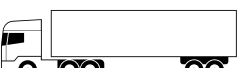


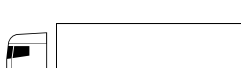
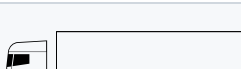
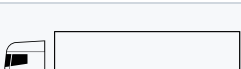


Specyfikacja COST323 [\[1\]](#) definiuje następujące kategorie pojazdów:

Kategoria	Kod	Przykłady
osobowy osobowy z przyczepą ≤3,5t	1	
ciężarowy ⁵ 2-os. >3,5t	2	
ciężarowy ⁵ 3-os. i więcej >3,5t	3	
ciągnik siodłowy z naczepą 1- i 2-os.	4	
ciągnik siodłowy z naczepą 3-os.	5	
ciężarowy z przyczepą	6	
autobus	7	
inny	8	żaden z powyższych klas

⁵ pojedynczy (jeden człon)

3.2.3. FHWA

Amerykański standard FHWA [9] definiuje następujące kategorie pojazdów:

Kategoria	Kod	Przykłady
motocykl	1	
osobowy osobowy z przyczepą	2	...
dostawczy ⁶ dostawczy z przyczepą	3	...
autobus	4	 
ciężarowy 2-os. ⁷	5	 
ciężarowy 3-os. pojedynczy	6	 
ciężarowy ≥4-os. pojedynczy	7	  
ciężarowy ≤4-os. dwuczłonowy	8	   
ciągnik siodłowy 5-os. z naczepą	9	 
ciągnik siodłowy ≥6-os. z naczepą	10	 
ciągnik siodłowy ≤5-os. 3 segmenty	11	
ciągnik siodłowy 6-os. 3 segmenty	12	 
ciągnik siodłowy ≥7-os. ≥3 segmenty	13	 

⁶ pojazd dostawczy (pierwszy człon) posiada 4 koła

⁷ ciężarowy, 2-osiowy posiada 6 kół (druga oś - napędowa - ma koła podwójne)

3.2.4. GDDKiA

...

3.2.5. EURO

Klasyfikacja EURO odnosi się do przepisów wprowadzających homologacje dla określonych kategorii pojazdów:

Kod	Opis
L	pojazdy samochodowe z mniej niż czterema kołami i niektóre lekkie pojazdy czterokołowe
M	pojazdy samochodowe posiadające co najmniej cztery koła, które używane są do przewozu pasażerów
N	pojazdy samochodowe posiadające co najmniej cztery koła i używane do przewozu towarów
O	przyczepy i naczepy
T	traktory rolnicze
R	przyczepy rolnicze
S	naczepy do traktorów rolniczych
G	pojazdy terenowe

3.2.6. Sylwetka

Sylwetka wskazuje na konstrukcję pojazdu ze względu na kategorię, podział na człony oraz rozmieszczenie i grupowanie osi. Poniższa tabela zawiera sylwetki zgodnie z definicjami zawartymi w TLS-2012 [\[4\]](#):

Sylwetka	Opis pojazdu (układ osi)	Profil
0	nieznany pojazd / brak kategorii	
1	osobowy (S, S)	
2	osobowy z przyczepą (S, S + S)	
3	osobowy z przyczepą (S, S + D)	
4	dostawczy (S, S)	
5	dostawczy z przyczepą (S, S + S)	
6	dostawczy z przyczepą (S, S + D)	
7	<i>zarezerwowane na późniejsze definicje</i>	
8	ciężarowy (S, S)	
9	ciężarowy (S, D)	
10	ciężarowy (S, T)	
11	ciężarowy (D, S)	
12	ciężarowy (D, D)	
32	ciężarowy z przyczepą (S, S + S)	
33	ciężarowy z przyczepą (S, S + S, S)	
34	ciężarowy z przyczepą (S, S + D)	
35	ciężarowy z przyczepą (S, S + S, D)	
36	ciężarowy z przyczepą (S, S + D, D)	
37	ciężarowy z przyczepą (S, S + S, T)	
38	ciężarowy z przyczepą (S, S + T)	
39	<i>zarezerwowane na późniejsze definicje</i>	
40	ciężarowy z przyczepą (S, D + S)	
41	ciężarowy z przyczepą (S, D + S, S)	
42	ciężarowy z przyczepą (S, D + D)	
43	ciężarowy z przyczepą (S, D + S, D)	
44	ciężarowy z przyczepą (S, D + D, D)	
45	ciężarowy z przyczepą (S, D + S, T)	
46	ciężarowy z przyczepą (S, D + T)	
47	<i>zarezerwowane na późniejsze definicje</i>	
48	ciężarowy z przyczepą (S, T + S)	
49	ciężarowy z przyczepą (S, T + S, S)	
50	ciężarowy z przyczepą (S, T + D)	
51	ciężarowy z przyczepą (S, T + S, D)	
52	ciężarowy z przyczepą (S, T + D, D)	
53	ciężarowy z przyczepą (S, T + S, T)	

Sylwetka	Opis pojazdu (układ osi)	Profil
54	ciężarowy z przyczepą (S, T + T)	
55	<i>zarezerwowane na późniejsze definicje</i>	
56	ciężarowy z przyczepą (D, S + S)	
57	ciężarowy z przyczepą (D, S + S, S)	
58	ciężarowy z przyczepą (D, S + D)	
59	ciężarowy z przyczepą (D, S + S, D)	
60	ciężarowy z przyczepą (D, S + D, D)	
61	ciężarowy z przyczepą (D, S + S, T)	
62	ciężarowy z przyczepą (D, S + T)	
63	<i>zarezerwowane na późniejsze definicje</i>	
64	ciężarowy z przyczepą (D, D + S)	
65	ciężarowy z przyczepą (D, D + S, S)	
66	ciężarowy z przyczepą (D, D + D)	
67	ciężarowy z przyczepą (D, D + S, D)	
68	ciężarowy z przyczepą (D, D + D, D)	
69	ciężarowy z przyczepą (D, D + S, T)	
70	ciężarowy z przyczepą (D, D + T)	
71 ... 95	<i>zarezerwowane na późniejsze definicje</i>	
96	Ciągnik siodłowy z naczepą (S, S + S)	
97	Ciągnik siodłowy z naczepą (S, S + D)	
98	Ciągnik siodłowy z naczepą (S, S + T)	
99	Ciągnik siodłowy z naczepą (S, S + S, S)	
100 ... 103	<i>zarezerwowane na późniejsze definicje</i>	
104	Ciągnik siodłowy z naczepą (S, D + S)	
105	Ciągnik siodłowy z naczepą (S, D + D)	
106	Ciągnik siodłowy z naczepą (S, D + T)	
107	Ciągnik siodłowy z naczepą (S, D + S, S)	
108	pojazd specjalny z dowolną liczbą osi / układem osi	
109 ... 119	<i>zarezerwowane na późniejsze definicje</i>	
120	autobus (S, S)	
121	autobus (S, D)	
122	autobus (S, S + S)	
123	autobus (S, S + D)	
124	autobus (S, D + S)	
125	autobus (S, D + D)	

Sylwetka	Opis pojazdu (układ osi)	Profil
126 ... 200	<i>zarezerwowane na późniejsze definicje</i>	
201	osobowy (nietypowy)	
202	osobowy z przyczepą (nietypowy)	
203	ciężarowy	
204	ciężarowy (nietypowy)	
205	autobus	
206	niesklasyfikowany	
207	osobowy	
208	ciężarowy z przyczepą (nietypowy)	
209	ciągnik siodłowy z naczepą	
210	motocykl	
211	dostawczy (nietypowy)	
212 ... 255	<i>zarezerwowane na późniejsze definicje</i>	

gdzie:

- S (—●—) oś pojedyncza,
- D (—●●—) oś podwójna,
- T (—●●●—) oś potrójna,
- + (—┘┘) połączenie pojazdu z przyczepą, ew.
- + (—┘┘) połączenie ciągnika siodłowego z naczepą.

3.3. Osie

3.3.1. Koło

tire, wheel

Koło oznacza kompletne koło składające się z obręczy i tarczy koła ([17] art. 2 pkt 10).

3.3.2. Koła bliźniacze

dual tires, twin wheels

Koła bliźniacze oznaczają dwa koła umieszczone na tej samej osi, uważane za jedno koło, przy czym odległość między środkami ich powierzchni styku z nawierzchnią jest równa lub mniejsza niż 460 mm ([18] art. 3 pkt 72. oraz [13]).

3.3.3. Oś pojedyncza

single axle

Oś pojedyncza oznacza oś, która nie może być uznana za oś wchodzącą w skład grupy osi.

W kontekście przepisów polskich: przez oś pojedynczą rozumie się oś oddaloną od osi sąsiedniej o więcej niż 1,8 m lub dwie sąsiednie osie oddalone od siebie o mniej niż 1 m ([13]).

3.3.4. Grupa osi

group of axles, axle group

Grupa osi oznacza co najmniej dwie osie składowe o odległości (d) między sobą, określonej w niniejszym rozporządzeniu, które oddziałują na siebie ze względu na szczególną konstrukcję zawieszenia.

Grupa dwuosiowa nazywa się tandemem, zaś grupa trzyosiowa – wózkiem trzyosiowym. Umownie pojedynczą oś uważa się za grupę jednoosiową.

W kontekście przepisów polskich: przez oś wielokrotną rozumie się zespół złożony z dwóch lub więcej osi, zwanych „osiami składowymi”, w którym odległość między sąsiednimi osiami składowymi jest nie mniejsza niż 1 m i nie większa niż 1,8 m ([13] oraz [16]).

3.3.5. Oś sterująca

steering axle

Oś sterująca oznacza oś pojazdu, na której koła mogą być skręcane w celu zmiany kierunku ruchu pojazdu.

W kontekście przepisów dotyczących mas i nacisków: masa na osi kierowanej lub osiach kierowanych nie może być mniejsza niż 20% masy M pojazdu, gdy jest on obciążony do masy M.

3.3.6. Oś napędowa

driving axle

Oś napędowa oznacza oś pojazdu, na którą przekazywany jest moment obrotowy silnika poprzez układ przeniesienia napędu. Jest to oś odpowiedzialna za przeniesienie siły napędowej z silnika na nawierzchnię drogi.

Dla celów określenia dopuszczalnych mas całkowitych pojazdów, oś napędowa wyposażona w koła bliźniacze i zawieszenie pneumatyczne lub równoważne ma wyższe dopuszczalne obciążenia ([16] oraz ...) .

3.4. Człony

3.4.1. Pojazd pojedynczy

ang. *single vehicle*

Pojazd pojedynczy (jednoczłonowy) oznacza pojazd silnikowy, który nie jest połączony z żadnym innym pojazdem (przyczepą lub naczepą) i stanowi samodzielną jednostkę transportową.

W kontekście klasyfikacji: pojazd mający jeden człon konstrukcyjny, w przeciwieństwie do zespołu pojazdów lub pojazdu członowego ([19] art. 3 pkt 16 (pojazd silnikowy) w połączeniu z definicjami zespołu pojazdów).

3.4.2. Zespół pojazdów

ang. *combination of vehicles, vehicle combination*

Zespół pojazdów oznacza złożenie pojazdu silnikowego (ciągnącego) z jedną lub więcej przyczepami połączonymi za pomocą urządzenia sprzęgającego, które umożliwia ich wspólne poruszanie się ([19] art. 2 pkt 37 oraz [13] § 2).

Zespół pojazdów nie obejmuje pojazdów członowych (ciągnik siodłowy z naczepą).

3.4.3. Przyczepa

ang. *trailer*

Przyczepa oznacza każdy pojazd na kołach niemający własnego napędu, który jest zaprojektowany i zbudowany tak, aby mógł być ciągnięty przez pojazd silnikowy, i którego ruchome połączenie umożliwia ruch co najmniej wokół osi poziomej prostopadłej do wzdłużnej płaszczyzny symetrii oraz wokół osi pionowej równoległej do wzdłużnej płaszczyzny symetrii pojazdu silnikowego, przez który jest ciągnięty ([19] art. 3 pkt 17 oraz [16] art. 2 pkt 42).

Uwaga: Przyczepa, w przeciwieństwie do naczepy, nie przenosi znaczącej części swojej masy na pojazd ciągnący.

3.4.4. Ciągnik

ang. *towing vehicle, tractor*

Ciągnik samochodowy oznacza pojazd samochodowy przeznaczony konstrukcyjnie wyłącznie do ciągnięcia przyczepy. Określenie to obejmuje ciągnik siodłowy i ciągnik balastowy.

Ciągnik siodłowy to pojazd samochodowy przeznaczony konstrukcyjnie do ciągnięcia naczepy, wyposażony w siodło, na którym spoczywa część naczepy.

[19] oraz [16]

3.4.5. Naczepa

ang. *semi-trailer*

Naczepa oznacza przyczepę, w której oś lub osie są położone za środkiem ciężkości pojazdu (przy równomiernym obciążeniu) i która jest wyposażona w urządzenie sprzęgające, umożliwiające przenoszenie sił poziomych i pionowych na pojazd ciągnący.

Naczepa to przyczepa, której część spoczywa na pojeździe silnikowym (ciągniku siodłowym) i obciąża ten pojazd poprzez tzw. siodło.

[19] oraz [16]

3.4.6. Pojazd członowy / Przegub

ang. *articulated vehicle, articulation*

Pojazd członowy oznacza zespół składający się z ciągnika siodłowego połączonego z naczepą za pomocą przegubu (siodła), który umożliwia wzajemny ruch części pojazdu względem siebie.

Przegub to ruchome połączenie między ciągnikiem siodłowym a naczepą, które pozwala na obrót naczepy względem ciągnika wokół pionowej osi (skręcanie) oraz, w ograniczonym zakresie, wokół innych osi.

3.5. Ładunek

W niektórych sytuacjach istotne jest jaki ładunek przewożony jest przez pojazd ciężarowy. Ze względu na konieczność specyficznego traktowania podczas procesu ważenia wyróżniane są następujące typy ładunku:

3.5.1. Autotransporter

Pojazd do transportowania innych pojazdów (często ładunek jest dwupiętrowy). Także laweta.

3.5.2. Cysterna

Pojazd do transportowania wyrobów ciekłych.

3.5.3. Kontenerowiec

Pojazd ramowy przeznaczony do przewozu kontenerów morskich – bez stałej zabudowy.

3.5.4. Dłuzycza

Pojazd do transportowania drewna, z tylnym wózkiem.

3.5.5. Wywrotka

Pojazd do transportowania materiałów sypkich – samowyładowczy.

3.5.6. Plandeka

Pojazd z plandekowym nadwoziem, przeznaczony do przewozu ładunków ogólnych, zabezpieczonych przed warunkami atmosferycznymi. Boczne ściany z plandeki można rozsuwać.

3.5.7. Betonomieszarka

Pojazd do transportowania betonu.

3.5.8. Śmieciarka

Pojazd do transportowania śmieci.

4. Pomiar

4.1. Definicja

System WIM realizuje pomiar dla każdego pojazdu przejeżdżającego przez pole pomiarowe. Za pomiar rozumie się wyznaczenie określonych własności fizycznych pojazdu, na podstawie odczytów z sensorów wykonanych o zadanym miejscu o zadanym czasie.

Dane wyliczone na podstawie wielu pomiarów (np. średnia prędkość, natężenia ruchu) są informacjami przetworzonymi (agregatami) i zostały opisane w oddzielnym punkcie.

W systemie HS-WIM mierzone są także czynniki nie związane bezpośrednio z pojazdem (np. parametry środowiskowe) i mogą one uzupełniać rekord pomiarowy, a także stanowić podstawę do oceny, czy dany rekord pomiarowy można uznać za wiarygodny.

4.2. Jednostki

Wszystkie pomiary są reprezentowane w [jednostkach podstawowych układu SI](#) lub [jednostkach pochodnych SI](#) – jeśli ma to zastosowanie. Aplikacje (np. za pośrednictwem graficznego interfejsu użytkownika) mogą prezentować wartości pomiarowe w wygodnych dla użytkownika jednostkach (takich jak tony, km/h itp.).

4.3. Kompletność

ang. *completeness*

Poziom kompletności pomiarów (r_f) to wyrażona w % minimalna liczba pomiarów (przejazdów pojazdów), dla których w rekordzie pomiarowym znajduje się komplet informacji – dane ze wszystkich sensorów. Wartość ta obliczana jest względem liczby wszystkich pomiarów wygenerowanych przez system, w zadanym czasie.

W systemie HS-WIM przyjmuje się, że rekord pomiarowy przygotowany dla każdego pojazdu jest kompletny, gdy zawiera:

- (1) sygnaturę czasową,
- (2) lokalizację (miejsce pomiaru),
- (3) pas ruchu,
- (4) kierunek ruchu, jeżeli możliwy jest pomiar w obu kierunkach,
- (5) klasę pojazdu (wg wymaganej taksonomii),
- (6) prędkość chwilową,
- (7) długość (ew. magnetyczną długość zastępczą),
- (8) wysokość (jeżeli dostępny jest pomiar gabarytów),
- (9) szerokość (jeżeli dostępny jest pomiar gabarytów),
- (10) masę całkowitą (GVW),
- (11) liczbę osi,
- (12) nacisk każdej z osi,
- (13) odległości między osiami,
- (14) numer rejestracyjny,
- (15) kraj pochodzenia,
- (16) markę / nazwę producenta (w warunkach dziennych).

Wskazówka – przy wyznaczaniu wskaźnika r_f nie jest weryfikowane, czy poszczególne pomiary cząstkowe (wagi, rozmiary, prędkość itp.) są poprawne; to jest przedmiotem odrębnych testów. Klient może ponadto ograniczyć zestaw pożądanych typów pomiarów do wskazanego podzbioru.

Przy wyznaczaniu tego wskaźnika odrzuca się pomiary, które zostały wykonane w warunkach niezgodnych z przyjętymi założeniami, np. wówczas, gdy:

1. pojazdy poruszają się ze zbyt małą prędkością,
2. pojazdy znacząco zmieniają prędkość w polu pomiarowym (przyspieszają, hamują),
3. pojazdy przejeżdżają między pasami,
4. pojazdy jadą niezgodnie z kierunkiem ruchu (pod prąd),
5. pojazdy mają z nieczytelną tablicą rejestracyjną,
6. pojazdy, dla których waga jednej z osi nie przekracza minimalnej wagi mierzonej przez system.

4.4. Detekcja pojazdu

ang. *vehicle detection*

Polega na automatycznym wykryciu przejazdu pojazdu w polu pomiarowym (ang. *free-flow*). Do detekcji wykorzystywany jest układ pętli indukcyjnych zamontowanych w nawierzchni zgodnie ze standardem TLS-2 [4].

Jakość detekcji pojazdów (r_d) wyrażona w % minimalna liczba wykrytych przez system pojazdów względem wszystkich pojazdów przejeżdżających przez dany punkt pomiarowy, we wskazanym czasie. Przy wyznaczaniu tego wskaźnika odrzuca się pomiary, które zostały wykonane w warunkach niezgodnych z przyjętymi założeniami, np. wówczas, gdy:

1. pojazdy poruszają się ze zbyt małą prędkością,
2. pojazdy przejeżdżają między pasami,

Dla systemów HS-WIM jakość detekcji jest łączona z jakością klasyfikacji i może być określona jedną z poniższych etykiet (wg [4]):

Kategoria E_c	A1	A2	A3
Detekcja r_d	$\geq 99\%$	$\geq 97\%$	$\geq 95\%$

4.5. Znacznik czasu

ang. *timestamp*

Każdy pomiar (przejazd pojazdu) zaopatrzony jest w **znacznik czasu**, który opisuje dokładny, umowny czas wykonania pomiaru. Przyjmuje się, że jest to moment, w którym wykonano zdjęcie pojazdu pozwalające na jego identyfikację, np. moment wjazdu przodu pojazdu na środek pola pomiarowego. Istotne jest, aby system wyznaczał znacznik czasu w tej samej pozycji dla każdego z pojazdów.

Czas podawany jest w formacie zgodnym z normą ISO 8601 wg wzorca:

```
YYYY-MM-DDThh:mm:ss.nnnZ
```

gdzie:

- **YYYY** - rok
- **MM** - miesiąc
- **DD** - dzień
- **hh** - godzina
- **mm** - minuta
- **ss** - sekunda

- `nnn` - milisekunda

Znacznik czasu wyznaczony jest w [uniwersalnym czasie skoordynowanym](#) (UTC) przez co jest niezależny od strefy czasowej, w której pracuje urządzenie pomiarowe.

Aby umożliwić przeliczenie czasu na czas lokalny, właściwy dla użytkownika, do znacznika może dodana zostać dodatkowo informacja o strefie czasowej właściwej na lokalizacji pomiarowej.

Przykładowo:

```
"time" : {  
  "utc" : "2024-02-20T20:13:17.280Z",  
  "local" : "2024-02-21T20:13:17.280+01:00",  
  "zone" : {  
    "iana" : "Europe/Warsaw",  
    "dst" : false  
  }  
}
```

Uwaga - urządzenie synchronizuje wewnętrzny zegar z urzędowym źródłem czasu poprzez użycie protokołu [NTP](#).

4.6. Lokalizacja pomiaru

ang. *location*

Lokalizacja pomiaru to jednoznacznie wskazanie gdzie zarejestrowano pojazd. Lokalizacja reprezentowana jest za zwyczaj w systemie jako unikatowy identyfikator, dowiązany do każdego przejazdu, który można odpowiednio "zdekodować" otrzymując:

- pozycję GPS
- nazwę miejscowości
- numer drogi / nazwę ulicy
- numer adresowy / pikietaż
- *heading* / kierunek ruchu
- pas ruchu

Przykładowo, identyfikator lokalizacji dowiązany do pomiaru, w postaci:

```
p1-a041any-kat-11
```

można zdekodować w systemie jako:

```

"location": {
  "id": "pl-a04lany-kat-l1",
  "elements": {
    "country": "pl",
    "direction": "kat",
    "lane": "l1",
    "place": "a04lany"
  },
  "geo": {
    "altitude": 213,
    "heading": 30,
    "latitude": 50.396114,
    "longitude": 18.438383
  },
  "descriptions": {
    "country": "|PL|",
    "place": "A4 łany",
    "direction": "Katowice",
    "lane": "pas 1",
  }
}

```

czyli pomiar na autostradzie A4, w miejscowości Łany, w kierunku "do Katowic", na pasie 1. Pozycja GPS to: [50.396114,18.438383](#).

Uwaga – Sposób nadawania identyfikatorów lokalizacji zależy od zastosowania ew. wymogów klienta. Należy jednak stosować taką metodę, która wyznacza miejsce pomiaru z dokładnością do kilku metrów (z możliwością rozróżniania pasów ruchu).

4.7. Pas ruchu

ang. *lane*

Pars ruchu określany jest poprzez wskazanie układu sensorów zamontowanych w drodze, z których odczytano dane powiązane z przejazdem pojazdu. Do każdego pasa ruchu dowiązuje się także oznaczenie w postaci etykiety: L0, L1, L2 ..., która używana jest następnie w metadanych pomiarowych.

Przyjmuje się przy następującą konwencję:

Kod	Znaczenie
L0	pobocze (najczęściej nie występuje)
L1	pas wolny, w Europie najbardziej wysunięty na prawo (zawsze występuje)
L2	pas "do wyprzedzania", w Europie na lewo od pasa L1 (może nie występować)
L3	pas "do wyprzedzania", w Europie na lewo od pasa L2 (może nie występować)
...	

Uwaga - przejazdy pojazdów między pasami muszą być oznaczone specjalną etykietą, np. L1L2. Ważenia dla takich przejazdów są odrzucane jako niewiarygodne, a dodatkowo generowane może być wykroczenie typu "próba omińnięcia pola pomiarowego".

4.8. Kierunek jazdy

ang. *direction*

Poprzez analizę sygnału z pętli indukcyjnych oraz czujników nacisku określony może być kierunek poruszania się pojazdu – system wyznacza kierunek generując następujące wartości:

Kod	Znaczenie
+1	Zgodny z oczekiwanym kierunkiem ruchu na tym pasie ruchu
0	Nieokreślony, ew. pojazd stoi
-1	Przeciwny do oczekiwanego kierunku ruchu na tym pasie - pojazd jedzie pod prąd

4.9. Kategoria pojazdu

ang. *vehicle class*

Polega na automatycznym rozpoznaniu kategorii pojazdu, która determinuje limity wagi, jakie dane pojazd musi stosować. Kategoria oznaczana jest etykietą – numerem i zależy od zastosowanej klasyfikacji (patrz punkt [Pojazdy](#)).

Jakość klasyfikacji pojazdów (r_t) to wyrażona w % minimalna liczba pojazdów z poprawnie wyznaczoną kategorią względem liczby wszystkich pojazdów przejeżdżających przez dany punkt pomiarowy, we wskazanym czasie. Jakość klasyfikacji może być wyznaczana "per klasa", a dla każdej klasy może być wymagany inny poziom wskaźnika r_t .

Przy ocenie dla systemów HS-WIM definiowane są różne wartości r_t w zależności od kategorii pojazdu – oznaczanie jedną etykietą E_c . Przykładowo, często stosuje się wymagania zdefiniowane w [\[4\]](#) wg następującej tabeli:

Kategoria E_c	A1	A2	A3
Motocykl	≥90%	≥85%	≥80%
Osobowy	≥97%	≥95%	≥90%
Dostawczy	≥90%	≥85%	≥80%
Ciężarowy	≥90%	≥85%	≥80%
Osobowy z przyczepą	≥90%	≥85%	≥80%
Ciężarowy z przyczepą	≥95%	≥90%	≥85%
Ciągnik siodłowy z naczepą	≥95%	≥90%	≥85%
Autobus	≥90%	≥85%	≥80%

4.10. Sylwetka pojazdu

ang. *silhouette*

Oznaczenie sylwetki polega na określeniu kodu wskazującego jednoznacznie konstrukcję pojazdu w zakresie podziału na segmenty (pojazd ew. naczepa) i grupowanie osi. Sylwetka niejako uszczegóławia kategorię – dla określonej sylwetki można zdefiniować np. odrębny limit dopuszczalnej masy całkowitej, po którego przekroczeniu raportowane będzie naruszenie.

4.11. Waga pojazdu

ang. *weight*

Wyznaczenie wagi pojazdu polega na wyznaczeniu kilku estymatorów odnoszących się do statycznych własności pojazdu:

- masa całkowita - (GVW) - *gross-vehicle weight*,
- nacisk pojedynczej osi - (SAL) *single-axle load*,
- nacisk grupy osi - (AGL) *axle group load*,

Waga każdego z powyższych elementów podawana jest w kilogramach.

Jakość ważenia pojazdów (E_w) to informacja o precyzji wyznaczania masy pojazdu (ang. *Gross Vehicle Weight* - GVW), ale także precyzji wyznaczania nacisku poszczególnych osi oraz grup osi. W zależności od celu stosowane są obecnie dwie metodologie wyznaczania jakości ważenia:

- **COST 323** – (na podstawie [2]) dla pomiarów do celów statystycznych oraz pomiarów preselekcyjnych:

Kategoria E_w	Warunek	A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)	E
Masa całkowita	> 3.5 t	5	7	10	15	20	25	>25
Nacisk grupy osi		7	10	13	18	23	28	>28
Nacisk pojedynczej osi	> 1.0 t	8	11	15	20	25	30	>30
Nacisk osi w grupie	> 1.0 t	10	14	20	25	30	25	>30

– gdzie wartość w tabeli to minimalny błąd względny δ w %, dla zadanej kategorii E_w , – każdy błąd wyznaczany powinien być na poziomie ufności $1 - \alpha = 95\%$.

- **OIML R-134** - (na podstawie [3]) dla pomiarów do celów automatycznego nakładania kar:

Kategoria E_w	0.2	0.5	1	2	5	10
legalizacja pierwotna	0.10	0.25	0.50	1.00	2.50	5.00
legalizacja ponowna	0.20	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00

– gdzie wartość w powyższej tabeli to minimalny błąd względny δ w %, dla masy całkowitej pojazdu - przy wskazanej zadanej kategorii E_w – wskazany błąd nie może być przekroczony w żadnym pomiarze podczas pomiarów kontrolnych.

Kategoria E_w	A	B	C	D	E	F
legalizacja pierwotna	0.50	1.00	1.50	2.00	4.00	8.00
legalizacja ponowna	1.00	2.00	3.00	4.00	8.00	16.00

– gdzie wartość w powyższej tabeli to minimalny błąd względny δ w %, dla nacisku osi (grupy osi) - przy wskazanej zadanej kategorii E_w – wskazany błąd nie może być przekroczony w żadnym pomiarze podczas pomiarów kontrolnych.

Oznaczenie klasy dokładności tworzone jest przez złożenie symbolu z górnej i dolnej tabeli, np. **F10**.

4.12. ESAL

ang. *Equivalent Single Axle Load*

Współczynnik ESAL, wyliczany dla każdego pojazdu, określa liczbę tzn. *pojedynczych osi równoważnych* jakim odpowiada nacisk na nawierzchnię wywołany przejazdem tego pojazdu. Wartość ESAL służy do oceny jak bardzo przejazd danego pojazdu wpływa na destrukcję drogi - im cięższy jest pojazd tym ten wpływ jest większy.

Metodę wyliczania współczynnika ESAL dla pojazdu o znanym nacisku na każdą z osi opisano w [załączniku 8](#).

4.13. Prędkość pojazdu

ang. *speed*

Precyzyjne wyznaczenie prędkości chwilowej pojazdu, w momencie przejazdu przez pole pomiarowe, jest kluczowym czynnikiem wpływającym na jakość ważenia dla większości systemów HS-WIM – prędkość jest używana przy przeliczeniu nacisku na sensory, w wyliczaniu nacisku poszczególnych kół.

Prędkość wyznaczana jest w metrach na sekundę, ale prezentowana może być w postaci wygodniejszej dla użytkownika, np. km/h ew. mph.

Prędkość ma także znaczenie dla określenia warunków brzegowych kiedy pomiar jest wiarygodny: w systemach HS-WIM za niewiarygodne uznawane są pomiary dla pojazdów poruszających się ze zbyt małą (≤ 5 m/s), ew. ze zbyt dużą (≥ 40 m/s) prędkością.

Jakość wyznaczania prędkości (δ_v) to maksymalny błąd względny w %, jaki jest dopuszczalny przy pomiarze. W praktyce błąd ten wiązany jest z pozostałymi wymaganiami jakościowymi oznaczonymi E_w , np. w [2]:

Kategoria E_w	Warunek	A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)	E
Prędkość δ_v	≥ 5 m/s	2	3	4	6	8	10	> 10

Uwaga – prędkość pojazdu wyznaczona przez urządzenie HS-WIM nie może być podstawą do automatycznego nałożenia mandatu za przekroczenie dopuszczalnej prędkości. Do tego niezbędne jest zastosowanie urządzeń z odpowiednim zatwierdzeniem typu oraz legalizacją; praktycznie nigdy urządzenia HS-WIM takich zatwierdzeń nie posiadają.

ang. *acceleration, deceleration*

Oprócz prędkości w systemach HS-WIM wyznacza się także przyspieszenie (ew. opóźnienie) czyli czynniki mające także znaczący wpływ na wiarygodność pomiaru. Przykładowo, w [8] wskazano, że jeżeli w trakcie przemieszczania się pojazdu w polu pomiarowym jego przyspieszenie/opóźnienie będzie ≥ 0.6 m/s², to wyznaczona waga nie jest wiarygodna, ale można to traktować jako próbę uniknięcia pomiaru..

4.14. Wymiary pojazdu

ang. *length, height, width, wheelbase*

Długość pojazdu jest immanentną częścią każdego pomiaru. W przypadku, gdy urządzenie wyposażone jest wyłącznie w pętle indukcyjne oraz sensory nacisku wyliczane są:

- **długość zastępcza** – wyliczona na podstawie profilu magnetycznego, obarczona dużym błędem pomiarowym (rzędu $\pm 20\%$),
- **rozstaw osi** – (*wheelbase*) rozumiany jako odległość między skrajnymi osiami pojazdu, wyznaczany od środka pierwszej do środka ostatniej osi.

Rozstaw osi jest wyznaczany w takim wypadku ze znacznie większą dokładnością niż długość zastępcza, zgodnie z wymaganiami określonymi dla wyliczania odległości między osiami (*jakość wyznaczania odstępów* – patrz punkt poniżej).

Bardzo często system HS-WIM jest wyposażony w dodatkowy układ sensorów (lidary), które umożliwiają dokładniejszy pomiar gabarytów (ang. *MIM - Measure-in-Motion*):

- **długość** – (*l*) *length* – maksymalna długość pojazdu (mierzona w osi drogi),
- **szerokość** – (*w*) *width* – maksymalna szerokość pojazdu (mierzona w najszerszym punkcie pojazdu - wraz z lusterkami),
- **wysokość** – (*h*) *height* – maksymalna wysokość pojazdu (mierzona w najwyższym punkcie pojazdu, od powierzchni drogi),

W zależności od układu sensorów dokładność wyznaczania tych parametrów może być różna: najbardziej niezawodne jest wyznaczanie wysokości (np. w celu wykrywania przekroczenia skrajni), nieco mniej dokładnie wyznaczana jest długość (błąd pomiarowy powinien być $\leq \pm 1.0$ m).

4.15. Osie

ang. *axles*

Każdy poprawny pomiar powinien zawierać:

- **liczbę osi** – określającą liczbę osi, które w trakcie przejazdu stykały się z nawierzchnią drogi;
- **odstęp między osiami** – rozumiane jako odległości zmierzone między sąsiadującymi osiami, wyznaczanymi od środka do środka osi;
- **grupowanie osi** – rozumiane jako informacja czy dana oś należy do grupy osi (2-osiowej, 3-osiowej, N-osiowej).

Jakość wyznaczania odstępów (δ_l) to maksymalny błąd względny w %, jaki jest dopuszczalny przy pomiarze. W praktyce błąd ten wiązany jest z pozostałymi wymaganiami jakościowymi oznaczonymi E_w , np. w [2]:

Kategoria E_w	Warunek	A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)	E
Odstęp między osiami δ_l		2	3	4	6	8	10	> 10

4.16. Koła bliźniacze

ang. *dual tires*

Wykrywanie **kół bliźniaczych** polega na wykryciu sytuacji, w której dwa koła umieszczone na tej samej osi, uważane za jedno koło, przy czym odległość między środkami ich powierzchni styku z nawierzchnią jest $\leq 0.46\text{m}$.

4.17. Identyfikacja pojazdu

ang. *country, license plate number, maker, model*

Identyfikacja pojazdu polega na automatycznym wyznaczeniu jego cech umożliwiających jednoznacznie określenie właściciela pojazdu, ew. właściciela naczepy. Do cech identyfikacyjnych należą:

- **kraj pochodzenia** – ustalony na podstawie tablicy rejestracyjnej,
- **numer rejestracyjny** – (ANPR - *Automatic Number Plate Recognition*) numer pojazdu odczytany z tablicy rejestracyjnej z przodu i ew. z tyłu pojazdu,
- **producent** – (MMR - *Maker and Model Recognition*) ustalony na podstawie zdjęcia przodu pojazdu, opcjonalnie wraz z wersją modelową pojazdu.

Jakość identyfikacji pojazdów (r_i) wyrażona w % minimalna liczba poprawnie zidentyfikowanych pojazdów względem wszystkich pojazdów przejeżdżających przez dany punkt pomiarowy, we wskazanym czasie.

Za poprawną identyfikację uznaje się:

- poprawne wykrycie tablicy rejestracyjnej, oraz
- rozpoznanie kraju pochodzenia (r_c - opcjonalnie), oraz
- rozpoznanie numeru rejestracyjnego – zawartości tablicy (r_i), oraz
- rozpoznanie producenta i ew. wersji modelowej (r_m - opcjonalnie).

Wskazówka – w produkcyjnych systemach HS-WIM przyjmuje się wymaganie, że wskaźnik $r_i \geq 95\%$. Wskaźnik ten wyliczany jest na ciągłej próbie pomiarów (przejazdów pojazdów) o liczności > 1200 elementów, przy założeniu poziomu ufności $1 - \alpha = 95\%$. Pozostałe wskaźniki (r_c, r_m) nie podlegają kontroli.

4.18. Towary niebezpieczne

ang. *dangerous goods, ADR, GHS* (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals)

Kontrola przewozu towarów niebezpiecznych jest realizowana najczęściej łącznie z innymi kontrolami pojazdów ciężarowych – czynnościami wykonywanymi przez inspektorów ITD. Z tego powodu systemy HS-WIM są wyposażane również w możliwość automatycznego identyfikowania oznaczeń tego typu towarów na pojazdach.

Jednym ze sposobów oznaczenia przewozu towarów niebezpiecznych jest zastosowanie tablicy ADR:



Tablica taka montowana jest na przodzie i ew. na tyle pojazdu. Numer na tablicy określa rodzaj niebezpieczeństwa (wiersz górny), oraz rodzaj przewożonego materiału (wiersz dolny). Tablicami ADR oznaczone są pojazdy pochodzące z krajów, które podpisały umowę [ADR](#).

4.19. Środowisko

ang. *environment*

To, czy dany pomiar jest wiarygodny zależy również od czynników nie związanych bezpośrednio z właściwościami pojazdu, a wynikających z warunków otoczenia w jakich pomiar został wykonany. Do czynników tych należą:

- **temperatura** (w °C):
 - otoczenia / powietrza
 - nawierzchni
 - wewnątrz szafy teletechnicznej
- **wilgotność** (w %):
 - otoczenia / powietrza
 - wewnątrz szafy teletechnicznej
- **opad** (w mm):
 - deszczu
 - śniegu
 - oblodzenie nawierzchni
- **wiatr** (w m/s):
 - siła / porywy
 - kierunek
- **zasilanie** (w V):
 - wartość chwilowa
 - ciągłość (w %)
- **integralność**:
 - otwarcie szafy
 - uderzenie

W przypadku zastosowań w automatycznym nakładaniu kart administracyjnych pomiar powyższych czynników jest koniecznych. W systemach preselekcyjnych ew. do celów statystycznych takich pomiarów za zwyczaj się nie wykonuje.

5. Naruszenia

5.1. Podstawy prawne

Dopuszczalne limity ciężarów, dla określonych pojazdów, wynikają z przepisów prawa i są specyficzne dla kraju, w którym funkcjonuje system.

W Polsce są to przepisy zawarte w publikacjach [12] oraz [13]. Na podstawie tych dokumentów, w systemie zdefiniowano tabelę odzwierciedlającą limity w zależności od tzw. sylwetki pojazdu (patrz punkt *Sylwetki* z poprzedniego rozdziału). Dodatkowo uwzględniane są parametry podane w konfiguracji urządzenia pomiarowego (patrz punkt *Konfiguracja*).

5.2. Przeciążenia

Naruszenia związane przekroczeniem dopuszczalnego ciężaru oznaczane są przez dodanie do danych pojazdu następujących etykiet:

Etykieta	Znaczenie
wim	przeciążenie (ogólne) - oznaczany jest pojazd, w którym stwierdzano dowolny typ naruszenia związanego z przekroczeniem ciężaru
gvw	przeciążony pojazd - pojazd ciężarowy (ew. autobus), dla którego stwierdzono przekroczenie dopuszczalnego ciężaru całkowitego
lgv	przeciążony dostawczy - pojazd osobowy lub dostawczy (także z przyczepką), dla którego stwierdzono przekroczenie dopuszczalnego ciężaru całkowitego
axle	przeciążona oś - pojazd ciężarowy (ew. autobus), dla którego stwierdzono przekroczenie dopuszczalnego ciężaru co najmniej jednej, pojedynczej osi
group	przeciążona grupa osi - pojazd ciężarowy (ew. autobus), dla którego stwierdzono przekroczenie dopuszczalnego ciężaru co najmniej jednej grupy osi
segment	przeciążony segment - pojazd wieloosłonowy lub ciągnik siodłowy (ew. autobus z przyczepą), dla którego stwierdzono przekroczenie dopuszczalnego ciężaru jednego z członów

Jeden pojazd może być oznaczony jedną lub kilkoma etykietami. W przypadku przekroczenia dopuszczalnego ciężaru całkowitego pojazd oznaczany jest etykietą `gvw` oraz `wim`. Jeżeli ten sam pojazd będzie miał zbyt ciężką, określoną oś to dodatkowo otrzyma etykietkę `axle`.

Uwaga! – etykieta oznaczająca dowolny typ przeciążenia dodawana jest do pojazdu tylko wówczas, gdy wykryte naruszenie przekracza wskazany limit ponad tolerancję wynikającą z dokładności urządzenia pomiarowego. Przykładowo, dla urządzenia posiadającego dokładność B+(7) ciężar całkowity pojazdu musi być większy od dopuszczalnego o co najmniej 7% aby został oznaczony etykietą `gvw`.

5.3. Przewymiarowania

Naruszenia związane z przekroczeniem dopuszczalnych wymiarów pojazdu oznaczane są przez dodanie do danych pojazdu następujących etykiet:

Etykieta	Znaczenie
<code>mim</code>	przewymiarowanie (ogólne) - oznaczany jest pojazd, w którym stwierdzano dowolny typ naruszenia związanego z przekroczeniem wymiarów
<code>length</code>	za duża długość - oznaczany jest pojazd, w którym stwierdzano przekroczoną, dopuszczalną długość
<code>height</code>	za duża wysokość - oznaczany jest pojazd, w którym stwierdzano przekroczoną, dopuszczalną wysokość
<code>width</code>	za duża szerokość - oznaczany jest pojazd, w którym stwierdzano przekroczoną, dopuszczalną szerokość
<code>gap</code>	za mały odstęp - oznaczany jest pojazd, który jechał zbyt blisko poprzedniego pojazdu

Jeden pojazd może być oznaczony jedną lub kilkoma etykietami. W przypadku przekroczenia dopuszczalnej długości pojazd oznaczany jest etykietą `length` oraz `mim`. Jeżeli ten sam pojazd będzie miał zbyt wysoką, określoną wysokość to dodatkowo otrzyma etykietkę `height`.

Uwaga! – wykrywanie określonego naruszenia w związku z przekroczeniem dopuszczalnych wymiarów zależy od zaimplementowanego w systemie układu pomiarowego. W najprostszym przypadku (bez lidarów) dokonywany jest wyłącznie pomiar długości z dużą niedokładnością. Dokładny pomiar wysokości i długości wymaga wyznaczenia sylwetki 3D przy użyciu co najmniej jednego lidarów. Dokładny pomiar szerokości wymaga zastosowania dwóch lidarów na jeden pas ruchu.

5.4. Przekroczenie prędkości

Naruszenia związane z przekroczeniem dopuszczalnej prędkości pojazdu oznaczane są przez dodanie do danych pojazdu następujących etykiet:

Etykieta	Znaczenie
<code>speed</code>	prędkość (ogólne) - oznaczany jest pojazd, w którym stwierdzano dowolny typ naruszenia związanego z przekroczeniem prędkości
<code>spot</code>	prędkość chwilowa oznaczany jest pojazd, w którym stwierdzano dowolny typ naruszenia związanego z przekroczeniem prędkości zmierzonej w danym punkcie

Każdy pojazd przekraczający dopuszczalną prędkość oznaczany jest obiema etykietkami (`speed` + `spot`). Dopuszczalne limity prędkości zależą od typu pojazdu, lokalizacji oraz odpowiednich przepisów – zawarte są w konfiguracji.

Uwaga! – mimo, iż w przypadku systemu HS-WIM prędkość wyznaczana jest z dużą dokładnością nie jest możliwe automatyczne ukaranie sprawcy na podstawie danych dowodowych generowanych przez system. Jeżeli system WIM nie posiada tzw. *zatwierdzenia typu* to jako taki nie może być wykorzystywany jako urządzenie rejestrujące do wykrywania naruszeń przekroczenia prędkości.

5.5. Zwalnianie i przyspieszanie

Jeżeli pojazd zmieniał swoją prędkość w trakcie przejazdu przez punkt pomiarowy to pomiary, takie jak masa całkowita ew. naciski poszczególnych osi, mogą być niewiarygodne. Sytuacja taka powinna być wykrywana i powinna zostać odnotowana jako naruszenie.

Przykładowo, w [7] wskazano, że krytyczną, maksymalną wartością przyspieszenia jest wartość $\pm 0.6 \text{ m/s}^2$. Wartość ta jednak powinna być konfigurowalna (na urządzeniu).

5.6. Omijanie pola pomiarowego

System posiada możliwość detekcji sytuacji, w których kierowca próbuje ominąć pole pomiarowe – spowodować, ze uniknie ważenia. Możliwe są dwa przypadki:

Etykieta	Znaczenie
reverse	pod prąd - pojazd całkowicie ominął pole pomiarowe zjeżdżając całkowicie na pas dla przeciwnego kierunku ruchu
lane	przekroczenie linii - pojazd przejechał tylko częściowo (jedną stroną) przez pole pomiarowe: jadąc częściowo po poboczu ew. jadąc między pasami ruchu

Uwaga! – wykrywanie omijania pola pomiarowego jest zależne od geometrii układu i wymaga właściwego ustawienie czujników na etapie projektowania punktu pomiarowego.

5.7. Limity

limits

Limit to ustalona przez ustawodawcę maksymalna wartość danego parametru fizycznego (np. ciężaru, rozmiaru, prędkości), której przekroczenie traktowane jest jako naruszenie i powinno być zarejestrowane.

Przykładowo, limity ciężaru mogą zależeć od wielu czynników, np. od kategorii pojazdu, jego sylwetki, czy też kategorii drogi po której się porusza.

5.8. Progi

thresholds

Próg to konfigurowalna, dodatkowa wartość (*tolerancja*), która musi być przekroczona **ponad limit** aby urządzenie zarejestrowało naruszenie.

Przykładowo, jeżeli limit dopuszczalnej masy całkowitej pojazdu to 40 ton, ale urządzenie ma skonfigurowany próg dla tego parametru = 1 tona, to naruszenie zostanie zarejestrowane w przypadku pojazdu o masie całkowitej > 41 ton (*limit + próg*).

W systemie mogą być zdefiniowane różne progi dla różnych parametrów oraz powiązanych z nimi limitów.

Uwaga! – brak definicji progu oznacza, że ma on wartość = 0; wówczas limit traktuje się wprost.

5.9. Klasa dokładności

Klasa dokładności to oznaczenie urządzenia pomiarowego, które określa dokładności pomiaru jaką wykonuje dane urządzenie. Klasa dokładności definiuje za zwyczaj tolerancję dla różnych parametrów, np. klasa **COST323 A5** określa dokładność pomiaru masy całkowitej pojazdu, nacisku pojedynczej osi oraz nacisku grupy osi. Klasa dokładności definiuje także dopuszczalne, minimalne i maksymalne wielkości danego parametru, dla których pomiar jest wiarygodny.

Klasa dokładności odnosi się do określonej procedury wyznaczania – np. **COST323** czy **OIML134**. Zarówno oznaczenie klasy jak i oznaczenie procedury powinny być umieszczone na tabliczce znamionowej urządzenia jak i w metadanych dołączonych do pomiaru.

Uwaga! – w praktyce klasa dokładności jest uwzględniana przy generowaniu naruszenia; na podstawie informacji o tolerancjach ustalane są wartości progów, jakie mają mieć zastosowanie. Wówczas naruszenie jest generowane tylko wtedy, gdy istnieje pewność, że pojazd przekroczył dopuszczalne limity.

5.10. Konfiguracja

Konfiguracja parametrów detekcji naruszeń odbywa się na poziomie urządzenia pomiarowego. W zależności od typu urządzenia pomiarowego, dostępne są różne parametry konfiguracyjne. Poniżej przykładowo konfiguracja może mieć postać:


```

[wim-scale]
type      = cost323
class     = b7

[wim-limits]
global    = 40
single    = 10
powered   = 11.5
double    = 18
triple    = 24

speed     = 100
speedcar  = 100
speedbus  = 100
speedtruck = 90
acceleration = 0.6

[wim-thresholds]
global    = 5.0
lgv       = 1.0
gross     = 0.2
axle      = 0.2
group     = 0.2
speed     = 20

```

5.11. Wyjątki

Ze względu na zjawiska fizyczne oraz specjalne właściwości w specjalny sposób traktowane powinny być następujące typy pojazdów:

Typ pojazdu	Uwagi
<i>Cysterna</i>	pojazdy przewożące substancje ciekłe nie mogą być ważone w sposób dynamiczny ze względu na przemieszczanie się płynów w trakcie przejazdu
<i>Dłuzycza</i>	pojazdy przewożące drewno podlegają kontroli objętości przewożonego ładunku (a nie wagi)
<i>Autotransposter</i>	pojazdy przeznaczone do przewozu innych pojazdów mogą podlegać specjalnym ograniczeniom ze względu na dopuszczalną długość i wysokość

6. Budowa

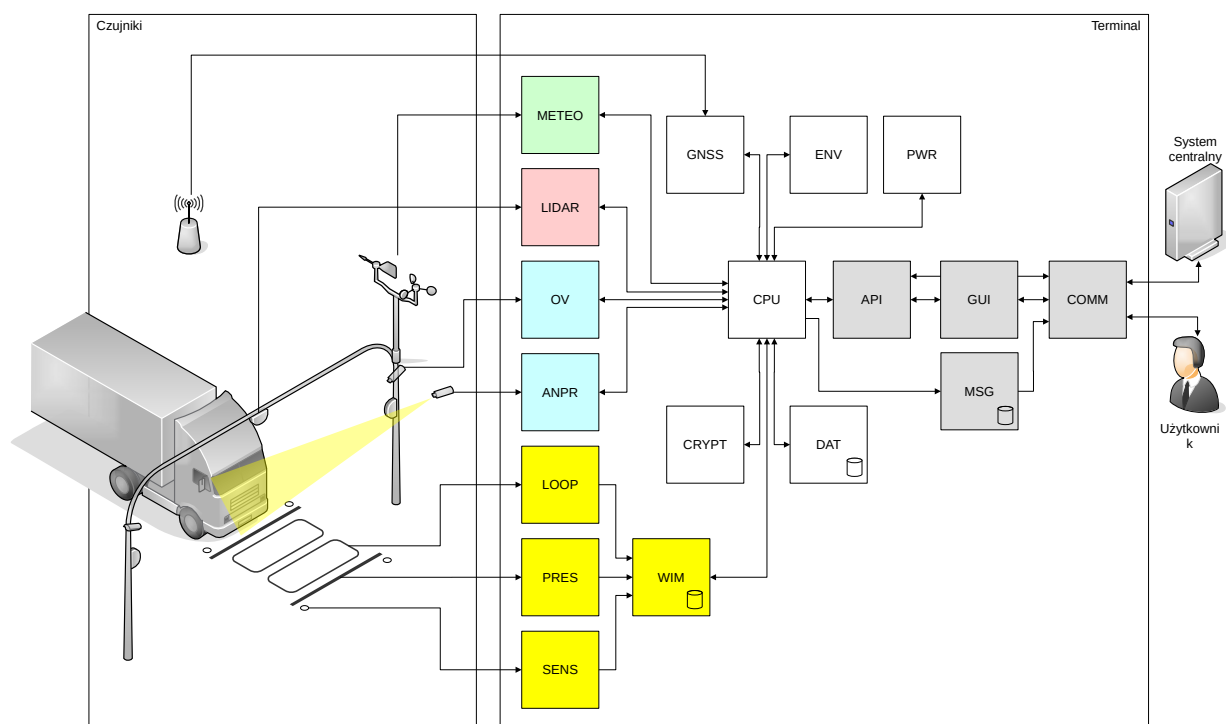
6.1. Architektura

6.1.1. Układ pomiarowy

Układ pomiarowy składa się z następujących elementów:

- **czujników** - zestawu urządzeń umieszczonych w polu pomiarowym na drodze,
- **terminala** - zestawu urządzeń umieszczonych w szafie teletechnicznej, w pobliżu sensorów.

Poniższy diagram pokazuje połączenia w układzie pomiarowym:

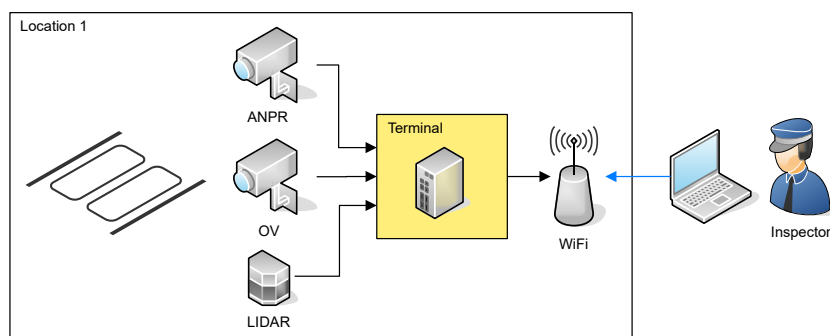


Każdy z modułów do zestaw komponentów (hardware ew. software) posiadających określoną funkcję:

Moduł	Funkcja
LOOP	Akwizycja i analiza sygnałów pętli indukcyjnych
PRES	Akwizycja i analiza sygnałów z czujników nacisku
SENS	Akwizycja i analiza sygnałów z innych czujników zamontowanych w nawierzchni (np. temperatura, zasolenie, opad)
WIM	Sterownik WIM - konsolidacja danych z czujników odpowiedzialnych za proces ważenia
OV	Akwizycja i buforowanie obrazów z kamery poglądowej
ANPR	Akwizycja i buforowanie obrazów z kamery do identyfikacji pojazdu
LIDAR	Akwizycja i buforowanie sygnałów z LIDAR-r 2D / 3D
METEO	Akwizycja i analiza danych ze stacji pogodowej
GNSS	Odbiornik GNSS
ENV	Akwizycja i analiza informacji o otoczeniu (temperatura, wilgotność, otwarcie szafy, uderzenia)
PWR	Układ podtrzymania i monitorowania zasilania
CRYPT	Szyfrowanie danych oraz generowanie podpisu elektronicznego
DAT	Przechowywanie konfiguracji i danych
CPU	Główny sterownik CPU - konsolidacja wszystkich danych, generowanie naruszeń
API	Interface do sterowania terminalem
GUI	Aplikacja do zarządzania urządzeniem
COMM	Komunikacja (WWAN,WiFi,EHT)
MSG	Ekspedycja danych (Webhook)

6.1.2. Punkt pomiarowy

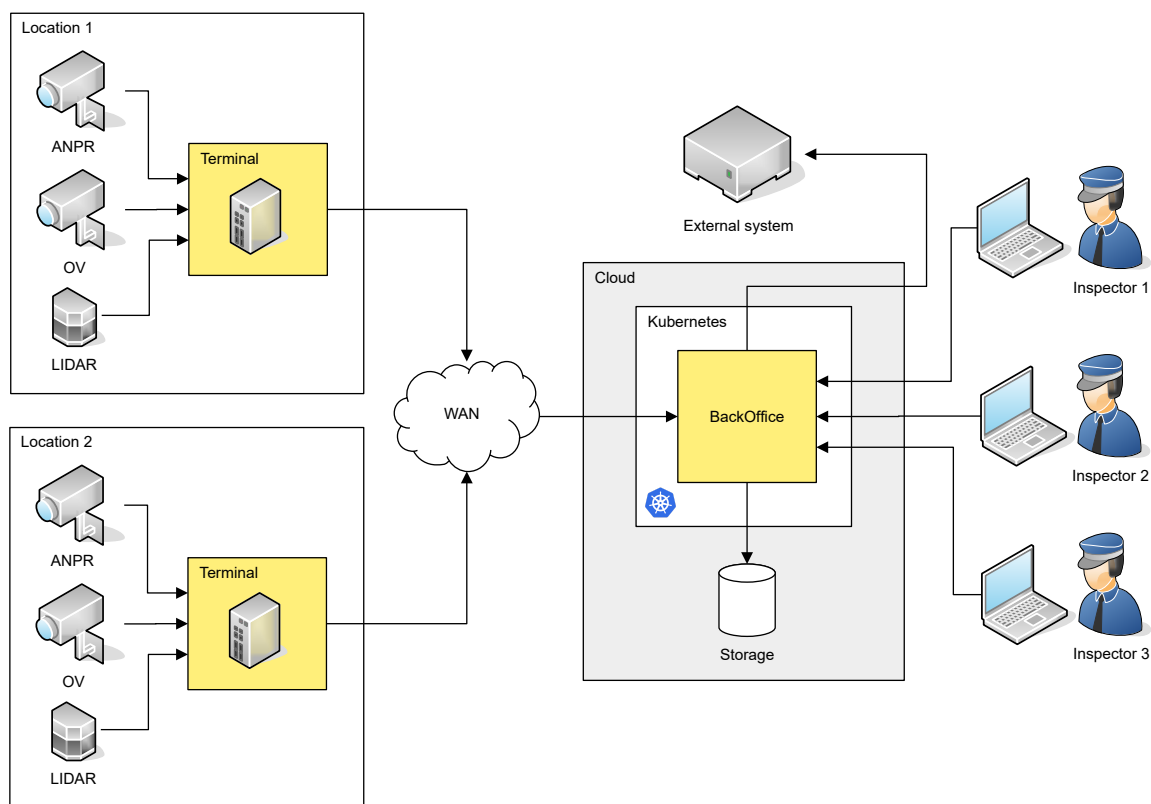
Podstawowy punkt pomiarowy wyposażony jest lokalnie zamontowaną szafę teletechniczną, w której działają wszystkie urządzenia terminala, oraz punkt dostępowych (najczęściej WiFi) służącym do podłączenia się do lokalnej sieci LAN. W lokalnej sieci użytkownik (np. inspektor) może podłączyć się przez przeglądarkę WEB do terminala i może przeglądać dane generowane w tej jednej lokalizacji.



W punkcie pomiarowym użytkownik może korzystać z danych zgromadzonych na jednym terminalu i nie ma dostępu do danych statystycznych z długiego okresu.

6.1.3. System pomiarowy

W przypadku, gdy w ramach jednego systemu zainstalowanych zostało wiele terminali w wielu (odległych) lokalizacjach pomiary mogą być zbierane w czasie rzeczywistym w jednym punkcie, który uruchamiany jest najczęściej w chmurze. W takim przypadku użytkownicy mają dostęp do wszystkich lokalizacji jednocześnie z dowolnego punktu, w którym udostępniono interfejs GUI aplikacji BackOffice.



6.2. Pole pomiarowe

Kluczowym elementem systemu jest wybór miejsca wykonywania pomiaru, tzw. *polu pomiarowym* oraz sposób umieszczenia czujników w tym miejscu. Sposób rozmieszczenia sensorów determinuje maksymalną osiągalną jakość ważenia. W kolejnych podpunktach opisano różne konfiguracje sensorów. Wszystkie wymiary na poniższych rysunkach podano w milimetrach.

6.2.1. HS-WIM-S

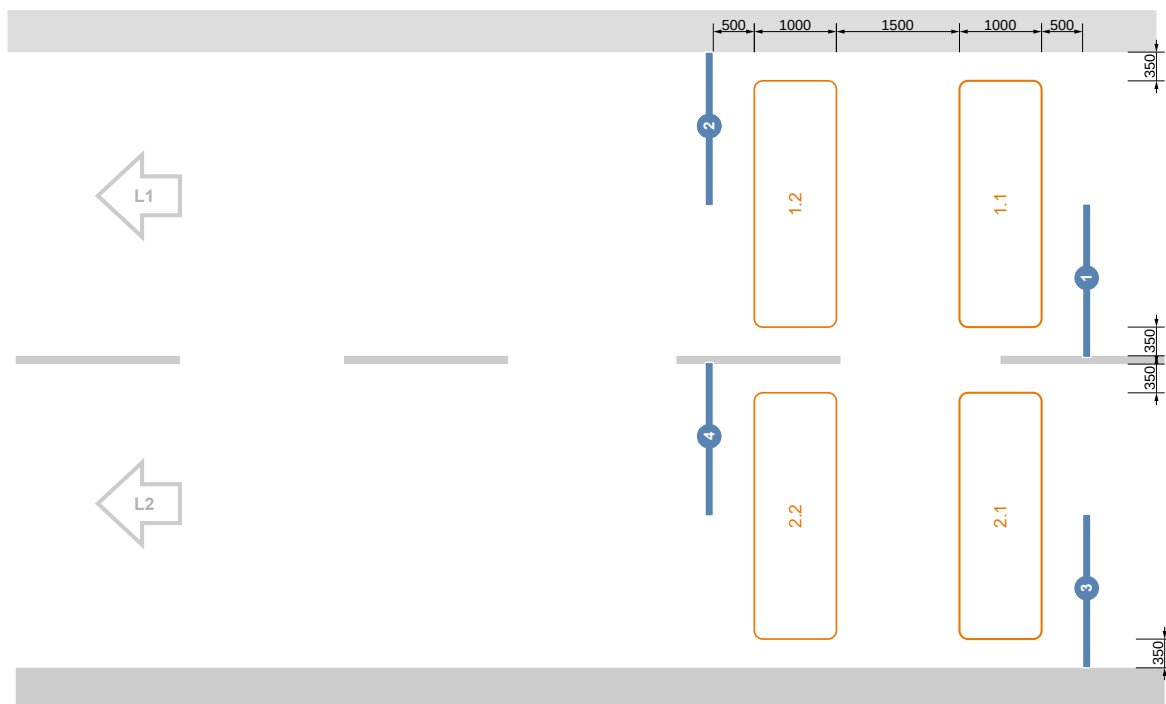
High Speed Weigh-in-Motion - Statistics - ważenie pojazdów w ruchu do celów statystycznych

Dla każdego pasa ruchu instalowany jest w nawierzchni oddzielny zestaw sensorów:

- 2 × **pętle indukcyjne** (kolor brązowy: 1.1 1.2) - w geometrii zgodnie z układem TLS-2
- 2 × **czujniki nacisku** (kolor niebieski: (1), (2)) - po jednym czujniku dla jednego koła.

W takim układzie maksymalna jakość pomiaru ciężaru, jaką system NeuroCar WIM może osiągnąć to **C(15)**.

W przypadku instalacji dwóch pasów obok siebie schemat montażowy jest pokazany poniżej:

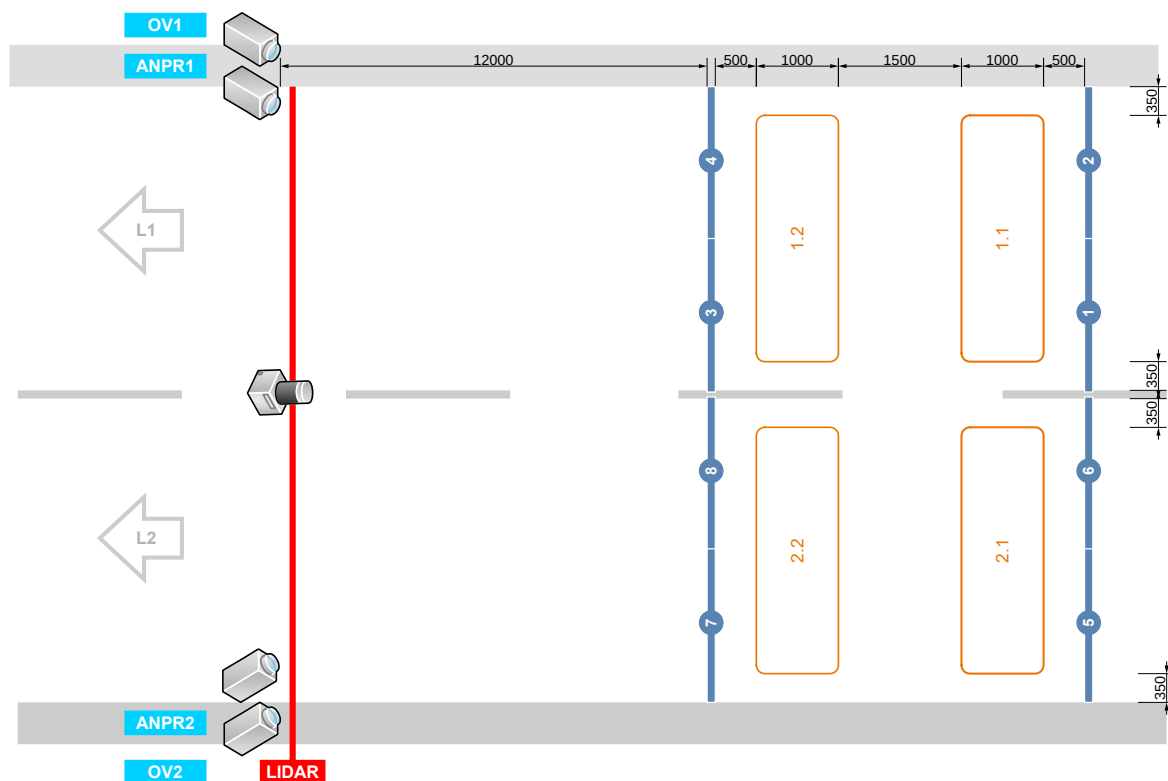


6.2.2. HS-WIM-P

High Speed Weigh-in-Motion - Pre-selection - ważenie pojazdów w ruchu do celów preselekcyjnych; wynik ważenia musi być zweryfikowany na odrębnym stanowisku legalizowanym.

Dla każdego pasa ruchu instalowany jest w nawierzchni oddzielny zestaw sensorów:

- 2 × **pętle indukcyjne** (kolor brązowy: 1.1 1.2) - w geometrii zgodnie z układem TLS-2 (patrz [2])
- 4 × **czujniki nacisku** (kolor niebieski: (1), (2), (3), (4)) - po dwa czujniki dla jednego koła,
- 1 × **kamera OV** (kolor szary: OV1) - możliwe jak naj dalej od skrajni jezdni, na wysokości 6÷8 m,
- 1 × **kamera ANPR** (kolor szary: ANPR1) - tuż przy skrajni jezdni, na wysokości 6÷8 m.
- 1 × **LIDAR 2D** (kolor czerwony: LIDAR) - na środku jezdni, na wysokości 6÷8 m; jeden lidar może obsługiwać dwa pasy ruchu i wówczas powinien być zainstalowany między tymi pasami.



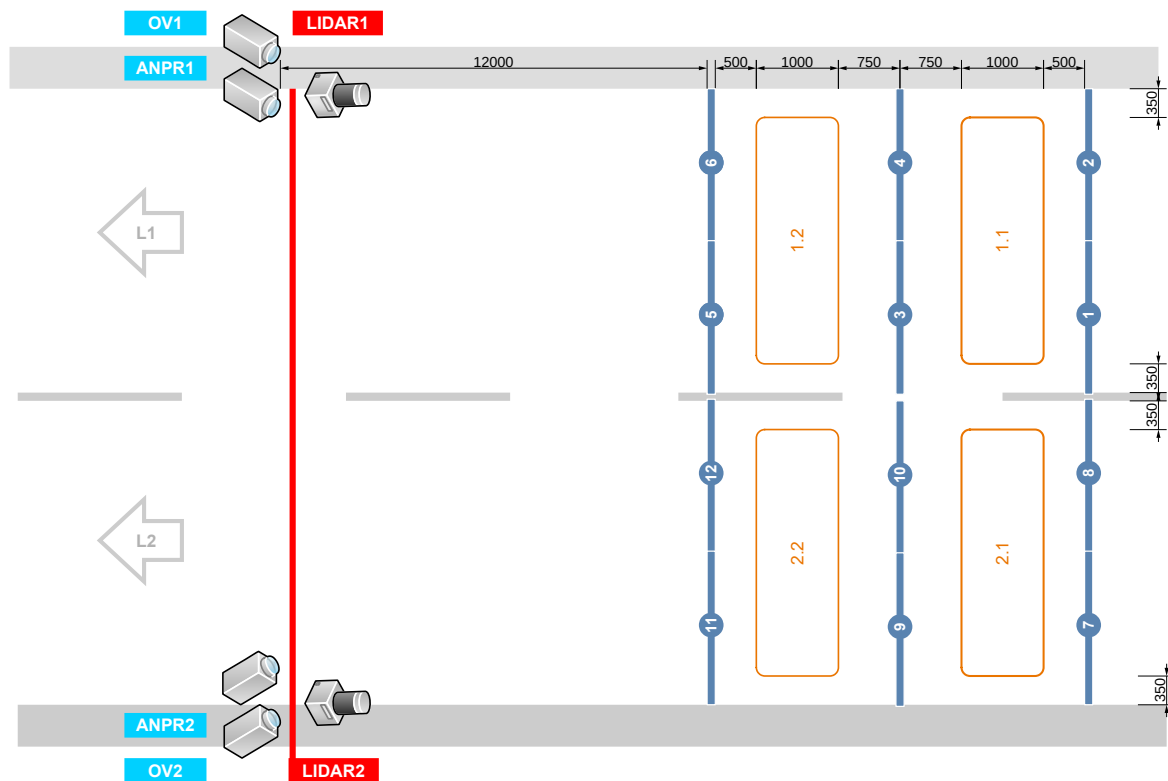
6.2.3. HS-WIM-E

High Speed Weigh-in-Motion - Enforcement - ważenie pojazdów w ruchu przygotowane do automatycznego ujawniania wykroczeń / nakładania kar administracyjnych.

Dla każdego pasa ruchu instalowany jest w nawierzchni oddzielny zestaw sensorów:

- 2 × pętle indukcyjne (kolor brązowy: 1.1 1.2) - w geometrii zgodnie z układem TLS-2 (patrz [2])
- 6 × czujników nacisku (kolor niebieski: (1), (2), (3), (4), (5), (6)) - po trzy czujniki dla jednego koła,
- 1 × kamera OV (kolor szary: OV1) - możliwe jak naj dalej od skrajni jezdni, na wysokości 6÷8 m,
- 1 × kamera ANPR (kolor szary: ANPR1) - tuż przy skrajni jezdni, na wysokości 6÷8 m.
- 1 × LIDAR 2D (kolor czerwony: LIDAR1) - tuż przy skrajni jezdni, na wysokości 6÷8 m.

W takim układzie maksymalna jakość pomiaru ciężaru, jaką system NeuroCar WIM może osiągnąć to A(5).



Uwaga ! - urządzenia pomiarowe HS-WIM, które mogą automatycznie ujawniać i rejestrować pojazdy przewożone muszą posiadać odpowiednie zatwierdzenie typu wydane przez [Główny Urząd Miar](#) (GUM). Dodatkowo, urządzenie takie podlega okresowej kontroli metrologicznej GUM czyli procedurze legalizacji.

6.3. Urządzenia

Poniżej opisano urządzenia kluczowe / specyficzne dla systemu identyfikacji pojazdów.

6.3.1. Czujnik nacisku

Czujnik nacisku to urządzenie montowane w nawierzchni drogi, które zamienia nacisk generowany przez koło pojazdu na napięcie przekazywane do kontrolera WIM. Na jednym pasie ruchu montowane są od 2 do 6 czujników – jeden czujnik mierzy w danym momencie nacisk jednego koła. Stosowane jest kilka typów czujników:

Rodzaj	Zasada działania
Czujniki kwarcowe	wykorzystują zjawisko piezoelektryczne. Elementem aktywnym jest kryształ kwarcu, który pod wpływem nacisku generuje proporcjonalny ładunek elektryczny.
Czujniki tensometryczne	działają na zasadzie pomiaru zmiany rezystancji przewodnika lub półprzewodnika pod wpływem odkształcenia. Najczęściej budowane są w postaci platform opartych na belkach, do których mocowane są tensometry, mierzące ich odkształcenie. W celu zwiększenia dokładności stosuje się układ pełnego mostka złożony z czterech tensometrów, co minimalizuje wpływ temperatury i poprawia czułość pomiaru.
Czujniki piezoelektryczne	czujniki te należą do grupy detektorów generacyjnych, wykorzystujących zjawisko piezoelektryczne proste. Zbudowane są najczęściej z piezoceramików, w formie koncentrycznego przewodu lub płaskiej taśmy. Pod wpływem nacisku generowany jest proporcjonalny ładunek elektryczny.
Czujniki światłowodowe	wykorzystują zjawisko zmiany propagacji fal świetlnych wewnątrz włókna światłowodowego pod wpływem siły zewnętrznej. Zmiana parametrów propagacji fali jest proporcjonalna do przyłożonego obciążenia.
Czujniki pojemnościowe	należą do grupy detektorów kontaktowych. Składają się z dwóch przewodzących elektrod oddzielonych dielektrykiem (najczęściej powietrzem). Nacisk powoduje zbliżenie elektrod, co zmienia pojemność elektryczną czujnika, mierzoną następnie przez układ elektroniczny.

6.3.2. Kamera ANPR



Kamera ANPR to kamera cyfrowa dostarczająca strumień wideo dostosowany do detekcji tablic rejestracyjnych oraz rozpoznawania numerów rejestracyjnych. Kamera ta posiada specyficzne właściwości:

- rozdzielczość obrazu co najmniej HD (1280×720p)
- wysoka czułość przetwornika CMOS pozwalająca na uzyskanie dobrego (jasnego) obrazu przy czasie otwarcia migawki ≤ 1 milisekundy
- możliwość dostarczania zarówno obrazów kolorowych (dzień) jak i monochromatycznych (noc),
- możliwość przełączania trybów "dzień / noc" – przełączany, mechaniczny filtr podczerwieni,
- zmotoryzowany obiektyw ew. zmotoryzowany układ sterowania pozycją przetwornika CMOS pozwalający na zdalne poprawianie ostrości obrazu bez konieczności fizycznego dostępu do kamery,

- dobrej jakości obiektyw z korektą podczerwieni, o ogniskowej pozwalającej na ustawienie pola widzenia na 1÷3 pasów ruchu, z automatycznym sterowaniem przysłoną,
- dołączony promiennik podczerwieni pozwalający na poprawną pracę w porze nocnej (światło niewidzialne w zakresie 850÷940 nm),
- szyfrowanie połączenia z oprogramowaniem klienta, wykorzystanie SSL/TLS i certyfikatów X.509,
- możliwość wymuszenia uwierzytelniania (user | pass) przez co zabezpieczona jest przed niepowołanym użyciem,
- generowanie strumienia wideo w formacie H.264 z możliwością regulacji jakości strumienia,
- wbudowany interface do diagnostyki (SNMP),
- możliwość synchronizacji czasu np. przez NTP,
- specjalizowana obudowa redukująca zjawisko zaparowywania szybki przedniej oraz posiadająca osłonę przez bezpośrednim kontaktem z promieniami słonecznymi,
- odpowiedni uchwyt montażowy z precyzyjną regulacją pozycji kamery w co najmniej 2 osiach.

Uwaga ! - kamera ANPR nie przetwarza strumienia wideo, tzn. nie posiada wbudowanego procesora na analizy danych.

6.3.3. Kamera OV



Kamera OV to kamera cyfrowa dostarczająca strumień wideo obrazujący całą sylwetkę pojazdu przejeżdżający. Kamera ta posiada specyficzne właściwości:

- rozdzielczość obrazu co najmniej HD (1280×720p)
- wysoka czułość przetwornika CMOS pozwalająca na uzyskanie dobrego (jasnego) obrazu przy czasie otwarcia migawki ≤ 4 milisekundy
- możliwość dostarczania zarówno obrazów kolorowych (dzień) jak i monochromatycznych (noc),
- możliwość przełączania trybów "dzień / noc" – przełączany, mechaniczny filtr podczerwieni,
- zmotoryzowany obiektyw ew. zmotoryzowany układ sterowania pozycją przetwornika CMOS pozwalający na zdalne poprawianie ostrości obrazu bez konieczności fizycznego dostępu do kamery,
- szyfrowanie połączenia z oprogramowaniem klienta, wykorzystanie SSL/TLS i certyfikatów X.509,
- możliwość wymuszenia uwierzytelniania (user | pass) przez co zabezpieczona jest przed niepowołanym użyciem,
- generowanie strumienia wideo w formacie H.264 z możliwością regulacji jakości strumienia,
- wbudowany interface do diagnostyki (SNMP),

- możliwość synchronizacji czasu np. przez NTP,
- specjalizowana obudowa redukująca zjawisko zaparowywania szybki przedniej oraz posiadająca osłonę przez bezpośrednim kontaktem z promieniami słonecznymi,
- odpowiedni uchwyt montażowy z precyzyjną regulacją pozycji kamery w co najmniej 2 osiach.

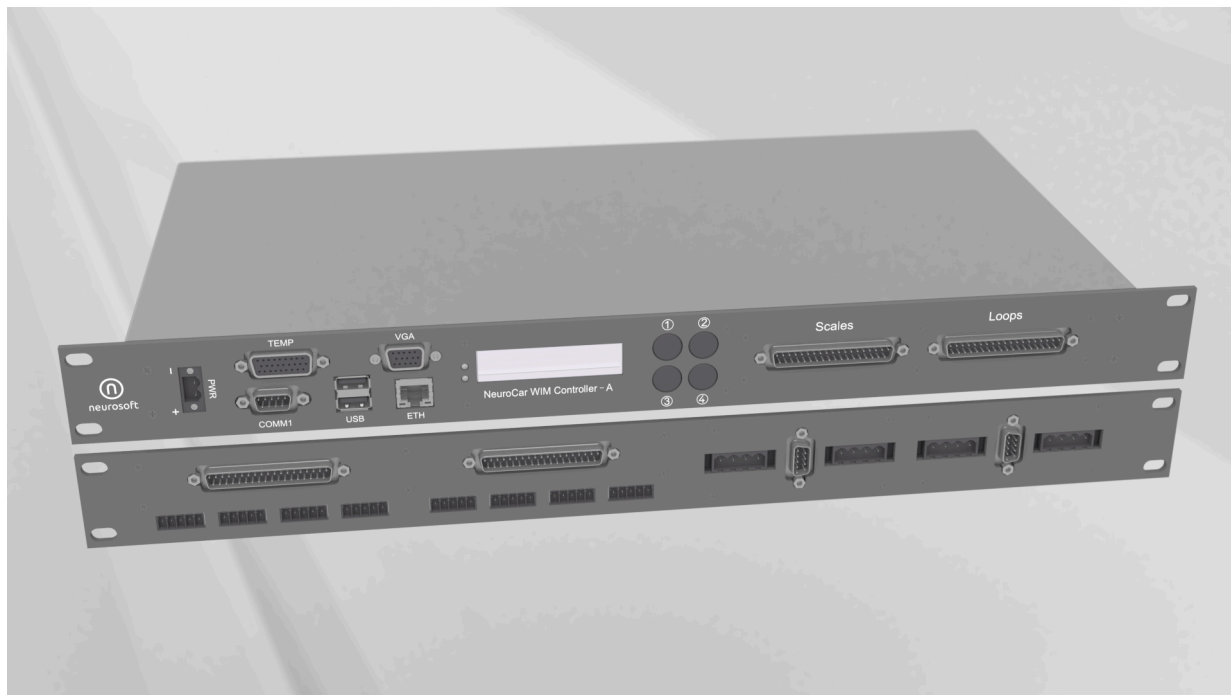
6.3.4. Kontroler CPU



Kontroler CPU to komputer przemysłowy, montowany w szafie teletechnicznej, którego zadaniem jest przetwarzanie strumienia wideo z kamer ANPR, buforowanie danych, a następnie przesyłanie ich do systemu centralnego BackOffice. Komputer ten ma następujące cechy:

- wykonanie przemysłowe, bez elementów ruchomych – brak wentylatorów, konwekcyjne odprowadzanie ciepła,
- przygotowanie do pracy w rozszerzonym zakresie temperatur,
- odporność na wibracje,
- odpowiednia wydajność (procesor klasy Intel i5 lub i7, odpowiedni rozmiar RAM),
- wbudowana pamięć masowa - dysk (SSD)
- szereg interfejsów komunikacyjnych (ETH, RS-232/485, GPIO, USB2, USB3, HDMI/DVI),
- możliwość rozszerzenia o modem komunikacyjny (miniPCIe) ew. dedykowaną kartę rozszerzeń PCIe,
- zasilanie napięciem stałym w zakresie 12÷24V DC.

6.3.5. Kontroler WIM



Kontroler WIM to komputer przemysłowy, montowany w szafie teletechnicznej, którego zadaniem jest przetwarzanie sygnałów analogowych z pętli indukcyjnych i czujników nacisku, detekcję, klasyfikację i wyznaczenie ciężaru pojazdów, a następnie przesyłanie ich do kontrolera CPU. Komputer ten ma następujące cechy:

- specjalizowany moduł do podłączenia pętli indukcyjnych,
- specjalizowany moduł do podłączenia czujników nacisku,
- wykonanie przemysłowe, bez elementów ruchomych – brak wentylatorów, konwekcyjne odprowadzanie ciepła,
- przygotowanie do pracy w rozszerzonym zakresie temperatur,
- odporność na wibracje,
- wbudowana pamięć masowa - dysk (SSD)
- szereg interfejsów komunikacyjnych (ETH, RS-232/485, GPIO, USB2, USB3),
- zasilanie napięciem stałym w zakresie 12÷24V DC.

6.3.6. Lidar



Lidar wykonuje skanowanie bryły pojazdu przez co możliwe jest dokładne wyznaczenie wysokości, a także przybliżone wyznaczenie szerokości. W połączeniu z pomiarem prędkości (z kontrolera WIM) pomiar z LIDAR-u pozwala także na wyznaczenie długości.

6.3.7. Czujnik wysokości

...

6.3.8. Znak VMS

...

6.3.9. Stacja pogodowa

...

7. Droga

7.1. Lokalizacja

Lokalizacja stanowiska pomiarowego jest jednym z ważniejszych czynników decydujących o jakości działania systemu WIM. W tym przypadku istotne są [m.in.](#): odległość od skrzyżowań i sygnalizacji świetlnej, odległość od zakrętów, węzłów drogowych, punktów poboru opłat, miejsc w których zmienia się liczba pasów, które mogą powodować zmianę prędkości, kierunku jazdy itp.

Systemy ważenia nie powinny być również lokalizowane w miejscach szczególnie narażonych na:

- podmuchy wiatru (np. wyjazdy zza ściany lasu, końcowe odcinki dróg z ekranami akustycznymi),
- oblodzenie nawierzchni (np. nasypy),
- zakłócenia elektromagnetyczne (np. pod liniami wysokiego napięcia).

Uwaga! Zaleca się, aby odległość od obiektu, który może powodować zmianę prędkości pojazdu, była nie mniejsza niż 500 m.

7.2. Geometria

Aspekty geometryczne wpływające na pomiar:

- **siły boczne** – odśrodkowe podczas jazdy po łuku,
- **siły pionowe** – dodatkowe siły na łukach pionowych,
- **składowe siły grawitacji** – przy pochyleniu podłużnym/poprzecznym.

Nadmierne pochylenie drogi powoduje zaburzenia pomiaru:

- **poprzeczne** – jedna strona pojazdu jest uznawana za lżejszą, druga za cięższą,
- **podłużne** – naciski osi i masa mogą być większe lub mniejsze od rzeczywistych.

Łuki poziome powodują siłę odśrodkową:

- zwiększony nacisk kół po zewnętrznej stronie łuku,
- zmniejszony nacisk kół po wewnętrznej stronie.

Zaleca się aby:

- unikać łuków lub wybierać łuki o dużym promieniu,
- stosować optyczne zawężanie pasa ruchu (oznakowanie, bariery).

Parametry odcinka (dla ≥ 200 m, w tym 150 m przed i 50 m za czujnikami):

- nachylenie podłużne $< 1\%$ (klasa I) lub $< 2\%$ (inne klasy),
- nachylenie poprzeczne $< 3\%$,
- promień łuku poziomego > 1000 m.

7.3. Konstrukcja

Wymagania ogólne (COST 323):

- brak twardych miejsc w konstrukcji,

- dobre połączenie warstw,
- grubość warstw > 10 cm,
- brak uszkodzeń, jednorodna nawierzchnia.

Typy nawierzchni:

- **podatne** – mieszanki mineralno-asfaltowe,
- **sztywne** – beton cementowy,
- **półsztywne** – asfalt + warstwy z materiałów wiązanych hydraulicznie.

Uwaga: W Polsce dominują nawierzchnie asfaltowe i betonowe – systemy WIM lepiej instalować na nawierzchni betonowej (większa trwałość, mniejsze koleinowanie).

7.4. Ugięcia

7.4.1. Klasy lokalizacji WIM (COST 323):

Dokładność	Klasa I (doskonała)	Klasa II (dobra)	Klasa III (dopuszczalna)
A (5)	+	-	-
B+ (7)	+	-	-
B (10)	+	+	-
C (15)	(+)	+	+
D+ (20)	(+)	(+)	+
D (25)	(+)	(+)	+

Legenda:

- **+** wystarczające
- **-** niewystarczające
- **(+)** wystarczające, ale niekonieczne

7.4.2. Pomiar ugięć

- quasi-statyczne – deflektograf, oś 13 t, prędkość 2–3,5 km/h,
- dynamiczne – FWD (Falling Weight Deflectometer), obciążenie 5 t.

7.5. Równość

- **Równość poprzeczna** – pomiar „łata” 3 m lub profilografem laserowym,
- **Równość podłużna** – wskaźnik IRI (International Roughness Index).

Zalecenia:

- trzy pomiary IRI w śladzie lewego i prawego koła,
- wartości zgodne z tabelą COST 323,
- równość ważna przed i za czujnikami (drgania zakłócają pomiar).

8. Oprogramowanie

8.1. Moduły

Możemy wyodrębnić co najmniej 4 moduły oprogramowania tworzącego całość rozwiązania jakim jest system:

8.1.1. Oprogramowanie sterownika WIM

Odpowiada za zebranie informacji z wszystkich dostępnych modułów (urządzeń) zainstalowanych w miejscu budowy systemu. Przy czym do celów legalizacyjnych warto rozdzielić części oprogramowania na:

- Umieszczoną w innym zasobie poza systemem operacyjnym umożliwiającym spełnienie wymagań weryfikacji sumy kontrolnej zapewniając integralność systemu na okres ważności legalizacji. W zasobie tym umieszczona powinna być tylko minimalna ilość danych oraz oprogramowania tak aby ewentualne poprawki czy aktualizacje funkcji czy pliki językowe nie mających wpływu na legalizację nie powodowały konieczności ponownego procesu.
- Moduł wizualizacji danych pomiarowych oraz komunikacyjny zapewniający przesył danych do dalszego przetwarzania.

8.1.2. Oprogramowanie „middleware”

Oprogramowanie typu „middleware” wraz z bazą danych – ten typ oprogramowania odpowiedzialny jest za zbieranie danych z jednej lub wielu lokalizacji, ich umieszczenie w wewnętrznej bazie danych systemu. Dane zgromadzone w bazie danych wraz z konfiguracją systemu oraz użytkownikami są udostępniane interfejsem typu REST API do aplikacji klienckiej. Moduł ten opowiada także za synchronizację z zewnętrznymi bazami danych.

1. Aplikacja kliencka w postaci strony www lub aplikacji mobilnej, która prezentuje dane pomiarowe preselekcyjnego systemu ważenia pojazdów w

W zależności czy moduły 1 oraz 2 znajdują się w tym samym miejscu instalacji i operują w wewnętrznej sieci komputerowej czy są rozproszone stosuje się różne typy mechanizmów zabezpieczających zarówno samą transmisję jak i integralność danych.

8.2. Uwierzytelnianie

- Wymogi – najczęściej instytucje definiują poziom bezpieczeństwa wielotorowo obejmując zakresem nie tylko wymagania co do sposobów transmisji danych, ale i sposobu autoryzacji oraz mechanizmów reakcji na nieautoryzowane próby dostępu. Przykładowe wytyczne:

„Spełniać poniższe wymagania bezpieczeństwa:

- Udostępniona strona/aplikacja w oparciu o https (aktualny certyfikat ssl zaufanego urzędu klasy OV – Organization Validation).
- Autoryzacja użytkownika z wykorzystaniem loginu i hasła.
- Blokowanie konta/adresu źródłowego IP po pięciu nieudanych próbach logowania i powiadomienie o zdarzeniu administratora. Odblokowanie konta/adresu IP będzie możliwe tylko przez administratora systemu.
- Zmiana loginu administracyjnego (admin, administrator, root) na niestandardowe albo zablokowanie takiego konta i utworzenie niestandardowego z uprawnieniami administratora (jeśli takie jest wymagane).

- Dla każdego użytkownika założone oddzielne konto które zapewni rozliczność wykonywanych działań. Uprawnienia konta w zależności od realnych potrzeb. Konta mają zostać utworzone tylko dla użytkowników wskazanych przez Zamawiającego ze wskazaniem indywidualnych uprawnień i dostępu do poszczególnych funkcji systemu.
- Hasło powinno składać się z minimum 8 znaków składających się z małych, wielkich liter, znaków specjalnych oraz liczb dla użytkownika. Dla konta z uprawnieniami administratora min. 12 znaków.
- Konta nieużywane (zmiana pracownika) powinny być dezaktywowane.
- Dziennik zdarzeń operacji wykonywanych w systemie.
- Wyłączenie niewykorzystywanych usług i protokołów (np. telnet, http, itp.).
- Wykonawca musi zapewnić, że zbierane dane nie zostaną zmodyfikowane przez niepowołane do tego osoby. Wykonawca powinien zabezpieczyć dane przed nieautoryzowanym dostępem. Dane stanowią własność Zamawiającego. Wykonawca nie może korzystać z danych w zakresie swojej działalności ani też udostępniać innym podmiotom bez zgody Zamawiającego.

Warto także odnotować iż w NIS2 weszła w życie 16 stycznia 2023 r. a Państwa UE mają obowiązek wdrożyć regulację unijną do krajowego porządku prawnego do 17 października 2024 r. Warto pamiętać, że dyrektywa jest zbiorem minimalnych wytycznych a państwa członkowskie będą ustanowić dodatkowe wymagania na etapie implementacji ustawowej.

- rejestracja czasu pracy – do celów statystycznych jak i nadzorczych, dokumentujących pracę użytkowników końcowych w aplikacji operatora.

Przykładowe wytyczne:

„Umożliwiać przegląd i export listy logowań użytkowników do aplikacji operatora co najmniej z ostatniego i bieżącego okresu rozliczeniowego z wskazaniem loginu wraz z informacją dacie i czasie pozostawania w systemie.”

8.3. Wizualizacja danych

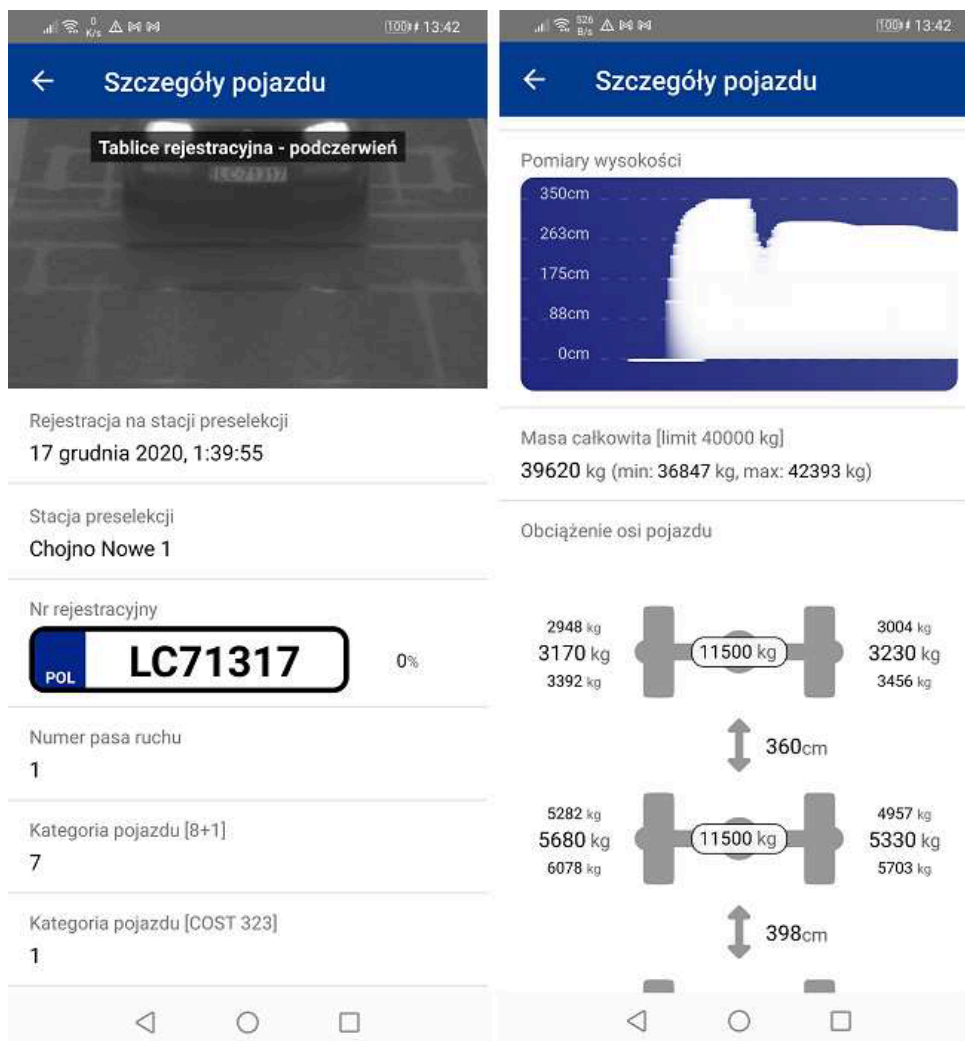
- wymogi użytkowników powinna charakteryzować się również metodą modułową ukierunkowaną na realizację danej funkcjonalności w pojedynczym module.

Przykładowe moduły:

- moduł podglądu pojazdów na żywo

Zakładka „Bieżący pomiar” umożliwia podgląd w trybie „na żywo” wyników pomiarów preselekcyjnego systemu ważenia. W celu ograniczenia ilości przesyłanych danych wyświetlane mogą być inicjalnie tylko pojazdy przeciążone. Obsługa tego modułu sprowadza się do:

- a) Wybraniu stacji ważenia z listy (w przypadku systemu obsługującego wiele systemów WIM)
- b) Ustawienia odległości od punktu kontroli (jeśli nie jest wyznaczony automatycznie) lub dodatkowego opóźnienia w prezentacji danych. Dodatkowy czas może być użyteczny w sytuacji gdy prędkość pojazdu na stanowisku ważenia może różnić będzie się w czasie drogi, którą pokona do miejsca kontroli.
- c) Ewentualnych modyfikacji filtrów wyświetlających dane
- d) Dodawaniu pojazdów do listy wybranych (Obserwowanych/ Wybranych do kontroli)



Moduł ten zapewnia wyświetlanie danych zbiorczych oraz szczegółowych pojazdu tj. czas pomiaru, długość pojazdu, typ pojazdu zgodny z tabelą klasyfikacyjną, prędkość pojazdu, numer pasa ruchu. Dodatkowo wyświetlane są dane procentowe o przeciążeniach aktualnego

pojazdu. Dostępne typy przeciążeń to przeciążenia osi pojedynczej, osi wielokrotnej oraz masy całkowitej pojazdu a także przekroczenie wysokości, informacja czy pojazd znajduje się na liście pojazdów poszukiwanych

- moduł podglądu archiwum pojazdów

Moduł „Archiwum” prezentuje ten sam zestaw danych do „Bieżyący pomiar”. Podstawą operacji na tym module to odpowiednie ułożenie warunków funkcji filtru oraz sortowania. Podczas przeprowadzania kontroli jak i w trakcie przeglądania wyników użytkownik może zaznaczać wybrane pojazdy do kontroli. Znacznik wybranych pojazdów są przyporządkowywane dla każdego z użytkowników z osobna. W celu zapisania wszystkich wyświetlonych pojazdów w formie raportu umożliwia się ich zapisanie na lokalnym dysku użytkownika końcowego. Dostępne może być wiele wersji plików wyjściowych różniące się formatami np. pdf, xlsx, czy csv z opcjonalnym dołączaniem zdjęć pojazdów. Każdy formatów posiada swoje ograniczenia w ilości możliwych pobrania danych z uwagi na całkowity rozmiar takiego raportu. W przypadku przekroczenia limitu ilości pojazdów możliwe jest nadal pobranie raportu a ograniczeniem do liczby pojazdów. Dodatkowo istnieje możliwość pobrania konkretnego wyświetlanego pojazdu w formacie PDF ze

zdjęciami a także dodania go do osobistej listy pojazdów.



- moduł statystyk i raportowania

Moduł „Statystyki” umożliwia wygenerowanie zbiorczych informacji o danych zbieranych przez system. Istnieje szereg pól umożliwiających dostosowanie prezentowanych wyników do życzeń użytkownika.

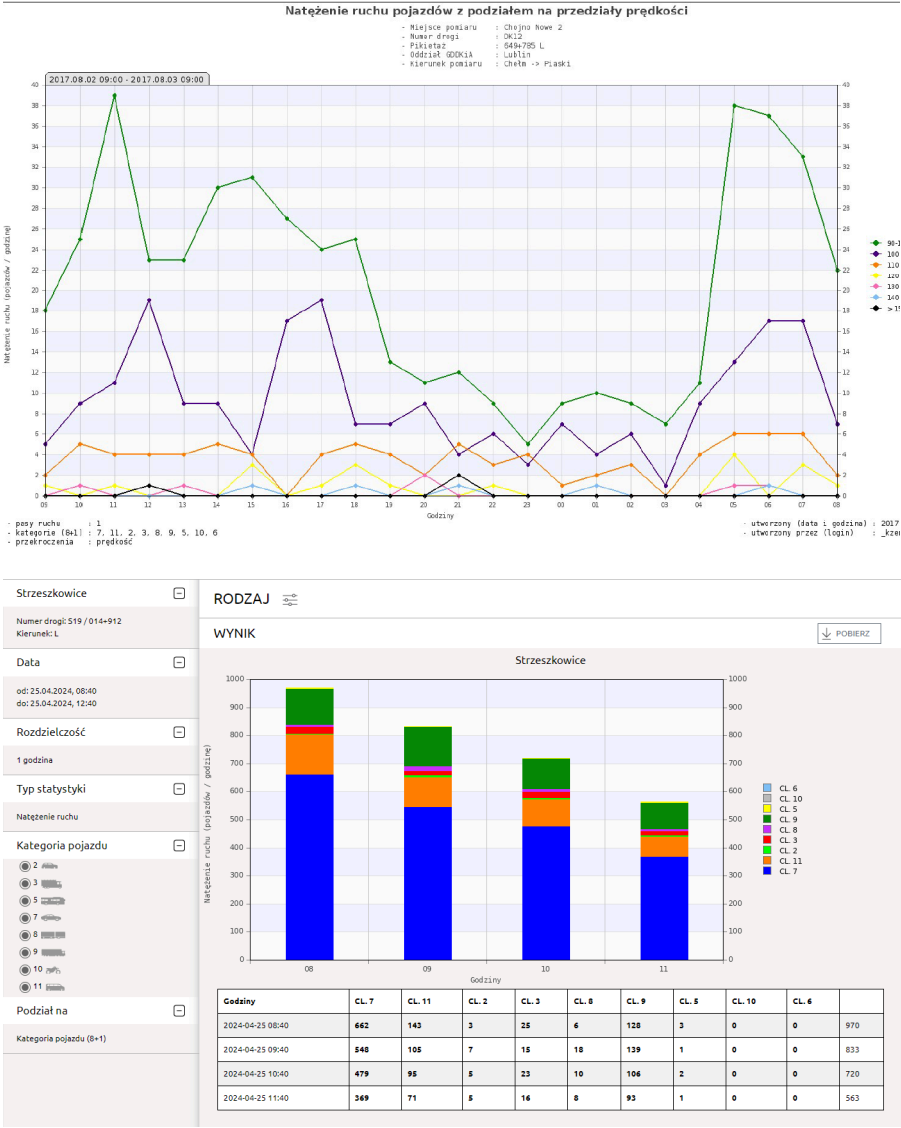
Przykładowo:

- Miejsca pomiaru – umożliwia wybór lokalizacji, z której zostanie wygenerowany raport;
- Okresu czasu – umożliwia wybór zakresu czasu z jakiego statystyka będzie generowana. W zależności od wybranego szablonu raportu system umożliwia ręczne dostosowanie rozdzielczości danych wykresu do badanego przy czym dla każdej z rozdzielczości istnieją ograniczenia w zakresie ilości próbek danych umieszczonych na wykresie.
- Pasy ruchu – umożliwia ograniczenie wyników do konkretnych pasów ruchu wybranego miejsca pomiarowego
- Kategoria pojazdów – umożliwia ograniczenie wyników do wybranej kategorii pojazdów
- Pojazdy – pole definiuje jakie pojazdy mają być prezentowane ze względu na ich charakter tj. posiadające jakąkolwiek flagę przekroczenia/przeciążenia lub wszystkie.

W zależności od wybranego szablonu raportu powinna istnieć możliwość wyboru po jakim parametrze grupowane są wyniki. Przykładowymi atrybutami mogą być: „Pasy ruchu”, „Kategorie pojazdów”, „Przekroczenia” czy „Przedziały prędkości”.

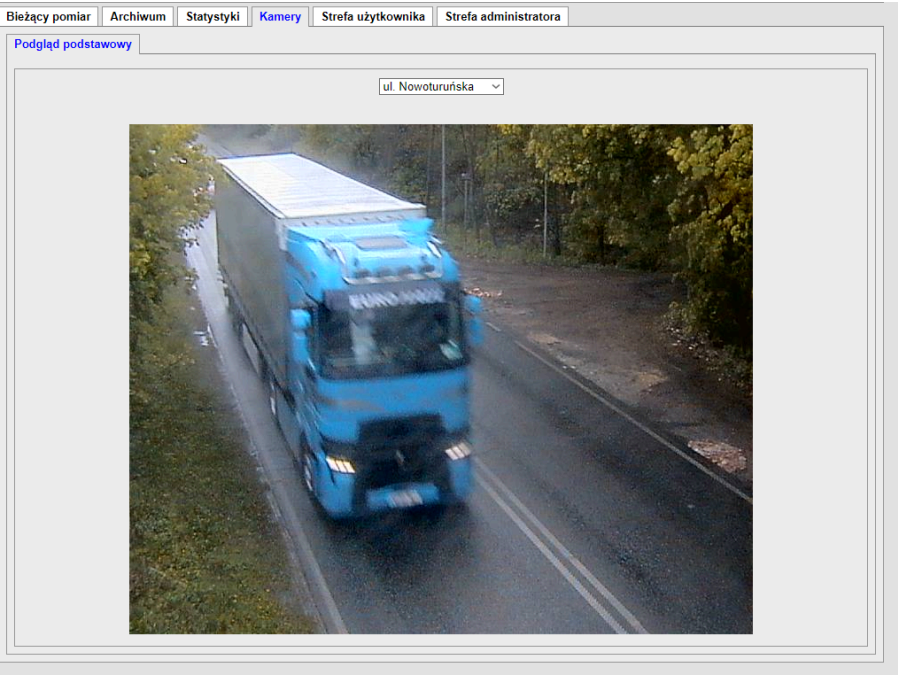
Dodatkowo można dookreślić typ generowanego wykresu np. w postaci wykresu słupkowego lub liniowego.

W przypadku gdy zamawiający powtarza generowanie danego typu raportu istnieje możliwość zdefiniowania predefiniowanych szablonów raportów takich jak statystyka przekroczeń prędkości czy natężenia ruchu z podziałem na pasy za okres ostatnich 24 godzin.



- moduł poglądu video (monitoringu wizyjnego)







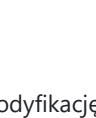
Moduł ten umożliwia uprawnionym użytkownikom do dostępu do monitoringu wizyjnego w trybie strumienia wideo „na żywo”. Funkcjonalność taka może służyć [m.in.](#) do weryfikacji poziomu detekcji stanowiska WIM.



- moduł sterowania znakami VMS/PVMS

Zakładka „Tablice zmiennej treści” zapewnia uprawnionym użytkownikom możliwość

sterowania systemem znaków aktywnych. W zależności od porozumienia pomiędzy zarządcą drogi a służbami kontrolnymi funkcjonalność tak może sprowadzać się do poglądu na aktualny stan organizacji ruchu albo do aktywnej zmiany organizacji. Możliwe jest również działanie hybrydowe polegające na tym iż zarządca wprowadza dany scenariusz organizacji ruchu a kontrolujący ma możliwość zmiany treści na wybranych polach np. wysłanie na znak VMS numeru tablicy rejestracyjnej wybranego do kontroli pojazdu. Na etapie implementacji w przypadku aktywnego sterowania znakami należy zapewnić procedurę wyłączenia automatycznego wyłączenie systemu znaków w przypadku wylogowania użytkownika z weryfikacją czy inny użytkownik tej samej organizacji nie korzysta z systemu.

Kierunek								Akcja
Warszawa -> Kraków								
Lp.	Nr drogi	Pikietaż	Adres IP	Status	Znak włączony	Wariant	Obraz na znaku	Wybrany wariant
1	S7	000+055 P	192.168.180.140	OK	NIE	----	----	
2	S7	000+055 S	192.168.180.141	OK	NIE	----	----	
3	S7	000+139 P	192.168.180.201	OK	NIE	----	----	
4	S7	000+139 S	192.168.180.202	OK	NIE	----	----	
5	S7	000+641 P	192.168.180.209	OK	NIE	----	----	  

Wybierz wariant
1
Włącz
Wyłącz

- moduł zarządzania użytkownikami (administratora)

Moduł „Zarządzanie użytkownikami” umożliwia dodawanie, modyfikację i usuwanie użytkowników systemu. Moduł ten powinien zapewnić funkcjonalność co najmniej na poziomie dodawania/edycji danych oraz wyświetlania aktualnej listy użytkowników systemu.

W przypadku nadawania lub zmiany hasła system powinien podpowiadać czy wpisywane hasło odpowiada założonej przez Zamawiającego polityce bezpieczeństwa. Alternatywnie system może udostępniać mechanizm propozycji hasła zgodnego z polityką.

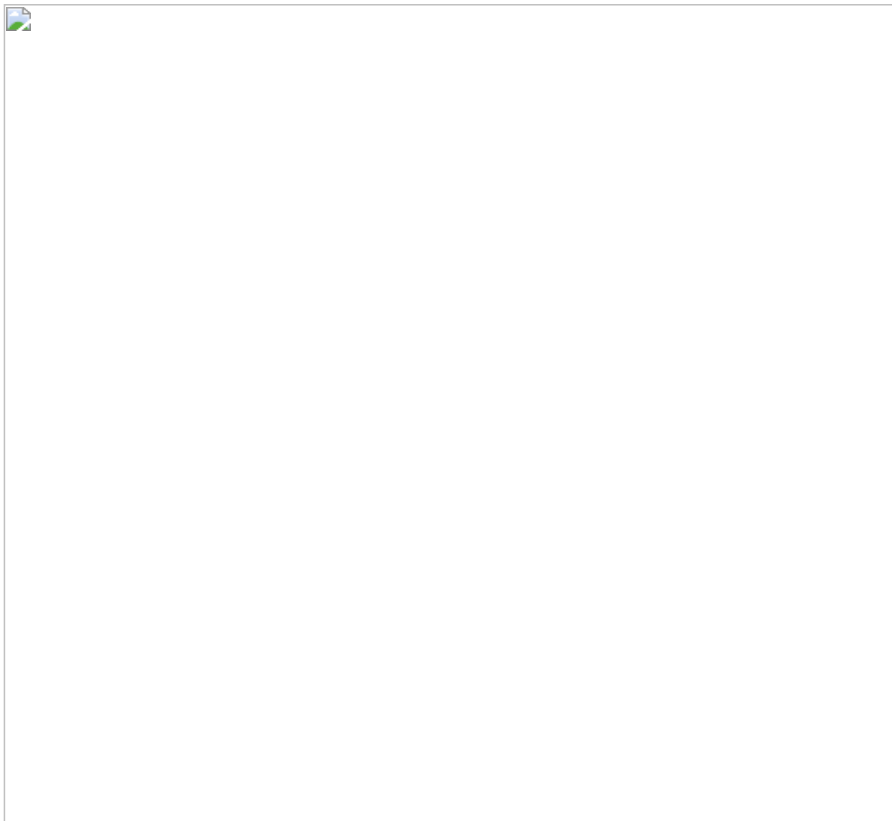
Nie zaleca się kasowania kont użytkowników a jedynie ich blokowanie na konto nieaktywne.

Drugim elementem modułu jest system raportujący aktywność użytkowników. Podstawowymi dwoma zdarzeniami są

- gdy użytkownik pozytywnie zweryfikuje swój login i hasło oraz gdy nastąpi wylogowanie z systemu.
- Gdy użytkownik wykona interakcję w danych modułach aplikacji.

Wyżej wymienione zdarzenia wystarczają do określenia informacji o długości czasu, w jakim dany użytkownik pozostawał zalogowany w systemie.

W zależności od wymagań Zamawiającego proponuje się co najmniej 2 role dla użytkowników tj. inspektor i administrator przy czym do każdej z ról można przyporządkować dany moduł jako widoczny.



- moduł czarnych/białych list oraz filtrów

Moduł składa się z 3 podmodułów:

- czarnych list – generowanie jest zdarzenie w przypadku dopasowania numeru tablicy rejestracyjnej do zapisanej w liście. Powiadomienie może odbywać się poprzez wiadomość e-mail lub SMS.
- Białych list – system preselekcyjnego ważenia nie generuje wpisów do bazy danych dla pojazdów o umieszczonym na liście numerze tablicy rejestracyjnej
- Filtrów – umożliwia wygenerowanie zdarzenia dla określonych parametrów pojazdów. Możliwe pola filtrów opisane zostaną w dalszej części dokumentu.

Lp.	Nr rejestracyjny	Liczba trafień	Monitorowany od	Opis pojazdu
1	GOP9912	0	2024-01-25 13:40:46	string
2	GOP9911	0	2024-01-25 13:19:33	string

Historia aktywności użytkowników

Monitorowane pojazdy

Filtry

Zarządzanie użytkownikami

Diagnostyka

Kryteria filtra

Wybierz filtr: filtr 2 (Filtr 2)

Filtr aktywny: ☐

Pręđ. [km/h] od do Ilość osi [szt.] od do ☒ wszystkie pojazdy ☐ przekroczenia

Masa cał. [kg] od do Oś. poj. [%] od do ☐ przedział

Długość [m] od do Oś. wiel. [%] od do ☐ wysokość

Wysokość [m] od do DMC [%] od do ☐ poza pas

Kategoria [8+1] 2 ☐ czarna lista

Opis filtra: Filtr 2 43

Zapisz

Dane kontaktu

Typ kontaktu: adres e-mail

Kontakt:

Opis kontaktu: 75

Dodaj

BRAK ELEMENTÓW DO WYŚWIETLENIA.

- moduł diagnostyczny

Moduł ten to swoisty dziennik zdarzeń w systemie w przypadku odnotowania przerw, awarii lub zakłóceń w działaniu systemu. Drugim elementem jest diagnostyka dokładności stanowiska będąca odniesieniem średniego nacisku

Osi i jej odchylenia w czasie względem momentu kalibracji.

Dziennik zdarzeń

Kalibracja

Miejsce pomiaru

Annopol 2

Rozdzielczość statystyki

1 dzień

Z okresu

Data

Od 19.04.2024

Do 26.04.2024

Wyświetl statystykę

Pas 1					
Data i godzina	Średni nacisk [kg]	Wsp. zmienności [%]	Pojazdów [szt.]	Dewiacja kalibracji [%]	Wsp. pewności [%]
2024-04-25 00:00	6368	10	95	1.3	100
2024-04-24 00:00	6415	9.2	184	2	100
2024-04-23 00:00	6626	9.2	180	5.4	100
2024-04-22 00:00	6614	9	201	5.2	100
2024-04-21 00:00	6499	7.6	35	3.3	70
2024-04-20 00:00	6398	9.2	28	1.7	56
2024-04-19 00:00	6500	9.2	162	3.4	100

- moduł obsługi awarii

Moduł ten stanowić może integralny element aplikacji bądź być realizowany przez zewnętrzny serwis. Zapewnia użytkownikowi końcowemu możliwość zgłoszenia usterek systemu.

Moje przypisane zgłoszenia 0

Nieprzypisane i otwarte zgłosze... 0

Moje zgłoszenia oczekujące na r... 0

Moje obserwowane 1

Otwarte zgłoszenia 0

Oczekujące na realizację 0

Zgłoszenia eskalowane 0

Wszystkie zgłoszenia 6

Wszystkie zgłoszenia

OPCJE

#	TYTUŁ	STATUS	UTWORZONO
40007	Zmiana stopnia kompresji na kamerach AXIS (WMILU...	zamknięte	2024-03-25
40006	Zgłoszenie awarii - brak zdjęć w systemie	zamknięte	2024-03-18
40005	Zgłoszenie telefoniczne	zamknięte	2024-03-18
40004	Awaria Annopol 178	zamknięte	2024-03-12
40003	Zgłoszenie nr 1	zamknięte	2024-03-12
40002	Witcamie	zamknięte	2024-03-12

Aplikacja kliencka

- filtrowanie

Zarówno w przypadku modułu wyświetlającego pojazdy „na żywo”, archiwum danych czy statystyk koniecznym jest zapewnienie takiej funkcjonalności aplikacji, aby kontrolujący był w stanie prowadzić pracę w często zaplanowany przez zwierzchników sposób.

Najczęściej spotykanymi atrybutami filtrów modułu „na żywo” są parametry pojazdu, które podlegają kontroli tj. co najmniej:

- Ilość osi - poszukiwanie pojazdów powyżej zadanej liczby osi

file:///C:/Work/ext/gitlab/its-polska/kasi/docs/kdp-v/_all/kasi-v.md

59/102

- Prędkość – próg prędkości powyżej, którego będą poszukiwane pojazdy
- Wskaźniki przeciążenia – umożliwia zdefiniowanie wartości procentowych dla obciążeń osi pojedynczej, wielokrotnej i masy całkowitej, powyżej których będą wyszukiwane pojazdy
- Masa całkowita
- Długość lub szerokość

Dodatkowo filtrowanie może nastąpić po numerze tablicy rejestracyjnej lub jej fragmencie wraz z określeniem tolerancji błędu.

Podobny zakres stosuje się do modułu archiwum przy czym dodatkowo wprowadza się możliwość wyboru lokalizacji systemu (jeden lub więcej), ram czasowych w jakich mają być poszukiwane pojazdy czy kategorię pojazdu wg schematów. Moduł ten też rozszerza możliwość dla parametrów z modułu „na żywo” do wartości granicznych do przedziałów.

Dodatkowy mechanizm sortowania (malejąco lub rosnąco) po co najmniej 2 parametrach takich jak:

- Id lokalizacji
- Czas pomiaru
- Nr tablicy rejestracyjnej
- Prędkość
- Masa całkowita
- Długość
- Szerokość
- Wysokość
- Liczba osi
- Typ pojazdu
- Oś pojedyncza (stopień przekroczenia)
- Oś wielokrotna (stopień przekroczenia)
- DMC (stopień przekroczenia)
- Responsywność

Na etapie projektowania aplikacji ważną cechą jest ograniczenie ilości danych prezentowanych a tym samym ograniczenie zajętości ekranu komputera. Nie mniej jednak przyjmuje się obecnie minimalną rozdzielczość ekranu na 1376x768. Celem współpracy z ekranami smartfonów lepszym zastosowaniem jest udostępnienie dedykowanej aplikacji mobilnej niż skalowanie strony. Tematem nie mniej ważnym jest dostępność strony tj. brak konieczności instalacji na komputerze użytkownika końcowego dodatkowego oprogramowania w jakiegokolwiek postaci czy dodatków do przeglądarek internetowych. Niezbędne też jest zoptymalizowanie strony pod względem ilości transmitowanych danych z uwagi na obsługę aplikacji przez sieć komórkową.

Przykładowe wymagania:

„Prezentować na odpowiednim dla stacji preselekcyjnej MKiW dla co najmniej dla 95% pojazdów, zarejestrowanych przez stację preselekcyjną, wymagane informacje o tych pojazdach nie później niż po 1 sekundzie od momentu przejechania zarejestrowanego pojazdu przez miejsce preselekcyjnej kontroli pojazdów.

8.4. Raporty

Raportowanie nie tylko sprowadza się do interakcji użytkownika z aplikacją kliencką opisaną wcześniej, ale i system raportowania automatycznego zgodnie z wymaganiami Zamawiającego. Celem tego podsystemu jest dostarczanie w wybranej formie, formacie oraz okresie pomiarowym zagregowanych statystyk lub raportów przetwarzanych dalej przez jednostki współpracujące z Zamawiającym.

Przykładowym raportem używanym powszechnie jest raport z:

- dostarczania danych zawierających tabelaryczne zestawienie ilości danych dostarczonych dla każdej ze stacji preselekcyjnych, dla każdego dnia wykonania umowy
- zbiorów danych zarejestrowanych przez stacje preselekcyjne przetworzonych do formatu UFD służący celom planistycznym
- dostarczania danych zawierających tabelaryczne zestawienie ilości danych dostarczonych do zewnętrznego serwera innej jednostki organizacyjnej wraz z procentowym określeniem kompletności tego procesu

8.5. Weryfikacja pomiarów

- automatyczne odrzucanie pomiarów po wykryciu zakłócenia

Obsługa lub eliminacja zdarzeń pod wpływem zakłóceń zewnętrznych ma istotne znaczenia dla dopuszczenia do użytkowania sterownik ważenia, w przypadku systemu preselekcyjnego ważnie odpowiednie testy EMC przeprowadzane są celem możliwości posługiwania się znakiem CE. W przypadku systemu podlegającego legalizacji składową oceny dopuszczenia przez laboratorium urządzenia (zatwierdzenie typu) jest określenie braku wpływu zakłóceń na prawidłowość pomiaru. Zakresy badań obejmuje odpowiednie rozporządzenie.

- automatyczne odrzucanie pomiarów po wykryciu przekroczenia wskazanych limitów

Należy odpowiednio oznaczyć te rekordy pomiarowe co do których dany podsystem albo samo oprogramowanie WIM stwierdza ich nieprawidłowość.

Przykładami takich limitów, które należy sprawdzić są:

- wartość zmierzonej prędkości w stosunku do przyjętego zakresu pomiarowego urządzenia (np. od 1 do 255km/h)
- wartość zmierzonego nacisku koła (np. od 50 – 15000 kg)
- wartość sumy zmierzonych odstępów między osiami nie może być większa niż długość pojazdu
- wartość zmierzonej wysokości pojazdu powinna znajdować się w przedziale od 100 cmm do wysokości na której zamontowano urządzenie (w przypadku Lidar)
- danych ze wszystkich podsystemów co do których nastąpiło naruszenie sumy kontrolnej
- możliwość wprowadzenia poprawnych pomiarów (przez ITD)

W przypadku stwierdzenia różnic wykraczających poza przyjęte dokładności pomiędzy pojazdem zmierzonym przez system WIM a działaniami kontrolnymi uprawnionych służb aplikacja klienta udostępnia formularz zgłoszenia, w którym należy załączyć protokół pomiarowy oraz jednoznaczny identyfikator kontrolowanego pojazdu lub załącznik z informacjami o pojedzie wygenerowanym w poziomy modułu archiwum aplikacji klienckiej.

8.6. Bezpieczna transmisja danych

Oprogramowanie WIM zainstalowane na umieszczonym w szafie sterowniczej komputerze przemysłowym połączone jest w jednej zamkniętej i jednorodnej sieci Ethernet z pozostałymi elementami systemu. W przypadku gdy system ten stanowi element większego systemu wydzielone powinna być odrębna podsieć (VLAN). W przypadku systemu legalizowanego wszystkie komponenty systemu, co do których przeprowadzono czynności sprawdzające, nie powinny umożliwiać ich rekonfiguracji lub zmiany bez utraty legalizacji. Tam gdzie to możliwe powinno zapewnić się

autoryzację loginem i hasłem (spełniającym wymogi bezpieczeństwa zgodnie z przyjętą polityką) oraz bezpiecznym protokołem.

Łączność z systemem „middleware” w przypadku użycia sieci publicznych powinno zapewnić się przez urządzenia umożliwiające odpowiednie filtrowanie ruchu, zabezpieczenie transmisji poprzez VPN oraz odpornymi na ataki DDOS. Poziom bezpieczeństwa transmisji danych pomiarowych może być dodatkowo zwiększony przez szyfrowanie transmisji (np. HTTPS, SFTP) lub zaszyfrowanie paczek danych (np. szyfrowanych plików zip AES256).

Aplikacja kliencka będąca zainstalowana na serwerach poza miejscem instalacji systemu WIM powinna być także zabezpieczona system typu firewall na poziomie sieci i aplikacji, systemy mitygacji ataków DDOS oraz zaawansowanego filtrowania ruchu.

8.7. Szyfrowanie nośników danych

Zaleca się przechowywanie całego systemu operacyjnego systemu WIM w tej części, która znajduje się poza obiektami chronionymi tj. np. przy drodze.

Serwery, na których znajdują się komponenty a będące poza miejscem instalacji systemu zaleca się szyfrowanie jeśli serwerownia, w której się te serwery znajdują nie posiada certyfikatu Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji ISO/IEC 27001:2013.

8.8. Podpis elektroniczny

...

8.9. Anonimizacja

Anonimizacja danych dotyczy:

- Danych pomiarowych – numerów tablic rejestracyjnych. Zakłada się, że dla wybranych użytkowników posiadających odpowiednie uprawnienia w systemie możliwe jest:
 - Nie stosowanie mechanizmu w module „na żywo”
 - Nie stosowanie mechanizmu w module „archiwum”
 - Nie stosowanie mechanizmu lub pozostawienie tylko fragmentu numeru tablicy na etapie synchronizacji z zewnętrznymi systemami
- Wizerunków osób w pojeździe – podobnie jak dla numerów tablic
- Wizerunków osób postronnych – bezwzględnie, przy czym możliwe jest zrealizowanie tej funkcjonalności w kamerach poglądu drogi poprzez odpowiednio dobrane strefy prywatności

Włączenie lub wyłączenie tej funkcjonalności powinno odbywać się poprzez stosowne ustawienia na etapie ich składowania w bazie danych.

8.10. Bezpieczeństwo informatyczne

Na etapie zakończenia wdrożenia prac lub po przygotowaniu wersji systemu będącego przeznaczonego do komercyjnych wdrożeń opracowuje się lub zleca opracowanie raportu z audytu bezpieczeństwa co najmniej z tej części systemu, które będzie dostępna z publicznej sieci Internet. Zakres testów powinien objąć testy manualne i automatyczne zgodnie ze standardami audytowania oraz testowania systemów opracowanymi przez ISACA, OWASP oraz zgodnie z obowiązującym stanem prawnym. Testy wykonane są w oparciu o symulowane ataki na aplikację przy wykorzystaniu testów typu „Black box” (bez wiedzy o aplikacji) raz „Grey box” (z częściową wiedzą na temat aplikacji). Badanie takie prowadzone jest w wg schematu:

- Rekonesans
- Enumeracja zasobów

- Autymatyczna identyfikacja podatności
- Próby manualne wykorzystanie podatności
- Raportowanie

Ocena wpływu na bezpieczeństwo zidentyfikowanych podatności aplikacji oraz prawdopodobieństwa ich wykorzystania przedstawia się w skali od krytycznej, wysokiej, średniej i niskiej.

Przykładowy zakres raportu obejmuje:

- Ocenę zabezpieczeń kryptograficznych
- Testy manualne z wykorzystaniem wstrzyknięcia złośliwego kodu
- Testy manualne z możliwości wykorzystania podatności CSRF i SSRF
- Testy na podatność ataku „Brute Force”

Tak przygotowany raport stanowi element dokumentacji powykonawczej dla wersji instalacyjnej aplikacji.

8.11. Retencja danych

Można wyróżnić kilka poziomów danych, dla każdego z nich przyjąć inne wytyczne.

- Dane modułu WIM –

Wszelka retencja danych, otrzymywanych z czujników czy urządzeń peryferyjnych będące składową paczki danych o pojeździe, nie przyniesie korzyści biorąc pod uwagę iż systemy te mają za zadanie bieżącą ocenę ruchu i selekcję pojazdów.

- Dane w postaci rekordu pojazdu

Dane te powinny być składowane tak długo w systemie jak to możliwe, zakłada się z reguły iż maksymalny czas awarii dopuszczanych w postępowaniach do 10 dni roboczych. W systemach rozproszonych jest to najczęściej występujący przypadek. Odpowiedni okres retencji umożliwia późniejsze uzupełnienie danych w systemie bazodanowym (archiwum pomiarowym) oraz aplikacji klienta. Umożliwia również wygenerowanie raportów i statystyk również z okresu gdzie nastąpiła przerwa.

- Dane w systemie bazy danych, w przypadku gdy są synchronizowane z zewnętrznymi systemami powinny być składowane za okres co najmniej taki aby ewentualna ich późniejsza obróbka przez ten system była możliwa.
- W przypadku aplikacji klienta – minimalny okres składowania danych od 2 miesięcy do 3 lat.

8.12. Zgłaszanie usterek

Aplikacja klienta może udostępniać interaktywny formularz będący jej modułem umożliwiającą wypełnienie zgłoszenia lub zawiera odnośnik do zewnętrznego portalu obsługi zgłoszeń serwisowych.

Część z rozwiązań umożliwia włączenie systemu zewnętrznego w aplikację klienta z użyciem generatora , przykładowo:

```
Wymagania
Zammad Forms wymaga jQuery. Jeśli nie używasz go jeszcze w swojej witrynie, możesz go dodać w ten sposób:

<script src="https://code.jquery.com/jquery-3.6.0.min.js"></script>

Musisz dodać następujący fragment kodu JavaScript do swojej strony internetowej:

<button id="zammad-feedback-form">Feedback</button>

<script id="zammad_form_script" src="https://support.cat-traffic.pl/assets/form/form.js"></script>

<script>
$(function() {
  $('#zammad-feedback-form').ZammadForm({
    agreementMessage: 'Warunki korzystania i oświadczenie informacyjne <div>a target="" blank" href="https://cat-traffic.pl/obowiazek-informacyjny/">https://cat-traffic.pl/obowiazek-informacyjny/</a></div>',
    messageTitle: 'Formularz zwrotny',
    messageSubmit: 'Akceptuj',
    messageThankYou: 'Dziękujemy za zapytanie (Wk)! Skontaktujemy się z Tobą jak najszybciej.',
    modal: true
  });
});
</script>
```

Systemy te z reguły umożliwiają też inne formy komunikacji jak telefoniczna do pracownika pełniącego dyżur, ten zaś może przyjąć zgłoszenie w systemie i automatycznie wysłać powiadomienie o jego przyjęciu. Trzecim sposobem jest wysłanie przez użytkownika wiadomości e-mail, która automatycznie przetwarzana jest przez system obsługi zgłoszeń. Możliwe jest na tym etapie w systemie obsługi nie tylko kategoryzowanie pod względem przyjętej przez Zamawiającego system poziomu SLA, ale również eskalacji zgłoszeń. W zależności od wymagań klienta może być także realizowane powiadamianie o każdym kroku jaki został wykonany przez serwis.

9. Jakość ważenia

9.1. Wprowadzenie

W ramach dokumentu opisywanym jest czym jest jakość systemu, czy możliwym jest choć częściowe zmapowanie klas dokładności między notacjami wprowadzonymi przez różne dokumenty międzynarodowe (porównane zostały tutaj COST323 oraz OIML R134). Porównanie te ma umożliwić użytkownikowi w przyszłości przeprowadzenie testu jeśli jakaś instytucja będzie korzystała z innych oznaczeń niż te do których użytkownik jest przyzwyczajony.

Dodatkowo został opisany aparat matematyczny wspólny dla wszystkich w przyszłości przeprowadzanych testów z wykorzystaniem pojazdów wstępnie zważonych w trakcie tradycyjnej kalibracji, a także wyłapywanych ze strumienia ruchu, pozwalający na określenie dokładności systemu. Całość dokumentu kierowana jest do obliczeń dla **systemów preselekcyjnych**.

9.2. Klasy dokładności

9.2.1. COST 323

Klasa dokładności urządzenia określana jest na podstawie precyzji zwracanych wyników ważenia dla całkowitej masy pojazdu, a także osi pojedynczej oraz grupy osi. W przypadku korzystania z definicji zgodnej z COST323 najniższa spośród uzyskanych klas definiuje klasę systemu jako całości. Wymagania jakościowe na poziomie ufności określonym jako $1 - \alpha = 0.95$ zostały przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1: Klasy dokładności systemu HS-WIM wg COST323

typ pomiaru	ograniczenia	Klasa dokładności [%]		
		A5	B+(7)	B(10)
masa całkowita	masa całkowita > 3.5 [t]	5	7	10
Masa osi:	masa osi > 1 [t]			
grupa osi		7	10	13
oś pojedyncza		8	11	15
oś w ramach grupy osi		10	14	20

9.2.2. OIML R134

W przypadku korzystania z definicji wg OIML R134 każda z części traktowana jest osobno i klasa systemu składa się z liczby oznaczającej dokładność pomiaru masy całkowitej pojazdu oraz litery oznaczającej dokładność pomiaru wagi osi/grupy osi. Wymagania odnośnie jakości zwracanych wartości nacisku dla masy całkowitej, pojedynczych osi oraz grup osi w zależności od rodzaju przeprowadzanego testu zostały przedstawione w tabelach 2 oraz 3.

Tabela 2: Wymagana dokładność ważenia masy całkowitej pojazdu w zależności od deklarowanej klasy systemu i rodzaju testu (Procent umownej wartości masy pojazdu)

klasa dokładności dla masy pojazdu	testy dopuszczające i okresowo sprawdzające	testy "in-servis"
0.2	±0.10 %	±0.20 %
0.5	±0.25 %	±0.50 %
1	±0.50 %	±1.00 %
2	±1.00 %	±2.00 %
5	±2.50 %	±5.00 %
10	±5.00 %	±10.00 %

Tabela 3: Wymagana dokładność ważenia pojedynczej osi lub grupy osi w zależności od deklarowanej klasy systemu i rodzaju testu (Procent z umownej wartości pojedynczej osi lub grupy osi)

klasa dokładności dla nacisku osi i grupy osi	testy dopuszczające i okresowo sprawdzające	testy "in-servis"
A	±0.50 %	±1.00 %
B	±1.00 %	±2.00 %
C	±1.50 %	±3.00 %
D	±2.00 %	±4.00 %
E	±4.00 %	±8.00 %
F	±8.00 %	±16.00 %

Całościową klasę systemu zgodnie z definicją wg OIML R134 wyznacza się korzystając z tabeli 4 łączącej tabele 2 oraz 3.

Tabela 4: Klasa systemu w zależności od jakości wyników dla osiągniętych w testach

Dokładność pomiaru nacisku osi/grupy osi	Dokładność pomiaru masy całkowitej pojazdu [%]					
	0.2	0.5	1	2	5	10
A	x	x				
B	x	x	x			
C		x	x	x		
D			x	x	x	
E				x	x	x
F						x

W tym miejscu należy dodać, że dokument OIML dotyczy zarówno wag wolno-przejazdowych jak i systemów HS-WIM. W związku z ograniczeniami takimi jak ograniczona dokładność przyrządów pomiarowych w celu ustalenia wartości referencyjnej, jak i samej specyfiki ważenia pojazdów przy dużych prędkościach, możliwymi aktualnie do weryfikacji są klasy do maksymalnej dokładności 2D.

9.2.3. NMI+

Standard NMI+ definiuje klasy dokładności zarówno dla systemów preselekcyjnych, jak i dla systemów automatycznie nakładających kary. W kontekście rozwoju systemów HS-WIM dokument ten jest najbardziej istotny ze względu na precyzyjne definiowanie dokładności całej stacji oraz rodzajów testów dla systemów automatycznie egzekwujących przepisy. W tabeli 5 przedstawione zostały możliwe do osiągnięcia klasy dokładności przez systemy enforcement.

Tabela 5: Wymagane poziomy dokładności dla poszczególnych mierzonych wielkości w systemach automatycznie nakładających kary wg NMI+

Dokładność [%]	L(3)	L(5)	L(7)	L(10)
Masa całkowita	3	5	7	10
Nacisk grupy osi	5	8	11	15
Nacisk pojedynczej osi	7	10	15	20

Precyzyjnie, z wykorzystaniem wartości bezwzględnych, zdefiniowane zostały również wymagania dokładności wag stacjonarnych służących do pomiarów referencyjnych w procedurze kalibracji pojazdami wstępnie zważonymi. Podziałyki wagi nie mogą przekraczać wartości podanych w [kg] dla poszczególnych klas dokładności w tabeli 6.

Tabela 6: Maksymalna dopuszczalna podziałka wagi stacjonarnej

Dokładność wagi stacjonarnej [kg]	L(3)	L(5)	L(7)	L(10)
Masa osi	10	20	20	50
Masa całkowita	20	50	50	100

w zależności od klasy systemu E-WIM wg NMI+ przy ważeniach referencyjnych^[^1]

[^1]: E-WIM: Enforcement-WIM, system WIM do automatycznego egzekwowania przepisów

9.2.4. Powiązanie między klasami

OIML rozróżnia wartości błędu w zależności od przeprowadzanego testu i zmniejsza dopuszczalny ich zakres również w testach sprawdzających. W przypadku COST323 wymaga się zawężenia tolerancji błędu tylko w przypadku początkowej weryfikacji systemu ("Initial verification", rozdział 10.1 [1]). COST323 jest dużo bardziej precyzyjny w kontekście wyznaczania błędu grupy osi i pojedynczej osi w ramach grupy osi, ponieważ OIML w ogóle do drugiej wielkości spośród wymienionych się nie odnosi.

Co istotne oznaczenie klas w COST323 numerami 5, 7, 10, 15 itd (tolerancje dla mas całkowitych) jest zgodne z zaleceniami OIML dotyczącymi pomiaru masy całkowitej. Klasy dotyczące dokładności pomiaru masy całkowitej są spójne między dokumentami i oznaczają w praktyce spełnienie tych samych kryteriów. Podsumowując: **klasa A5 w COST323 odpowiada klasie 5E wg OIML R134.**

NMI+ jest standardem który definiuje dokładności ważenia na innych poziomach niż OIML jeśli chodzi o masę osi czy grupy osi. Wartości dla których definiowany jest NMI+ są pewną hybrydą pomiędzy OIML a COST323. Standard ten urzeczywistnia możliwości stacji HS-WIM (definiuje dokładność ważenia MC od 3% co jest realną wartością w przeciwieństwie do 0.2% w OIML). Jest to związane z faktem, że został on stworzony specjalnie dla systemów HS-WIM jednocześnie nie definiując wymagań dla wag wolnoprzejazdowych.

9.3. Techniczne aspekty kalibracji

W dalszej części zostanie wyjaśnione jak obliczyć błąd działania systemu oraz w jaki sposób zinterpretować wyniki. **Metodyka jest spójna dla wszystkich procedur wykorzystujących pojazdy wstępnie zważone.** Definicje konkretnych scenariuszy przeprowadzenia testów znajdują się w dokumentach dotyczących danego typu weryfikacji.

9.3.1. Referencyjne urządzenia pomiarowe

Urządzenia pomiarowe mogą być zintegrowane ze stacją HS-WIM (wagi wolno-przejazdowe z legalizacją) lub być oddzielnymi stanowiskami ważenia referencyjnego wraz z przygotowanymi rowkami do umieszczenia wag stacjonarnych. Wymaga się, aby referencyjne urządzenia pomiarowe zwracało wartości nacisków osi pojazdu z błędem nie większym niż 1/3 dopuszczalnego błędu dla badań w ruchu wymienionych w tabelach 2, 3. Wymaga się minimum dwóch ważen referencyjnych każdego pojazdu według zasad [2, 3]:

1. jedno ważenie przed wykonaniem testu pojazdami wstępnie zważonymi, drugie po zakończeniu przejazdów,

2. jeśli możliwe to: jedno wykonane w kierunku zgodnym z najbliższym sąsiadującym pasem drogowym, a drugie w kierunku przeciwnym.

Sposób przeprowadzenia pomiarów referencyjnych został szczegółowo opisany w załączniku "Procedura ważeń referencyjnych" i należy się z nim zapoznać przed realizacją jakichkolwiek testów. [Załącznik nr 4: Instrukcja wykonania ważeń referencyjnych masy całkowitej oraz nacisków osi pojazdów]

9.3.2. Rodzaje pojazdów referencyjnych

Do kalibracji pojazdami wstępnie zważonymi należy skorzystać z konkretnych typów pojazdów. Zgodnie z OIML R-134, rozdział 6.5 [4] oprócz dwuosiowego pojazdu ciężarowego należy wybrać przynajmniej dwa inne pojazdy referencyjne. Wybrane pojazdy powinny reprezentować zakres pojazdów ciężarowych występujących w rejonie dla którego urządzenie HS-WIM jest przeznaczone. Wypełniając wymagania stawiane dodatkowo przez pozostałe instrukcje międzynarodowe i krajowe [1, 2, 5], można stwierdzić, że w przypadku Unii Europejskiej są to:

1. dwuosiowy pojazd ciężarowy o sztywnej konstrukcji (1-1),
2. trzyosiowy pojazd ciężarowy o sztywnej konstrukcji (1-2),
3. dwuosiowy ciągnik siodłowy z naczepą o 3 osiach (2+3).

Przed rozpoczęciem analizy wyników zweryfikować czy wykorzystane pojazdy mieszczą się w ramach wymienionej grupy. Jeśli zostały wybrane inne należy uzasadnić wybór.

9.3.3. Liczba przejazdów

W przypadku uproszczonych procedur zaleca się wykonanie od 10 do 15 przejazdów każdym z pojazdów wykorzystywanym w trakcie testu. Dzięki temu wyniki testów dopuszczających i sprawdzających pozwolą na określenie klasy dokładności na poziomie ufności nie niższym niż $1 - \alpha = 0.95$ przy klasie dokładności systemu nie wyższej niż A5/5D. Jest to zgodne z rekomendacjami krajowymi [2] oraz międzynarodowymi [1, 4]. Dokładne liczby przejazdów zostaną przedstawione przy każdym ze scenariuszy testowych.

9.3.4. Prędkości pojazdów

Przejazdy testowe należy przeprowadzić przy następujących prędkościach, które mieszczą się w zakresie dopuszczalnych prawem prędkości, dla których urządzenie ma być oceniane:

1. w pobliżu maksymalnej prędkości roboczej, v_{max} ;
2. w pobliżu minimalnej prędkości roboczej, v_{min} ;
3. w pobliżu środka zakresu prędkości roboczych.

gdzie **prędkość robocza** jest to średnia prędkość z jaką poruszają się pojazdy danego typu w punkcie pomiarowym, **maksymalna prędkość robocza** jest najczęściej związana z regulacjami krajowymi bądź ograniczeniami prędkości ustalonymi w pobliżu pola pomiarowego, natomiast **minimalna prędkość** oznacza taką wartość przy której pojazd zachowuje równomierną, niską prędkość w polu pomiarowym.

Dla uproszczenia procedury zdefiniujemy konkretne wartości prędkości zgodnie z [1, 2]. Wymagane w tym przypadku będą przejazdy:

- z prędkością $v_m = 75 \frac{km}{h}$;
- z prędkością $1.2 \cdot v_m$ lub maksymalną dopuszczalną^[2];
- przejazdy z prędkością $0.8 \cdot v_m$.

[2]: jeśli $1.2 \cdot v_m$ przekracza maksymalną dopuszczalną prędkość na odcinku z polem pomiarowym i w jego pobliżu należy wykonać przejazdy z maksymalną legalną prędkością w tym obszarze

9.4. Rodzaje testów stacji HS-WIM

Wyróżniamy trzy podstawowe rodzaje testów:

1. test dopuszczający urządzenie do działania w trybie ciągłym,

2. coroczne testy sprawdzające,
3. testy w trakcie wykorzystania urządzenia (in-service).

Wymienione rodzaje testów dotyczą wszystkich rodzajów systemów (statystyczne, preselekcyjne, automatycznie egzekwujące przepisy). W zależności od wymaganej dokładności oraz rodzaju systemu zmieniać się będzie liczba pojazdów, przejazdów oraz procedury matematyczne pozwalające na określenie klasy dokładności systemu. Należy pamiętać, że w szczególności w przypadku systemów E-WIM oprócz dokładności ważenia koniecznym jest zweryfikowanie pozostałych aspektów takich jak dokładność klasyfikacji, rozpoznania tablic rejestracyjnych czy wymiarów pojazdu (jeśli wymagane). Każde z tych zagadnień zostało opisane w oddzielnym załączniku wraz z instrukcją przeprowadzenia badań oraz interpretacją wyników (Załącznik 2, Załącznik 3).

Ważnym jest, aby procedury te stosować do utrzymania jakości dla stacji które mają szansę działać poprawnie - tzn. ich czujniki są sprawne, wartości związane [m.in.](#) z rezystancją izolacji i innymi parametrami elektrycznymi mieszczą się w dopuszczalnych granicach. Parametrów tych dotyczy oddzielny dokument (**Załącznik 6: Procedura oceny sprawności pętli indukcyjnych oraz czujników ważenia zamontowanych w drodze**) oraz fragmenty rozdziałów 11 oraz 12 dotyczące parametrów elektrycznych i technicznych wymaganych w systemach. Należy pamiętać, że koniecznym jest monitorowanie stacji pod względem techniczno-elektrycznym w celu zapewnienia stałej, wysokiej dokładności jej działania.

9.4.1. Test dopuszczający urządzenie do działania w trybie ciągłym

Kalibracja początkowa powinna być wykonana po zainstalowaniu urządzenia lub dużych akcjach serwisowych [m.in.](#) takich jak wymiana czujników czy wymiana nawierzchni. Procedura może być realizowana wg rozbudowanego lub uproszczonego schematu, w zależności od tego jaką klasę dokładności należy osiągnąć. Do tej pory z powodzeniem stosowany był scenariusz uproszczony dla systemów o dokładności nie wyższej niż A5. W ramach tego testu stacja ważenia HS-WIM będzie oceniana na podstawie danych zwróconych dla czterech lub trzech wstępnie zważonych pojazdów, których dokładne właściwości zostały opisane w załączniku [6].

Należy pamiętać, że **przy pierwszej kalibracji systemu preselekcyjnego wymagane wartości dokładności przemnażane są przez $f_{ini} = 0.8$ w związku z czym wymagania stawiane stacji HS-WIM są o 20% wyższe od deklarowanych**. W przypadku systemów do automatycznego mandatowania wykroczeń prawa wartości maksymalnego dopuszczalnego błędu przemnaża się przez 0.5 przy testach nazywanych zatwierdzeniem typu.

9.4.2. Coroczne testy sprawdzające

Wykonywane są okresowo (nie częściej niż raz w roku albo po zgłoszeniu błędów w działaniu systemu), mają na celu potwierdzenie poprawności działania urządzenia. Jeśli regularnie wykonywane są testy in-service, które jednoznacznie wskazują na poprawność działania systemu przez cały rok, możliwym jest wykorzystanie scenariusza z wielokrotnym przejazdem jednego wstępnie zważonego pojazdu dla systemów preselekcyjnych oraz statystycznych. W przeciwnym przypadku należy wykorzystać uproszczony testu dopuszczający urządzenie do działania w trybie ciągłym. W przypadku testów sprawdzających poziomy dopuszczalnych błędów są zgodne z deklarowaną klasą dokładności urządzenia.

9.4.3. Testy w trakcie wykorzystania urządzenia (in-service)

Procedury testowe dla systemu w trakcie jego użytkowania powinny mieć kilka cech:

- być możliwie prostymi w realizacji,
- zapewniać możliwość weryfikacji działania systemu zarówno po stronie użytkownika jak i operatora,
- wyniki powinny umożliwić odrzucenie hipotezy, że system na pewno działa niepoprawnie.

Potwierdzenie poprawności działania stacji HS-WIM w trybie "in-service" możliwe jest do przeprowadzenia na kilka sposobów. Testy te z zasady powinny być wykonywane z dużą częstotliwością, aby dokonać weryfikacji poprawności działania systemu przez co zapewnić stabilne jego działanie przez cały okres użytkowania. Procedury o których mowa można podzielić na:

1. scenariusz wykorzystujący statystyczną analizę wartości zwracanych przez system,

2. scenariusz wykorzystujący wybrane ze strumienia ruchu pojazdy, które następnie dodatkowo ważone są na wadze stacjonarnej,
3. scenariusz wykorzystujący wielokrotny przejazd jednego wstępnie zważonego pojazdu.

Szczegóły wykonania każdej z procedur znajdują się w załączniku [7].

9.5. Podstawy matematyczne

porównujących dynamiczne wartości wag pojazdu zwrócone przez system HS-WIM z wartościami zmierzonymi na wagach referencyjnych dla systemów preselekcyjnych i statystycznych (P-WIM, S-WIM)

9.5.1. Wstępne ważenie pojazdów oraz wyznaczenie wartości referencyjnych nacisków osi

Podstawowym problemem w określeniu dokładności systemu WIM jest to, że praktycznie tylko całkowity ciężar pojazdu jest wielkością posiadającą precyzyjnie zdefiniowany sens metrologiczny [8]. Ciężar osi nie może być zdefiniowany jako iloczyn masy i przyspieszenia ziemskiego, gdyż oś jest integralną częścią całego pojazdu. W praktyce statyczne ciężary poszczególnych osi są wyznaczone za pomocą wagi podkołowej lub podosiowej, dla pojazdu stojącego w miejscu na całkowicie równej nawierzchni. Pomiar taki obarczony jest jednak zawsze niepewnościami niezwiązanymi z samą dokładnością urządzenia ważącego. Na wynik pomiaru wpływa [m.in.](#) nachylenie terenu, stan zawieszenia pojazdu, sposób w jaki odbywało się zatrzymanie na wadze (jeśli było konieczne) [9].

Przy n -krotnym ważeniu statycznym oś po osi (nawet dwukrotnym) oraz zważeniu całego pojazdu na wadze platformowej, należy wyznaczyć statyczne referencyjne obciążenie każdej osi Ws_i według wzoru:

$$Ws_i \cong \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left(\bar{Ws}_{i,j} \cdot Ws_t / \sum_{i=1}^p \bar{Ws}_{i,j} \right)$$

gdzie p jest liczbą osi pojazdu, i -- numerem kolejnej osi, Ws_t -- ciężarem całkowitym pojazdu zmierzonym na wadze platformowej. Dopiero tak obliczone wartości nacisku poszczególnych osi powinny być brane jako wartości referencyjne do porównywania z pomiarami zwracanymi przez oceniany system HS-WIM. [1, 4]

9.5.2. Definicja możliwych rodzajów estymatorów wartości nacisków - ważenie dynamiczne

W każdym przypadku, kiedy **wykorzystywane są pojazdy wstępnie zważone**, wartość z dynamicznego pomiaru wagi porównywana jest z wartością odczytaną z wagi stacjonarnej. Można w tym miejscu wyszczególnić dwa scenariusze testowe - z wykorzystaniem wielokrotnego przejazdu pojazdu wstępnie zważonego lub wykorzystując pojazdy ze strumienia ruchu ważone stacjonarnie w niewielkiej odległości od pola pomiarowego. Niezależnie od wykorzystanego scenariusza przed rozpoczęciem analizy należy policzyć liczby n_w oraz n_{ax} zarejestrowanych pomiarów:

- całkowitej wagi (n_w)
- wagi pojedynczej osi (n_{ax}),

a w przypadku pełnej procedury kalibrującej z wykorzystaniem więcej niż jednego pojazdu, bądź innego niż 2-osiowego, należy obliczyć również dla:

- wagi grupy osi
- wagi pojedynczej osi w ramach grupy osi.

dla pojazdów w których one występują.

9.5.3. Wyznaczenie estymatorów wartości nacisku badanych wielkości - ważenie dynamiczne

W ramach każdej analizowanej grupy pomiarów wyznacza się:

1. indywidualne względne błędy

$$x_i = \frac{Wd_i - Ws_i}{Ws_i} \cdot 100[\%]$$

gdzie: Wd_i to wartość nacisku badanej wielkości zmierzona w sposób dynamiczny (zwrócona przez system), Ws_i to referencyjna wartość nacisku wyznaczona na podstawie odczytów z wagi stacjonarnej,

2. m oznaczającą wartość średnią dla wyznaczonych błędów względnych x_i ,
3. s czyli odchylenie standardowe dla wyznaczonych błędów względnych x_i ,
4. wyznaczane są pary punktów

$$(|m|/s, \quad \delta/s)$$

gdzie δ jest wartością dokładności systemu dla mierzonej wielkości odczytaną z tabeli 1[^3].

[^3]: **Uwaga:** podczas pierwszej kalibracji po zainstalowaniu systemu odczytane wartości δ z tabeli 1 należy przemnożyć przez współczynnik $f_{ini} = 0.8$.

9.5.4. Wykorzystanie obliczonych punktów (estymatorów) do określenia klasy jakości preselekcyjnego systemu HS-WIM

Obliczone pary punktów dla każdej z mierzonych wielkości (masa całkowita/ masa pojedynczej osi/ jeśli występuje: masa osi wielokrotnej/oś w ramach grupy osi):

$$(|m_X|/s_X; \quad \delta_X/s_X)$$

porównuje się odpowiednio z krzywymi akceptacji zależnymi od liczby pomiarów. Przykładowe krzywe akceptacji umieszczone zostały na rysunkach 1 i 2. Krzywe akceptacji dla każdego definiowanego testu będą znajdować się w dokumentach opisujących konkretny test.

Aby test można było uznać za zaliczony, a stację ważenia HS-WIM za działającą poprawnie, każda para wyznaczonych punktów (wg wzoru (3)) musi znajdować się nad prostą lub bezpośrednio na niej.

Rysunek 1: Krzywa do oceny poprawności działania urządzenia na podstawie pomiaru nacisku osi pojazdu - przykład zgodny z testami in-service (n=30)

Rysunek 2: Krzywa do oceny poprawności działania urządzenia na podstawie pomiaru masy całego pojazdu - przykład zgodny z testami in-service (n=15)

9.6. Matematyczne podstawy procedur

porównujących dynamiczne wartości wag pojazdu zwrócone przez system HS-WIM z wartościami zmierzonymi na wagach referencyjnych dla systemów automatycznie egzekwujących przepisy (E-WIM)

9.6.1. Wyznaczenie wartości referencyjnych z ważeń stacjonarnych

Pojazdy używane do weryfikacji poprawności działania stacji muszą zostać zważone przynajmniej 6 razy na wadze podosiowej/podkołowej lub stacji LS-WIM. Pomiary muszą zostać wykonane w obu kierunkach poruszania, a także uwzględniać ważenie przed i po wykonanym teście dynamicznym (na stacji HS-WIM). Dodatkowo koniecznym jest wykonanie pomiaru masy całkowitej pojazdu na wadze platformowej.

Wyznaczenie ostatecznych wartości referencyjnych odbywa się zgodnie ze wzorem:

$$CorrAxle_i = Axle_i \cdot \frac{VM_{ref}}{VM}, \text{ gdzie}$$

$Axle_i$ - średnia wartość nacisku osi i w pojeździe x , VM_{ref} - wartość odczytana z wagi platformowej dla pojazdu x , VM - masa pojazdu x będąca sumą wskazań kolejnych osi w pojeździe.

W tożsamy sposób obliczane są wartości dla grupy osi oraz masy całkowitej. Wyznaczone w ten sposób wartości traktowane są jako referencyjne.

9.6.2. Obliczenie jakości dla kolejnych przejazdów - weryfikacja systemu

Rejestrowane są wartości wszystkich pomiarów masy całkowitej pojazdu i wszystkich pomiarów nacisku na oś, a dla każdej zarejestrowanej wartości (masa całkowita pojazdu, nacisk na oś lub nacisk na grupę osi) obliczany jest błąd

względny E :

$$E[\%] = \frac{C - R}{R} \cdot 100\%,$$

gdzie C jest wielkością zmierzona przez system WIM, R jest wielkością referencyjną wyznaczoną zgodnie z procedurą z podrozdziału 6.1, w szczególności zgodnie ze wzorem (4).

Wymaga się, aby wszystkie wyznaczone wielkości ze wzoru (5) były nie większe niż błędy dopuszczalne dla konkretnego typu wielkości dla zadeklarowanej klasy systemu (tabela 5).

10. Jakość podsystemów

10.1. Wprowadzenie

W stacjach WIM oprócz jakości samego ważenia równie istotnym jest zapewnienie i umożliwienie weryfikacji pozostałych działających podsystemów w kontekście jakości zwracanych danych. W tym miejscu jako podstawowe można wymienić jakość klasyfikacji pojazdów, poprawność rozpoznania tablic rejestracyjnych (ANPR), dokładność wyznaczenia wymiarów pojazdu (jeśli stacja jest wyposażona w dodatkowe czujniki) czy prędkości pojazdów. Po uwzględnieniu jakości wszystkich podsystemów oraz samego ważenia można mówić o jakości stacji HS-WIM jako całości. W niniejszym rozdziale zostaną zdefiniowane miary jakości podsystemów będących integralną częścią stacji HS-WIM, czyli jakości klasyfikacji oraz jakości ANPR. Aby zapoznać się z procedurami testowymi wykorzystującymi miary jakości zdefiniowane w niniejszym rozdziale należy przejść do załączników: Załącznik 3: Procedura oceny jakości klasyfikacji pojazdów oraz Załącznik 2: Ocena jakości ANPR.

Rozdział ten będzie się rozrastał w każdym przypadku, kiedy pojawi się podsystem, którego poprawność działania jest mierzalna i możliwa do weryfikacji.

10.2. Klasyfikacja pojazdów

10.2.1. Stosowane podziały na klasy dokładności klasyfikacji

Wymagany poziom poprawności rozpoznania poszczególnych klas pojazdów zależy od zadeklarowanej klasy dokładności systemu. Grupy pojazdów oraz klasy dokładności są zależne od stosowanego typu klasyfikacji. Oceniać można zarówno klasę dokładności detekcji jak i prawidłowego rozpoznania grupy pojazdów lub klasy pojazdu.

10.2.1.1. Klasyfikacja OG oraz OG+C

Klasyfikacja **OG** dotyczy jedynie detekcji pojazdów silnikowych bez wskazywania bardziej szczegółowej klasy. Jest elementem składowym oceny jakości klasyfikacji w systemach operujących na wszystkich bardziej szczegółowych klasyfikacjach z najczęściej przeddefiniowaną wartością oczekiwaną.

Bardziej szczegółową klasyfikacją stosowaną przy zadaniach związanych w głównej mierze z poprawną detekcją pojazdów jest **OG+C**. W tym rodzaju klasyfikacji oprócz detekcji wszystkich pojazdów silnikowych dodatkowo obliczane są miary dla pojazdów ciężki w skład których wchodzi: samochody ciężarowe, samochody ciężarowe z przyczepą, ciągniki siodłowe z naczepą oraz autobusy. Sprawdzane jest czy pojazd należący do tej grupy sklasyfikował się jako "pojazd ciężki" (wartość zwrócona przez klasyfikator mieści się w tym zbiorze, klasa nie musi odpowiadać faktycznej klasie pojazdu). Wymagania odnośnie systemów znajdują się w tabeli 1.

Wykorzystanie **OG+C** jest przydatne w bardziej szczegółowych typach klasyfikacji. Kiedy danych pomiarowych zostało zebrane zbyt mało (liczbowo) aby określić jakość dla każdej z klas pojazdów rozpoznawanych przez system można jako dodatkowy element weryfikujący poprawność działania stacji wykorzystać klasyfikację **OG+C**. W takim przypadku wartości jakości będą przeddefiniowane w zależności od klasy systemu z jaką mamy do czynienia.

Tabela 1: Klasy dokładności dla klasyfikacji OG oraz OG+C

	dokładność klasyfikacji [%]	
klasa dokładności	E1	E2
wszystkie pojazdy silnikowe	≥ 97	≥ 97
grupa pojazdów ciężarowych i autobusów	--	≥ 95

10.2.1.2. Klasyfikacja 5+1

Klasyfikacja w której pojazdy będące samochodami osobowymi oraz dostawczymi tworzą jedną grupę. Dodatkowo zagregowane do jednej grupy zostały ciągniki siodłowe z naczepą wraz z pojazdami ciężarowymi z przyczepą. Kategoria **wszystkie pojazdy** odnosi się do wymaganego poziomu detekcji pojazdów silnikowych ogółem, bez uwzględnienia poprawności klasyfikacji. Wymagane poziomy jakości w zależności od deklarowanej klasy systemu zostały przedstawione w tabeli 2.

Tabela 2: Klasy dokładności dla klasyfikacji 5+1

	dokładność klasyfikacji [%]		
klasa dokładności	F1	F2	F3
wszystkie pojazdy	≥ 99	≥ 97	≥ 95
samochody osobowe i dostawcze	≥ 97	≥ 95	≥ 90
pojazdy ciężarowe	≥ 90	≥ 85	≥ 80
samochody osobowe/dostawcze z przyczepą	≥ 90	≥ 85	≥ 80
pojazdy ciężarowe z przyczepą oraz ciągniki siodłowe z naczepą	≥ 95	≥ 90	≥ 85
autobusy	≥ 90	≥ 85	≥ 80
inne nietypowe	--	--	--

10.2.1.3. Klasyfikacja 8+1

Najbardziej szczegółowa z definiowanych w ramach krajowych dokumentów odmian klasyfikacji. Nie wymaga użycia systemu ważenia do wyznaczania klasy - podział dotyczy typu pojazdu, a nie liczby osi czy odległości między nimi. Kategoria **wszystkie pojazdy** odnosi się do wymaganego poziomu detekcji pojazdów silnikowych ogółem, bez uwzględnienia poprawności klasyfikacji. Wymagania dla klasyfikacji 8+1 zostały przedstawione w tabeli 3.

Tabela 3: Klasy dokładności dla klasyfikacji 8+1

	dokładność klasyfikacji [%]		
klasa dokładności	A1	A2	A3
wszystkie pojazdy	≥ 99	≥ 97	≥ 95
motocykle	≥ 90	≥ 85	≥ 80
samochody osobowe	≥ 97	≥ 95	≥ 90
samochody dostawcze	≥ 90	≥ 85	≥ 80
samochody ciężarowe	≥ 90	≥ 85	≥ 80
samochody osobowe z przyczepą	≥ 90	≥ 85	≥ 80
samochody ciężarowe z przyczepą	≥ 95	≥ 90	≥ 85
ciągniki siodłowe z naczepą	≥ 95	≥ 90	≥ 85
autobusy	≥ 90	≥ 85	≥ 80

10.2.1.4. Klasyfikacja EURO6

Autorski system klasyfikacji pojazdów stworzony przez GDDKiA. W przeciwieństwie do klasyfikacji 5+1 definiuje wymaganą dokładność rozpoznania dla motocykli, nie ma jednak klasy w której mogłyby się znaleźć nietypowe pojazdy. Kategoria **wszystkie pojazdy** odnosi się do wymaganego poziomu detekcji pojazdów silnikowych ogółem, bez uwzględnienia poprawności klasyfikacji. Wymagane poziomy jakości w zależności od deklarowanej klasy systemu zostały przedstawione w tabeli 4.

Tabela 4: Klasy dokładności dla klasyfikacji EURO6

	dokładność klasyfikacji [%]		
klasa dokładności	G1	G2	G3
wszystkie pojazdy	≥ 99	≥ 97	≥ 95
motocykle	≥ 90	≥ 85	≥ 80
samochody osobowe i dostawcze < 3.5 t	≥ 95	≥ 92	≥ 90
pojazdy ciężarowe	≥ 90	≥ 85	≥ 80
pojazdy ciężarowe z przyczepą oraz ciągniki siodłowe z naczepą	≥ 95	≥ 90	≥ 85
autobusy	≥ 90	≥ 85	≥ 80

10.2.2. Ocena jakości klasyfikacji

Wszystkie opisywane dalej macierze oraz współczynniki są zaczerpnięte z [1]. Ocena jakości klasyfikacji opierać się będzie o analizę rozszerzonych macierzy konfuzji oraz współczynników dokładności detekcji $P_{E1,x}$ oraz $P_{E2,i}$ dla każdej z klas pojazdów. Aby klasyfikator mógł zostać uznany za działający poprawnie obie miary jakości powinny spełniać założenia precyzji rozpoznania dla każdej klasy pojazdów na założonym poziomie ufności.

10.2.2.1. Minimalna wielkość zbioru do określenia jakości na zadanym poziomie

Wymagając od systemu konkretnych wartości jakości w kontekście detekcji oraz klasyfikacji koniecznym jest ustalenie poziomu ufności na którym wymagania te będą spełniane. Typowa wartość to 0.95, co oznacza że z pewnością 95% testowane wymagania są spełnione. W przypadku konieczności wykonania bardziej precyzyjnych badań poziom ufności można zwiększać. Należy jednak pamiętać, że wraz ze wzrostem poziomu ufności liczba elementów zbioru będzie się wyraźnie zwiększać. Dla porównania w tabeli 5 zestawiono minimalną liczbę pojazdów klasy X, która pozwala na stwierdzenie że klasa X spełnia wymagania stawiane systemowi w zależności od jednego z dwóch najbardziej popularnych poziomów ufności. Wartości wielkości próby są stałe - wynikają bezpośrednio z wymagań jakościowych (tabele 1, 2, 3) oraz założonego poziomu ufności.

Wykorzystując model dla frakcji (odsetka) przy znanym szacunkowym odsetku możliwym jest wyznaczenie minimalnej liczby pojazdów dla dowolnego poziomu ufności oraz dokładności rozpoznania zgodnie ze wzorem:

$$n = \left\lceil z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 \cdot \frac{p(1-p)}{d^2} \right\rceil$$

gdzie: p to zakładana skuteczność rozpoznania, d to maksymalny błąd oszacowania (zakładana jest połowa dopuszczalnego błędu: $d = \frac{1-p}{2}$), a z jest kwantylem rzędu $1 - \frac{\alpha}{2}$ rozkładu normalnego $N(0, 1)$.

Tabela 5: Minimalna liczba pojazdów gwarantująca ocenę jakości na poziomie ufności 0.95 oraz 0.99

Jakość detekcji/klasyfikacji [%]	Minimalna liczba pojazdów	
	$1 - \alpha = 0.95$	$1 - \alpha = 0.99$
80	62	107
85	88	151
90	139	239
95	292	505
97	497	859
98	753	1301
99	1522	2628

10.2.2.2. Tabela absolutnej liczby pojazdów

Tabela absolutnej liczby pojazdów to rozszerzona macierz konfuzji w której zaprezentowane zostało do jakich klas zostały przyporządkowane pojazdy klasy X. Faktyczna liczba pojazdów klasy i (S_i) w zadanym okresie czasu określana jest na podstawie ręcznie otagowanego nagrania wideo. Liczba wszystkich pojazdów biorących udział w teście zdefiniowana jest jako

$$S_i = \sum_x M_{i,x}$$

i może być różna od liczby pojazdów wykrytych przez klasyfikator zdefiniowanej jako

$$Z_x = \sum_{i=1}^9 M_{i,x}$$

Macierz została przedstawiona w tabeli 6.

Tabela 6: Macierz konfuzji - absolutna liczba pojazdów

Klasa poj.	L. poj.	b	c1	d	c2	e	f1	f2	g	h	niewykryte
b	S_1	$M_{1,1}$	$M_{1,2}$	$M_{1,3}$	$M_{1,4}$	$M_{1,5}$	$M_{1,6}$	$M_{1,7}$	$M_{1,8}$	$M_{1,9}$	$M_{1,10}$
c1	S_2	$M_{2,1}$	$M_{2,2}$	$M_{2,3}$	$M_{2,4}$	$M_{2,5}$	$M_{2,6}$	$M_{2,7}$	$M_{2,8}$	$M_{2,9}$	$M_{2,10}$
d	S_3	$M_{3,1}$	$M_{3,2}$	$M_{3,3}$	$M_{3,4}$	$M_{3,5}$	$M_{3,6}$	$M_{3,7}$	$M_{3,8}$	$M_{3,9}$	$M_{3,10}$
c2	S_4	$M_{4,1}$	$M_{4,2}$	$M_{4,3}$	$M_{4,4}$	$M_{4,5}$	$M_{4,6}$	$M_{4,7}$	$M_{4,8}$	$M_{4,9}$	$M_{4,10}$
e	S_5	$M_{5,1}$	$M_{5,2}$	$M_{5,3}$	$M_{5,4}$	$M_{5,5}$	$M_{5,6}$	$M_{5,7}$	$M_{5,8}$	$M_{5,9}$	$M_{5,10}$
f1	S_6	$M_{6,1}$	$M_{6,2}$	$M_{6,3}$	$M_{6,4}$	$M_{6,5}$	$M_{6,6}$	$M_{6,7}$	$M_{6,8}$	$M_{6,9}$	$M_{6,10}$
f2	S_7	$M_{7,1}$	$M_{7,2}$	$M_{7,3}$	$M_{7,4}$	$M_{7,5}$	$M_{7,6}$	$M_{7,7}$	$M_{7,8}$	$M_{7,9}$	$M_{7,10}$
g	S_8	$M_{8,1}$	$M_{8,2}$	$M_{8,3}$	$M_{8,4}$	$M_{8,5}$	$M_{8,6}$	$M_{8,7}$	$M_{8,8}$	$M_{8,9}$	$M_{8,10}$
fantom		$M_{9,1}$	$M_{9,2}$	$M_{9,3}$	$M_{9,4}$	$M_{9,5}$	$M_{9,6}$	$M_{9,7}$	$M_{9,8}$	$M_{9,9}$	$M_{9,10}$
suma	S1...S8	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8	Z_9	Z_{10}

10.2.2.3. "Unormowana" tabela liczby pojazdów ze względu na udział pojazdów w ruchu

Ze względu na niejednorodność występujących klas pojazdów w ruchu ulicznym badanie jakości przeprowadza się uwzględniając rozkład natężenia ruchu na poszczególne rodzaje pojazdów (tabela 7).

Tabela 7: Zestawienie udziału poszczególnych klas w ruchu autostradowym)

Klasa pojazdu	Skrót nazwy klasy	Udział w ruchu ulicznym (uwr)
Motocykl	b	0.7%
Samochód osobowy	c1	75%
Samochód dostawczy	d	6%
Samochód osobowy z przyczepą	c2	1%
Samochód ciężarowy	e	5%
Samochód ciężarowy z przyczepą	f1	5%
Ciągnik siodłowy z naczepą	f2	7%
Autobus	g	0.3%
Inne (nietypowe pojazdy)	h	--

Struktura ruchu drogowego będzie się różnić w zależności od punktu pomiarowego jednak w celach zapewnienia spójności wyników zestawienie udziału pojazdów w ruchu uznaje się za stałe. Inaczej mówiąc podczas testu zawsze wykorzystywane są takie same proporcje jak w tabeli 7[^1]. W związku z tym konieczne jest przeskalowanie danych.

[^1]: Wartości zaproponowane w tabeli wynikają wprost z TLS2012 [1] i zostały opracowane na podstawie rozkładów ruchu w latach dwutysięcznych na niemieckich autostradach. Ze względu na zmianę rozkładu ruchu na przestrzeni lat należy zastanowić się nad wprowadzeniem nowych, bardziej adekwatnych współczynników normalizujących.

Normalizacja wykonywana powinna być w następujący sposób - należy wybrać klasę pojazdów o najmniejszym udziale w ruchu drogowym (5 - autobusy). Prawdziwa liczba pojazdów tej klasy zarejestrowanych podczas trwania procedury certyfikującej traktowana jest jako wartość referencyjna. Można zatem zapisać, że:

$$S'_3 = 0.3\% \cdot N_{poj}$$

wobec czego liczbę pojazdów N_{poj} biorących udział w badaniu można zdefiniować jako:

$$N_{poj} = \frac{1000 \cdot S'_3}{3},$$

a współczynnik skalujący dla poszczególnych klas jako:

$$wsp_x = \frac{N_{poj} \cdot uwr_x}{S'_i}$$

gdzie uwr_x to udział klasy x w ruchu ulicznym odczytany z tabeli 7

Opisana procedura wykonywana będzie dla każdej z klas w celu obliczenia współczynników $E'_{2,i}$ oraz $PE'_{2,i}$ definiujących jakość klasyfikatora. W związku z tym wygodnym jest stworzenie macierzy M' (8) z przeskalowanymi wartościami absolutnymi na podstawie tabel [6, 7], wykorzystując do tego zależność opisaną wzorem (6). Wartość każdego elementu macierzy M' można określić jako:

$$M'_{i,x} = wsp_i \cdot M_{i,x}$$

przy czym współczynnik dla rzędu fantomów ustawiany jest na wartość $wsp_{fantom} = 1$.

Tabela 8: Macierz konfuzji - przeskalowana absolutna liczba pojazdów

Klasa poj.	L.poj.	b	c1	d	c2	e	f1	f2	g	h	niewykryte
b	S'_1	$M'_{1,1}$	$M'_{1,2}$	$M'_{1,3}$	$M'_{1,4}$	$M'_{1,5}$	$M'_{1,6}$	$M'_{1,7}$	$M'_{1,8}$	$M'_{1,9}$	$M'_{1,10}$
c1	S'_2	$M'_{2,1}$	$M'_{2,2}$	$M'_{2,3}$	$M'_{2,4}$	$M'_{2,5}$	$M'_{2,6}$	$M'_{2,7}$	$M'_{2,8}$	$M'_{2,9}$	$M'_{2,10}$
d	S'_3	$M'_{3,1}$	$M'_{3,2}$	$M'_{3,3}$	$M'_{3,4}$	$M'_{3,5}$	$M'_{3,6}$	$M'_{3,7}$	$M'_{3,8}$	$M'_{3,9}$	$M'_{3,10}$
c2	S'_4	$M'_{4,1}$	$M'_{4,2}$	$M'_{4,3}$	$M'_{4,4}$	$M'_{4,5}$	$M'_{4,6}$	$M'_{4,7}$	$M'_{4,8}$	$M'_{4,9}$	$M'_{4,10}$
e	S'_5	$M'_{5,1}$	$M'_{5,2}$	$M'_{5,3}$	$M'_{5,4}$	$M'_{5,5}$	$M'_{5,6}$	$M'_{5,7}$	$M'_{5,8}$	$M'_{5,9}$	$M'_{5,10}$
f1	S'_6	$M'_{6,1}$	$M'_{6,2}$	$M'_{6,3}$	$M'_{6,4}$	$M'_{6,5}$	$M'_{6,6}$	$M'_{6,7}$	$M'_{6,8}$	$M'_{6,9}$	$M'_{6,10}$
f2	S'_7	$M'_{7,1}$	$M'_{7,2}$	$M'_{7,3}$	$M'_{7,4}$	$M'_{7,5}$	$M'_{7,6}$	$M'_{7,7}$	$M'_{7,8}$	$M'_{7,9}$	$M'_{7,10}$
g	S'_8	$M'_{8,1}$	$M'_{8,2}$	$M'_{8,3}$	$M'_{8,4}$	$M'_{8,5}$	$M'_{8,6}$	$M'_{8,7}$	$M'_{8,8}$	$M'_{8,9}$	$M'_{8,10}$
fantom		$M'_{9,1}$	$M'_{9,2}$	$M'_{9,3}$	$M'_{9,4}$	$M'_{9,5}$	$M'_{9,6}$	$M'_{9,7}$	$M'_{9,8}$	$M'_{9,9}$	$M'_{9,10}$
suma	S'1...S'8	Z'_1	Z'_2	Z'_3	Z'_4	Z'_5	Z'_6	Z'_7	Z'_8	Z'_9	Z'_{10}

10.2.3. Kryteria oceny klasyfikatora

Macierz przedstawiona w poprzednim rozdziale stanowi podstawę szybkiej i intuicyjnej oceny wykorzystywanego urządzenia, nie pozwala natomiast na określenie klasy jakości klasyfikatora. W tym celu definiuje się dwa parametry ($E'_{1,x}$, $E'_{2,i}$), których wartości porównywane będą z wymaganiami zależnymi od zadeklarowanej klasy dokładności

(tabele 2, 3, 4). Oba parametry podlegają uwierzytelnieniu statystycznemu (otrzymując w ten sposób nowe parametry P_{E1_x}, P_{E2_i}) - każda z obliczonych wartości musi mieścić się w zadeklarowanym przedziale jakości.

10.2.3.1. Współczynniki jakości $E1_x$ oraz $P_{E1,x}$

W ramach pierwszego kryterium sprawdza się, czy udział prawidłowo sklasyfikowanych pojazdów w ramach każdej klasy odpowiada wymaganemu poziomowi dokładności. W tym celu dla każdej klasy pojazdów należy wyznaczyć parametr $E1_x$ będący stosunkiem prawidłowo sklasyfikowanych pojazdów względem ich prawdziwej liczności, co zapisać można wzorem:

$$E1_x = \frac{M_{x,x}}{S_x},$$

gdzie: S_x oznacza rzeczywistą liczbę pojazdów klasy x (określoną przez eksperta na podstawie nagrania wideo), a $M_{x,x}$ jest liczbą pojazdów poprawnie sklasyfikowanych przez testowany system w ramach klasy x.

Uwzględniając fakt, że ocena będzie dokonywana na ograniczonym zbiorze danych konieczne jest pewne uogólnienie wyników. Obliczana będzie dolna granica przedziału ufności przy założeniu rozkładu dwumianowego na poziomie ufności $1 - \alpha = 0.95$, którą można zdefiniować wzorem:

$$P_{E1,x} = \frac{2 \cdot M_{x,x} + z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 - z_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \sqrt{z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 + 4 \cdot M_{x,x} \cdot (1 - \frac{M_{x,x}}{S_x})}}{2 \cdot (S_x + z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2)},$$

gdzie z jest kwantylem rzędu $1 - \frac{\alpha}{2}$ rozkładu normalnego $N(0, 1)$. Aby uzyskane wartości jakości uznać za statystycznie prawidłowe liczba pojazdów dla danej klasy musi być nie mniejsza niż wynika to z tabeli 5 oraz 1, 2, 3. Z tabel [1, 2, 3] wynika również jaka musi być minimalna wartość współczynnika $P_{E1,x}$ dla każdej kategorii pojazdów w zależności od klasy dokładności systemu.

10.2.3.2. Współczynniki jakości $E2_i$ oraz $P_{E2,i}$

Kryterium drugie pozwala na sprawdzenie jakości testowanego systemu uwzględniając również pomyłki klasyfikacji (tzw. błędy false positive - klasyfikacje jako pojazdy klasy X pojazdów innych klas) oraz naddetekcje (fantomy).

Współczynnik $E2_i$ można zdefiniować wykorzystując stosunek pojazdów błędnie sklasyfikowanych do rzeczywistej liczby pojazdów tej klasy:

$$E2_i = 1 - \frac{\sum_{x=1}^9 M'_{x,i} - M'_{i,i}}{S_i}$$

co można uprościć wykorzystując zależność podobną do równania (3):

$$Z'_i = \sum_{x=1}^9 M'_{x,i},$$

i otrzymać w rezultacie:

$$E2_i = 1 - \frac{Z'_i - M'_{i,i}}{S'_i},$$

gdzie:

- Z'_i - liczba pojazdów klasy i-tej wg testowanego klasyfikatora w ramach przeprowadzonego testu, domyślnie: liczba pojazdów sklasyfikowanych jako pojazdy klasy x podczas 10-cio godzinowego testu [szczegóły odnośnie testu w załączniku: [2]],
- $M'_{i,i}$ - liczba pojazdów sklasyfikowanych przez testowany system jako pojazdy klasy i-tej wśród tej klasy (S_i)
- S'_i - rzeczywista liczba pojazdów klasy i-tej.

Aby uwzględnić działanie na skończonym zbiorze danych ponownie konieczne jest wprowadzenie pewnego uogólnienia. W tym celu wyznaczona będzie dolna granica przedziału ufności na poziomie ufności $1 - \alpha = 0.95$ dla parametru $E2_i$ przy założeniu rozkładu dwumianowego. Zaczynając od przekształcenia równania (10) otrzymamy:

$$E2_i = 1 - \frac{\sum_{x=1}^9 M'_{x,i} - M'_{i,i}}{S_i} = 1 - \frac{Z'_i - M'_{i,i}}{S'_i} = \frac{S'_i - (Z'_i - M'_{i,i})}{S'_i} = \frac{S'_i - Z'_i + M'_{i,i}}{S'_i} = \frac{M'_{i,i} - (Z'_i - S'_i)}{S'_i}$$

Możliwe jest zdefiniowanie sukcesu jako:

$$p = M'_{i,i} - (Z'_i - S'_i)$$

oraz liczby doświadczeń jako:

$$n = S'_i.$$

Korzystając z przybliżenia rozkładu dwumianowego rozkładem normalnym $N(0, 1)$ po odpowiednich przekształceniach można zapisać, że:

$$PE_{2,i} = \frac{2p + z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 - z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{4p(1-\frac{p}{n}) + z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2}}{2(n + z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2)}$$

podstawiając (15) oraz (14) otrzymujemy:

$$PE_{2,i} = \frac{2(M'_{i,i} - (Z'_i - S'_i)) + z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 - z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{4(M'_{i,i} - (Z'_i - S'_i))(1 - \frac{M'_{i,i} - (Z'_i - S'_i)}{S'_i}) + z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2}}{2(S'_i + z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2)}.$$

10.2.4. Metoda badania liczby pojazdów (skuteczności detekcji)

Metoda weryfikacji liczby pojazdów opiera się na statystykach obliczanych dla całego okresu trwania testu oraz dla kolejnych pełnych godzin badania. Polegać będzie na porównaniu wartości zwróconych automatycznie przez licznik z wartościami wynikającymi z otagowanych wcześniej danych (danych zwracanych przez klasyfikator oraz/lub nagrania wideo). Ocena dokonywana będzie na dwóch zbiorach danych:

1. zbiór złożony z wszystkich pojazdów w strumieniu ruchu
2. zbiór pojazdów ciężkich, czyli suma zbiorów klas e, f1, f2 oraz g.

Od systemu wymaga się aby dla całości badania spełniał wymagania dotyczące detekcji w ustalonej klasie dokładności [tabele 1, 2, 3], a dla każdej poszczególnej godziny wymagania dla klasy o jeden niższej.

Jeśli jako S_i zdefiniowana wcześniej została prawdziwa liczba pojazdów (wzór (2)), a liczba pojazdów zarejestrowanych przez klasyfikator została zapisana jako Z_x (wzór (3)) to skuteczność detekcji dla całości ruchu można zdefiniować jako:

$$P_{det} = 1 - \frac{|S_i - Z_x|}{S_i}$$

Analogicznie współczynnik obliczany jest dla samochodów ciężkich. Jako H oznaczmy pojazdy ciężkie. Przy klasyfikacji 8+1 (3) jeśli jako S_H zdefiniowana zostanie prawdziwa liczba pojazdów ciężkich:

$$S_H = S_e + S_{f1} + S_{f2} + S_g$$

a jako Z_H liczba pojazdów ciężkich zdetekowanych przez licznik

$$Z_H = Z_e + Z_{f1} + Z_{f2} + Z_g$$

to skuteczność detekcji pojazdów ciężkich zapisać można jako:

$$P_{det_H} = 1 - \frac{|S_H - Z_H|}{S_H}$$

Analogicznie postępować należy w przypadku klasyfikacji 5+1 oraz EURO6. Jako pojazdy ciężkie zawsze brana jest pod uwagę grupa składająca się z pojazdów ciężarowych, ciężarowych z przyczepą, ciągnikó siodłowych z naczepą oraz autobusów.

Wartości te należy uwiarygodnić statystycznie podobnie jak ocenę klasyfikacji przy współczynnikach $E1_x$ oraz $E2_i$. W tym celu wyznaczona zostanie dolna granica przedziału ufności na poziomie ufności $1 - \frac{\alpha}{2} = 0.975$ dla parametru E_{det} . Na podstawie wzoru (18) możliwe jest zdefiniowanie sukcesu jako:

$$p = (S_i - |S_i - Z_x|)$$

oraz liczby doświadczeń jako:

$$n = S_i$$

Korzystając z przybliżenia rozkładu dwumianowego rozkładem normalnym $N(0, 1)$ zgodnym z wzorem (16) po podstawieniu p oraz n można zapisać, że:

Label 'eq:PE2i_np' multiply defined

Aby system mógł zostać uznany za poprawnie działający musi spełniać wymogi opisane na początku podrozdziału dla obu miar jakości (E_{det} , PE_{det}). W tożsamy sposób należy obliczyć współczynnik dla pojazdów podobnych do ciężarowych.

10.3. Podsumowanie

Dokument przedstawia jak w sposób poprawny statystycznie dokonać oceny jakości działania klasyfikatora. Ważnym punktem jest zaproponowanie zmiany podejścia w przypadku klas pojazdów mało licznych mających niewielki wpływ na strumień ruchu. Propozycja zgrupowania ich w większe zbiory pozwala na zachowanie podziału "pojazdy lekkie" i "pojazdy ciężkie" co do strony zarządzania ruchem i panowania dróg wydaje się szczególnie istotne.

Warto uaktualnić strukturę rodzajową ruchu względem tej zaproponowanej w dokumencie TLS2012. Struktura transportu kołowego uległa znacznym transformacjom względem tego kiedy dokument ten był opracowywany. W niektórych lokalizacjach ciągniki siodłowe z naczepą potrafią występować 8-10 krotnie częściej niż samochody ciężarowe z przyczepą. Ważnym jest też, że struktura ruchu zaproponowana w dokumencie TLS2012 była pewnym kompromisem i została oparta jedynie na pomiarach z autostrad. Należy zastanowić się czy stosowanie jej do dróg krajowych jest dobrym pomysłem.

11. Serwis

11.1. Wymagania

Niezbędne jest określenie pojęcia jakości, co sprowadza się do zdefiniowania kilku kluczowych wskaźników jakościowych – *KPI* (ang. *Key Performance Indicators*) wyliczanych statystycznie. Klient wskazuje:

- które z nich mają być wyliczane i kontrolowane w trakcie eksploatacji,
- minimalne wymagania co do wartości określonych wskaźników,
- wymagany poziom ufności.

Poniżej opisano najczęściej stosowane wskaźniki jakościowe, kluczowe dla systemów HS-WIM.

11.1.1. Poziom sprawności systemu

Poziom sprawności systemu (S) to wyrażony w % minimalny czas poprawnego działania systemu względem całego okresu oceny (np. rocznie), wykluczeniem w obliczeniach tzw. planowanych okienek serwisowych.

Wskazówka – najczęściej przyjmowaną wartością dla systemów produkcyjnych HS-WIM to $S \geq 95\%$ wyliczany w okresie jednego roku.

W kontekście wskaźnika sprawności systemu rozważa się często wskaźniki pomocnicze:

- **niezawodność** – *MTBF średni czas między awariami*, co implikuje np. odpowiednie rozwiązania w zakresie konstrukcji elementów terminala (zasilanie z podtrzymaniem, zwielokrotnione dyski w sterownikach, itp) ale też infrastruktury telekomunikacyjnej i infrastruktury serwerowej (architektura klastrowa, redundancja CPU i nośników danych),
- **odporność na katastrofy** – *Disaster recovery odtwarzanie awaryjne* czyli np. maksymalny czas od awarii do pełnego odtworzenia funkcji terminala / BackOffice po awarii krytycznej (np. uszkodzenie CPU, uszkodzenie serwera).

W przypadku produkcyjnych systemów HS-WIM nie ma aktualnie wypracowanych praktyk co wartości powyższych wskaźników pomocniczych.

11.1.2. Poziom kompletności pomiarów

Poziom kompletności pomiarów (r_f) to wyrażona w % minimalna liczba pomiarów wskazanego typu (np. przejazdów pojazdów), dla których w odpowiednim rekordzie pomiarowym znajduje się komplet informacji – dane ze wszystkich sensorów. Wartość ta obliczana jest względem liczby wszystkich pomiarów danego typu wygenerowanych przez system, w zadanym czasie.

W systemie HS-WIM przyjmuje się, że rekord pomiarowy przygotowany dla każdego pojazdu jest kompletny, gdy zawiera:

- (1) sygnaturę czasową,
- (2) lokalizację (miejsce pomiaru),
- (3) pas ruchu,
- (4) kierunek ruchu, jeżeli możliwy jest pomiar w obu kierunkach,
- (5) klasę pojazdu (wg wymaganej taksonomii),
- (6) prędkość chwilową,
- (7) długość (ew. magnetyczną długość zastępczą),

- (8) wysokość (jeżeli dostępny jest pomiar gabarytów),
- (9) szerokość (jeżeli dostępny jest pomiar gabarytów),
- (10) masę całkowitą (GVW),
- (11) liczbę osi,
- (12) nacisk każdej z osi,
- (13) odległości między osiami,
- (14) numer rejestracyjny,
- (15) kraj pochodzenia,
- (16) markę / nazwę producenta (w warunkach dziennych).

Wskazówka – przy wyznaczaniu wskaźnika r_f nie jest weryfikowane, czy poszczególne pomiary cząstkowe (wagi, rozmiary, prędkość itp.) są poprawne; to jest przedmiotem odrębnych testów. Klient może ponadto ograniczyć zestaw pożądanych typów pomiarów do wskazanego podzbioru.

Przy wyznaczaniu tego wskaźnika odrzuca się pomiary, które zostały wykonane w warunkach niezgodnych z przyjętymi założeniami, np. wówczas, gdy:

1. pojazdy poruszają się ze zbyt małą prędkością,
2. pojazdy znacząco zmieniają prędkość w polu pomiarowym (przyspieszają, hamują),
3. pojazdy przejeżdżają między pasami,
4. pojazdy jadą niezgodnie z kierunkiem ruchu (pod prąd),
5. pojazdy mają z nieczytelną tablicą rejestracyjną,
6. pojazdy, dla których waga jednej z osi nie przekracza minimalnej wagi mierzonej przez system.

Wskazówka – najczęściej przyjmowaną wartością dla systemów produkcyjnych HS-WIM to $r_c \geq 90\%$ wyliczany na losowo wybranej, ciągłej próbce pomiarów (przejazdów pojazdów) o liczności > 1200 elementów, przy założeniu poziomu ufności $1 - \alpha = 95\%$.

11.1.3. Jakość detekcji pojazdów

Jakość detekcji pojazdów (r_d) wyrażona w % minimalna liczba wykrytych przez system pojazdów względem wszystkich pojazdów przejeżdżających przez dany punkt pomiarowy, we wskazanym czasie.

Przy wyznaczaniu tego wskaźnika odrzuca się pomiary, które zostały wykonane w warunkach niezgodnych z przyjętymi założeniami, np. wówczas, gdy:

1. pojazdy poruszają się ze zbyt małą prędkością,
2. pojazdy przejeżdżają między pasami,

Dla systemów HS-WIM jakość detekcji jest łączona z jakością klasyfikacji i może być określona jedną z poniższych etykiet (wg [6]):

Kategoria E_c	A1	A2	A3
Detekcja r_d	$\geq 99\%$	$\geq 97\%$	$\geq 95\%$

Wskazówka – wskaźnik r_d wyliczany jest na losowo wybranej, ciągłej próbce pomiarów (przejazdów pojazdów) o liczności > 1200 elementów, przy założeniu poziomu ufności $1 - \alpha = 95\%$. Odpowiada to kategorii $E_c = A2$ zgodnie z TLS 8+1.

11.1.4. Jakość klasyfikacji pojazdów

Jakość klasyfikacji pojazdów (r_t) to wyrażona w % minimalna liczba poprawnie sklasyfikowanych pojazdów względem wszystkich pojazdów przejeżdżających przez dany punkt pomiarowy, we wskazanym czasie; jakość klasyfikacji może być wyznaczana "per klasa", a dla każdej klasy może być wymagany inny poziom wskaźnika r_t .

Przy ocenie dla systemów HS-WIM definiowane są różne wartości r_t w zależności od klasy pojazdu – oznaczanie jedną etykietą E_c – przykładowo, często stosuje się wymagania zdefiniowane w [6]:

Kategoria E_c	A1	A2	A3
Motocykl	$\geq 90\%$	$\geq 85\%$	$\geq 80\%$
Osobowy	$\geq 97\%$	$\geq 95\%$	$\geq 90\%$
Dostawczy	$\geq 90\%$	$\geq 85\%$	$\geq 80\%$
Ciężarowy	$\geq 90\%$	$\geq 85\%$	$\geq 80\%$
Osobowy z przyczepą	$\geq 90\%$	$\geq 85\%$	$\geq 80\%$
Ciężarowy z przyczepą	$\geq 95\%$	$\geq 90\%$	$\geq 85\%$
Ciągnik siodłowy z naczepą	$\geq 95\%$	$\geq 90\%$	$\geq 85\%$
Autobus	$\geq 90\%$	$\geq 85\%$	$\geq 80\%$

Procedurę oceny - wypełniania wymogów określonej kategorii A1, A2, czy A3, w tym wymagane poziomy ufności, opisano w [6].

Wskazówka – jest przyjęte, że dla systemów produkcyjnych HS-WIM wymaga się, aby jakość klasyfikacji spełniała wymogi dla kategorii E_c co najmniej A2.

11.1.5. Jakość identyfikacji pojazdów

Jakość identyfikacji pojazdów (r_i) wyrażona w % minimalna liczba poprawnie zidentyfikowanych pojazdów względem wszystkich pojazdów przejeżdżających przez dany punkt pomiarowy, we wskazanym czasie.

Za poprawną identyfikację uznaje się:

1. poprawne wykrycie tablicy rejestracyjnej,
2. rozpoznanie numeru rejestracyjnego – zawartości tablicy (r_i),
3. rozpoznanie kraju pochodzenia (r_c - opcjonalnie),
4. rozpoznanie producenta i ew. wersji modelowej (r_m - opcjonalnie).

Wskazówka – w produkcyjnych systemach HS-WIM przyjmuje się wymaganie, że wskaźnik $r_i \geq 95\%$. Wskaźnik ten wyliczany jest na ciągłej próbce pomiarów (przejazdów pojazdów) o liczności > 1200 elementów, przy założeniu poziomu ufności $1 - \alpha = 95\%$. Pozostałe wskaźniki (r_c , r_m) nie podlegają kontroli.

11.1.6. Jakość ważenia pojazdów

Jakość ważenia pojazdów (E_w) to informacja o precyzji wyznaczania masy pojazdu (ang. *Gross Vehicle Weight* - GVW), ale także precyzji wyznaczania nacisku poszczególnych osi oraz grup osi. W zależności od celu stosowane są obecnie dwie metodologie wyznaczania jakości ważenia:

- **COST 323** – (na podstawie [2]) dla pomiarów do celów statystycznych oraz pomiarów preselekcyjnych:

Kategoria E_w	Warunek	A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)	E
Masa całkowita	> 3.5 t	5	7	10	15	20	25	> 25
Nacisk grupy osi		7	10	13	18	23	28	> 28
Nacisk pojedynczej osi	> 1.0 t	8	11	15	20	25	30	> 30
Nacisk osi w grupie	> 1.0 t	10	14	20	25	30	25	> 30
Prędkość	> 30 km/h	2	3	4	6	8	10	> 10
Odstęp między osiami		2	3	4	6	8	10	> 10

– gdzie wartość w tabeli to minimalny błąd względny δ w %, dla zadanej kategorii E_w – każdy błąd wyznaczany powinien być na poziomie ufności $1 - \alpha = 95\%$.

- OIML R-134 - (na podstawie [3]) dla pomiarów do celów automatycznego nakładania kar:

Kategoria E_w	0.2	0.5	1	2	5	10
legalizacja pierwotna	0.10	0.25	0.50	1.00	2.50	5.00
legalizacja ponowna	0.20	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00

– gdzie wartość w powyższej tabeli to minimalny błąd względny δ w %, dla masy całkowitej pojazdu - przy wskazanej zadanej kategorii E_w – wskazany błąd nie może być przekroczony w żadnym pomiarze podczas pomiarów kontrolnych.

Kategoria E_w	A	B	C	D	E	F
legalizacja pierwotna	0.50	1.00	1.50	2.00	4.00	8.00
legalizacja ponowna	1.00	2.00	3.00	4.00	8.00	16.00

– gdzie wartość w powyższej tabeli to minimalny błąd względny δ w %, dla nacisku osi (grupy osi) - przy wskazanej zadanej kategorii E_w – wskazany błąd nie może być przekroczony w żadnym pomiarze podczas pomiarów kontrolnych.

Oznaczenie klasy dokładności tworzone jest przez złożenie symbolu z górnej i dolnej tabeli, np. **F10**.






Wskazówka – dla systemów produkcyjnych HS-WIM przyjęło się, że klasa jakości ważenia $E_w = B+(7)$ dla zastosowań statystycznych oraz preselekcji, a **F10** dla zastosowań do automatycznego karania.

11.2. Proces

Utrzymanie jakości, poprzez zapewnienie wartości wskazanych wskaźników, wymaga wykonania szeregu czynności powtarzanych w różnych okresach. Poniżej opisano typy takich czynności (zadań), osoby które je wykonują oraz ramowy harmonogram realizacji.

11.2.1. Zadania





W ramach zapewnienia jakości realizowane są następujące typy zadań:

Typ	Ikona	Funkcja	Aut	Opis
MON		Monitoring	tak	ciągłe monitorowanie określonego parametru (wartości fizycznej) co zadany czas, wprowadzanie ew. poprawek po wykryciu odchyłek od zadanej normy, ew. generowanie powiadomienia ALERT po przekroczeniu zadanych limitów; zadanie realizowane wyłącznie przez automatyczne algorytmy w różnych elementach systemu;
CHECK		Sprawdzenie	tak	automatyczna weryfikacja poprawności pojedynczego pomiaru, ew. oznaczenie go jako błędu; zadanie realizowane przez automatyczne algorytmy działające na poziomie terminala i za zwyczaj dotyczą weryfikacji danych o pojeździe lub danych o wykroczeniu;
CORR		Korekta	–	automatyczne lub manualne wprowadzenie korekty parametrów dla wskazanego procesu; korekta może być wprowadzana automatycznie przez algorytm monitorujący, ew. przez operatora jako reakcja na wynik przeprowadzonego testu ew. alert;
TEST		Weryfikacja	nie	manualne wykonanie weryfikacji określonego wskaźnika jakości, w oparciu o przyjęte procedury testowe; zadanie realizuje audytor, albo okresowo, albo na żądanie (po alercie wygenerowanym w innym zadaniu);
MAINT		Konserwacja	nie	manualne wykonanie działań profilaktycznych, których celem jest zapobieżenie usterkom lub spadkowi jakości; zadanie realizowane głównie przez specjalistów (inżynierów) w polu pomiarowym (sensory) ew. w terminalu;

W dalszej części dokumentu zadania oznaczane są etykietami rozpoczynającymi się jednym z powyższych prefiksów, np. **MON-LOOP-STAT** to będzie zadanie monitorowania stanu pętli indukcyjnych, a **CORR-WIM-CAL** to z kolei wykonanie korekty współczynników kalibracyjnych algorytmu ważenia.






11.2.2. Zdarzenia

Zadania, ew. osoby mogą wyzwać określone zdarzenia wg poniżej opisanych kategorii:

Typ	Ikona	Funkcja	Opis
ALERT		Alert	Powiadomienie o niebezpieczeństwie, np. o przekroczeniu dopuszczalnych zakresów dla monitorowanych parametrów, ew. wystąpienie naruszenia integralności;
FAULT		Usterka	Powiadomienie o wystąpieniu usterki, generowane przez proces monitorowania ew. przez osobę;
MSG		Komunikat	Informacja generowana przez proces monitorowania lub osobę, np. powiadomienie o planowanych pracach serwisowych;
QUERY		Zapytanie	Zgłoszenie generowane przez osobę, np. prośba o wyjaśnienie lub zlecenie wykonania testu czy zadania konserwacyjnego

11.2.3. Osoby

Osoby (aktorzy) – uczestnicy procesu utrzymania jakości przynależą do jednej z następujących grup:

Grupa	Ikona	Funkcja
robot		agent (algorytm) działający na terminalu, lub w BackOffice;
user		użytkownik, osoba korzystająca z funkcjonalności systemu, np. Zarządca drogi lub inspektor WITD;
operator		operator, osoba odpowiedzialna za sprawność systemu - zadaniem operatora jest reagowanie na alerty i eliminacja usterek;
engineer		inżynier serwisu, osoba odpowiedzialna za usuwanie uszkodzeń, ew. za wykonywanie działań profilaktycznych;
auditor		audytor, ekspert wykonujący testy sprawdzające poziom wskaźników jakościowych;

11.2.4. Harmonogram

Zadania utrzymania realizowane są z określoną częstością, którą oznacza się następującymi etykietami:

Etykieta	Powtórzenia	Opis
INT	jednorazowo	zadanie wykonywane jest jednorazowo (inicjacja), po uruchomieniu systemu;
REQ	jednorazowo	zadanie uruchamiane jest jednorazowo, na żądanie;
1s	ciągłe	zadanie realizowane jest w sposób ciągły (co sekundę), działanie może generować zdarzenia asynchronicznie;
1h	co godzinę	zadanie uruchamiane jest regularnie, w odstępach jednej godziny;
1d	codziennie	zadanie uruchamiane jest regularnie, raz na dzień;
1w	co tydzień	zadanie uruchamiane jest regularnie, raz na tydzień;
1M	co miesiąc	zadanie uruchamiane jest regularnie, raz na miesiąc;
6M	co sześć mies.	zadanie uruchamiane jest regularnie, raz na sześć miesięcy;
1Y	co jeden rok	zadanie uruchamiane jest regularnie, raz na sześć miesięcy;
5Y	co pięć lat	zadanie uruchamiane jest regularnie, co pięć lat;

11.3. Monitoring

W niniejszym punkcie opisano szczegółowo najważniejsze zadania monitorowania wskazując funkcje oraz umieszczenie w harmonogramie.

11.3.1. MON-TRM-ENV

1s CPU

Ciągłe testowanie parametrów środowiskowych (parametrów pracy) sensorów, oraz urządzeń wewnątrz terminala. Testowane są:

- temperatury
 - otoczenia ()

...

11.3.2. MON-TRM-STATUS

...

11.3.3. MON-WIM-STATCAL

1d BO

Automatyczne wywołanie testu weryfikującego poprawność ważenia pojazdów, przy użyciu metody statystycznej (wybór pojazdów charakterystycznych, wyliczenie wartości charakterystycznych). Zadanie wykonywane jest raz na dzień, a wynik prezentowany jest w postaci statystyki pokazującej odchylenie od wartości optymalnej = 1.0.

Jeżeli odchylenie przekroczy zadany próg (najczęściej $\pm 3\%$) to generowany jest alert i powiadamiany jest operator. Operator, po dodatkowej ocenie (wywołaniu dodatkowego testu `TEST-WIM-STAT`) dokonuje modyfikacji współczynników kalibracyjnych wagi i odnotowuje to w książce serwisowej.

11.4. Testy

...

11.5. Konserwacja

...

11.6. Dokumentacja

11.6.1. Książka serwisowa

...

11.6.2. Statusy

...

11.6.3. Raporty

...

12. Legalizacja

12.1. Wprowadzenie

Znany jest doskonale destrukcyjny wpływ przeciążeń pojazdów na stan nawierzchni dróg, brak jednak obecnie możliwości efektywnej walki z przeładowywaniem pojazdów. Obecnie stosowana procedura, oparta na wagach preselekcyjnych, jest wyjątkowo nieefektywna – pojazd wytypowany jako przeciążony musi następnie być zważony na specjalnym stanowisku ważenia, przez co kontrola jednego pojazdu trwa średnio kilka godzin i wymaga obecności kilku pracowników ITD. W tym czasie przez wagę preselekcyjną może przejechać dowolnie dużo pojazdów przeciążonych, które co prawda zostaną odnotowane przez system, ale już bez żadnych sankcji prawnych.

Zrozumiałe jest więc dążenie do automatyzacji procesu wykrywania przeciążeń pojazdów i w efekcie również automatycznego sankcjonowania faktów przeciążeń. Zagadnienie to było tematem wiodącym konferencji „Systemy ITS w bezpieczeństwie ruchu drogowego” zorganizowanej w czerwcu 2024 roku pod egidą ITS Polska.

W szeregu interesujących wystąpień wypunktowano tam główne problemy obecnie utrudniające, a czasami wręcz uniemożliwiające efektywną walkę z przeciążeniami pojazdów. W efekcie sformułowano szereg wniosków dotyczących niezbędnych zmian w tym zakresie - można je zestawić w kilku obszarach:

1. Obecny system nakładania kar za przeciążenia pojazdów jest archaiczny, skomplikowany, przewlekły, kosztowny i w efekcie nieskuteczny - powinien być zastąpiony trybem administracyjnym, w którym odpowiedzialność ponosi (z kilkoma zdefiniowanymi wyjątkami) posiadacz pojazdu.
2. Obecne przepisy dotyczące przeciążeń pojazdów zawierają szereg wyjątków, uzależniających kryterium przeciążenia od typu pojazdu i rodzaju ładunku, tak jakby pojazd elektryczny czy z ładunkiem sypkim mniej niszczył drogę. Z kolei przepisy dotyczące pojazdów transportujących drewno są nadmiernie skomplikowane w sposób zniechęcający do kontroli. Celowe jest tu uproszczenie i ujednolicenie wymagań – nawet wtedy, gdyby było to zaokrąglenie w górę, ale uzyskałoby się jednoznaczne kryterium przeciążenia. Przykładowo – to nie przepisy, a producent w zależności od zastosowanych w wadze rozwiązań konstrukcyjnych powinien określić jej zakres zastosowań, jak np. dopuszczenie ważenia pojazdów z ładunkiem sypkim czy płynnym.
3. Obecnie brak w Polsce formalnych podstaw prawnych pozwalających na legalizację wagi HS WIM jako przyrządu pomiarowego. Co prawda w rozporządzeniu [1] wpisano wagi samochodowe do ważenia pojazdów w ruchu do listy przyrządów pomiarowych podlegających legalizacji (z okresem ważności legalizacji pierwotnej i ponownych równym 25 miesięcy), ale nie poszło za tym opracowanie i opublikowanie rozporządzenia z opisem wymagań, które powinny być spełnione aby uznać wagę HS WIM za przyrząd pomiarowy.

W tym ostatnim zakresie prekursorem jest Republika Czeska, gdzie pierwszy akt prawny dotyczący wag HS WIM powstał już w 2010 roku. Najnowsza wersja tego dokumentu [2] pochodzi z lutego tego roku i jest w dużym stopniu zgodna z opracowywanymi w innych krajach (jak chociażby Austria), dlatego w dalszej części tego rozdziału przytoczono ważniejsze wymagania wymienione w tym dokumencie, traktując to jako punkt wyjścia do ewentualnej dyskusji.

Pochodzące z tego źródła informacje gdzieśkolwiek skomentowano *kursywą* czy uzupełniono o dane zawarte w polskich wymaganiach [3] dotyczących przyrządów do pomiaru prędkości pojazdów w kontroli ruchu drogowego – wychodząc z założenia, że wymagania dla wag HS WIM będą w pewnym stopniu analogiczne. Zrezygnowano tu z omawiania części dotyczących terminologii czy wymagań technicznych dla wag HS WIM omówionych w innych częściach raportu, skupiono się za to na zagadnieniach metrologicznych, zwracając szczególną uwagę na proces zatwierdzania typu oraz legalizacji.

12.2. Wymogi specyficzne dla metrologii legalnej

Zgodnie z czeskim rozporządzeniem [2] waga jest przeznaczona do wskazywania następujących wartości:

- zmierzonych wartości masy całkowitej, z podaniem jednostki miary,
- zmierzonych wartości obciążenia osi lub grupy osi, z podaniem jednostki miary,
- maksymalnej dopuszczalnej wartości masy całkowitej, z podaniem jednostki miary,
- maksymalnego dopuszczalnego obciążenia osi lub grupy osi, z podaniem jednostki miary,
- prędkości ważonego pojazdu,
- czasu (data, godzina, minuta i sekunda przeprowadzenia pomiaru), w stosownych przypadkach.

Jeżeli w danym przypadku zastosowania waga nie została przeznaczona i zalegalizowana do pomiaru całkowitej masy lub obciążenia osi albo grupy osi, waga może wskazywać tę wartość wyłącznie w celach informacyjnych, z wyraźnym zaznaczeniem, że wskazanie to nie mieści się w zakresie pomiaru objętym legalizacją.

Jako wymagania metrologiczne określono niżej omówione parametry.

12.2.1. Minimalny zakres temperatur roboczych

Waga musi spełniać wymagania metrologiczne w temperaturach od -20°C do $+40^{\circ}\text{C}$. Zastosowane czujniki nacisku i inne czujniki umieszczone w drodze muszą zachowywać charakterystykę metrologiczną co najmniej w zakresie temperatur od -20°C do $+60^{\circ}\text{C}$.

W stanie wyłączonym czujnik nacisku zamontowany w jezdni musi być w stanie wytrzymać bez uszkodzenia temperatury od -40°C do $+70^{\circ}\text{C}$, a po powrocie do zakresu temperatur roboczych musi działać w granicach błędu granicznego dopuszczalnego.

Aby zapewnić prawidłowy pomiar w odniesieniu do temperatury otoczenia i zakresu temperatur roboczych wagi, waga musi być wyposażona w urządzenie do pomiaru temperatury. Waga musi być zdolna do automatycznego rozpoznawania temperatury wykraczającej poza zakres temperatur roboczych i do wyświetlenia odpowiedniego ostrzeżenia. Każde ważenie odbywające się w tym momencie musi zostać zakończone, a waga musi zablokować dalsze ważenie lub wyłączyć się.

Przepisy polskie [3] określają minimalny zakres temperatur pracy od 0°C do $+50^{\circ}\text{C}$, zaś zakres temperatur przechowywania od -25°C do $+70^{\circ}\text{C}$, pozostawiając ostateczny znamionowy zakres do ustalenia przez producenta – analogicznie jak przepisach czeskich. Zarówno w przepisach polskich jak i czeskich występuje wymaganie, że przyrząd powinien blokować wykonanie pomiaru albo wyłączać się w przypadku, gdy temperatura otoczenia przyrządu osiągnie wartość spoza zakresu temperatur określonego dla warunków znamionowych użytkowania.

12.2.2. Prędkość robocza

Waga musi spełniać obowiązujące wymagania metrologiczne przy prędkościach pojazdu mieszczących się w ramach określonego zakresu prędkości roboczych. Prędkość pojazdu podczas ważenia musi zostać wskazana oraz w stosownych przypadkach zarejestrowana i wydrukowana jako część zapisu ważenia pojazdu, w km/h, po zaokrągleniu do najbliższej liczby całkowitej. Prędkość robocza musi zostać wskazana i/lub wydrukowana dopiero po tym, jak cały pojazd został zważony w ruchu.

W ramach zakresu prędkości roboczych określonego w świadectwie zatwierdzenia typu przyrządu pomiarowego błąd wskazania prędkości roboczej nie może przekraczać 2 km/h.

Nie jest jasne, dlaczego wartość ta jest mniejsza niż dopuszczalny błąd pomiaru dla urządzeń dedykowanych do pomiaru prędkości, gdzie wynosi on zarówno w Polsce, jak i w Czechach 3 km/h w zakresie do 100 km/h oraz 3% przy prędkościach powyżej 100 km/h..

Jeżeli podczas ważenia rzeczywista prędkość pojazdu wykracza poza zakres prędkości roboczych wagi, waga musi automatycznie zablokować wydanie wyniku pomiaru lub wskazać bądź wydrukować zmierzoną wartość rzeczywistej prędkości pojazdu i jednocześnie wskazać bądź wydrukować wyraźne ostrzeżenie, że pomiar wykonano poza zakresem prędkości roboczych właściwym dla wagi.

12.2.3. Zakres ważenia

Określenie granic zakresu ważenia jest zadaniem producenta, musi on także określić sposób reakcji wagi w przypadku przekroczenia wartości maksymalnej zakresu ważenia oraz sposób podania informacji o wystąpieniu takiego stanu.

12.2.4. Błędy graniczne

Błędy graniczne podczas legalizacji zostały określone następująco:

- dla masy całkowitej - 5 %
- dla obciążenia osi - 11 %.

Błędy graniczne dopuszczalne w ruchu drogowym określono odpowiednio:

- dla masy całkowitej - 7 %
- dla obciążenia osi - 15 %.

W innym miejscu tego aktu prawnego wprowadzono dodatkowy warunek, że zarówno podczas legalizacji jak i w trakcie eksploatacji głębokość kolein nie może przekraczać 1,5-krotności wartości określonej przy użyciu przyrządu pomiarowego – która to wartość została określona w warunkach instalacji wagi na do 4 mm.*

12.2.5. Jednostki miary

Jednostkami masy i obciążenia, w których wyskalowane są urządzenia, są kilogram (kg) lub tona (t).

12.2.6. Działka elementarna

Działka elementarna nie może być większa niż 20 kg dla obciążenia osi i 50 kg dla masy pojazdu.

12.3. Wymogi dodatkowe

12.3.1. Pamięć danych

Na potrzeby wykonywania dalszych operacji (wskazanie, wydruk, przesył, sumowanie itp.) dane mogą być przechowywane w pamięci wagi (np. na dysku twardym) lub w pamięci zewnętrznej. Przechowywane dane muszą być należycie zabezpieczone przed umyślnymi i nieumyślnymi zmianami w trakcie procesu przesyłania i/lub przechowywania oraz muszą zawierać wszystkie istotne informacje potrzebne do odtworzenia pomiarów wykonanych w przeszłości.

Do zabezpieczenia przechowywanych danych zastosowanie mają następujące wymogi:

- (a) odpowiednie dalej przedstawione wymogi bezpieczeństwa,
- (b) proces przesyłania i pobierania oprogramowania musi być zabezpieczony zgodnie z wymogami,
- (c) atrybuty identyfikacji i bezpieczeństwa pamięci zewnętrznej muszą zapewniać integralność i autentyczność danych,
- (d) wymienne nośniki pamięci do przechowywania danych pomiarowych nie muszą być plombowane pod warunkiem, że przechowywane dane są zabezpieczone specjalną sumą kontrolną lub kodem klucza,
- (e) jeśli pojemność pamięci zostanie wyczerpana, dane mogą być nadpisywane nowymi danymi za pomocą klucza kodu lub w inny sposób zgodny z powyższymi wymaganiami.

12.3.2. Odporność na pył i wodę

Te części wagi, które są narażone na oddziaływanie czynników atmosferycznych muszą w celu ochrony przed pyłem i czasowym zanurzeniem w wodzie posiadać obudowę co najmniej ze stopniem ochrony IP 67, a pozostałe części co najmniej ze stopniem ochrony IP 54.

12.3.3. Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC)

Waga nie może być podatna na wpływ zakłóceń elektrycznych lub elektromagnetycznych, albo musi reagować na nie w określony sposób (np. zgłaszając błąd, blokując pomiar itp.). Waga nie może także wypromieniowywać żadnych

niepożądanych pól elektromagnetycznych.

Podczas badania kompatybilności elektromagnetycznej w laboratorium waga lub jej części muszą wykazywać normalne działanie, a wyniki symulowanych prób eksploatacyjnych muszą mieścić się w granicach błędu granicznego dopuszczalnego.

12.3.4. Zasilanie

Wagi zasilane z sieci elektrycznej muszą spełniać wymagania metrologiczne w warunkach normalnych wahań napięcia. Jeśli napięcie spadnie poniżej minimalnego napięcia roboczego, musi nastąpić zablokowanie działania wagi albo musi zostać wyraźnie zasygnalizowane, np. w formie odpowiedniego ostrzeżenia, że funkcjonuje ona poza znamionowym zakresem napięć roboczych.

12.3.5. Oprogramowanie podlegające legalizacji metrologicznej

Oprogramowanie zastosowane w wadze musi mieć taką formę, by nie można go było zmienić bez uszkodzenia plomby albo by każda zmiana w oprogramowaniu mogła zostać automatycznie zarejestrowana, a jej charakter określony za pomocą kodu identyfikacyjnego.

Dokumentacja oprogramowania wagi musi obejmować:

- (a) opis oprogramowania podlegającego legalizacji metrologicznej przyrządów pomiarowych,
- (b) opis dokładności algorytmu pomiaru (np. trybów programowania),
- (c) opis interfejsu użytkownika, menu i okien dialogowych,
- (d) niepowtarzalną identyfikację oprogramowania,
- (e) opis dołączonego oprogramowania (np. środowiska operacyjnego),
- (f) przegląd informacji dotyczących sprzętu, np. schemat blokowy ukazujący topologię, typ komputera lub komputerów, kod źródłowy funkcji oprogramowania itp., jeśli nie zostały opisane w podręczniku użytkownika,
- (g) środki zapewniające bezpieczeństwo oprogramowania;
- (h) podręcznik użytkownika.

12.3.6. Środki zapewniające bezpieczeństwo oprogramowania

Środki zapewniające bezpieczeństwo oprogramowania podlegającego legalizacji metrologicznej przyrządów pomiarowych są następujące:

- (a) przyznawanie dostępu wyłącznie upoważnionym osobom, na przykład przy użyciu kodów (hasła) lub specjalnego urządzenia (klucza sprzętowego itp.), zmienność kodów,
- (b) zapisanie w pamięci przyrządu pomiarowego wszystkich przypadków uzyskania dostępu, z podaniem daty dostępu, identyfikatora upoważnionej osoby uzyskującej dostęp i rodzaju dostępu,
- (c) pojemność pamięci wystarczająca na co najmniej 2 lata przewidywanego uzyskiwania dostępu, w przypadku wyczerpania zasobów pamięci umożliwiającej przechowywanie zapisów dotyczących dostępu, brak automatycznego usunięcia jakichkolwiek przechowywanych zapisów,
- (d) możliwość przywołania odpowiednich zapisów dostępu w pełnym zakresie zarejestrowanych informacji,
- (e) brak możliwości kasowania zapisów dostępu bez zdjęcia fizycznej plomby,
- (f) możliwość pobierania oprogramowania podlegającego legalizacji metrologicznej wyłącznie za pośrednictwem odpowiedniego, bezpiecznego interfejsu podłączonego do wagi,
- (g) uwzględnienie w oprogramowaniu identyfikatora wersji podlegającego zmianie w razie jakichkolwiek zmian wersji oprogramowania,
- (h) zgodność funkcji wykonywanych lub uruchamianych za pośrednictwem interfejsu oprogramowania z warunkami i wymaganiami niniejszych przepisów.

12.3.7. Bezpieczeństwo sprzętu i oprogramowania

Całość wyposażenia wagi, łącznie z oprogramowaniem, które ma być celowo zabezpieczone przed odłączeniem lub usunięciem przez użytkownika lub inną osobę, musi posiadać obudowę lub inne odpowiednie środki bezpieczeństwa.

Musi istnieć możliwość zaplombowania obudowy po jej zamknięciu; miejsca założenia plomb muszą we wszystkich przypadkach być łatwo dostępne.

Wszystkie części układu pomiarowego, które nie mogą być chronione obudowami, muszą zostać wyposażone w wystarczająco skuteczne środki zapobiegające operacjom mającym na celu wpływanie na dokładność pomiaru.

Wszystkie elementy wyposażenia wagi, które mogłyby wpływać na wyniki pomiarów, zwłaszcza urządzenia służące do kalibracji i regulacji wagi albo do korygowania zmierzonych wartości, muszą zostać zaplombowane.

Bezpieczeństwo musi zostać zapewnione przy zastosowaniu zamkniętych obudów, szyfrowania, haseł lub podobnych środków oprogramowania w taki sposób, aby:

- (a) spełnione zostały wymagania dotyczące bezpieczeństwa oprogramowania,
- (b) przesyłanie danych dotyczących wyników pomiarów za pośrednictwem interfejsu było zabezpieczone przed umyślnymi, nieumyślnymi i przypadkowymi zmianami,
- (c) waga została zabezpieczona w taki sposób, aby możliwe było oddzielne zabezpieczenie ustawień wagi,
- (d) przechowywane dane były zabezpieczone przed umyślnymi, nieumyślnymi i przypadkowymi zmianami.

12.3.8. Wymogi instalacyjne

12.3.8.1. Informacje ogólne

Wagę należy zamontować w sposób zapewniający zminimalizowanie wszelkiego niekorzystnego wpływu środowiska montażu na dokładność pomiaru i powiązane dane. Wagę należy zamontować poza obszarami, na których może wystąpić częste przyspieszanie lub zwalnianie lub zmiana liczby pasów ruchu. Wszelkie mające wpływ na proces pomiaru wymagania montażowe muszą zostać określone w sposób wystarczająco szczegółowy.

W stosownych przypadkach producent wskaże w dokumentacji technicznej danego przyrządu pomiarowego albo w instrukcji montażu lub obsługi danego typu wagi inne warunki bądź zalecenia dotyczące montażu wagi i stwarzające warunki gwarantujące odpowiednią długoterminową stabilność ich właściwości metrologicznych (np. bardziej szczegółowe wymagania dotyczące charakterystyki jakościowej drogi w strefie ważenia).

12.3.8.2. Geometria jezdni

Jezdnia na odcinku co najmniej 75 m przed i 25 m za czujnikiem nacisku musi spełniać następujące wymagania:

- (a) nachylenie drogi musi wynosić $\leq 1\%$,
- (b) nachylenie poprzeczne drogi musi wynosić $\leq 3\%$,
- (c) promień łuku osi podłużnej drogi musi wynosić ≥ 1000 m,
- (d) droga musi być wolna od nieprawidłowości skutkujących lokalnymi zmianami nachylenia,
- (e) głębokość kolein nie może być większa niż 4 mm.

Do celów zatwierdzenia typu dopuszcza się również inne, określone przez producenta, kryteria geometrii jezdni wyszczególnione w lit. a)–c) jeżeli wnioskodawca ubiegający się o homologację typu wykaże za pomocą wystarczająco reprezentatywnych dowodów (w szczególności wyników badań zamontowanych wag danego lub konstrukcyjnie powiązanego typu), że nawet w takich warunkach waga spełnia pozostałe przewidziane wymagania, w szczególności wymagania dotyczące błędów granicznych dopuszczalnych. W świadectwie zatwierdzenia typu należy określić takie odmienne warunki.

Warto zwrócić uwagę na powyższy zapis – wprowadza on co prawda wymagania ograniczające zakres zastosowań do typowych dla obecnych wag HS WIM, ale następnie dopuszcza poszerzenie tego zakresu w efekcie np. nowych rozwiązań technicznych.

12.3.8.3. Charakterystyka jezdni

Jezdnia w miejscu instalacji czujnika nacisku musi spełniać następujące wymagania:

- pod górną warstwą jezdni musi znajdować się standardowe podłoże bez miejsc wzmocnionych (np. bez urządzeń specjalnych, takich jak kanały serwisowe itp.),

- czujniki nacisku muszą zostać zamontowane w jednorodnych warstwach, których powierzchnia jest nieuszkodzona,
- na całym odcinku, na którym zamontowano czujniki nacisku jezdni musi być jednorodna na każdym pasie ruchu, bez połączeń między segmentami wykonanymi z kruszywa,
- czujniki nacisku wagi nie mogą być montowane w miejscach, w których mogą wystąpić niepożądane efekty dynamiczne, np. na mostach.

Tu z kolei niekonsekwencja – obecnie istnieją już konstrukcje czujników nacisku dostosowane do instalacji na mostach.

12.4. Oznakowanie przyrządów pomiarowych

Podczas legalizacji przyrządy pomiarowe podlegają wymogom oznakowania, które miały zastosowanie w momencie wprowadzania ich na rynek lub do obrotu.

12.4.1. Oznaczenia na przyrządzie

Wagi muszą posiadać następujące oznaczenia:

- znak identyfikacyjny producenta,
- określenie rodzaju wagi,
- numer seryjny wagi,
- jeśli waga nie nadaje się lub nie jest przeznaczona do ważenia pojazdów o określonych cechach (np. konstrukcji zawieszenia osi, liczbie osi) albo przewożących ładunki o określonych cechach (np. ciecz), musi posiadać oznaczenia informujące o takim ograniczeniu przydatności do ważenia z jednoznacznym wskazaniem rodzaju i zakresu tego ograniczenia, jeśli jest ono istotne w przypadku danej wagi,
- kierunek ruchu podczas ważenia (jeśli dotyczy wagi).
- napięcie zasilania w V,
- częstotliwość sieci zasilającej w Hz,
- zakres temperatur roboczych (jeżeli różni się od wymagań minimalnych) w °C,
- identyfikator oprogramowania (w stosownych przypadkach),

oraz następujące dane dotyczące parametrów metrologicznych:

- górna granica ważenia, w kg lub t,
- dolna granica ważenia, w kg lub t,
- działka elementarna, w kg lub t,
- maksymalna prędkość robocza, w km/h,
- minimalna prędkość robocza, w km/h,
- maksymalna liczba osi na pojazd (w stosownych przypadkach),
- znak zatwierdzenia typu zgodnie z wymaganiami krajowymi.

12.4.2. Wykonanie oznakowania

Oznaczenia muszą być czytelne, jednoznaczne, zrozumiałe oraz nieusuwalne w normalnych warunkach użytkowania wagi. Oznaczenia te mogą być podane w języku czeskim albo w postaci odpowiednich, uzgodnionych i opublikowanych na szczeblu międzynarodowym symboli lub znaków.

Oznaczenia muszą być zgrupowane w wyraźnie widocznym miejscu na wadze, na wskaźniku, w jego bezpośrednim sąsiedztwie lub na łatwo dostępnym, wyraźnie widocznym elemencie wagi, którego nie można zdemontować. Jeżeli oznaczenia nie stanowią stałej części elementu wagi, którego nie można zdemontować, muszą zostać zabezpieczone znakiem urzędowym.

12.4.3. Cechy legalizacyjne

Waga i jej elementy muszą umożliwiać umieszczenie urzędowych cech lub znaków w taki sposób, aby:

- elementy wagi, na których umieszczone są znaki, nie mogły zostać usunięte z wagi bez uszkodzenia znaków,
- znaki można było umieścić bez zmieniania charakterystyki metrologicznej wagi,
- były widoczne na wadze podczas normalnej instalacji.

12.5. Proces zatwierdzania typu

Podczas zatwierdzania typu wykonuje się następujące czynności:

- kontrolę cech zewnętrznych,
- badania odporności wagi na zakłócające oddziaływania otoczenia,
- próby eksploatacyjne ważenia pojazdów w ruchu drogowym w miejscu montażu.

12.5.1. Kontrola cech zewnętrznych

Podczas kontroli cech zewnętrznych wagi ocenia się następujące elementy:

- (a) kompletność wymaganej dokumentacji technicznej, włącznie z podręcznikiem użytkownika,
- (b) zgodność charakterystyki metrologicznej i technicznej podanej przez producenta w dokumentacji z wymaganiami metrologicznymi i technicznymi niniejszych przepisów,
- (c) kompletność zespołów funkcjonalnych oraz ich zgodność z wymaganą dokumentacją techniczną,
- (d) zgodność wersji oprogramowania wagi z wersją podaną przez producenta.

12.6. Symulowane próby eksploatacyjne prowadzone w laboratorium

Symulowane próby eksploatacyjne wykonuje się podczas oceny odporności na wpływ środowiska zewnętrznego w sposób dalej opisany, na kompletnej wadze, chyba że rozmiar i/lub konfiguracja wagi uniemożliwia przeprowadzenie prób w pełni ukompletowanej wagi. W takich przypadkach dozwolone jest przeprowadzenie prób z użyciem generatora sygnału obciążenia w miejsce czujników nacisku.

Organ metrologiczny zajmujący się zatwierdzeniem typów przyrządów pomiarowych może zaakceptować wniosek producenta dotyczący modyfikacji metody i sposobu przeprowadzania symulowanych prób eksploatacyjnych, jeśli jest to właściwe ze względu na specyfikę technologii i konstrukcji procesu pomiarowego wagi.

12.6.1. Badania odporności na wpływ środowiska zewnętrznego

12.6.1.1. Badania odporności wagi na oddziaływania fizyczne

12.6.1.1.1. Badanie odporności na wibracje losowe

Odporność na losowe drgania fizyczne bada się na wadze w stanie włączonym, poprzez przyłożenie wibracji o następujących parametrach:

- zakres częstotliwości: od 10 Hz do 150 Hz,
- ogólny, skuteczny poziom przyspieszenia: 7 m/s^2 ,
- poziom gęstości widmowej przyspieszenia od 10 Hz do 20 Hz: $1 \text{ m}^2/\text{s}^3$,
- poziom gęstości widmowej przyspieszenia od 20 Hz do 150 Hz: -3 dB/oktawa ,

we wszystkich trzech osiach, w każdym przypadku przez 2 minuty.

Podczas tej próby badana waga musi pozostać sprawna, a podczas kolejnej symulowanej próby eksploatacyjnej błąd pomiaru nie może przekraczać błędu granicznego dopuszczalnego.

W przepisach polskich istnieje analogiczne wymaganie, jednak bez podania długości narażenia i dotyczące jedynie przyrządów do pomiarów z poruszającego się pojazdu.

12.6.1.1.2. Badanie wytrzymałości na uderzenia

Odporność na uderzenia bada się na wadze w stanie włączonym, stosując powtarzające się uderzenia o następujących parametrach:

- przyspieszenie szczytowe: 100 m/s^2 ,
- czas trwania impulsu znamionowego: 16 ms,
- odpowiednia zmiana prędkości: 1 m/s,
- liczba uderzeń w każdym kierunku: 1000 ± 10 .

Podczas tej próby badana waga musi pozostać sprawna, a podczas kolejnej symulowanej próby eksploatacyjnej błąd pomiaru nie może przekraczać błędu granicznego dopuszczalnego .

Opisanemu testowi odpowiada w pewnym stopniu zawarty w polskich przepisach wymóg odporności przyrządu na udary mechaniczne spowodowane przewróceniem się przyrządu, jego zrzuceniem lub upadkiem.

12.6.1.2. Badania odporności na warunki atmosferyczne

12.6.1.2.1. Badanie odporności na temperatury graniczne

Odporność na graniczne temperatury otoczenia zgodnie z p. 3.10.2 bada się na wadze w stanie wyłączonym:

- (a) oddziałując gorącym powietrzem o temperaturze 70°C przez 2 h,
- (b) oddziałując zimnym powietrzem o temperaturze -40°C przez 2 h.

Po tym badaniu waga nie może wykazywać żadnych uszkodzeń, a podczas następującej potem symulowanej próby eksploatacyjnej błąd pomiaru nie może przekroczyć błędu granicznego dopuszczalnego .

W polskich przepisach zakres temperatur w analogicznym badaniu to od -25°C do $+70^\circ\text{C}$, bez podania wymagań co do czasu trwania narażeń.*

12.6.1.2.2. Odporność na temperatury robocze

Odporność na robocze temperatury otoczenia bada się na wadze w stanie włączonym:

- (a) oddziałując gorącym powietrzem o temperaturze odpowiadającej górnej granicy zakresu temperatur roboczych otoczenia przez 2 h,
- (b) oddziałując zimnym powietrzem o temperaturze odpowiadającej dolnej granicy zakresu temperatur roboczych otoczenia przez 2 h.

Podczas tego badania waga musi działać normalnie, a błąd podczas symulowanej próby eksploatacyjnej nie może przekroczyć błędu granicznego dopuszczalnego.

Analogiczny zapis w polskich przepisach nie definiuje czasu trwania narażeń.

12.6.1.2.3. Odporność na wilgotność powietrza

Odporność na wilgotność powietrza bada się na wadze w stanie włączonym, przeprowadzając dwa 24-godzinne cykle oddziaływania wilgotnym ciepłym powietrzem o maksymalnej temperaturze 40°C .

Podczas tej próby badana waga musi pozostać sprawna, a podczas kolejnej symulowanej próby eksploatacyjnej błąd pomiaru nie może przekraczać błędu granicznego dopuszczalnego .

Zapis w polskich przepisach nie precyzuje warunków badania.

12.6.1.2.4. Odporność na pył i wodę

Odporność na pył i wodę bada się w stanie wyłączonym na tych elementach wagi, które są narażone na oddziaływanie czynników atmosferycznych. Po tym badaniu waga nie może wykazywać żadnych uszkodzeń, a podczas następującej potem symulowanej próby eksploatacyjnej błąd pomiaru nie może przekroczyć błędu granicznego dopuszczalnego .

W przepisach czeskich jest odwołanie do określonych poziomów IP, zapis w polskich przepisach nie precyzuje się warunków badania.

12.6.1.3. Badania kompatybilności elektromagnetycznej (EMC)

12.6.1.3.1. Odporność na zakłócenia przewodzone wywołane przez pola o częstotliwości radiowej

Odporność na zakłócenia przewodzone wywołane polami wysokiej częstotliwości bada się na wadze w stanie włączonym, w zakresie częstotliwości od 150 kHz do 80 MHz z amplitudą pola próbnego wynoszącą 10 V. Zakłócenie wprowadza się do przewodów sygnałowych dłuższych niż 3 m, na wszystkich doprowadzeniach i wyprowadzeniach prądu stałego, na wszystkich doprowadzeniach i wyprowadzeniach prądu przemiennego oraz na eksploatacyjnych połączeniach uziemiających.

Podczas symulowanej próby eksploatacyjnej w danych warunkach badawczych błąd pomiaru nie może przekroczyć błędu granicznego dopuszczalnego, albo system musi wykryć poważny błąd i zareagować na niego.

W przepisach polskich analogiczny test jest ostrzejszy – wymagana amplituda pola to 20 V.*

12.6.1.3.2. Odporność na promieniowanie pola elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej

Odporność na promieniowanie pola elektromagnetyczne o wysokiej częstotliwości bada się na wadze w stanie włączonym, w zakresie częstotliwości od 80 MHz do 2 GHz z amplitudą natężenia pola próbnego wynoszącą 10 V/m i 80 % modulacją amplitudy falą sinusoidalną o częstotliwości 1 kHz. Zakłócenia wywołuje się na wszystkich bokach obudowy wagi.

Podczas symulowanej próby eksploatacyjnej w danych warunkach badawczych błąd pomiaru nie może przekroczyć błędu granicznego dopuszczalnego, albo system musi wykryć poważny błąd i zareagować na niego.

W przepisach polskich analogiczny test jest ostrzejszy - dotyczy zakresu częstotliwości nie do 2, a do 6 GHz.

12.6.1.3.3. Odporność na wyładowania elektrostatyczne

Odporność na wyładowania elektrostatyczne bada się na wadze w stanie włączonym, korzystnie wyładowaniem kontaktowym 6 kV lub wyładowaniem w powietrzu 8 kV. Wyładowania stosuje się na obudowie wagi i na płytach montażowych w pobliżu wagi.

Podczas symulowanej próby eksploatacyjnej w danych warunkach badawczych błąd pomiaru nie może przekroczyć błędu granicznego dopuszczalnego, albo system musi wykryć poważny błąd i zareagować na niego.

W przepisach polskich zawarty jest analogiczny test.

12.6.1.3.4. Odporność na szybkie elektryczne stany przejściowe / serie zakłóceń impulsowych

Odporność na szybkie elektryczne stany przejściowe / serie zakłóceń impulsowych bada się na wadze w stanie włączonym, przy polaryzacji dodatniej i ujemnej, przez co najmniej 1 minutę dla każdej polaryzacji, stosując napięcie badania bez obciążenia wynoszące ± 1 kV na zaciskach zasilania i sygnałowych, z częstotliwością powtarzania 5 kHz. Zakłócenie wprowadza się do przewodów sygnałowych dłuższych niż 3 m, na wszystkich doprowadzeniach i wyprowadzeniach prądu przemiennego oraz na wszystkich eksploatacyjnych połączeniach uziemiających o długości przekraczającej 3 m.

Podczas symulowanej próby eksploatacyjnej w danych warunkach badawczych błąd pomiaru nie może przekroczyć błędu granicznego dopuszczalnego, albo system musi wykryć poważny błąd i zareagować na niego.

W przepisach polskich analogiczny test istnieje i dotyczy całego przyrządu, a nie jedynie przewodów o długości ponad 3 m.

12.6.1.3.5. Odporność na przepięcia

Odporność na przepięcia bada się na wadze w stanie włączonym, stosując przepięcie:

- ± 1 kV względem ziemi; do przewodów sygnałowych dłuższych niż 30 m;
- międzyprzewodowe $\pm 0,5$ kV przewód - przewód i napięcie symetryczne $\pm 0,5$ kV na przewodach zasilających prądu stałego dłuższych niż 10 m.

Zakłócenia wprowadza się do przewodów sygnałowych dłuższych niż 30 m lub do przewodów zainstalowanych w części lub w całości na zewnątrz budynku, niezależnie od ich długości.

Podczas symulowanej próby eksploatacyjnej w danych warunkach badawczych błąd pomiaru nie może przekroczyć błędu granicznego dopuszczalnego, albo system musi wykryć poważny błąd i zareagować na niego.

W przepisach polskich takiego testu nie ma.

12.6.1.3.6. Odporność na pola magnetyczne o częstotliwości sieciowej

Odporność na pola magnetyczne o częstotliwości 50 Hz bada się na wadze w stanie włączonym, oddziałując ciągłym polem magnetycznym o natężeniu 30 A/m na obudowę urządzenia. Podczas symulowanej próby eksploatacyjnej w danych warunkach badawczych błąd pomiaru nie może przekroczyć błędu granicznego dopuszczalnego, albo system musi wykryć poważny błąd i zareagować na niego.

Brak takiego wymagania w przepisach polskich.

12.6.1.3.7. Odporność na spadki napięcia w sieci prądu przemiennego

Odporność na spadki napięcia w sieci zasilającej prądu przemiennego, krótkie przerwy w zasilaniu i powolne zmiany napięcia bada się na wadze w stanie włączonym, na wszystkich doprowadzeniach zasilania prądem przemiennym z prądem zasilania < 16 A, stosując zmniejszenie napięcia:

- o 40 % U_N dla 10 cykli napięcia prądu przemiennego,
- o 70 % U_N dla 25 cykli napięcia prądu przemiennego, o 80 % U_N dla 250 cykli napięcia prądu przemiennego,

gdzie U_N jest nominalną wartością napięcia w sieci zasilającej prądu przemiennego.

Podczas symulowanej próby eksploatacyjnej w danych warunkach badawczych błąd pomiaru nie może przekroczyć błędu granicznego dopuszczalnego, albo system musi wykryć poważny błąd i zareagować na niego.

W polskich przepisach jest tylko wymóg blokowania wykonywania pomiaru prędkości albo wyłączenia przyrządu, jeżeli wartość napięcia zasilania przyrządu jest poza zakresem napięcia zasilania określonym dla znamionowych warunków użytkowania.*

12.6.1.4. Badanie odporności na wartości graniczne napięcia zasilania prądem przemiennym

Odporność na wartości graniczne napięcia zasilania jest badana na urządzeniach elektronicznych w stanie włączonym. Dla prądu przemiennego jego wartości graniczne podaje się jako $U_N - 15\%$ oraz $U_N + 10\%$, gdzie U_N oznacza znamionowe napięcie zasilania.

Podczas symulowanej próby eksploatacyjnej w danych warunkach badawczych błąd pomiaru nie może przekroczyć błędu granicznego dopuszczalnego, albo system musi wykryć poważny błąd i zareagować na niego.

Analogiczny zapis istnieje także w przepisach polskich.

12.6.2. Drogowe badania dokładności ważenia pojazdów w ruchu

12.6.2.1. Pojazdy kontrolne

Badania dokładności ważenia pojazdów w ruchu wykonuje się na kompletnej zamontowanej wadze przy wykorzystaniu pojazdów kontrolnych, odzwierciedlających zakres pomiarowy wagi określony przez jej producenta na potrzeby zatwierdzenia typu. Pojazdy kontrolne mają reprezentować różne konstrukcje pojazdów, konfiguracje osi, układy połączenia i zawieszenia.

Zastosowane mają być przynajmniej następujące pojazdy kontrolne:

- pojedynczy pojazd dwuosiowy,
- pojedynczy trójosiowy lub czterosiowy samochód ciężarowy,
- ciągnik siodłowy z naczepą o co najmniej trzech osiach,
- pojedynczy samochód ciężarowy z przyczepą o dwóch lub trzech osiach.

Jeżeli waga ma być wykorzystywana do wyznaczania masy albo obciążeń jednej osi lub grupy osi pojazdów przewożących ładunki, których środek ciężkości może przemieszczać się podczas ruchu pojazdu, wśród pojazdów kontrolnych muszą być pojazdy przewożące ładunki w postaci cieczy lub innych produktów, które mogą powodować zmiany położenia środka ciężkości podczas ruchu pojazdu.

Obciążenia pojazdów dobiera się w taki sposób, aby nie zostały przekroczone maksymalne dopuszczalne wartości masy całkowitej pojazdów oraz maksymalne dopuszczalne wartości obciążenia osi, zgodnie z przepisami dotyczącymi mas i wymiarów pojazdów.

12.6.2.2. Wagi kontrolne

Podczas badania muszą być dostępne oddzielne wagi kontrolne w celu określenia umownej wartości masy każdego pojazdu referencyjnego i obciążenia referencyjnego na oś lub grupę osi.

Do określenia umownej wartości masy całkowitej pojazdów referencyjnych korzystnie stosuje się oddzielne wagi kontrolne umożliwiające określenie umownej wartości masy każdego pojazdu referencyjnego poprzez jednokrotne ważenie statyczne całości z błędem mniejszym lub równym jednej trzeciej błędu granicznego dopuszczalnego dla ważenia pojazdów w ruchu.

Do określenia umownej wartości obciążenia na oś stosuje się osobne wagi przenośne kontrolne do ważenia pojazdów klasy III lub IIII lub wagi wolnoprejazdowe o klasie dokładności 1 lub większej.

Na wadze kontrolnej kolejno określa się obciążenie każdej osi pojazdu kontrolnego, przy czym należy wykonać co najmniej trzy do pięciu przejazdów próbnych w obu kierunkach. Średnią wartość referencyjnego obciążenia osi oblicza się jako średnią arytmetyczną zarejestrowanych wartości.

Aby skorygować wpływ zastosowanej metody, całkowitą masę pojazdu oblicza się według osi jako sumę średnich wartości obciążenia poszczególnych osi VM .

Skorygowana średnia wartość referencyjnego obciążenia osi wynosi wtedy:

$$CorrAxle_i = Axle_i \times \frac{VM_{ref}}{VM}$$

gdzie: VM_{ref} jest umowną wartością masy odniesienia każdego pojazdu, określoną poprzez ważenie całości

Do sprawdzenia poprawności kontrolnych obciążeń osi należy zastosować następującą zasadę:

$$VM_{ref} = \sum_{i=1}^2 \overline{CorrAxle_i}$$

Skorygowaną średnią wartość obciążenia (zob. powyżej) stosuje się jako umowne obciążenie na oś pojazdu kontrolnego.

12.6.2.3. Badania dokładności ważenia pojazdów w ruchu

Każdy pojazd kontrolny musi wykonać co najmniej dziesięć przejazdów próbnych przy każdej z trzech następujących prędkości:

- (a) prędkości zbliżonej do maksymalnej prędkości roboczej,
- (b) prędkości zbliżonej do minimalnej prędkości roboczej,
- (c) prędkości zbliżonej do wartości ze środka zakresu prędkości roboczych.

Na każde dziesięć przejazdów próbnych przy danej prędkości testowej pojazd musi sześciokrotnie znaleźć się ponad środkiem czujnika nacisku, dwukrotnie po lewej i dwukrotnie po prawej stronie czujnika nacisku.

Należy zachować w miarę możliwości stałą prędkość pojazdu podczas każdego przejazdu. Waga musi wskazać i zarejestrować prędkość badanego pojazdu przejeżdżającego ponad czujnikami nacisku.

Podczas badań dokładności ważenia pojazdów w ruchu rejestruje się wartości wszystkich wskazań masy pojazdów i wszystkich wskazań obciążenia osi. Dla każdej zarejestrowanej wartości (całkowita masa pojazdu, obciążenie osi lub grupy osi) błąd względny δ oblicza się jako wartość procentową:

$$\delta = 100 \times \frac{C - R}{R}$$

gdzie:

- C jest wartością zmierzona przez wagę,
- R jest odpowiednią wartością referencyjną zmierzona przez wagę kontrolną.

Ustala się liczbę błędów względnych δ przekraczających określony błąd graniczny dopuszczalny dla każdej wielkości i wyraża się ją jako względną liczbę wartości dla każdej wielkości w następujący sposób:

$$P_{de} = 100 \times \frac{n}{N}$$

gdzie:

- n jest liczbą obliczonych różnic przekraczających błąd graniczny dopuszczalny,
- N jest całkowitą liczbą wartości zarejestrowanych dla danej wielkości.

Liczba błędów względnych przekraczających błąd graniczny dopuszczalny P_{de} nie może przekraczać 5%, a błędy te nie mogą być większe niż błąd graniczny dopuszczalny dla ruchu drogowego.

12.6.2.4. Badania granic prędkości roboczych

Dla zbadania blokady prędkości roboczej poza zakresem prędkości należy wykonać przejazd próbny jednego pojazdu kontrolnego z prędkością wykraczającą poza zakres prędkości roboczych w sposób następujący:

- (a) z prędkością co najmniej o 5% większą niż maksymalna prędkość robocza,
- (a) z prędkością co najmniej o 5% mniejszą niż minimalna prędkość robocza (jeżeli waga się do tego nadaje).

Waga musi wykryć zaistnienie warunków opisanych powyżej i zareagować komunikatem o przekroczeniu dopuszczalnego zakresu prędkości.

Warto zauważyć, że do tej próby wykorzystać możemy dowolny samochód osobowy o masie większej, niż minimalna dla danej wagi.

12.6.2.5. Badanie zakresu prędkości roboczych

Aby wyznaczyć i zbadać prędkość roboczą podczas próby ważenia pojazdów w ruchu, wykonuje się sześć przejazdów próbnych przez czujniki nacisku nieobciążonym, dwuosiowym, pojedynczym pojazdem kontrolnym ze stałą prędkością. Trzy przejazdy muszą odbyć się z prędkością zbliżoną do maksymalnej prędkości roboczej a trzy dodatkowe przejazdy muszą odbyć się dokładnie z określoną minimalną prędkością roboczą.

Do określenia prędkości odniesienia stosuje się prędkościomierz kontrolny. Dla każdego pomiaru prędkości oblicza się błąd wskazywanej prędkości roboczej. Błąd wskazywanej prędkości roboczej nie może przekraczać 2 km/h.

Warto – jak poprzednio - zauważyć, że wartość ta jest mniejsza niż dopuszczalny błąd pomiaru dla urządzeń dedykowanych do pomiaru prędkości, gdzie wynosi on minimum 3 km/h.

12.7. Legalizacja pierwotna

Czynności dokonywane podczas legalizacji pierwotnej wagi podzielone są na kilka etapów:

- (a) oględziny,
- (b) próby eksploatacyjne ważenia pojazdów w ruchu drogowym,
- (c) badania prędkości roboczych.

Oględziny sprowadzają się do sprawdzenia zgodności wagi oraz jej oprogramowania z homologowanym typem oraz weryfikacji kompletności i stanu jej podzespołów.

Próby eksploatacyjne ważenia pojazdów w ruchu drogowym przeprowadzane są przy wykorzystaniu przynajmniej trzech pojazdów kontrolnych, w tym dwóch pojazdów pojedynczych – dwuosiowego oraz o trzech lub czterech

osiach. Ponadto wykorzystany być musi ciągnik z naczepą o co najmniej trzech osiach lub pojedynczy samochód ciężarowy z przyczepą o dwóch lub trzech osiach.

Pojazdy kontrolne i ich ładunek muszą odzwierciedlać zakres pomiarowy i zakres zastosowań określony w świadectwie zatwierdzenia typu, ewentualnie ograniczony zakres pomiarowy przyrządu oraz zakres zastosowań określony przez jego użytkownika dla konkretnego miejsca montażu.

Obciążenia pojazdu dobiera się w taki sposób, aby nie zostały przekroczone maksymalne dopuszczalne wartości masy całkowitej pojazdów oraz maksymalne dopuszczalne wartości obciążenia osi, zgodnie z przepisami dotyczącymi mas i wymiarów pojazdów.

Do legalizacji wykorzystuje się wyłącznie pojazdy kontrolne przewożące ładunki w postaci obciążeń stabilnych, których środek ciężkości nie może zmienić swojego położenia w trakcie ruchu pojazdu.

Każdy pojazd kontrolny musi wykonać co najmniej dziesięć przejazdów próbnych przez wagę z możliwie stałą prędkością, na każdym pasie ruchu, z każdą z dwóch następujących prędkości:

- (a) prędkością zbliżoną do maksymalnej prędkości roboczej,
- (b) prędkością zbliżoną do minimalnej prędkości roboczej.

Na każde dziesięć przejazdów próbnych przy danej prędkości testowej pojazd musi sześciokrotnie znaleźć się ponad środkiem czujnika nacisku, dwukrotnie po lewej i dwukrotnie po prawej stronie czujnika nacisku.

Badania prędkości roboczych wykonuje się wykorzystując prędkościomierz kontrolny i weryfikując jednocześnie wskazania wagi, a błąd pomiaru nie może być większy niż 2 km/h – *z czego wynika, że pomiar prędkości na stanowisku ważenia ma mniejszy margines błędu, niż przyjęty dla przyrządów do pomiaru prędkości pojazdów w kontroli ruchu drogowego*. Badania wykonuje się dwuetapowo – oceniając dokładność ważenia pojazdów w warunkach opisanych powyżej oraz dokonując dodatkowych przejazdów jednego pojazdu kontrolnego z prędkością wykraczającą poza zakres prędkości roboczych, w sposób następujący:

- (a) z prędkością co najmniej o 5 % większą niż maksymalna prędkość robocza,
- (b) z prędkością co najmniej o 5 % mniejszą niż minimalna prędkość robocza, (jeżeli waga się do tego nadaje).

Waga musi wykryć zaistnienie warunków opisanych powyżej i zareagować komunikatem o przekroczeniu dopuszczalnego zakresu prędkości.

Warto zauważyć, że do tej próby wykorzystać możemy dowolny samochód osobowy o masie większej, niż minimalna dla danej wagi.

12.8. Legalizacja ponowna

Podczas legalizacji ponownych dokonywane mają być takie same czynności, jak podczas legalizacji pierwotnej.

13. Odesłania

- [1] Jacob, Bernard; O'Brien, Eugene; Jehaes, Sophie: **COST323 - Weigh-on-Motion of Road Vehicles - Final Report**, Appendix (1) European WIM Specification, *Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC)*, Paris, 2002. (URL: https://www.is-wim.org/doc/wim_eu_specs_cost323.pdf).
- [2] OIML: **OIML R-134 - Automatic instruments for weighing road vehicles in motion and measuring axle loads**, Edition 2006 (E), *Organisation Internationale de Métrologie Légale*, Paris 2006. (URL: https://www.oiml.org/en/files/pdf_r/r134-1-e06.pdf).
- [3] BASt: **Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen**, Ausgabe 2012 (TLS-2012), *Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)*, Bergisch Gladbach, 2012. (URL: <https://www.bast.de/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v5-tls/tls-streckenstationen.html>).
- [4] BASt: **Verfahren zur Überprüfung der Kalibrierung und Abnahme von Achslasterfassungsgeräten**, *Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)*, Bergisch Gladbach, August 2016.
- [5] WELMEC: **WELMEC Guide 7.2 - Software Guide (EU Measuring Instruments Directive 2014/32/EU)**, Version 2022, *European Cooperation in Legal Metrology (WELMEC) e. V.*, 6 Braunschweig, Germany, 2022. (URL: https://www.welmec.org/welmec/documents/guides/7.2/2022/WELMEC_Guide_7.2_version_v2022.pdf).
- [6] NMI: **NMI international WIM standard - Specifications and test procedures for Weigh-in-Motion Systems**, *NMI Certin B.V.*, Dordrecht, October 2016. (URL: <https://nmi.nl/nmi-international-wim-standard/>).
- [7] ASTM: **E1318-09 Standard Specification for Highway Weigh-In-Motion (WIM) Systems with User Requirements and Test Methods (reapproved 2017)**, *ASTM International*, West Conshohocken (US) 2017 (URL: <https://www.astm.org/e1318-09r17.html>).
- [8] NIST: **NIST Handbook - Specifications, Tolerances, and Other Technical Requirements for Weighing and Measuring Devices**, *NIST HB 44-2023*, 2023 (URL: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/hb/2023/NIST.HB.44-2023.pdf>).
- [9] FHWA: **Traffic Monitoring Guide**, *U.S. Department of Transportation - Federal Highway Administration*, December 2022 (URL: <https://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/tmguide/>).
- [10] Kowalski, Krzysztof; Kul, Tomasz; Mańkiewicz, Jakub; Wojdyński, Robert; Zieliński, Jan: **Procedura sprawdzania stanowisk do ważenia pojazdów w ruchu (WIM)**, *Wydział Pomiarów Ruchu DSS GDDKiA*, Warszawa, maj 2012.
- [11] Mańkiewicz, Jakub; Kowalski, Krzysztof; Wojdyński, Robert; Żurawska, Kamila: **Wymagania techniczne i lokalizacyjne dla stacji ciągłych pomiarów ruchu drogowego służących celom planistyczno-projektowym**, *Wydział Pomiarów Ruchu DSS GDDKiA*, wersja 1.1., Warszawa, czerwiec 2018. (URL: <https://www.gov.pl/attachment/0d05be27-d9a8-41ca-99a3-b5e906f3b9b1>).
- [12] **Ustawa o drogach publicznych**, Dziennik Ustaw Nr 14 z 1985 r., poz. 60, z późniejszymi zmianami. (URL: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=wdu19850140060>).
- [13] **Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia**, Dziennik Ustaw Nr 32 z 2002 r., poz. 262, z późniejszymi zmianami. (URL: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20030320262>).
- [14] van Loo, Hans; Žnidarič, Aleš: **Guide for Users of Weigh-In-Motion**, *ISWIM, International Society for Weigh-in-Motion*. May 2019. (URL: https://www.is-wim.net/wp-content/uploads/2020/07/ISWIM_Guide-for-users_press.pdf).

[15] AASHTO: *Guide for Design of Pavement Structures* (1993), *American Association of State Highway and Transportation Officials*, Washington, D.C. 1993.

[16] Ustawa - Prawo o ruchu drogowym, Dziennik Ustaw Nr 98 z 1997 r., poz. 602, z późniejszymi zmianami. (URL: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU19970980602>)

[17] Rozporządzenie Komisji (UE) Nr 458/2011 z dnia 12 maja 2011 r. - w sprawie wymagań dotyczących homologacji typu pojazdów silnikowych i ich przyczep w odniesieniu do montowania opon oraz w sprawie wykonania rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 661/2009 w sprawie wymagań technicznych w zakresie homologacji typu pojazdów silnikowych dotyczących ich bezpieczeństwa ogólnego, ich przyczep oraz przeznaczonych dla nich układów, części i oddzielnych zespołów technicznych. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej OJ L 124/11. CELEX:32011R0458. (URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:32011R0458>)

[18] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 168/2013 z dnia 15 stycznia 2013 r. w sprawie homologacji i nadzoru rynku pojazdów dwu- lub trzykołowych oraz czterokołowców. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej OJ L 60/52. CELEX:32013R0168. (URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=celex:32013R0168>).

[19] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/858 z dnia 30 maja 2018 r. w sprawie homologacji i nadzoru rynku pojazdów silnikowych i ich przyczep oraz układów, komponentów i oddzielnych zespołów technicznych przeznaczonych do tych pojazdów, zmieniające rozporządzenie (WE) nr 715/2007 i (WE) nr 595/2009 oraz uchylające dyrektywę 2007/46/WE. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej OJ L 151/1. CELEX:32018R0858 (URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:32018R0858>).
