

XIV Międzynarodowa Konferencja Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego

GAMBIT 2023

NOWA DEKADA - NOWE DZIAŁANIA - NOWE TECHNOLOGIE

Politechnika Gdańska, 29-31 maja 2023



POLITECHNIKA
GDAŃSKA



Polski Kongres Drogowy

PATRONAT HONOROWY



Ministerstwo
Infrastruktury



Generalna Dyrekcja
Dróg Krajowych i Autostrad



ORGANIZATORZY WARSZTATÓW

EuroS@P

EUROPEAN ROAD
SAFETY PARTNERSHIP



InfRO@D
EUROPEAN DIGITAL EDUCATION IN RIM



Konwent Dyrektorów
Zarządów
Dróg Wojewódzkich



budownictwo
inzynieryjne.pl

Nowoczesne
Budownictwo
Inżynieryjne

drogownictwo®



Erasmus+

XIV Międzynarodowa Konferencja Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego

GAMBIT 2023

Nowa Dekada – Nowe Działania – Nowe Technologie

Politechnika Gdańska, 29-31 maj 2023

IDENTYFIKACJA I KWANTYFIKACJA CZYNNIKÓW WPŁYWAJĄCYCH NA WIELKOŚĆ USZKODZEŃ DROGOWYCH BARIER OCHRONNYCH

ŁUKASZ JELIŃSKI

Gdansk University of Technology,

Civil and Environmental Engineering Faculty

Highway and Transportation Engineering Department

Plan prezentacji

- Wprowadzenie
- Badania wpływu czynników na uszkodzenia
- Analiza i klasyfikacja zdarzeń
- Identyfikacja czynników wpływających na uszkodzenia
- Kwantyfikacja czynników wpływających na uszkodzenia
- Podsumowanie

Wprowadzenie - Uszkodzenia

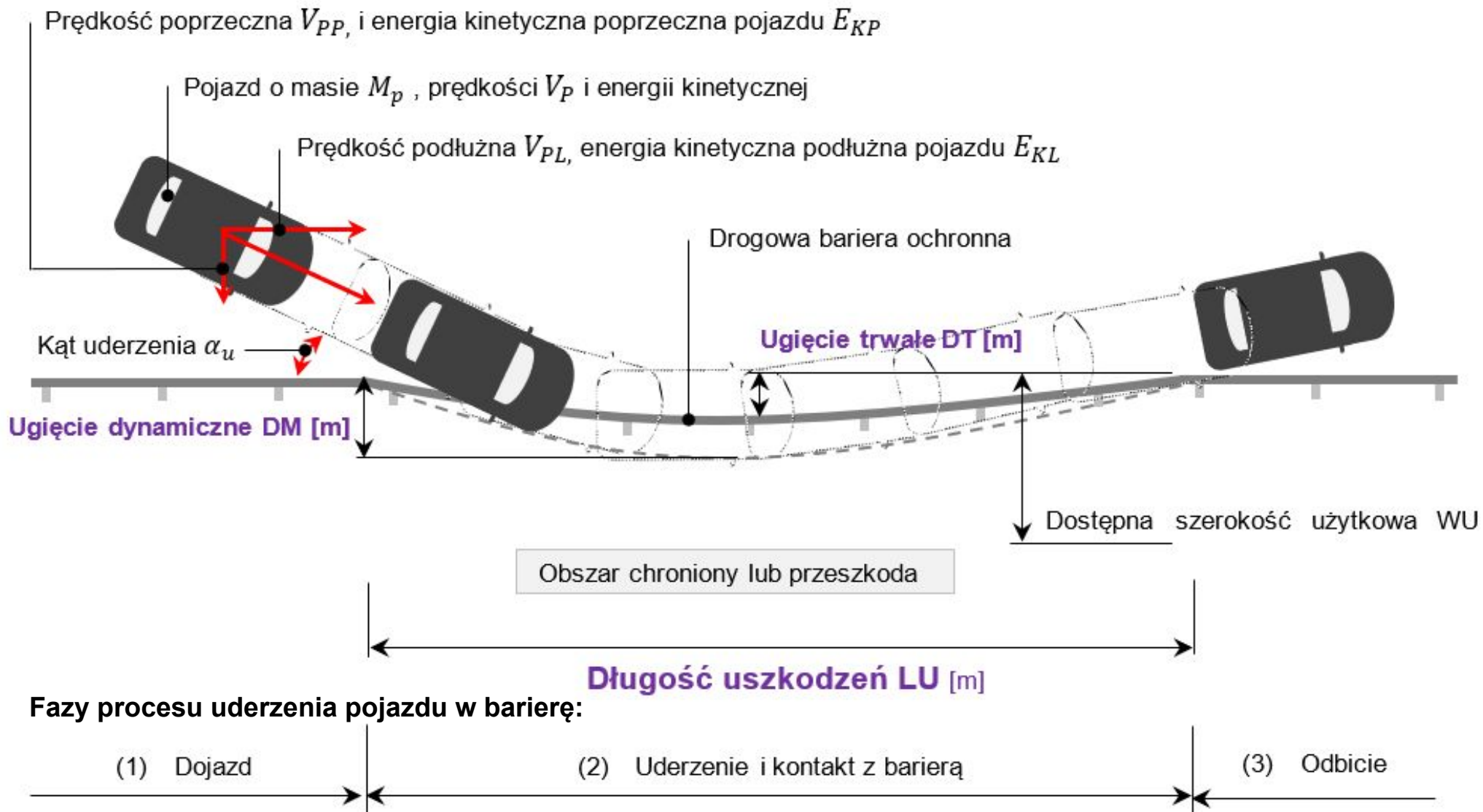
Uszkodzenie lub zniszczenie bariery ochronnej zdefiniować można jako zdarzenie niezamierzone powodujące, że urządzenie czasowo lub na stałe traci stan zdatności.

W trakcie eksploatacji drogowych barier ochronnych ich stan techniczny/zdatności barier ulega zmianie poprzez **uszkodzenia**, które **klasyfikuje się jako**:




- **uszkodzenia wywołane stopniowym i nieodwracalnym procesem starzeniowym,**
- **uszkodzenia konstrukcyjne** powstałe w wyniku nieprawidłowego zainstalowania barier,
- **uszkodzenia eksploatacyjne** wywołane ukrytymi wadami materiałowymi lub powstałe w wyniku pracy maszyn utrzymaniowych drogi,
- **uszkodzenia eksploatacyjne powstałe w wyniku uderzenia pojazdu w barierę.**



Wprowadzenie – Podstawy teoretyczne

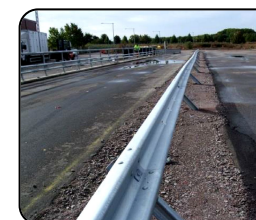


Wprowadzenie – Klasyfikacja uszkodzeń

Kategoria funkcjonalności barier	Priorytet naprawy	Poziom ryzyka	Działania
(1) Niefunkcjonalne	<p>Wysoki</p> <p>uderzenie w barierę może skutkować nieoczekiwanym zachowaniem się zarówno pojazdu jak i bariery ochronnej</p>	 <p>Nieakceptowalny</p>	Natychmiastowa naprawa
(2) Uszkodzone ale nadal funkcjonalne	<p>Średni</p> <p>szkoda ma mniejsze prawdopodobieństwo wywołać skutki jak przy wysokim ryzyku</p>	 <p>Tolerowany</p>	Naprawa w późniejszym terminie
(3) Funkcjonalne z drobnymi uszkodzeniami	<p>Niski</p> <p>uszkodzenie, które nie odróżnia znacząco zachowania się bariery od nowej nieuszkodzonej</p>	 <p>Akceptowalny</p>	Naprawa podczas rutynowych zabiegów odnowy barier

Badania wpływu czynników na uszkodzenia

Badania					
Zakres badań:	USA	Szwecja	TRB	RISER	CEDR
Ankietowe	x		x		
Literaturowe	x	x	x	x	x
Statystyczne			x	x	x
Laboratoryjne	x				
Poligonowe	x	x			
Symulacyjne	x	x		x	
Terenowe			x		x
Przebadane uszkodzenia BO:	USA	Szwecja			
Ugięcie słupka/prowadnicy	x	x			
Wysokość systemu		x			
Naciąg systemu					
Rozdarcie pionowe/poziome prowadnicy	x	x			
Uszkodzony lub brakujący słupek	x				
Spłaszczenie bariery	x				
Uszkodzone połączenie sekcji barier	x				
Dziury w prowadnicy	x				
Brak przekładki	x				
Powtórne uderzenia w barierę					
Ubytki gruntu					



Cel i zakres badań

- identyfikacja czynników wpływających na uszkodzenia drogowych barier ochronnych,
- kwantyfikacja czynników za pomocą opracowanych modeli do szacowania liczby i wielkości uszkodzeń drogowych barier ochronnych.



Badania funkcjonowania barier ochronnych



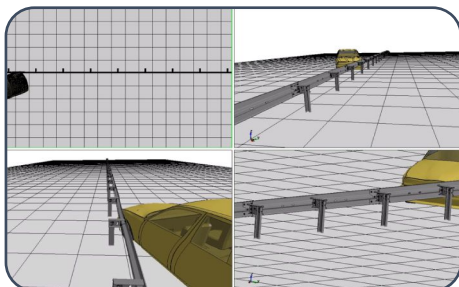
Badania poligonowe (nienormowe - Inowrocław, normowe - Producenci)

- Bariera stalowa TB-32, $V = 110 \text{ km/h}$, $\alpha = 7^\circ$, $\alpha = 20^\circ$
- Bariera linowa TB-32, $V = 110 \text{ km/h}$, $\alpha = 7^\circ$, $\alpha = 20^\circ$
- Bariera betonowa TB-42/51, $V = 70 \text{ km/h}$, $\alpha = 8^\circ$, $\alpha = 20^\circ$



Badania terenowe

- Badania roczne
- Poligon $\sim 2,9$ tys. km dróg krajowych (drogi jedno i dwujezdniowe klasy A, S, G i GP)
- Zakres zbieranych danych: długość i rodzaj uszkodzeń (4 724 zdarzeń z barierami), kąt uderzenia pojazdu w barierę, projekty organizacji ruchu.



Symulacje numeryczne (Katedra Wytrzymałości Materiałów)

Zakres zmian (wg. opracowanego programu badań):

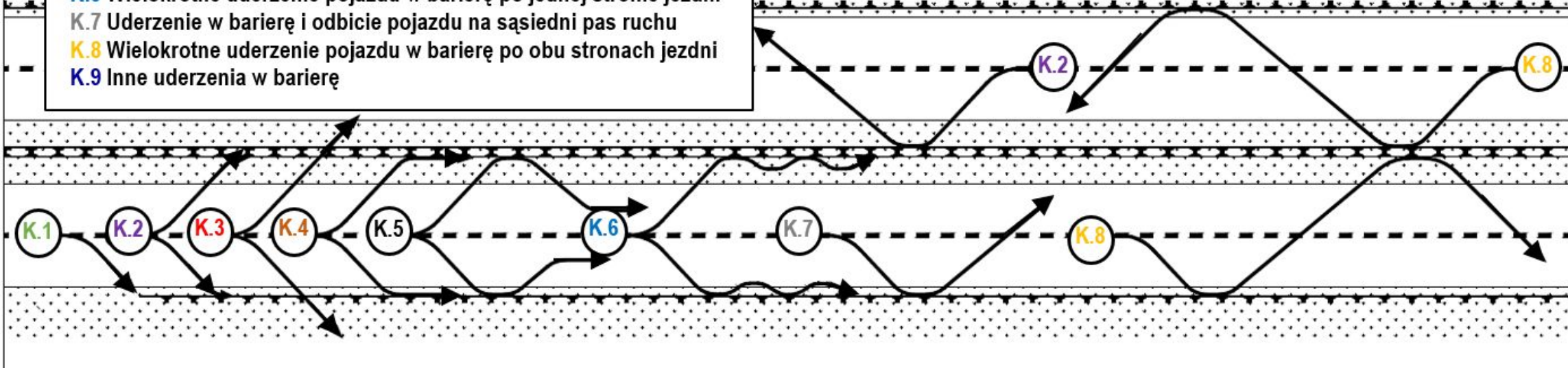
- Masy pojazdu
- Kąta uderzenia
- Prędkości pojazdu
- Rodzaju bariery ochronnej

Klasyfikacja zdarzeń z barierami ochronnymi



- K.1** Uderzenie w zakończenie bariery ochronnej
- K.2** Uderzenie w barierę i zaklinowanie lub nieruchomienie pojazdu
- K.3** Przebiecie bariery lub przejazd pojazdu pod lub nad barierą
- K.4** Uderzenie w barierę i jazda pojazdu wzdłuż bariery
- K.5** Uderzenie w barierę 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

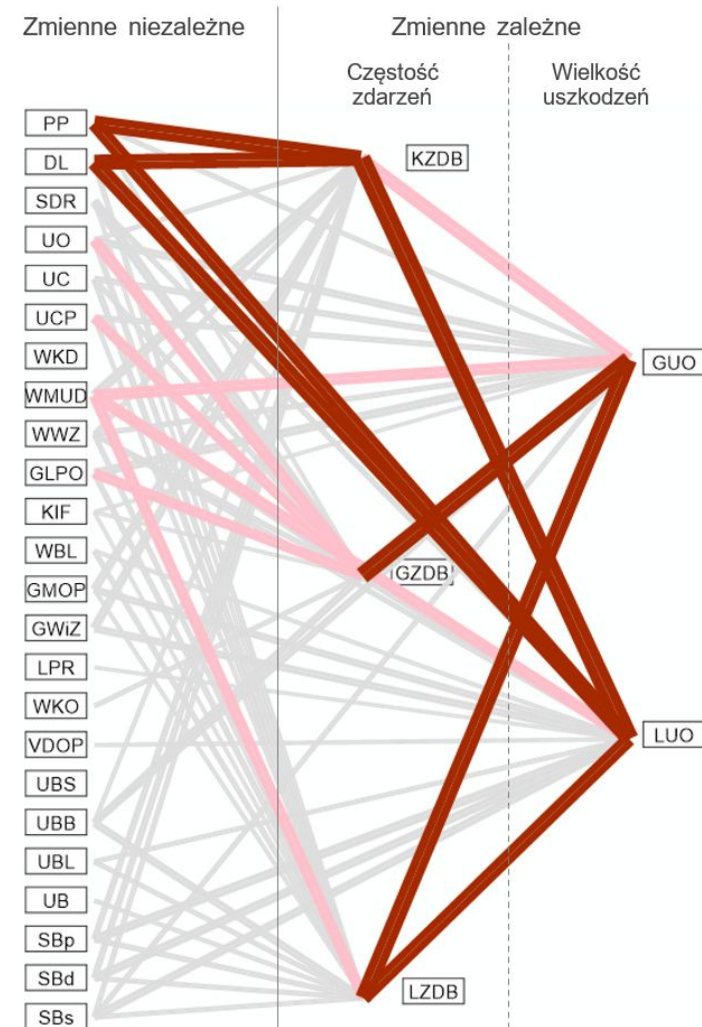
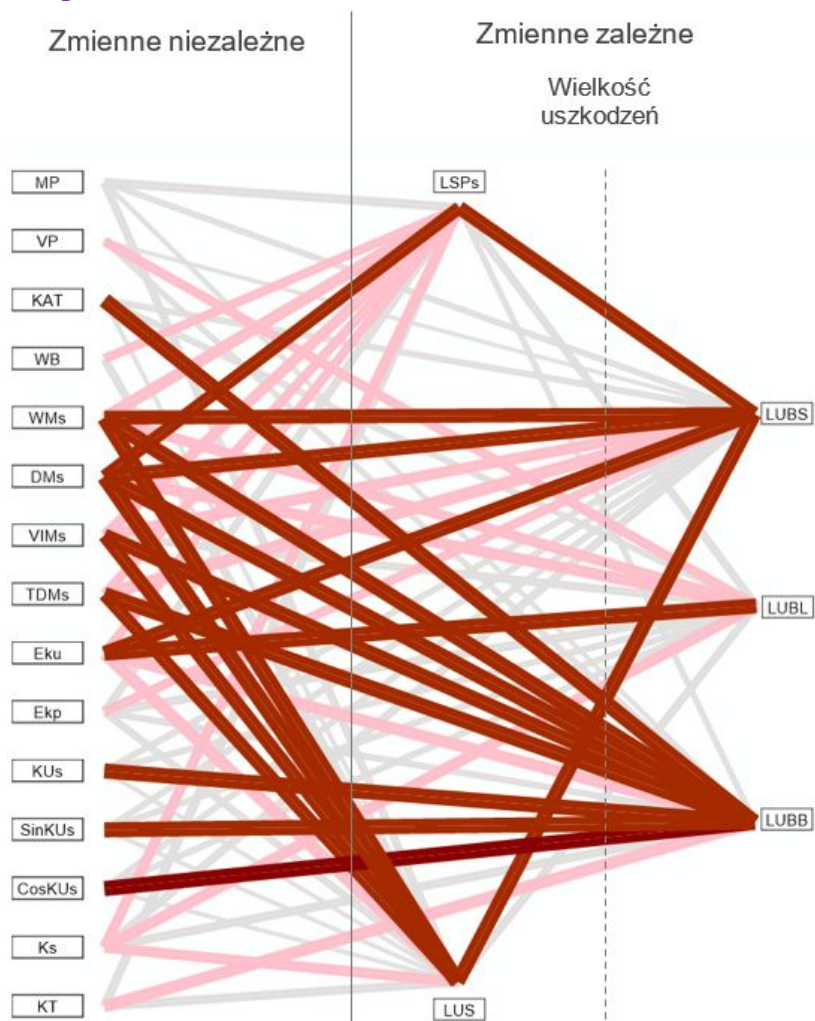
Rodzaj kolizji pojazdu z barierą ochronną:	Liczba zdarzeń	Udział zdarzeń	Średnia długość uszkodzeń
	LZDB	UZDB	SLUB
	[szt./rok]	[%]	[m]
K.1	106	2,7%	15,7
K.2	313	8,0%	17,1
K.3	82	2,1%	39,9
K.4	506	12,9%	38,9
K.5	2 155	55,1%	12,4
K.6	251	6,4%	31,7
K.7	97	2,5%	22,1
K.8	164	4,2%	16,6
K.9	140	3,6%	19,0
K.10	100	2,6%	12,5
Razem:	3 914	100,0%	18,8



Identyfikacja czynników wpływających na uszkodzenia

Pojedyncze zdarzenie

Zdarzenia na odcinku drogi



Sila współzależności

- █ - Średnia i mała
- █ - Znaczna
- █ - Duża i bardzo duża

Kwantyfikacja czynników wpływających na uszkodzenia

Pojedyncze zdarzenie

Rodzaj bariery	Model	Nr wzoru
Stalowe	$LSP = 63,55 \cdot K^{-0,416} \cdot VPL^{0,084}$	(1)
	$LU_{Bs} = 29,29 \cdot DM^{0,642} \cdot VPL^{-0,265}$	(2)
Linowe	$LSP = 20,79 \cdot (DM)^{1,295} \cdot \exp(-6,96 \cdot EKL/1000 + 0,156 \cdot EKP/1000)$	(3)
	$LU_{BL} = 60,78 \cdot DM^{1,129} \cdot VPL^{-0,681}$	(4)
Betonowe		(5)
	$LU_{BB} = 77,86 \cdot S^{0,103} \cdot \exp(0,203 \cdot EKL/100)$	(6)

gdzie:

LSP – długość styku pojazdu z bariera (m),

LU – długość uszkodzenia bariery (m),

VPL – prędkość poprzeczna pojazdu uderzającego w barierę w czasie testu symulacyjnego (m/s),

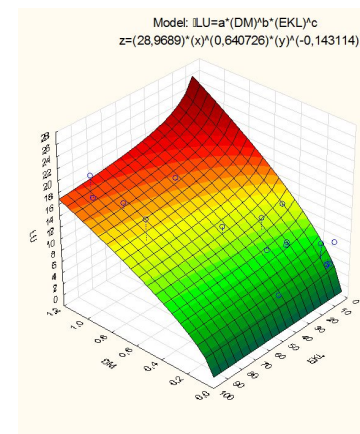
DM – znormalizowane ugięcie dynamiczne bariery, ustalone w wyniku testu symulacyjnego bariery (m),

EKL – energii kinetyczna, poprzeczna pojazdu uderzającego w barierę (kJ),

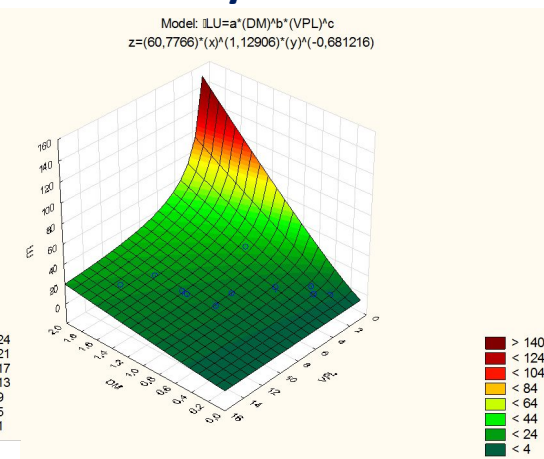
K – sztywność bariery, ustalona na podstawie parametrów bariery uzyskanych w czasie testu symulacyjnego (kJ/m²),

S – podatność konstrukcji bariery drogowej (m/kN, m²/kN)

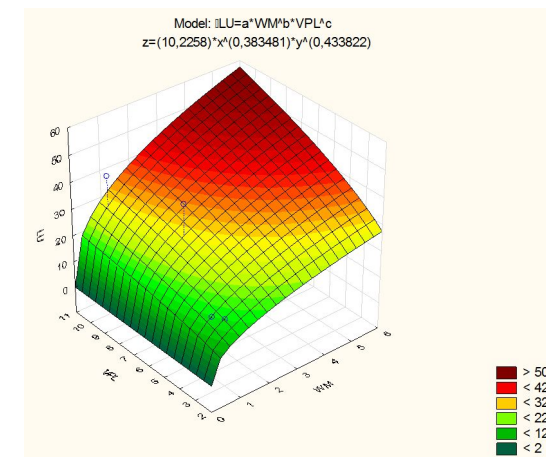
Bariery stalowe



Bariery linowe



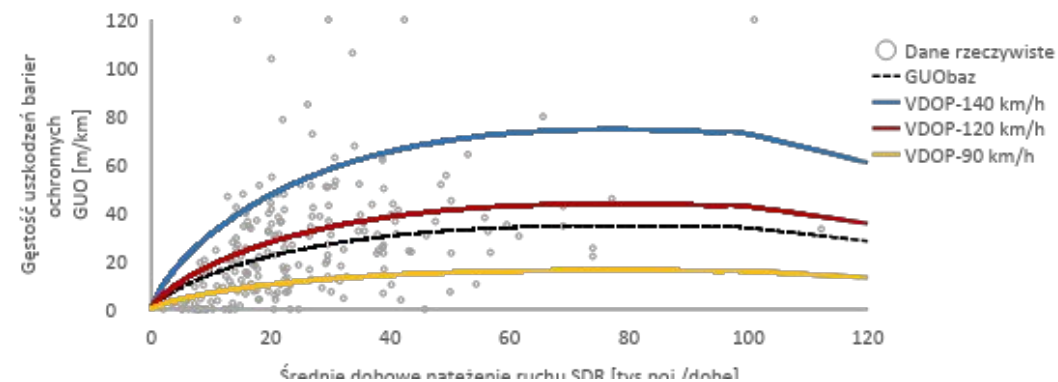
Bariery betonowe



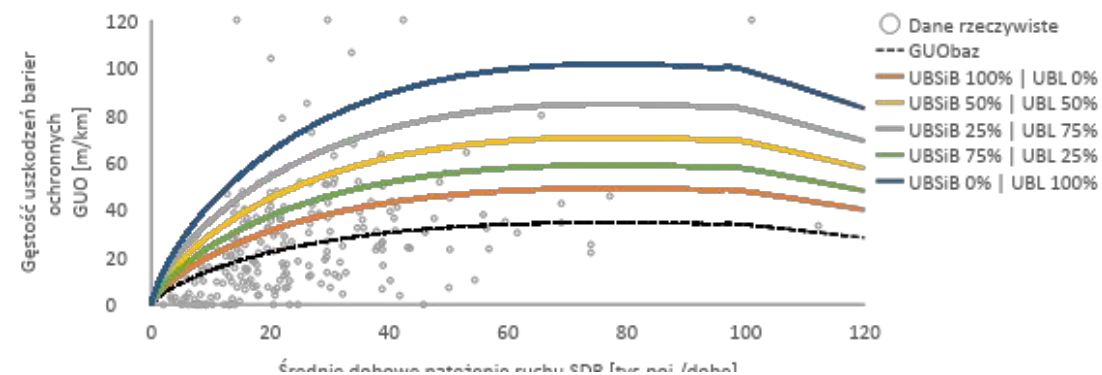
Kwantyfikacja czynników wpływających na uszkodzenia

Zdarzenia na odcinku drogi

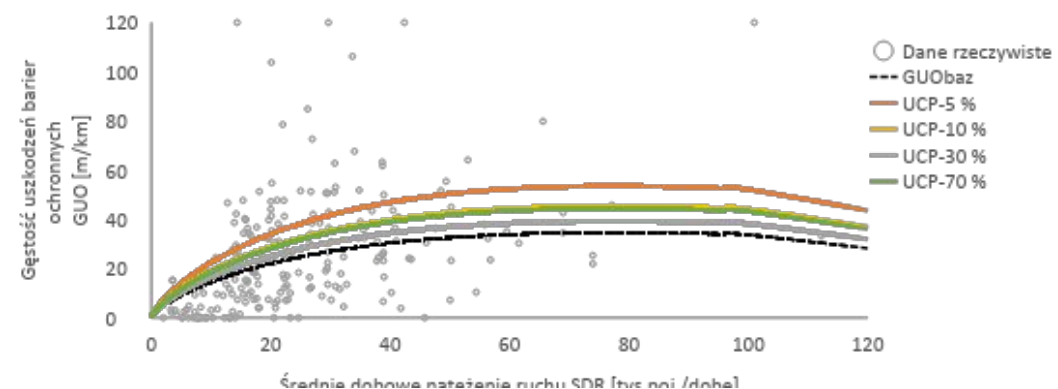
(7)



(8)



(9)



gdzie:

LUO_i - długość uszkodzeń barier ochronnych na i-tym odcinku (m/rok),

$GZDB_i$ - gęstość zdarzeń z barierami ochronnymi na i-tym odcinku drogi w ciągu roku (zd./km/rok)

X_i - zbiór wartości zmiennych niezależnych dla i-tego odcinka drogi,

$VDOP_i$ - średnia prędkość dopuszczalna na i-tym odcinku drogi (km/h),

UCP_i - udział pojazdów ciężarowych na i-tym odcinku drogi <0-1>,

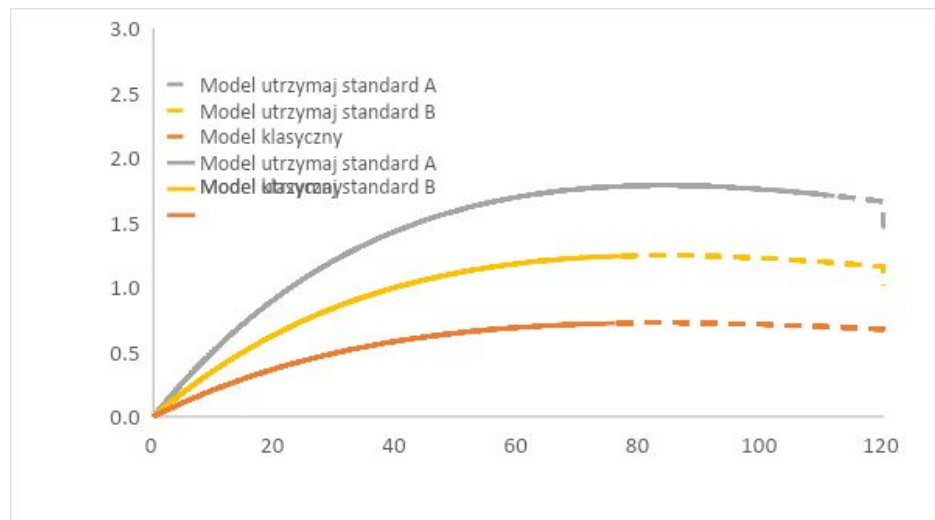
$UBSiB_i$ - udział barier ochronnych stalowych i betonowych na i-tym odcinku drogi <0-1>,

UBL_i - udział barier ochronnych linowych na i-tym odcinku drogi <0-1>,

DL_i - długość i-tego odcinka drogi (km).

Kwantyfikacja czynników wpływających na uszkodzenia

Wpływ modelu utrzymania drogi (MUD)



Wykrywalność zdarzeń w rejonach dróg

Współczynnik WW_{zDB} , to iloraz liczby zdarzeń rejestrowanych przez policję w bazie SEWiK do rzeczywistej liczby zdarzeń rejestrowanych przez zarządy dróg.

Określa on klasę wykrywalności zdarzeń z barierami ochronnymi.

Liczbę zdarzeń rejestrowanych przez policję $LZDB_p$ można oszacować ze wzoru (10):

(10)

Klasa wykrywalności	Współczynnik korygujący stopień wykrywalności zdarzeń z barierami ochronnymi	Zakres współczynnika wykrywalności	Charakterystyka klasy wykrywalności
	WW_{zDB}	WW_{zDB_p}	
A	0,10	< 0,20	bardzo duża rozbieżność $LZDB_z \gg LZDB_p$
B	0,50	0,20 - 0,70	duża rozbieżność $LZDB_z > LZDB_p$
C	1,00	0,70 - 1,50	mała rozbieżność $LZDB_z \sim LZDB_p$
D	2,00	> 1,50	duża rozbieżność $LZDB_z < LZDB_p$

Podsumowanie

- 1) Wielkość uszkodzeń zależy przede wszystkim od energii kinetycznej poprzecznej uderzającego pojazdu (masy pojazdu, prędkości pojazdu, kąta uderzenia).
- 2) Na wielkość uszkodzeń barier istotny wpływ ma rodzaj bariery drogowej: w przypadku barier stalowych i betonowych bardzo istotne znaczenie ma sztywność K bariery mierzona ugięciem dynamicznym DM .
- 3) Wraz ze wzrostem sztywności barier zmniejsza się długość uszkodzeń barier LU , natomiast wraz ze wzrostem podatności bariery (ugięcia dynamicznego DM) wzrasta także długość uszkodzeń LU i liczba uszkodzonych słupków LUS .
- 4) Wraz ze wzrostem energii kinetycznej poprzecznej, mierzonej prędkością poprzeczną pojazdu uderzającego w barierę VPL zmniejsza się wielkość uszkodzeń barier stalowych i linowych.
- 5) W przypadku barier betonowych im większa energia kinetyczna uderzenia pojazdu w barierę (EKL , VPL) tym większe uszkodzenia bariery mierzone długością LU .
- 6) Model utrzymania drogi i standard utrzymania drogi może wpływać na wykrywalność zdarzeń związanych z uszkodzeniem barier ochronnych.

Dziękuję za uwagę

Łukasz Jeliński
Katedra Inżynierii Drogowej i Transportowej
Wydział inżynierii Lądowej i Środowiska
Politechnika Gdańska
lukjelin@pg.gda.pl