

Zarządzanie drogowymi środkami brd w świetle projektów badawczych w ramach programu Rozwoju Innowacji Drogowych



Marcin Budzyński, Kazimierz Jamroz, Łukasz Jeliński

ROZWÓJ INNOWACJI DROGOWYCH



„Urządzenia bezpieczeństwa ruchu drogowego” RID 3A

„Wpływ czasu i warunków eksploatacyjnych na trwałość i funkcjonalność urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego” RID 3B

Tytuł projektu:

Zleceniodawca:

Wspólna inicjatywa Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) oraz Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA)- program badawczy Rozwój Innowacji Drogowych, projekt RID 3A (umowa nr DZP/RID-I-67/13/NCBR/2016)

Wspólna inicjatywa Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) oraz Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA) - program badawczy Rozwój Innowacji Drogowych, projekt RID 3B (umowa nr DZP/RID-I-64/12/NCBR/2016)

Wykonawca:

Politechnika Gdańska

Politechnika Gdańska, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Instytut Transportu Samochodowego, Instytut Mechaniki Precyzyjnej, Uniwersytet Gdański

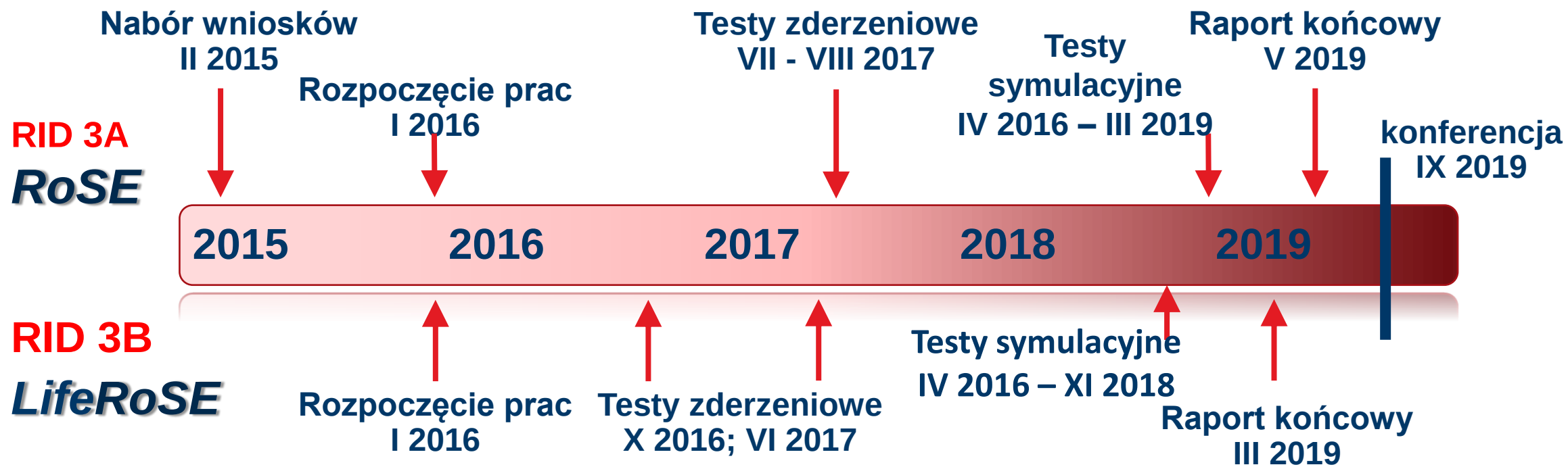
Kierownik projektu: *prof. dr hab. inż. Krzysztof Wilde*

dr hab. inż. Kazimierz Jamroz, prof. uczelni

Czas trwania: *38 miesięcy (2016-2019)*

36 miesięcy (2016-2019)

Etapy realizacji projektów RID 3A i RID 3B

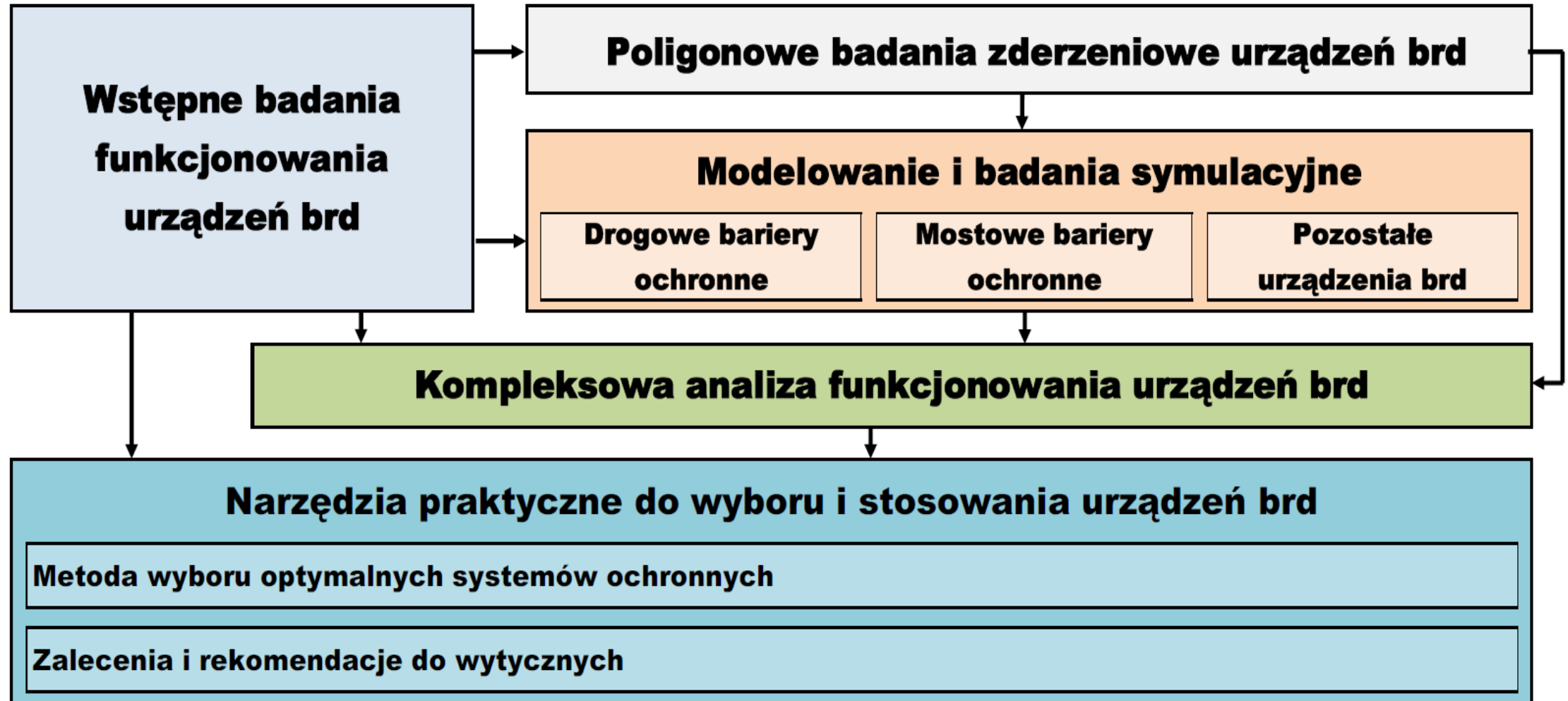


Projekt badawczy RID 3A: Urządzenia bezpieczeństwa ruchu drogowego

Cele praktyczne

- 1. Opracowanie innowacyjnej i kompleksowej metody wyboru optymalnych systemów zabezpieczających pojazdy przed wypadnięciem z drogi w zależności od: rodzaju i wielkości zagrożenia, klasy drogi, wielkości i struktury potoku pojazdów.**
- 2. Opracowanie zaleceń i rekomendacji do wytycznych dotyczących: projektowania otoczenia drogi, konstruowania urządzeń brd, projektowania i budowania systemów powstrzymujących pojazdy przed wypadnięciem z drogi dla różnych warunków drogowo – ruchowych.**

Zadania badawcze



Projekt badawczy RID 3B: Wpływ czasu i warunków eksploatacyjnych na trwałość i funkcjonalność urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego

Głównym celem praktycznym było opracowanie innowacyjnej i kompleksowej metodyki zarządzania drogowymi środkami brd z uwzględnieniem wpływu czasu i warunków eksploatacyjnych.

W szczególności zaś zbudowanie dwóch grup narzędzi usprawniających zarządzanie drogowymi środkami brd z uwzględnieniem cyklu życia obiektu:

➤ **metod:**

- szacowania poziomu degradacji i trwałości urządzeń brd,
- szacowania miar bezpieczeństwa w przypadku braku lub zastosowania drogowych środków brd,
- kosztów funkcjonowania drogowych środków brd z uwzględnieniem cyklu życia,
- racjonalnego wyboru drogowych środków brd,
- zarządzania odpowiedzialnością za szkody związane z urządzeniami brd,

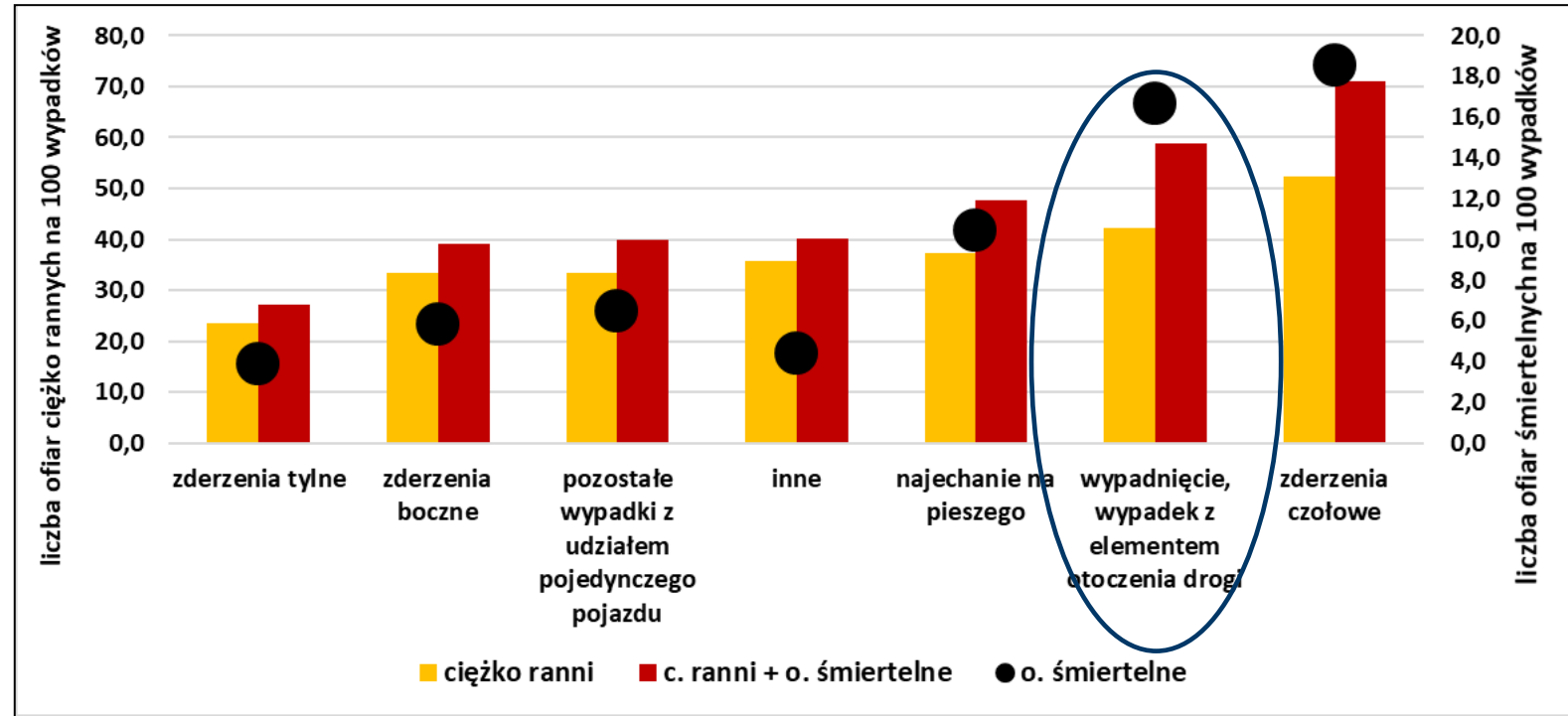
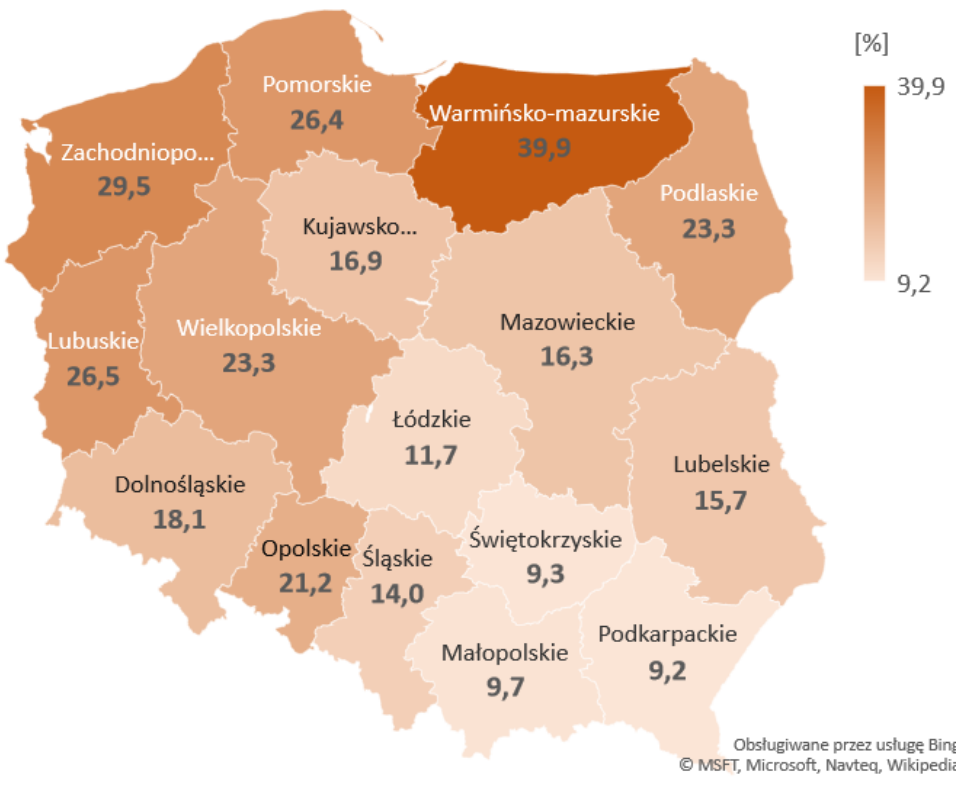
➤ **zaleceń (podstaw merytorycznych do wytycznych):**

- kontroli funkcjonowania urządzeń brd,
- prowadzenia działań wydłużających okres ich eksploatacji,
- wyboru racjonalnych rozwiązań.

Zadania badawcze

- 1. Badania wstępne drogowych środków brd**
- 2. Badania żywotności i funkcjonalności środków organizacji ruchu i urządzeń brd wykonanych z tworzyw sztucznych**
- 3. Badania żywotności i funkcjonalności metalowych i betonowych urządzeń brd**
- 4. Badania wpływu żywotności i funkcjonalności na bezpieczeństwo i koszty cyklu życia drogowych środków brd**
- 5. Badania metod zarządzania odpowiedzialnością za szkody związane z urządzeniami brd**
- 6. Opracowanie narzędzi usprawniających zarządzanie drogowymi środkami brd**

Otoczenie dróg jako źródło zagrożeń dla bezpieczeństwa



Przykłady źródeł zagrożeń w otoczeniu dróg



Rodzaje kolizji pojazdu z barierą ochronną

K.1 Uderzenie w zakończenie bariery ochronnej

K.2 Uderzenie w barierę i zaklinowanie lub nieruchomienie pojazdu

K.3 Przebicie bariery lub przejazd pojazdu pod lub nad barierą

K.4 Uderzenie w barierę i przemieszczenie się pojazdu wzdłuż bariery

K.5 Uderzenie w barierę i powrót pojazdu na pas ruchu

K.6 Wielokrotne uderzenie pojazdu w barierę po jednej stronie jezdni

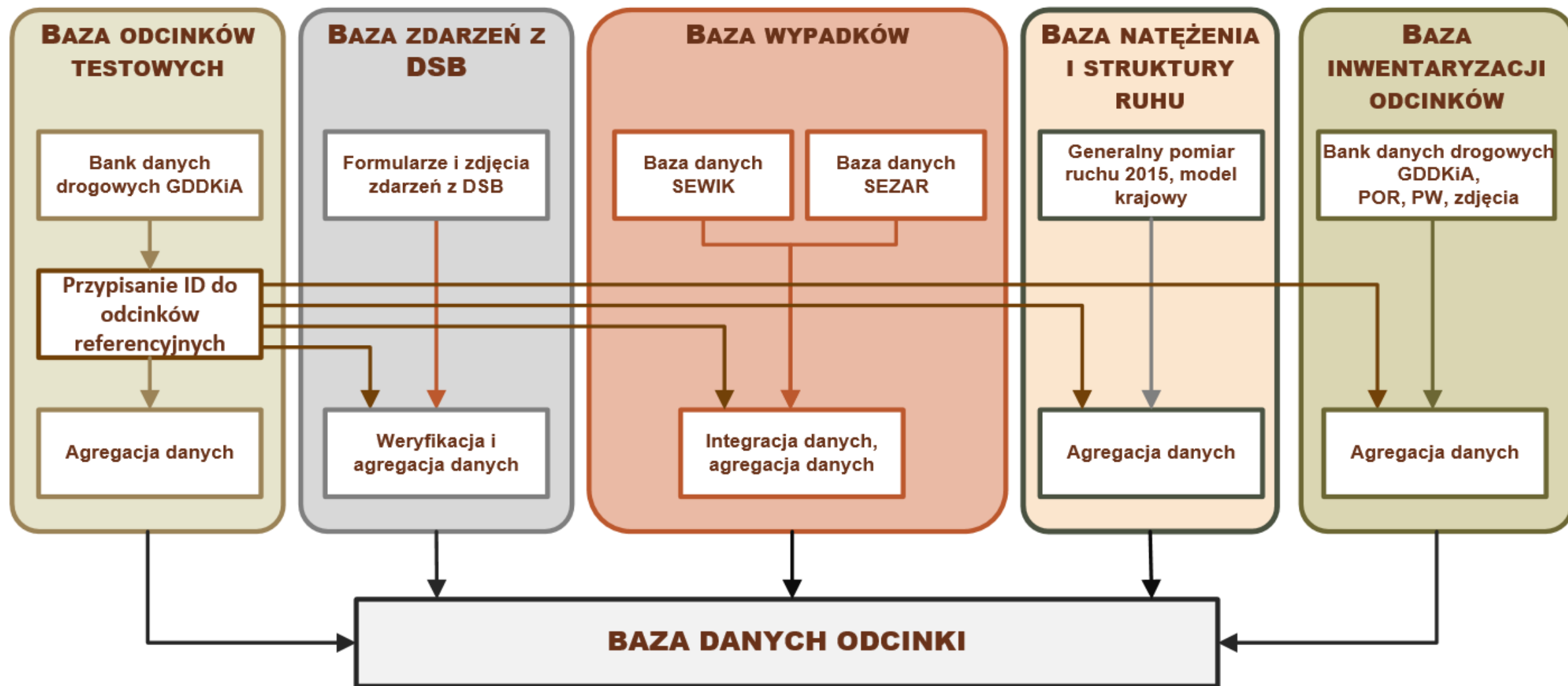
K.7 Uderzenie w barierę i odbicie pojazdu na sąsiedni pas ruchu

K.8 Wielokrotne uderzenie pojazdu w barierę po obu stronach jezdni

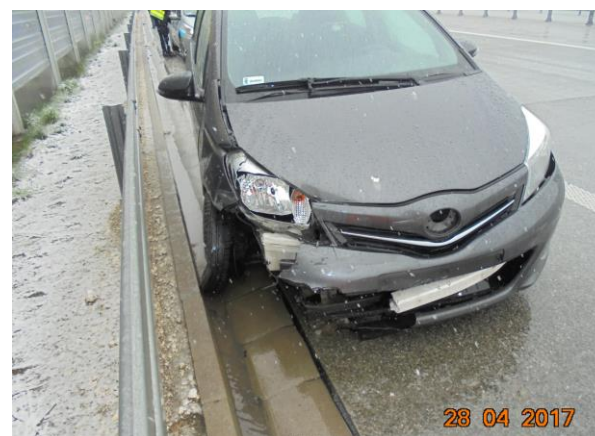
K.9 Inne uderzenia w barierę



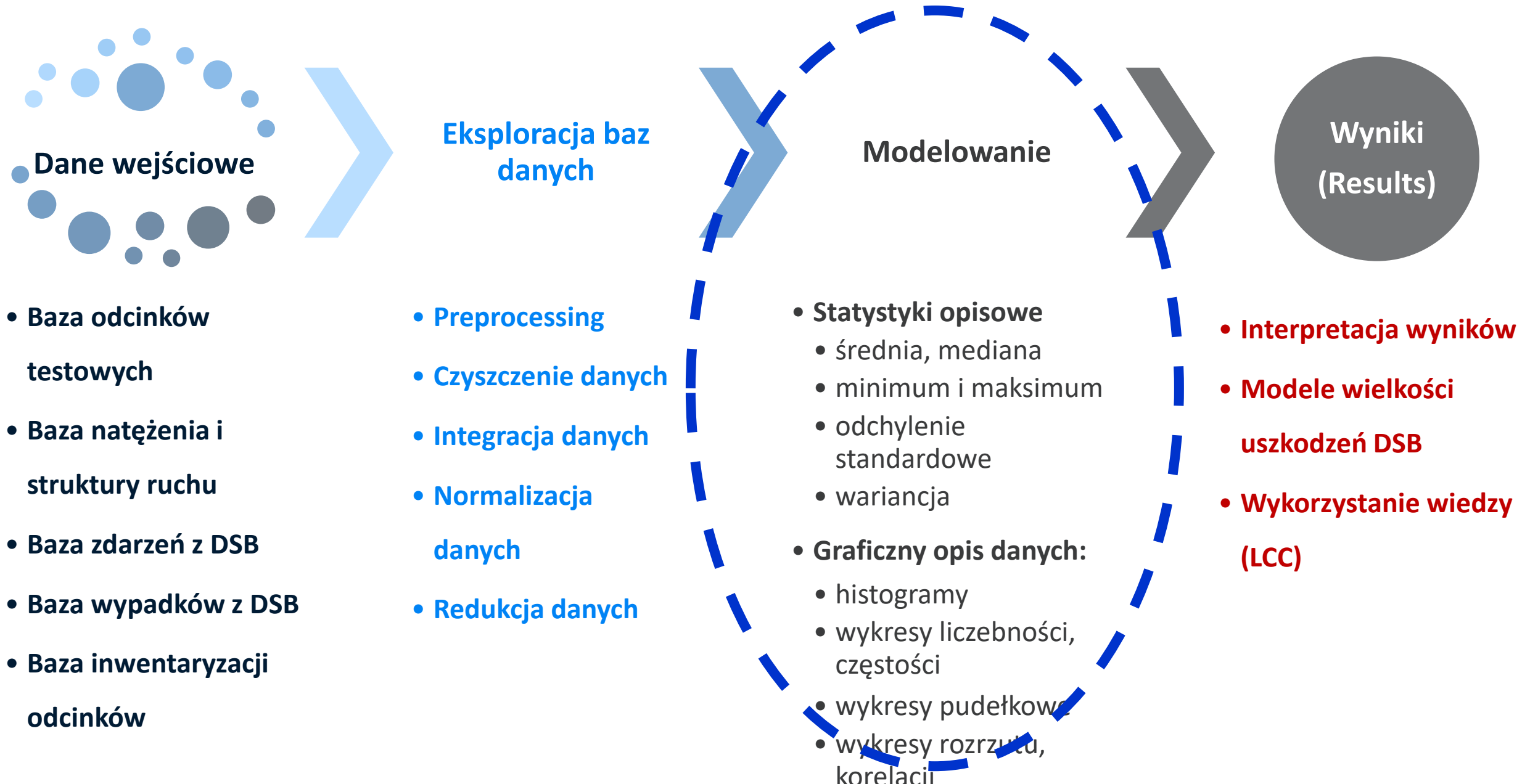
Schemat bazy danych



BAZA ZDARZEŃ - OBSERWACJE FUNKCJONOWANIA DSB



WYNIKI - Modele wielkości uszkodzeń DSB



Zebranie niezbędnych danych

Dane dotyczące warunków ruchu na projektowanym obiekcie:

- średnioroczne dobowe natężenie ruchu SDR (całkowite, samochodów lekkich SDRPL (osobowe i dostawcze) i samochodów ciężkich SDRPC (samochodów ciężarowych, autobusów, samochodów ciężarowych z przyczepami),
- prędkość pojazdów VP (samochodów lekkich VPL i samochodów ciężkich VPC),
- dopuszczalna prędkość pojazdów na odcinku drogi Vdop,
- kąt uderzenia pojazdu w barierę KU,
- natężenie ruchu pojazdów, pieszych, pociągów poruszających się po drogach w strefie wpływu drogi (strefie bezpieczeństwa),
- czas trwania napraw barier ochronnych

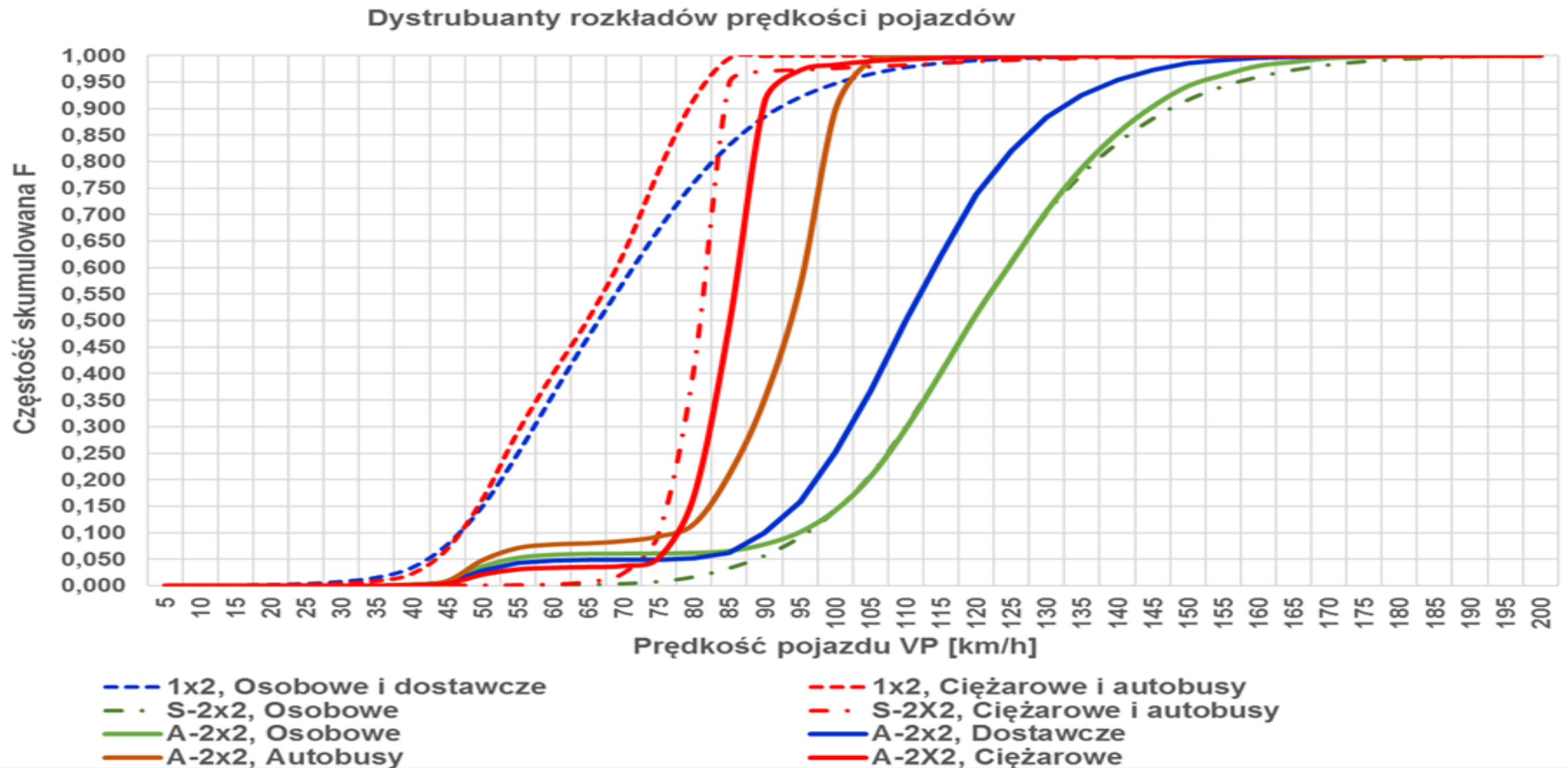
Dane dotyczące kosztów:

- budowy barier,
- utrzymania bieżącego,
- napraw,
- likwidacji,
- jednostkowych kosztów użytkowników tj: strat czasu użytkowników w wyniku podróży służbowych, eksploatacji pojazdów (ciężarowych, osobowych), jednostkowe koszty prac modernizacyjnych oraz jednostkowe koszty utrzymania okresowego odcinka barier.

Prędkość pojazdów. Z przeprowadzonych badań i analiz prowadzonych w ramach projektu LifeROSE wynika, że:

- ponad 85% samochodów osobowych na autostradach i drogach ekspresowych w Polsce, porusza się z prędkością większą niż 100 km/h, przyjętą jako normową dla testu TB11,
- ponad 65% samochodów osobowych i ponad 45 % samochodów dostawczych na autostradach i drogach ekspresowych w Polsce, porusza się z prędkością większą niż 110 km/h, przyjętą jako normową dla testu TB32,
- ok. 5% samochodów osobowych i dostawczych na drogach jednojezdniowych porusza się z prędkością większą niż 100 km/h, przyjętą dla testu TB11,
- ponad 90% samochodów ciężarowych i autobusów na autostradach i drogach ekspresowych w Polsce, porusza się z prędkością większą niż 70 km/h, przyjętą dla testów TB42, TB42 i TB51 oraz z prędkością większą od 65 km/h przyjętą jako normową dla testów TB71 i TB81.
- ponad 30% samochodów ciężarowych i autobusów na drogach jednojezdniowych w Polsce porusza się z prędkością większą niż 70 km/h, przyjętą jako normową dla testów TB42, TB42 i TB51 oraz ponad 45 % z prędkością większą od 65 km/h przyjętą dla testów TB71 i TB81.

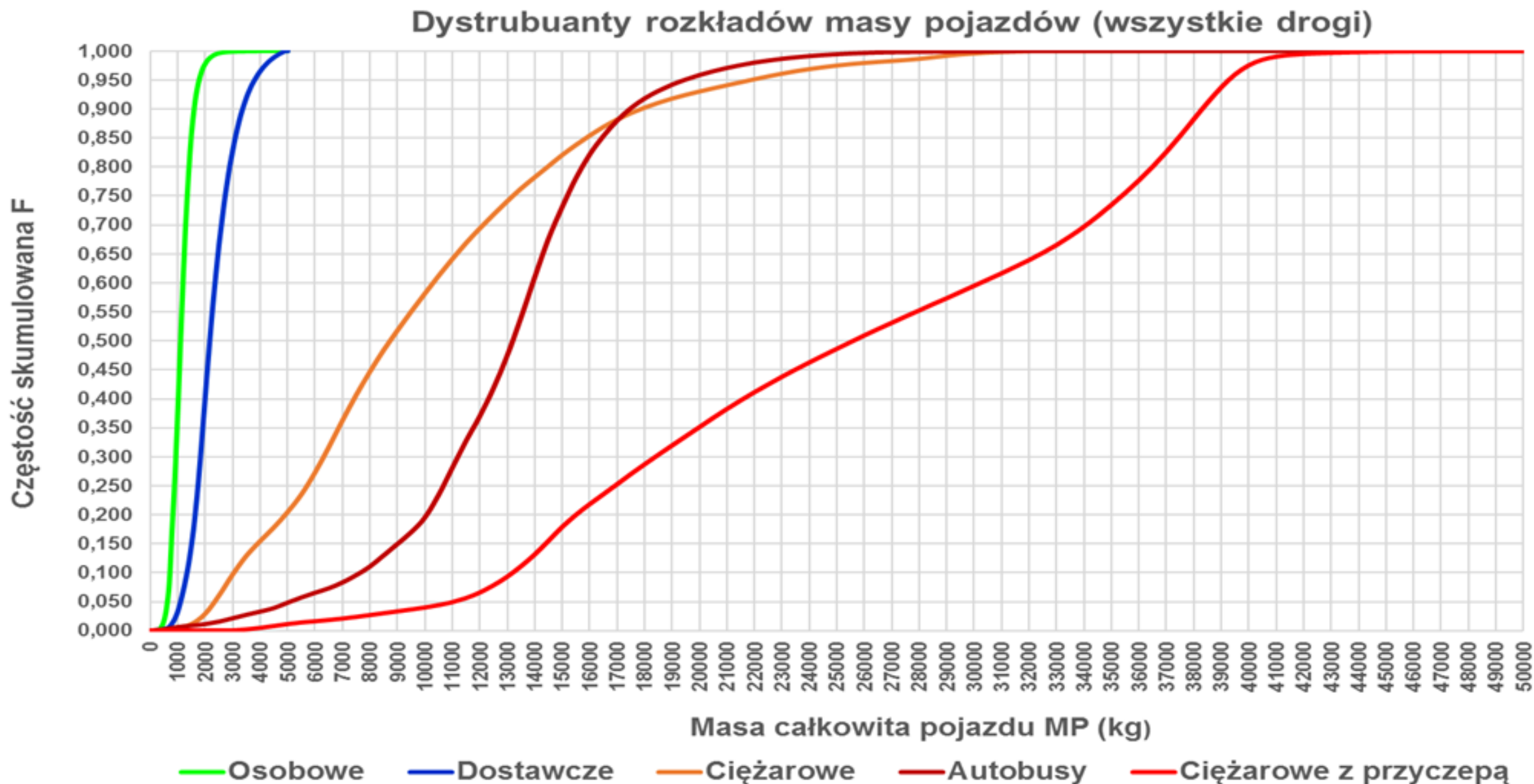
Dystrybuanty rozkładu prędkości pojazdów na drogach krajowych w Polsce



Także masy pojazdów na wszystkich drogach w Polsce, łącznie przekraczają nominalne masy pojazdów przyjmowanych w testach zderzeniowych:

- ponad 70% samochodów osobowych lekkich ma masę większą niż 900 kg, przyjętą jako normową dla testu TB11,
- ponad 80% samochodów osobowych ciężkich i dostawczych ma masę większą niż 1500 kg, przyjętą jako normową dla testu TB31 i TB32,
- ponad 40% samochodów ciężarowych ma masę większą niż 10000 kg, przyjętą jako normową dla testu TB41 i TB42,
- ponad 65% autobusów ma masę większą niż 13000 kg, przyjętą jako normową dla testu TB51,
- ponad 10% samochodów ciężarowych ma masę większą niż 38000 kg, przyjętą jako normową dla testu TB81.

Dystrybucja rozkładu masy pojazdów na drogach krajowych w Polsce



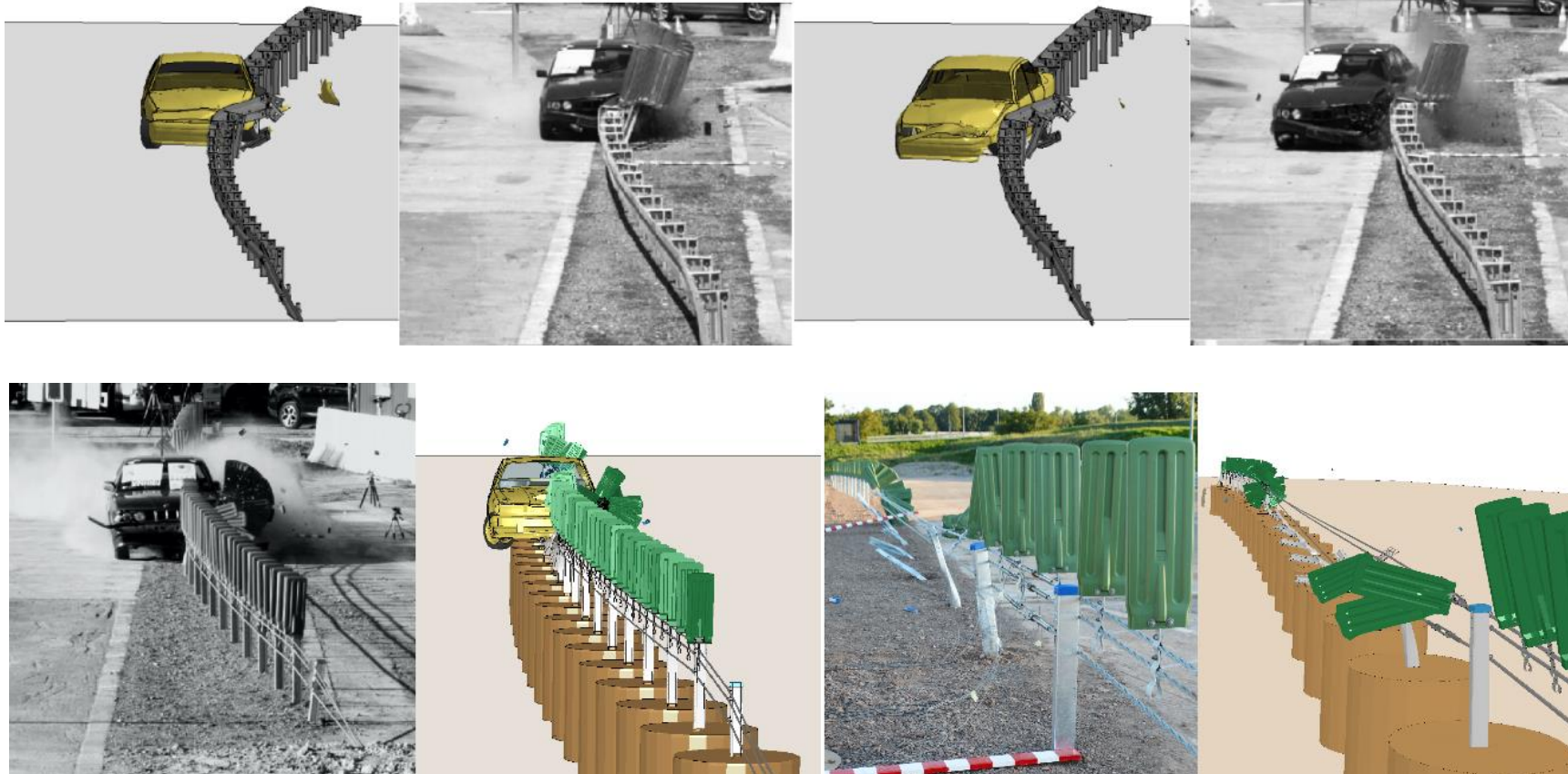
Poligonowe testy zderzeniowe

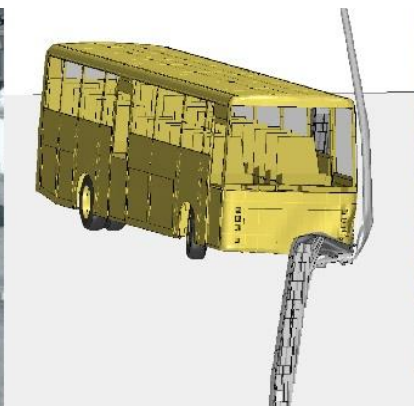
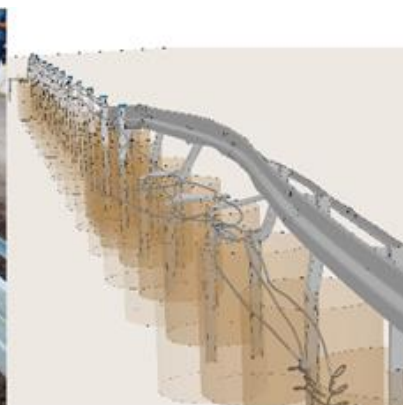
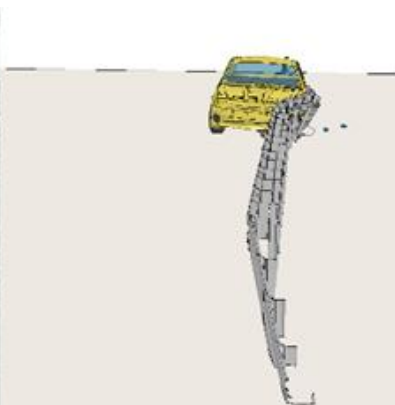
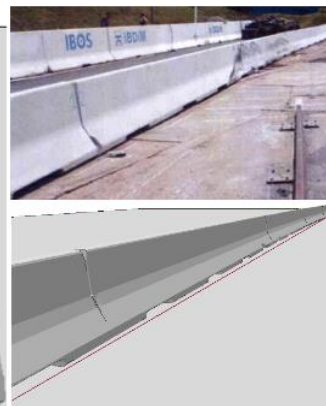
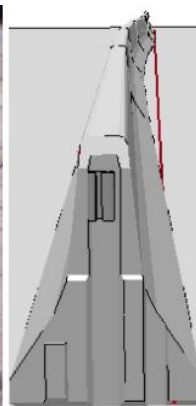
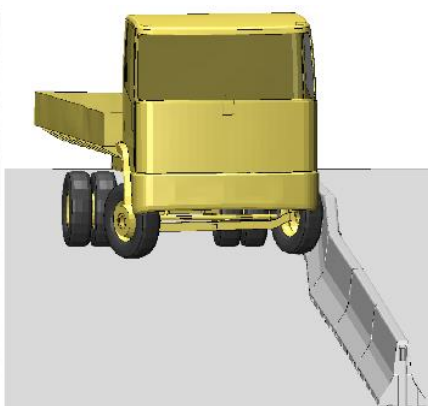
Do analiz wykorzystano zbiór 25 badań testowych przeprowadzonych w ramach projektów LifeROSE (3 testy) i ROSE (9 testów) oraz udostępnionych przez producentów barier (13 testów). W rezultacie uzyskano raporty z 3 testów zderzeniowych dla barier betonowych, 4 testy dla barier linowych oraz 18 testów dla barier stalowych.



Testy numeryczne

Wykonano modele numeryczne barier stalowych, linowych oraz betonowych. Modele poddano procesom weryfikacji i walidacji, bazując na wynikach z poligonowych testów zderzeniowych przeprowadzonych w ramach projektu RID 3A, RID 3B oraz pozyskanych od producentów systemów barier ochronnych. Wykonano ok. 700 testów numerycznych.





Dla drogowych barier ochronnych oceniono wpływ parametrów geometrycznych drogi:

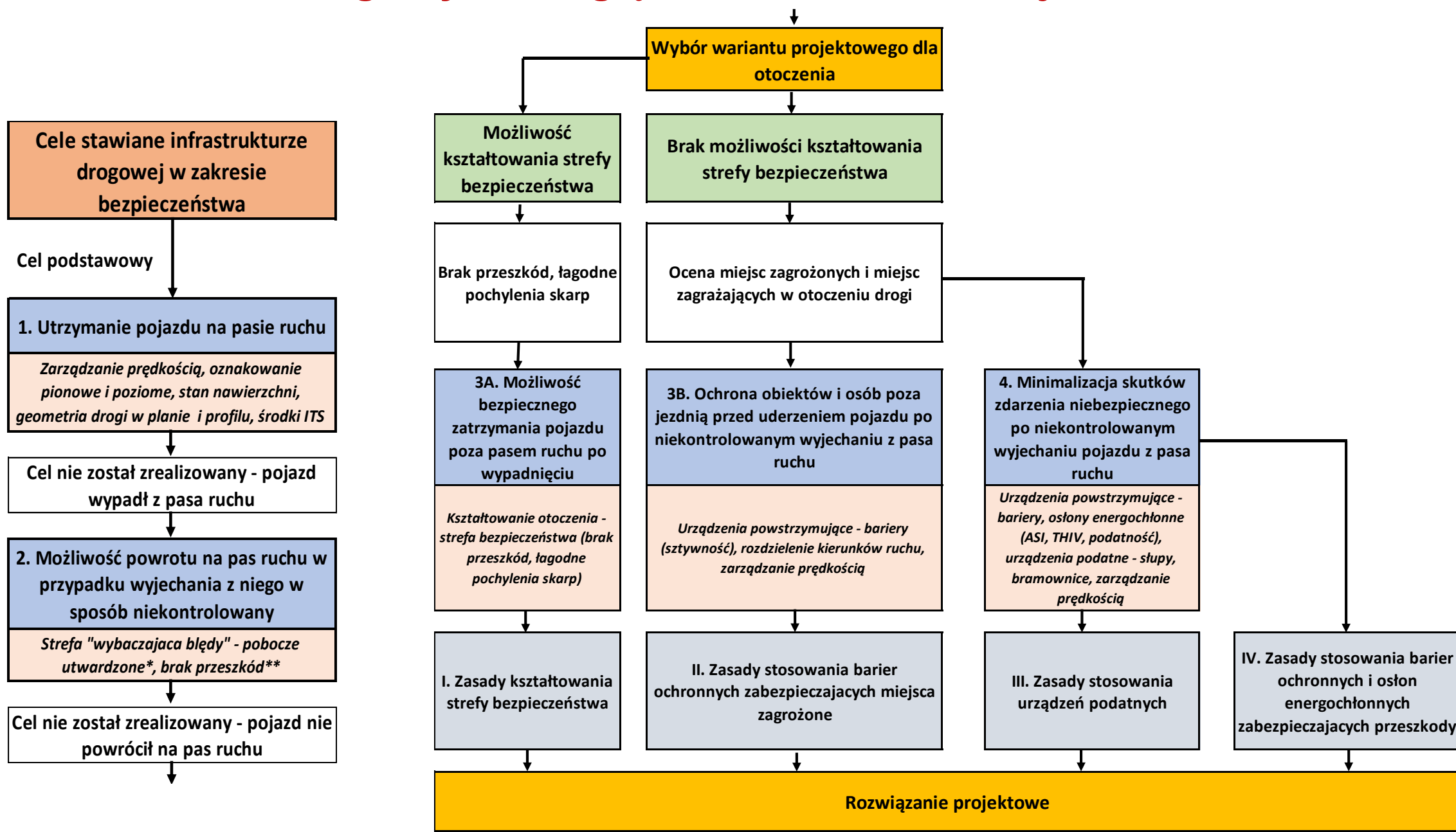
- promieni łuków pionowych i poziomych,
- ubytków gruntu lub występowania gruntów niezagęszczonych, np. humus oraz nasypanego dodatkowo gruntu,
- skrócenia długości bariery względem długości występującej w teście poligonowym,
- zmiany wysokości systemu,
- wydłużenia odległości pomiędzy słupkami bariery
- różne wysokości krawężnika i odległości lica bariery,
- różne obiekty i ich odległości od lica bariery,
- zakończenia barier.

WYTYCZNE JEDNOLITE STOSOWANIA DROGOWYCH ŚRODKÓW BRD

W toku postępowania projektowego wyróżniono następujące etapy:

- **analiza zasadności stosowania barier ochronnych,**
- **analiza wyboru rodzaju i typu bariery ochronnej,**
- **projektowanie ogólne odcinków barier ochronnych,**
- **projektowanie szczegółowe odcinków barier ochronnych,**
- **zastosowanie innych niż bariery ochronne, urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego.**

Schemat postępowania przy projektowaniu infrastruktury drogowej, ze szczególnym uwzględnieniem otoczenia jezdni



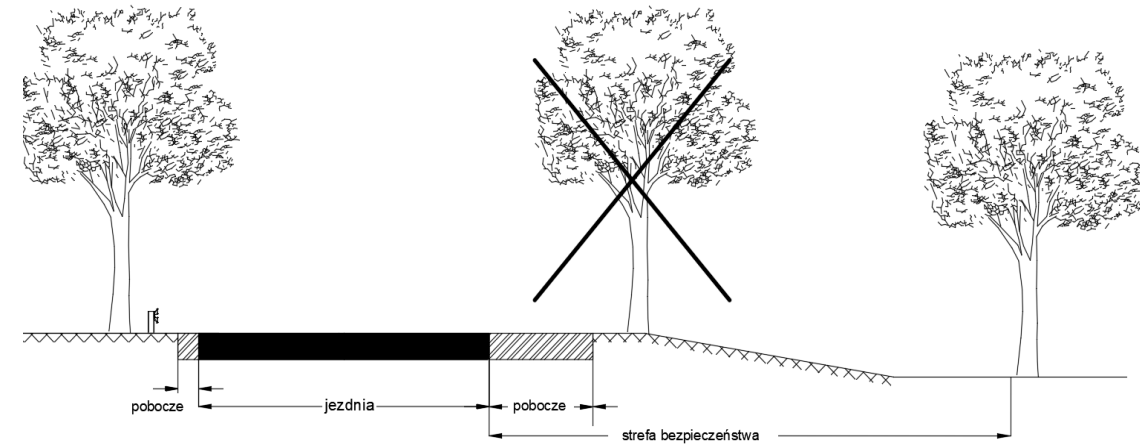
Analiza zasadności stosowania urządzeń brd

Barierę ochronną projektuje się tylko wtedy, gdy zagrożenia nie można usunąć lub ograniczyć w stopniu, który pozwoli na jego akceptację. Działania usuwające lub ograniczające zagrożenia w S_B wymieniono poniżej w kolejności preferencji:

- **usunięcie zagrożenia,**
- **zmiana lokalizacji zagrożenia,**
- **przeprojektowanie zagrożenia, aby zmniejszyć ryzyko dla użytkowników dróg, np. zastosowania konstrukcji spełniającej bierne bezpieczeństwo w zakresie PN-EN 12767,**
- **zmiana geometrii dróg, w tym przekroju poprzecznego, aby zmniejszyć ryzyko zdarzenia niepożądanego, np. zwiększenie szerokości pobocza,**
- **zmniejszenie skutki potencjalnego uderzenia (np. poprzez zaprojektowanie przepustów z pochyloną ścianką czołową),**
- **zaprojektowanie bariery ochronnej.**

Analiza zasadności obejmuje następujące elementy:

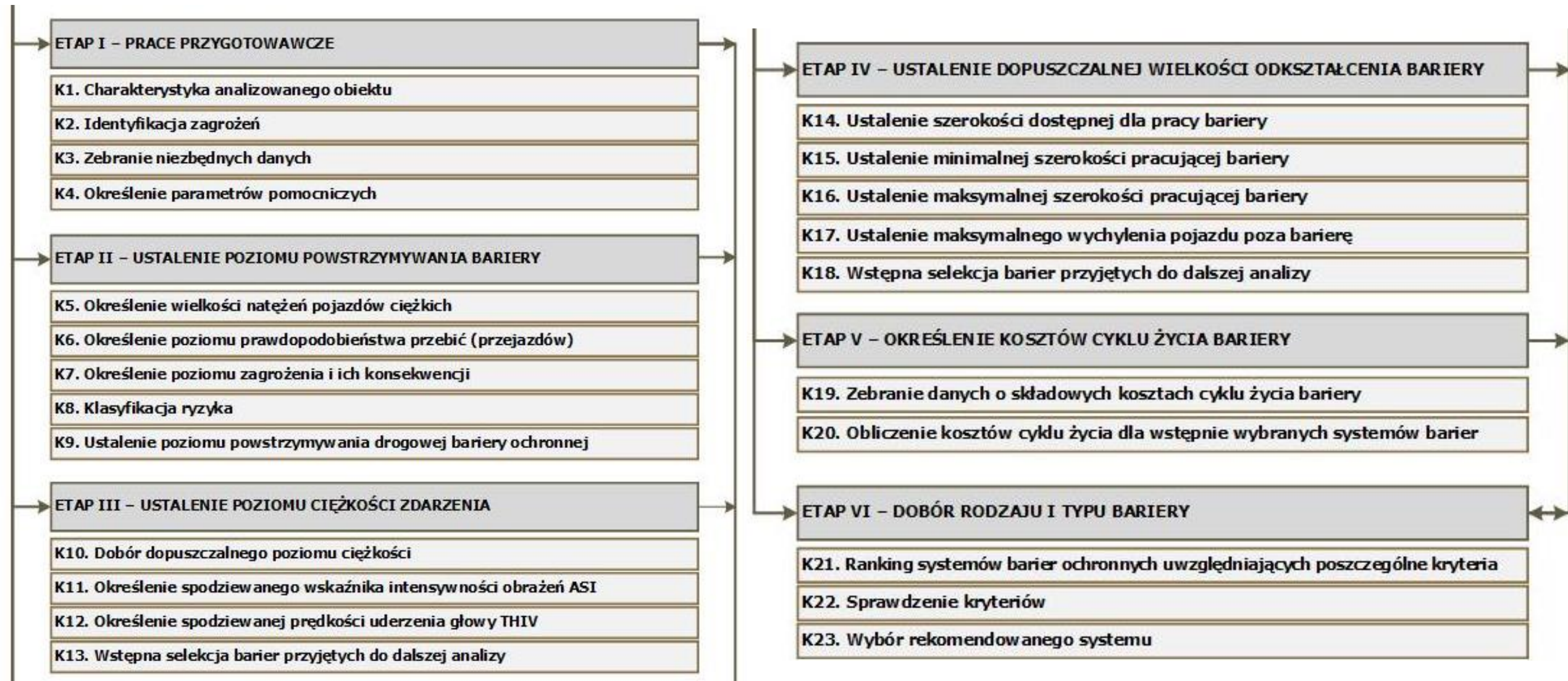
- określenie strefy bezpieczeństwa,
- identyfikację zagrożeń w strefie bezpieczeństwa,
- określenia zasadności stosowania barier ochronnych.



Zagrożenia zlokalizowane w strefie bezpieczeństwa S_B , są klasyfikowane wg konsekwencji wystąpienia zdarzenia niepożądanego:

- PZ1 (zagrożenie małe) - pojazd uderza w przeszkodę lub ulega wywróceniu w strefie bezpieczeństwa drogi S_B , co powoduje konsekwencje dla osób w pojeździe,
- PZ2 (zagrożenie duże) - pojazd uderza w wrażliwy obiekt zagrożony w strefie bezpieczeństwa drogi S_B lub w grupę osób poza jezdnią, uderzenie pojazdu może spowodować duże straty społeczne, środowiskowe, materialne lub ekonomiczne,
- PZ3 (zagrożenie katastrofalne) - Pojazd uderza w bardzo wrażliwy obiekt zagrożony w strefie bezpieczeństwa drogi S_B , w który uderzenie pojazdu może spowodować bardzo duże straty społeczne, środowiskowe, materialne i ekonomiczne lub doprowadzić do katastrofy w ruchu lądowym.

Procedura wyboru rodzaju i typu barier ochronnych



Rodzaj i klasa drogi	Poziom prawdopodobieństwa przebicia bariery PZ	Natężenie ruchu pojazdów ciężarowych	Poziom konsekwencji zagrożeń zdarzeniami związanymi z przebicciem bariery przez pojazd KZ		
		SDR _{PC} [tys.poj./dobę]	Małe	Duże	Katastrofalne
Autostrady i drogi ekspresowe (klasy A i S o V _{dop} ≥100km/h)	Bardzo małe	<5	N2	H1/L1	H2/L2
	Małe	5-10	H1/L1	H2/L2	H3/L3
	Średnie	10-15	H1/L1	H2/L2	H3/L3
	Duże	15-20	H2/L2	H2/L2	H4b/L4b
	Bardzo duże	>20	H2/L2	H3/L3	H4b/L4b
Drogi dwujezdniowe zamiejskie i miejskie (klasy GP, G, Z o V _{dop} ≥70km/h)	Bardzo małe	<5	N2	N2	H1/L1
	Małe	5-10	N2	H1/L1	H2/L2
	Średnie	10-15	H1/L1	H1/L1	H2/L2
	Duże	15-20	H1/L1	H2/L2	H2/L2
	Bardzo duże	>20	H1/L1	H2/L2	H3/L3
Jednojezdniowe drogi zamiejskie i miejskie (o V _{dop} ≥70km/h)	Bardzo małe	<1	N2	N2	N2
	Małe	1 - 3	N2	N2	H1/L1
	Średnie	3 - 6	N2	N2	H2/L2
	Duże	6 - 10	N2	H1/L1	H2/L2
	Bardzo duże	>10	H1/L1	H2/L2	H2/L2
Drogi jedno i dwujezdniowe (o V _{dop} <70km/h	Bardzo małe i małe	>0,5	N2	H1/L1	H2/L2

Zasady wyboru poziomu powstrzymywania drogowej bariery ochronnej

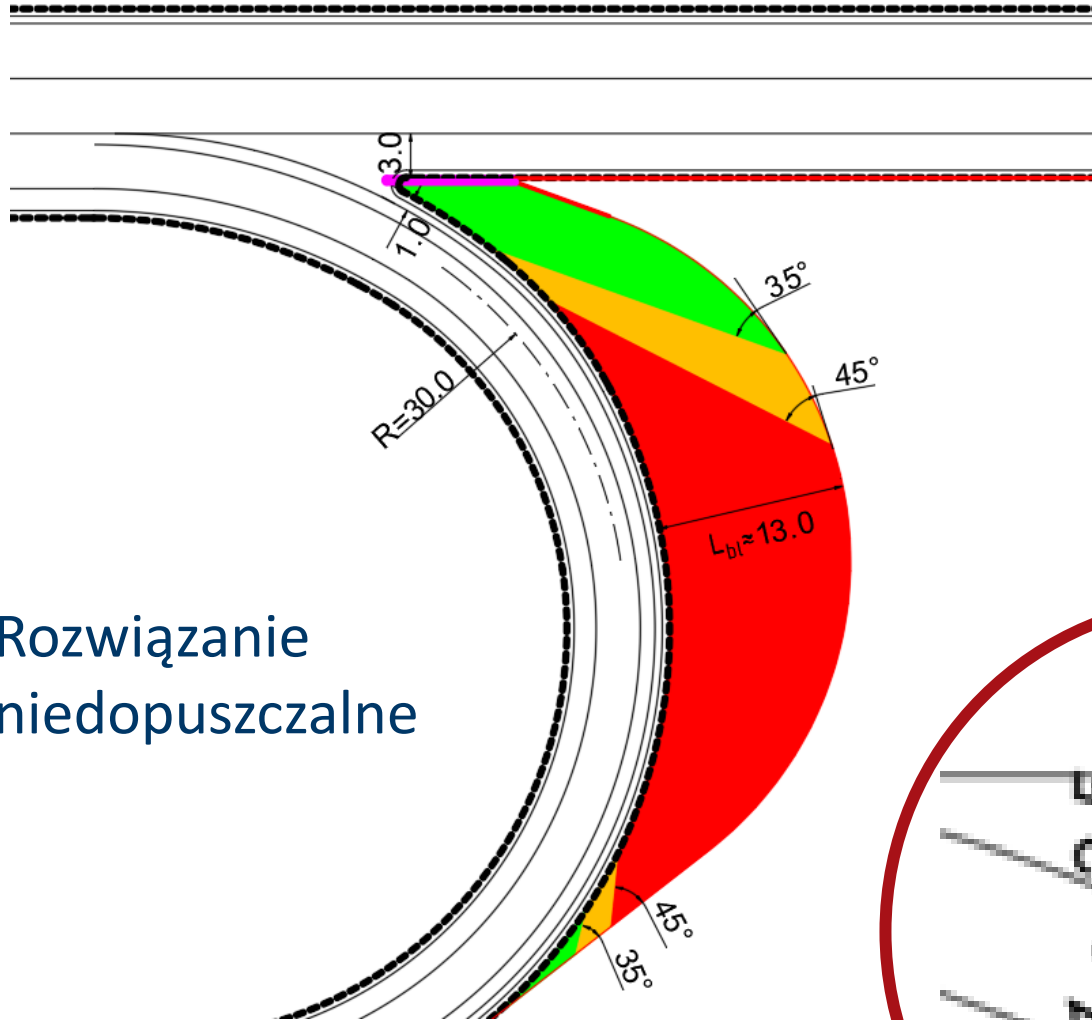
Konieczne dalsze prace związane z urządzeniami brd

Pierwsza grupa dotyczy urządzeń tymczasowych. W przypadku robót drogowych (przebudowa, rozbudowa, remont, prace utrzymaniowe) często konieczne jest stosowanie tymczasowych urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego (w szczególności tymczasowych drogowych barier ochronnych).

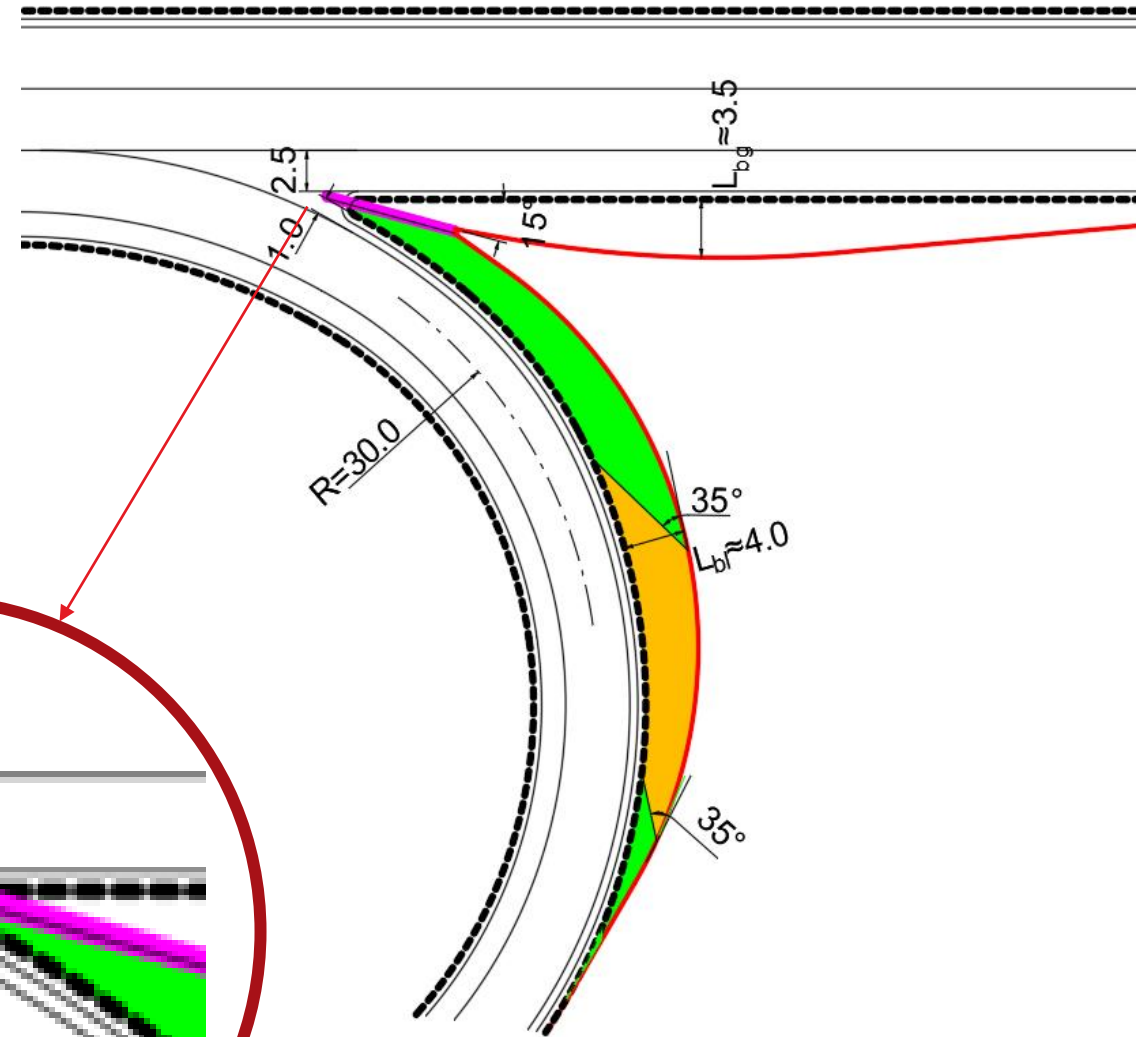
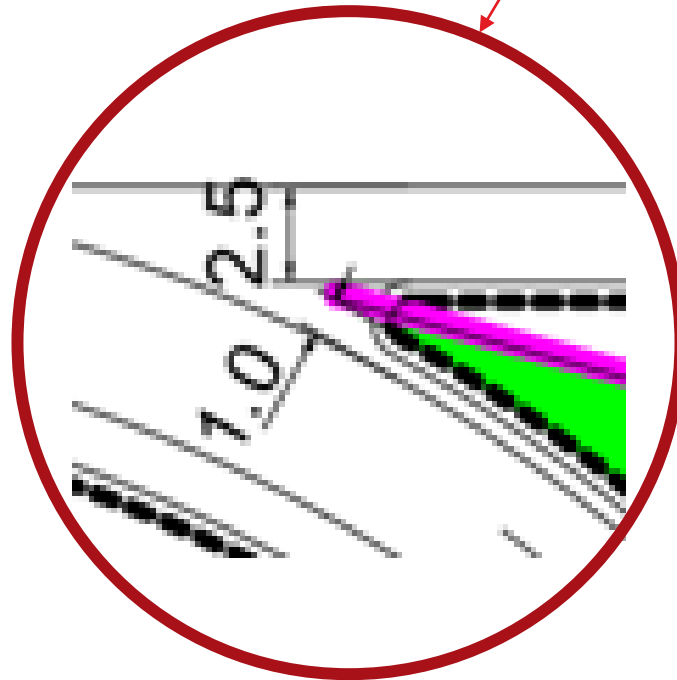
Druga grupa to urządzenia bezpieczeństwa pasywnego, czyli urządzenia, które albo pochłaniają w różnym stopniu energię uderzenia, albo są całkowicie podatne w wyniku uderzenia. Dotyczy to głównie elementów wsporczych, takich jak kolumny oświetleniowe, bramownice, słupki pod tablice oznakowania pionowego. Stosowanie tego typu urządzeń pozwala na niestosowanie drogowych barier ochronnych, które również stanowią przeszkodę i mogą być zagrożeniem dla osób w pojeździe, który wypadł z pasa ruchu.

Trzecia grupa to elementy urządzeń brd, takie jak **odcinki połączeniowe drogowych barier ochronnych, ich odcinki początkowe i końcowe, w tym terminale zderzeniowe.** Można tu również wyróżnić **osłony energochłonne,** jako samodzielne urządzenie, lub element systemu zabezpieczającego przed wypadnięciem.

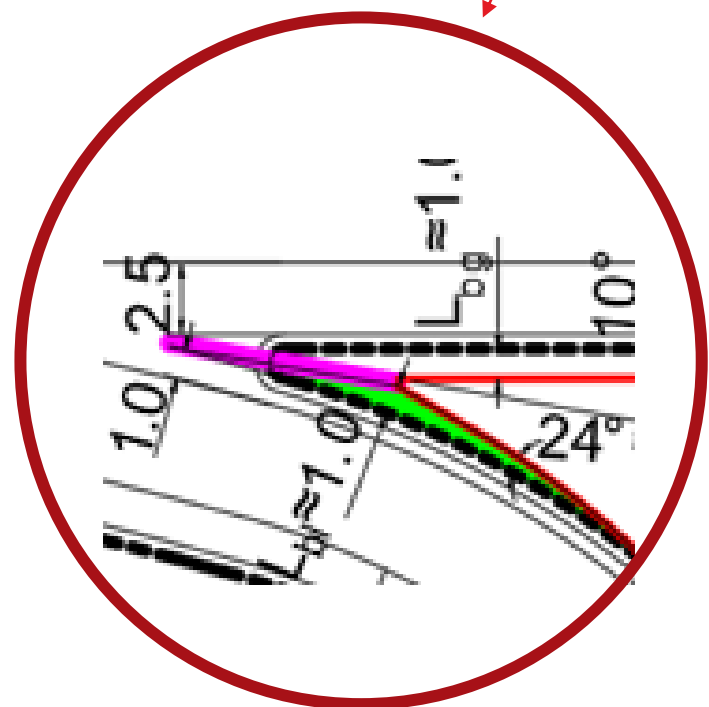
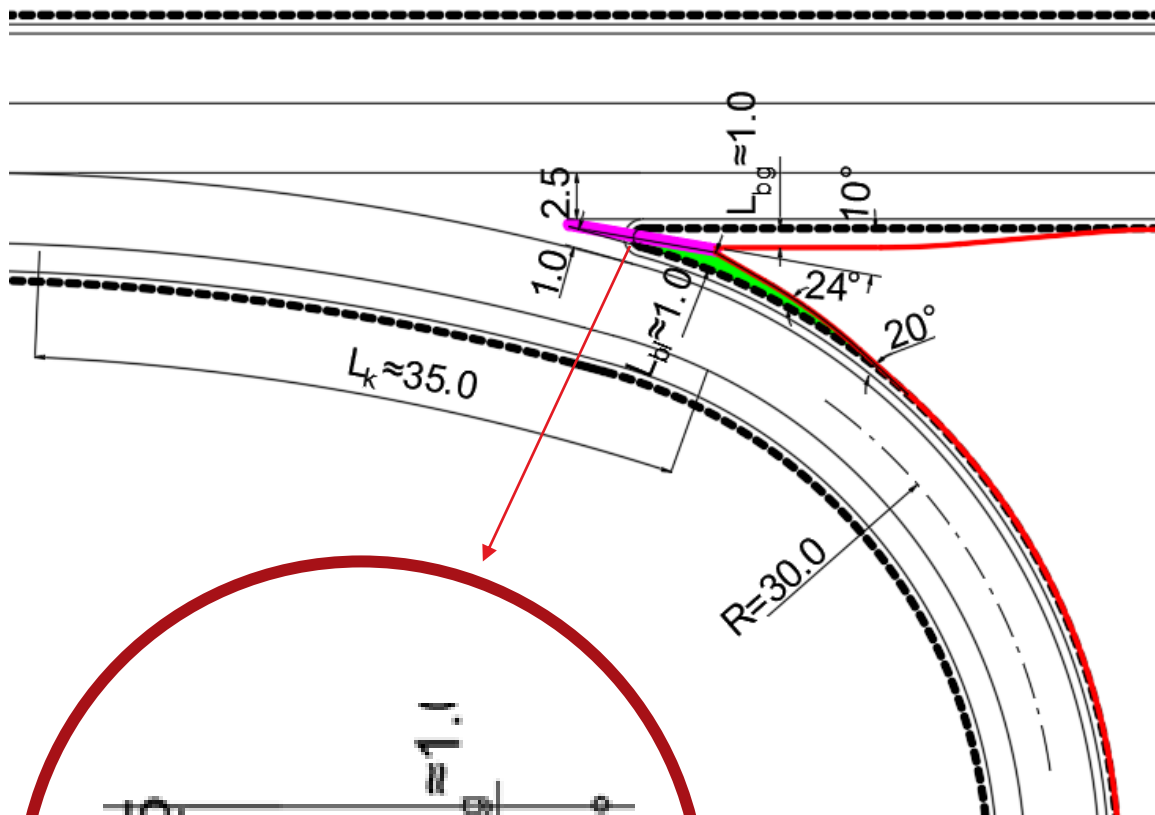
Scenariusz S1- prędkość pojazdu $V_p = 50$ km/h, na łącznicy o promieniu $R = 30$ m



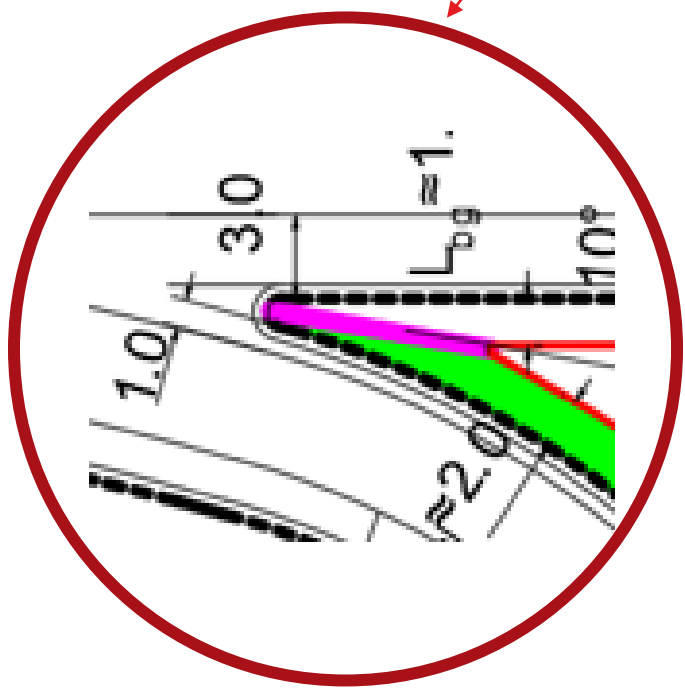
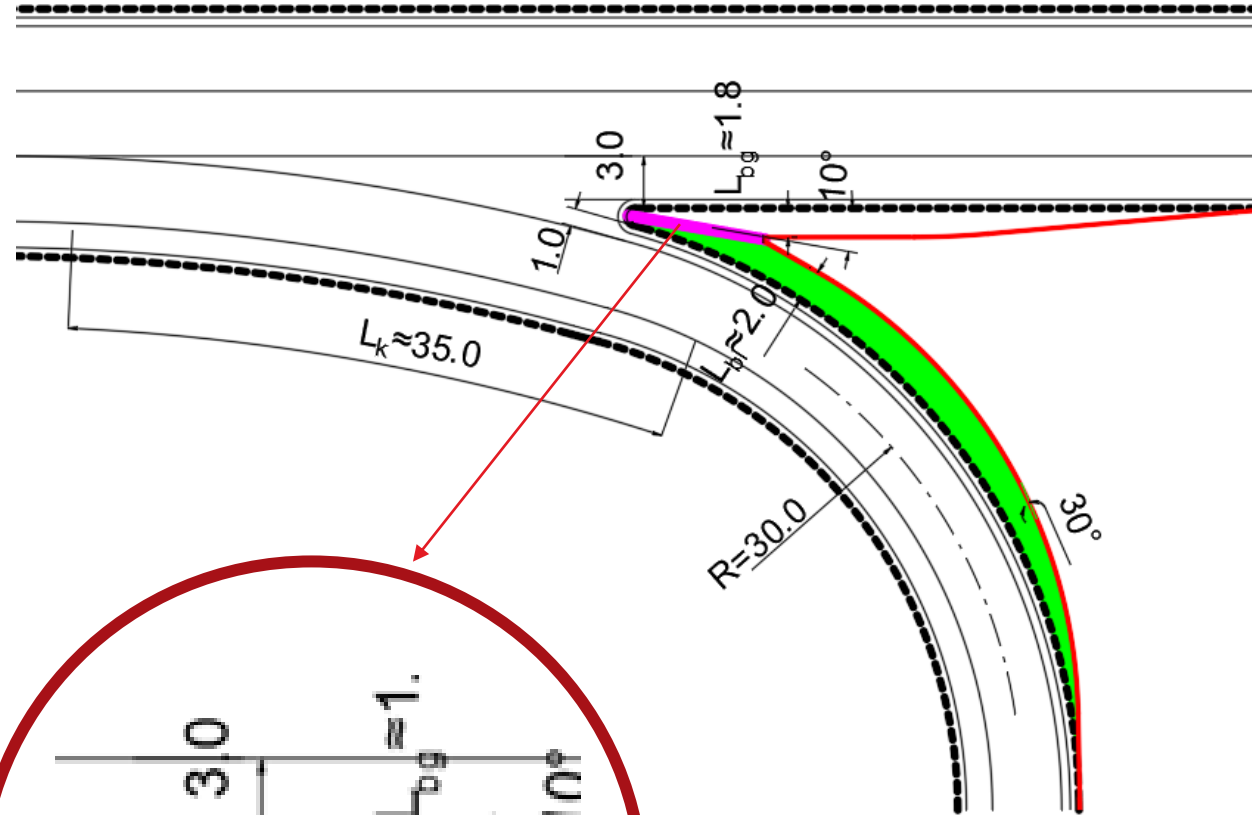
Rozwiązanie
niedopuszczalne



Rozwiązanie
tolerowane wyjątkowo



Rozwiązanie zalecane dla aktualnych inwestycji (krzywa przejściowa)



Rozwiązanie zalecane dla przyszłych inwestycji (urządzenie całkowicie poza strefą skrajni)

Wnioski:

- **Konieczne dalsze konsultacje opracowanego materiału: administracja drogowa, producenci, projektanci, przy wsparciu kadry naukowej.**
- **Konieczność spójności opracowanych Wytycznych z zapisami w nowych przepisach drogowych, w szczególności w zakresie doboru przekroju poprzecznego, skrajni drogi, widoczności, odwodnienia itp.**
- **Niezbędne zasadnicze zmiany w procesie projektowania – urządzenia brd, typu bariery drogowe, osłony energochłonne, terminale nie mogą być elementem projektu organizacji ruchu, powinny być projektowane na etapie projektu budowlanego.**
- **Konieczne dalsze badania urządzeń brd – RID II.**



Dziękuję za uwagę

mbudz@pg.edu.pl