

VI WARMIŃSKO-MAZURSKIE FORUM DROGOWE  
„Bezpieczne Drogi Przyszłości”,  
Mikołajki 22 – 24 września 2019 r.

# Innowacyjne narzędzia do oceny poziomu bezpieczeństwa na drogach publicznych



Tomasz Radzikowski  
Zarząd Dróg Wojewódzkich w Olsztynie



Jan Zieliński  
Heller Consult spółka z o.o.









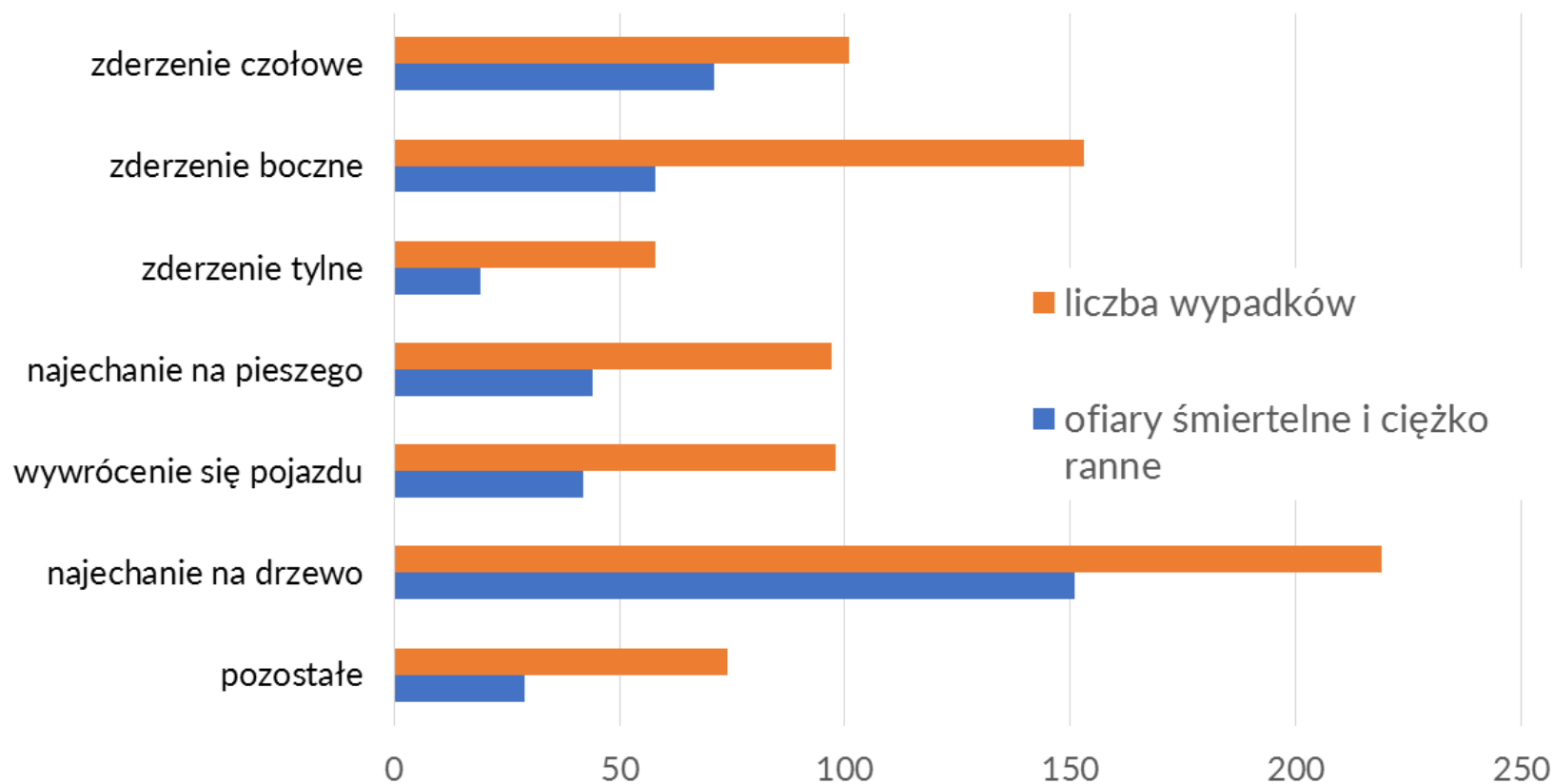


**Jakie drogi są bezpieczne?**

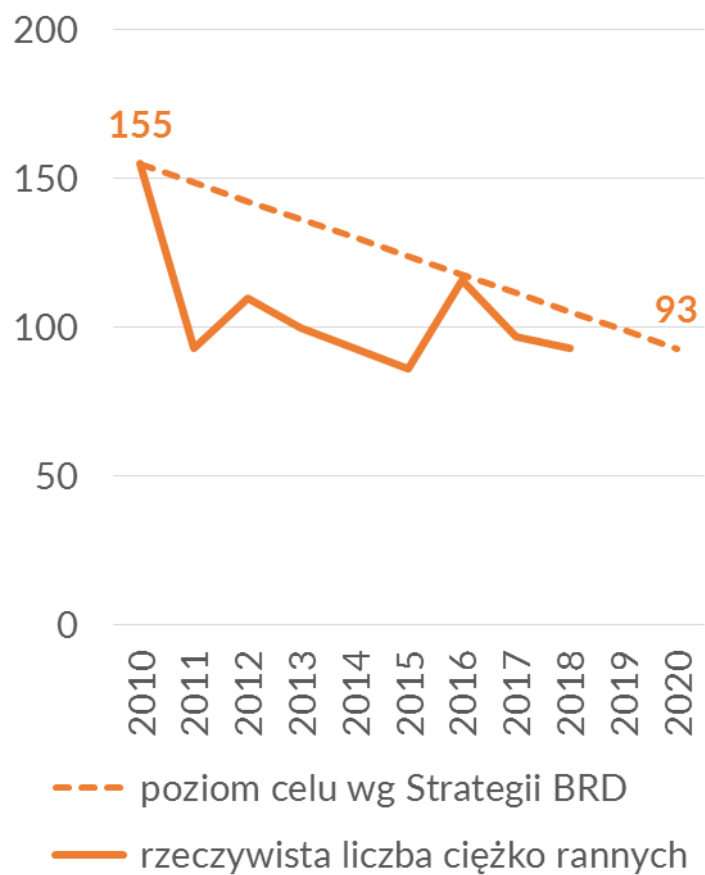
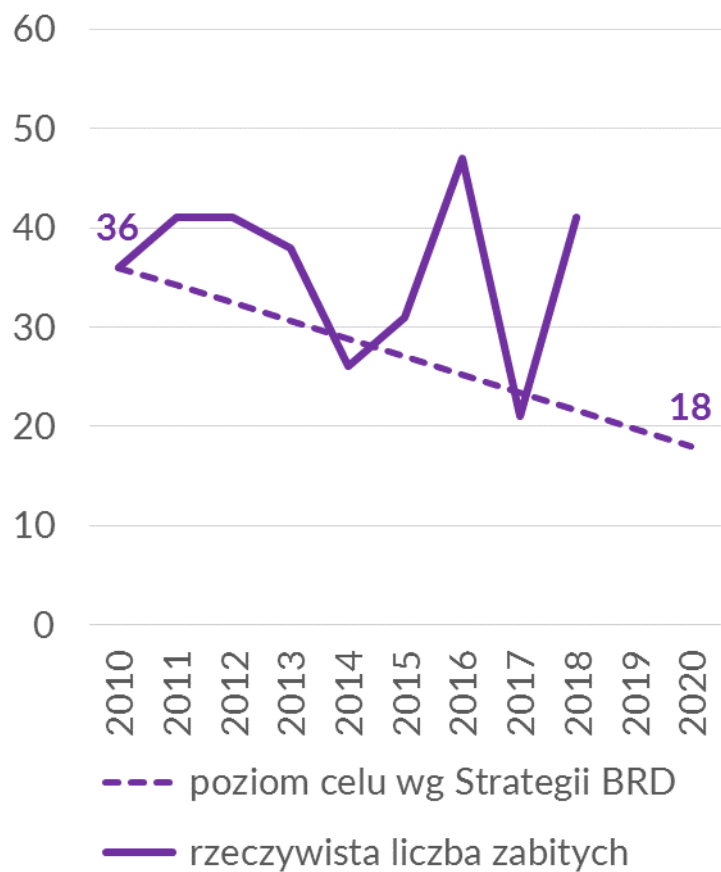


# Z czym się mierzymy?

Drogi wojewódzkie 2016-2018



# Cele do osiągnięcia





# Powszechnie stosowane rozwiązania

- ▶ niezwykle czasochłonne
- ▶ wymagają wielu wiarygodnych źródeł informacji
- ▶ opierają się na statystykach wypadków drogowych, które wymagają dużej próby zdarzeń obserwowanych w perspektywie wieloletniej
- ▶ analizy *post factum*
- ▶ wskaźniki wypadkowości powoli reagują na wprowadzane zmiany

# Innowacyjne podejście

- ▶ pilotaż na terenie RDW Kętrzyn w 2018 roku
- ▶ skorzystano z metody identyfikacji odcinków potencjalnie niebezpiecznych opracowanej na Uniwersytecie Virginia Tech w USA
- ▶ zastosowano model predykcji wypadków (działanie prewencyjne)
- ▶ wykorzystano zasób danych ewidencyjnych i diagnostycznych

# Predykcja wypadków- Idea

Cel: Przewidywanie wartości zmiennych objaśnianych

Zmienne objaśniane

1. Liczba zdarzeń
2. Liczba wypadków
3. Liczba rannych
4. Liczba zabitych
5. Przyczyna zdarzenia

Zmienne objaśniane – czynnik losowy

Zmienne objaśniające

1. Parametry drogi
2. Natężenie ruchu
3. Obiekty użyteczności publicznej
4. Rodzaj obszaru

Zmienne objaśniane – stałe (wolnozmiennie) w czasie

# Predykcja wypadków - Idea

Wprowadzamy parametr niebezpieczeństwa na drodze.  
Zależny od liczby i/lub ciężkości zdarzeń

Stosujemy statystykę Bayesowską:

- ▶ Każdemu odcinkowi przypisujemy *a priori* wartość parametru na podstawie zaobserwowanych zdarzeń
- ▶ Modyfikacja wartości z uwzględnieniem funkcji predykcji opierającej się na korelacji parametru ze zmiennymi objaśnianymi na całej sieci



# Wykorzystane dane

## Zmienne objaśniane

1. Liczba zdarzeń
2. Liczba wypadków
3. Liczba rannych
4. Liczba zabitych

## Zmienne objaśniające

1. Natężenie ruchu
2. Liczba skrzyżowań
3. Współczynnik tarcia
4. Średnia krzywizna
5. Pochylenie poprzeczne
6. Udział obszaru ze zwartą zabudową
7. **Udział alei drzew**

# Wykorzystane dane

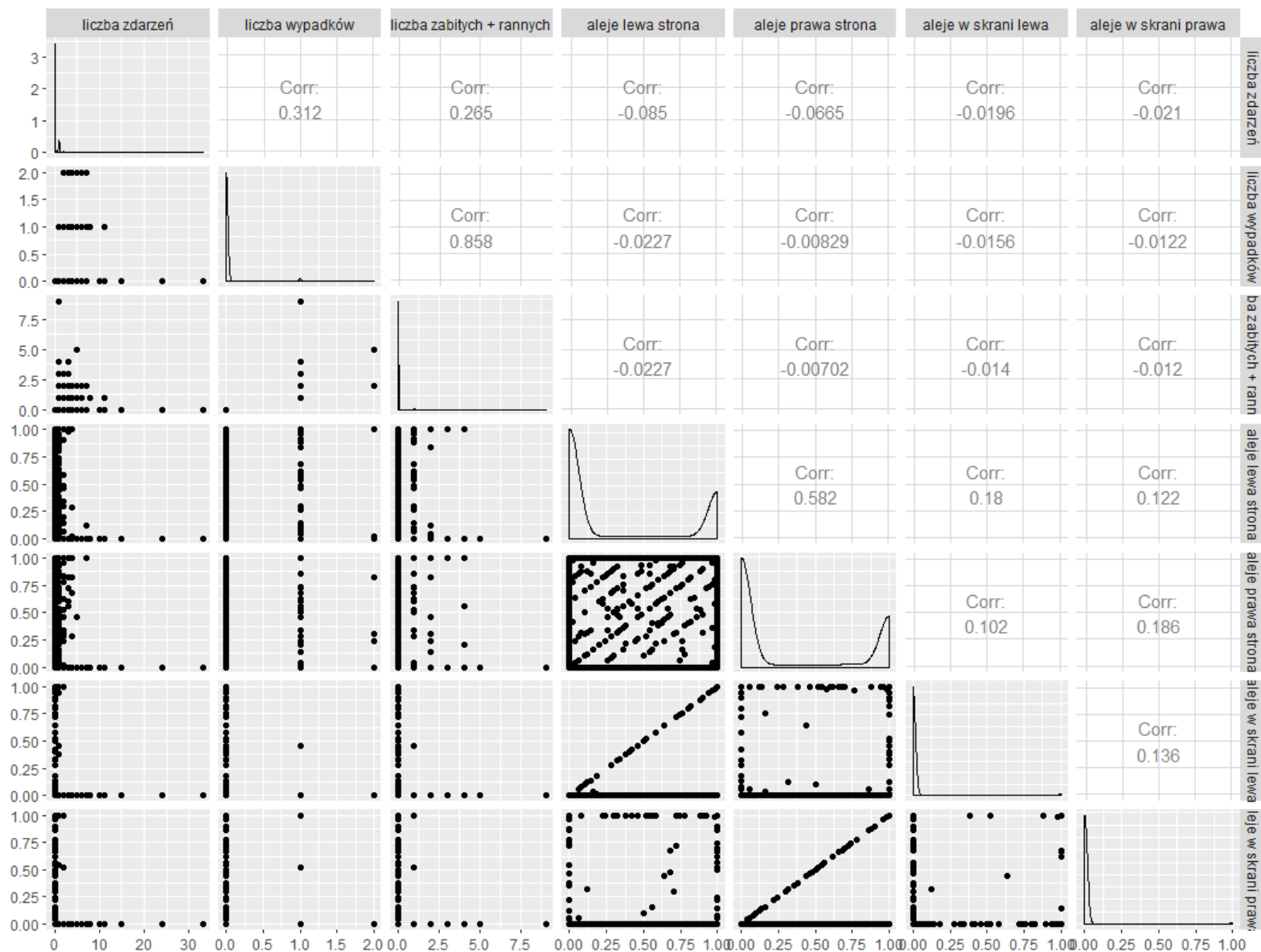
Nazwa parametru	Symbol	Opis	Źródło
SDRR	NR	Średni Dobowy Ruch Roczny	GPR 2015
Liczba skrzyżowań z drogami wojewódzkimi	SW		Ewidencja
Liczba skrzyżowań z drogami powiatowymi i gminnymi	SI		Ewidencja
Współczynnik tarcia	WT	Współczynnik tarcia między kołem pojazdu, a nawierzchnią	Ocena stanu
Średnia krzywizna	KD	Uśredniona dla 50 metrowych odcinków	Ocena stanu
Pochylenie poprzeczne	NP	Średnie pochylenie poprzeczne dla 50 metrowego odcinka	Ocena stanu
Udział obszaru ze zwartą zabudową	UZ		OpenStreetMap
Udział alei drzew	AD	Udział długości alej w długości odcinka	Określone ze zdjęć wykonanych w ramach diagnostyki
Udział alei drzew w skrajni	AS	Udział długości alej drzew, znajdujących się w skrajni, w długości odcinka	Określone ze zdjęć wykonanych w ramach diagnostyki
Liczba zdarzeń drogowych	LZ	Dane z lat 2014-2016	SEWiK

# Określenie funkcji SPF

Elementy procesu określania funkcji SPF:

- ▶ Badanie korelacji zmiennych objaśnianych i objaśniających
- ▶ Zastosowanie modelu opartego na regresji ujemnej dwumianowej
- ▶ Optymalizacja wartości współczynników modelu
- ▶ Wizualizacja i interpretacja wyników

# Korelacja zmiennych – aleje drzew





# Korelacja zmiennych

Zastosowanie regresji ujemnej dwumianowej

$$SPF = e^{\beta_0} e^{\sum_i \beta_i X_i}$$

gdzie:

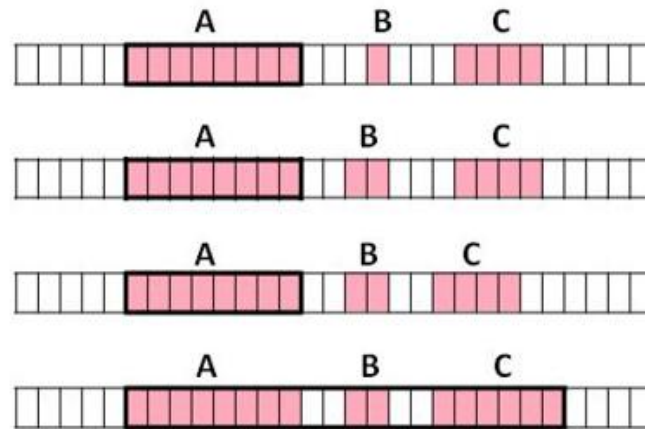
$SPF$  – przewidywany stopień bezpieczeństwa,

$\beta_0$  – współczynnik modelu wyznaczony w procesie kalibracji,

$\beta_i$  – współczynnik wyznaczony w procesie kalibracji modelu odpowiadający i-temu parametrowi wejściowemu,

$X_i$  – wartość i-tego parametru wejściowego.

# Agregacja do odcinków



- ▶ granicznej wartość funkcji dla której odcinek 50-metrowy uznawano za niebezpieczny -  $SPF_{EB}^{gr}$ ,
- ▶ udział odcinków analitycznych, dla których wartość funkcji SPF nie przekroczyła wartości krytycznej -  $u_{gr}$ ,
- ▶ minimalnej długości zagregowanego odcinka -  $d_{min}$ .

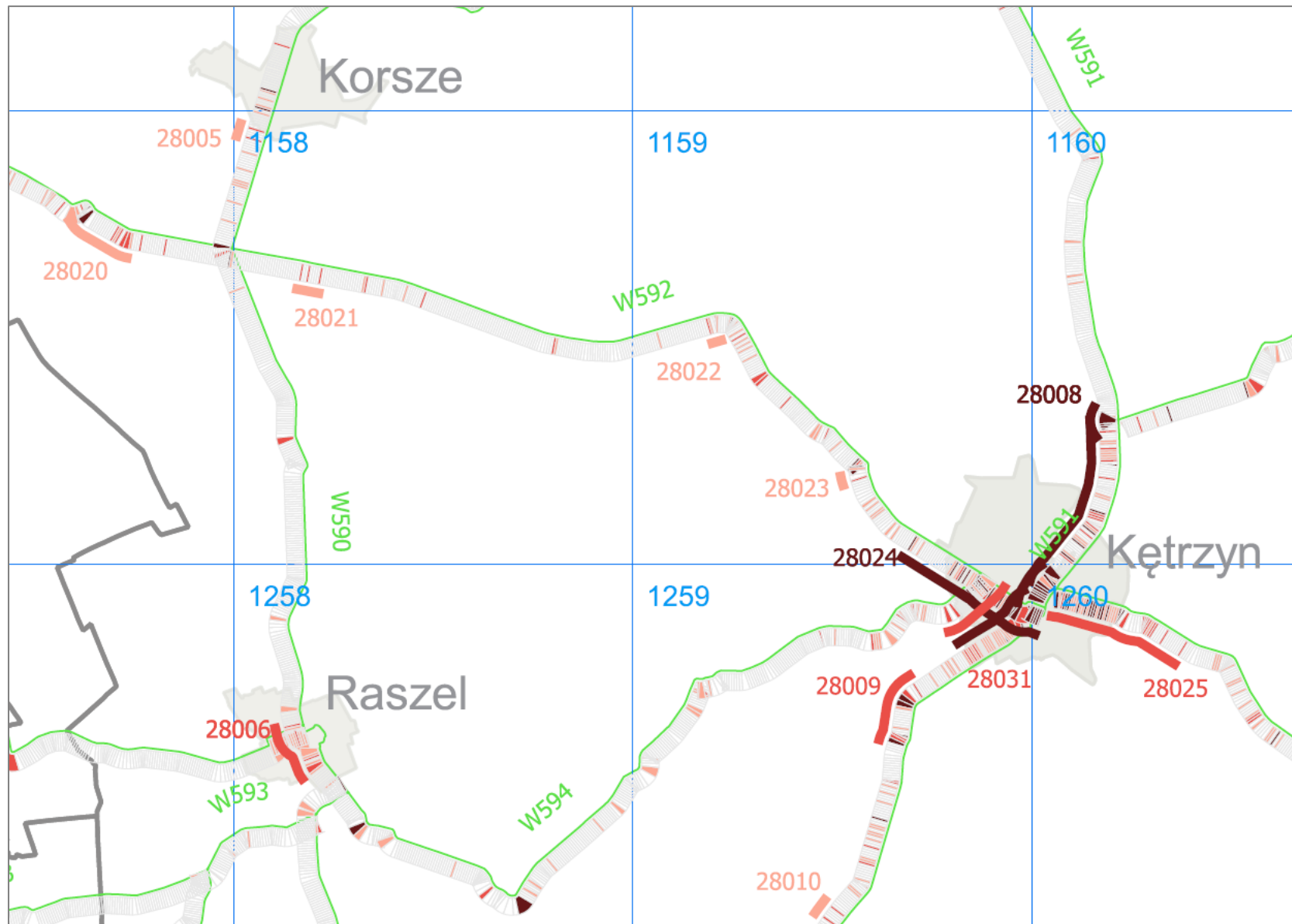
Lp.	Parametr AAB	Rozważane wartości
1.		0,2; 0,3; 0,4; 0,5
2.		200 m; 300 m; 400 m
3.		0%; 10%; 20%;30%;40%;50%;60%;70%;

# Wyniki analizy - agregacja sieci

Wariant ( $SPF_{EB}^{gr} - u_{gr} - d_{min}$ )	Liczba odcinków	Średnia długość odcinka [m]	Odchylenie standardowe długości [m]	Procent całej sieci [%]
0.5-70%-200m	43	1075	1291	<b>8,25</b>
0.3-30%-200m	71	619	1024	<b>8,07</b>
0.3-0%-200m	30	627	739	<b>3,45</b>
0.3-30%-400m	20	1571	1590	<b>5,77</b>

Wariant ( $SPF_{EB}^{gr} - u_{gr} - d_{min}$ )	średni $SPF_{EB}$	Procent zdarzeń na odcinkach [%]	Procent wypadków na odcinkach [%]	Procent ofiar śmiertelnych na odcinkach [%]	Procent rannych na odcinkach [%]
0,5-70%-200m	0,68	<b>37,93%</b>	28,99%	16,67%	29,20%
0,3-30%-200m	0,69	<b>38,53%</b>	34,03%	25,00%	31,02%
0,3-0%-200m	1,08	<b>22,12%</b>	12,61%	0,00%	11,68%
0,3-30%-400m	0,78	<b>26,88%</b>	19,75%	11,11%	17,88%

# Wizualizacja wyników



# Dotychczasowe narzędzia

## Ocena wskaźnikowa w aplikacji eWypadki



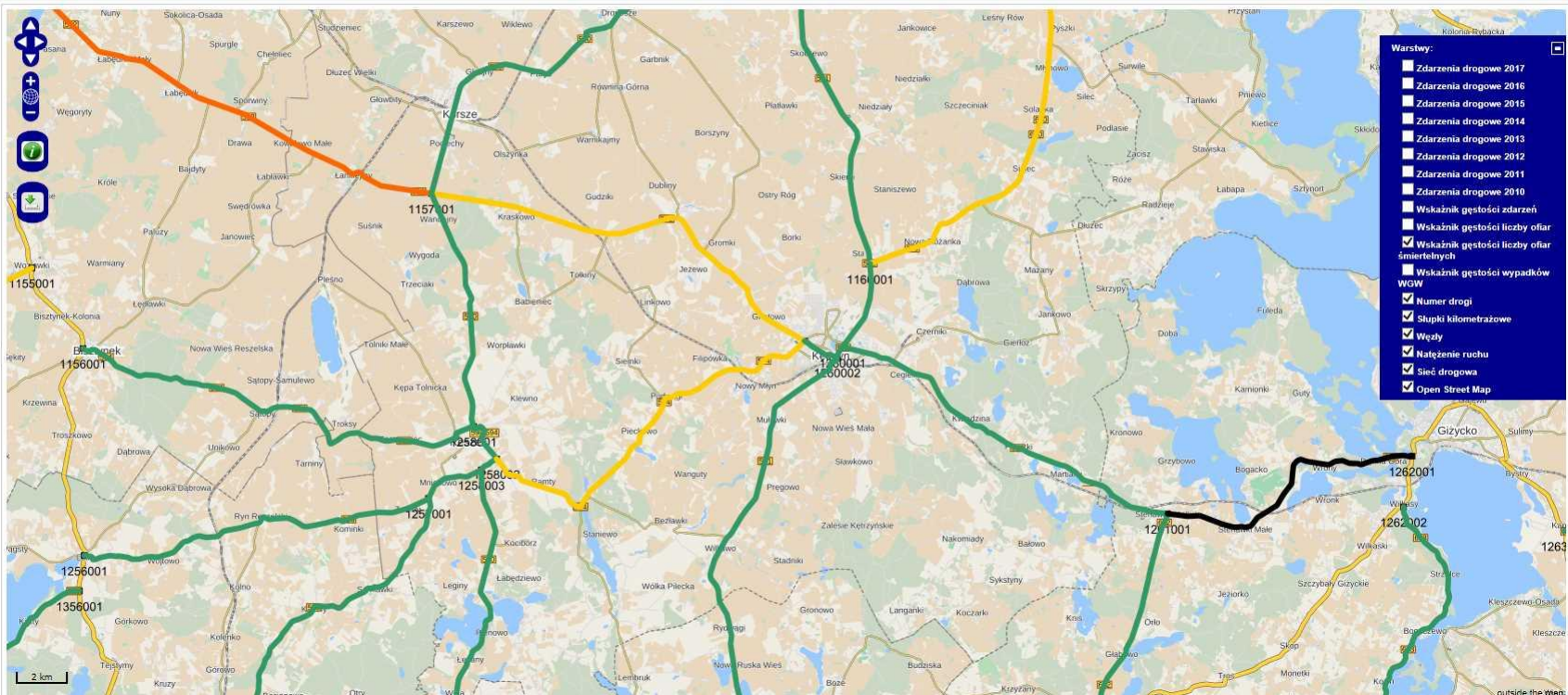
eWypadki

Edytor Mapa Importer Edytor odcinków Kalkulator współczynników Kalkulator lokalizacji

Filtr

Nowy filtr

Legenda



# Karty odcinków potencjalnie niebezpiecznych

## Informacje o zdarzeniach

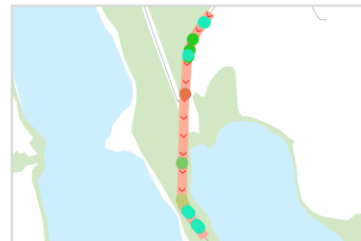
### Odcinek potencjalnie niebezpieczny nr 28017

Droga: W591  
 System referencyjny: 1260002 : 1459001  
 Pikietaż: 52123 ÷ 53173  
 Długość: 1050 m

Powiat: mragowski  
 Gmina: Mragowo(m.)/Mragowo(w.)  
 RDW: Kętrzyn  
 Obszar: niezabudowany

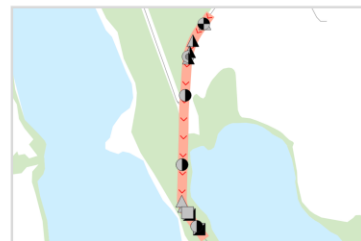
przyczyny zdarzeń

Symbol	Przyczyny zdarzeń	2014	2015	2016	suma
●	Niedostosowanie prędkości do war. ruchu	2	0	5	7
●	Obiekty, zwierzęta na drodze	0	1	2	3
●	Nieprawidłowe wymijanie	1	0	0	1
●	Nieprawidłowe wyprzedzanie	1	0	0	1
●	Nieprawidłowe zawracanie	1	0	0	1
●	Inne	2	0	0	2



rodzaj zdarzeń

Symbol	Opis	2014	2015	2016	suma
●	Zderzenie pojazdów boczne	3	0	1	4
▲	Najeżdżanie na zwierzę	0	1	2	3
▲	Najeżdżanie na drzewo	0	0	2	2
⊙	Wywrócenie się pojazdu	0	0	1	1
■	Najeżdżanie na barierę ochronną	1	0	0	1
●	Zderzenie pojazdów tyłne	1	0	0	1
▲	Inne	2	0	1	3



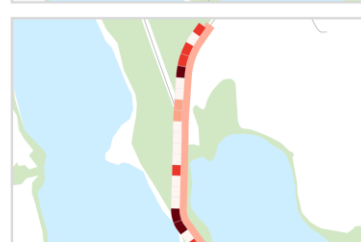
oświetlenie

Symbol	Pora dnia	2014	2015	2016	suma
●	Światło dzienne	5	0	3	8
●	Noc - droga nieoświetlona	2	1	3	6
●	Zmrok, świt	0	0	1	1



stan jezdni

Symbol	Stan nawierzchni	2014	2015	2016	suma
○	Mokra	2	1	4	7
○	Sucha	4	0	1	5
○	Oblodzona, zaśnieżona	1	0	2	3



składowe SPF

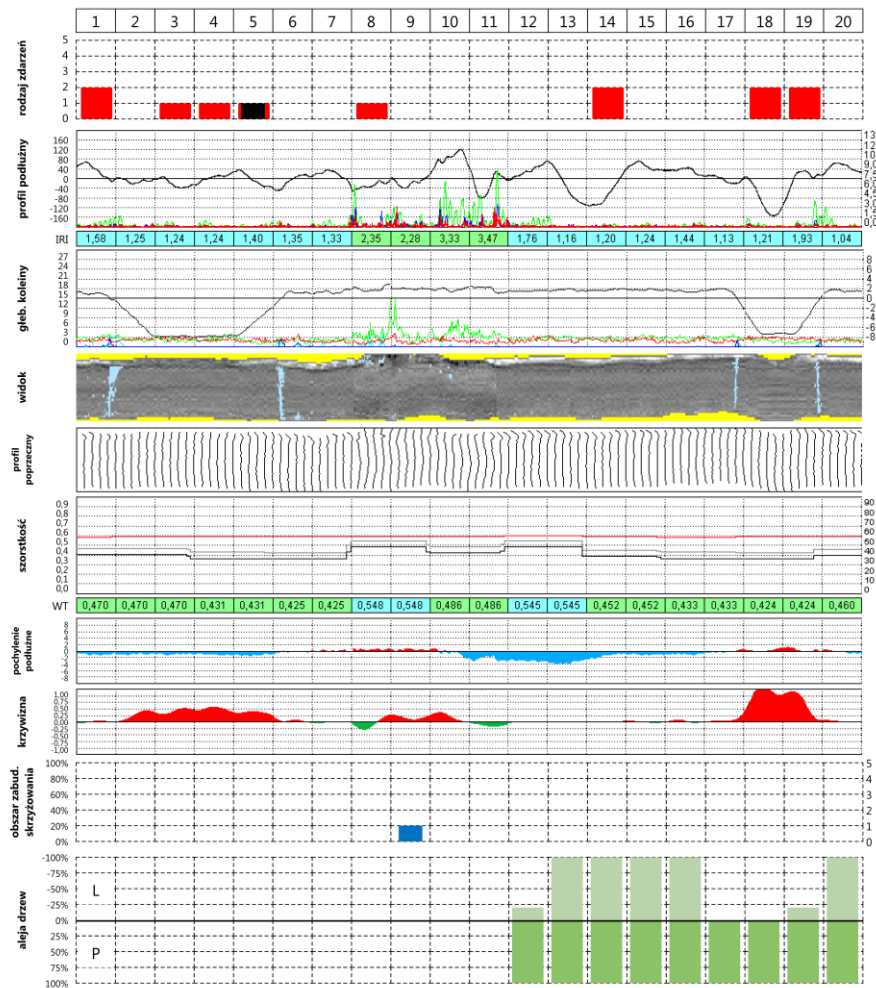
Składowe SPF	Wartość
Średnia krzywizna [1/100m]	0,19
Średnie nachylenie poprzeczne [%]	2,8
Średnia szorstkość [-]	0,47
Natężenie ruchu[poj./dobę]	5 022
Obszar zabudowany [% dł.odc.]	0
Obecność alei drzew [% dł.odc.]	39
Obecność alei drzew w skrajni [% dł.odc.]	0
Skrzyżowanie zwykłe [liczba]	1
Skrzyżowanie wojewódzkie [liczba]	0
Udział segmentów niebezpiecznych [%]	38
Średnia SPF <sub>18</sub>	0,46

# Karty odcinków potencjalnie niebezpiecznych

Stan nawierzchni i składowe SPF

## Odcinek potencjalnie niebezpieczny nr 28017

Droga: W591 Powiat: mławowski  
 System referencyjny: 1260002 : 1459001 Gmina: Mławowo(m.)/Mławowo(w.)  
 Pikietaż: 52123 + 53173 RDW: Kętrzyn  
 Długość: 1050 m Obszar: niezabudowany



typ zdarzeń

profil podłużny

głębokość kolein

sym. wody na  
profil powierzchni

szorstkość

pochylenie podłużne

krzywizna

obszar/skrzyżowania

aleja drzew

# Karty odcinków potencjalnie niebezpiecznych

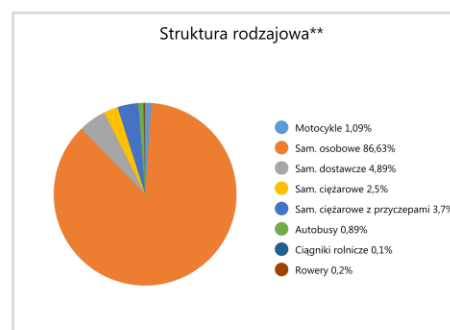
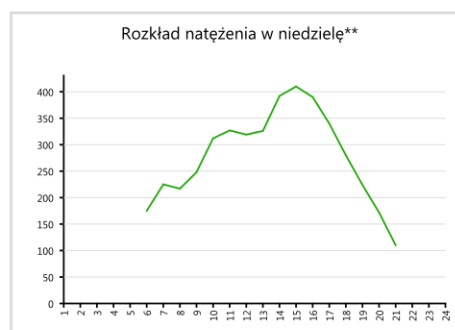
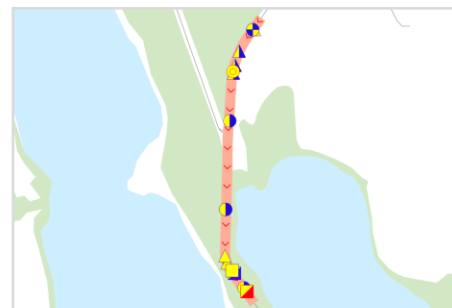
## Natężenie i struktura ruchu

### Odcinek potencjalnie niebezpieczny nr 28017

Droga: W591  
 System referencyjny: 1260002 : 1459001  
 Pikietaż: 52123 ÷ 53173  
 Długość: 1050 m

Powiat: mławowski  
 Gmina: Mławowo(m.)/Mławowo(w.)  
 RDW: Kętrzyn  
 Obszar: niezabudowany

	2010	2011*	2012*	2013*	2014*	2015	2016*
SDR [poj./dobę]	4557	4711	4760	4803	4905	5022	5111
Ruch ciężki [%]	8,21	-	-	-	-	7,21	-
Maksymalne natężenie w godzinie [poj.]	355	-	-	-	-	369	-



\* Oszacowanie na podstawie wskaźników zmian PKB

\*\* Na podstawie GPR 2015 - wartość z dnia: 14-10-2015

\*\* Na podstawie GPR 2015 - średnia z dni: 19-07-2015, 13-12-2015



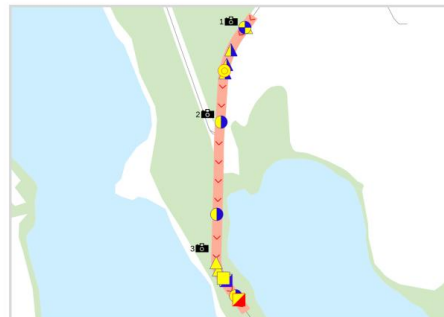
# Karty odcinków potencjalnie niebezpiecznych

## Zalecenia

### Odcinek potencjalnie niebezpieczny nr 28017

Droga: W591  
System referencyjny: 1260002 - 1459001  
Pikietaż: 52123 ÷ 53173  
Długość: 1050 m

Powiat: mragowski  
Gmina: Mragowo(m.)/Mragowo(w.)  
RDW: Kętrzyn  
Obszar: niezabudowany



Skutki zdarzeń	2014	2015	2016	Suma
Zdarzenia drogowe	7	1	7	15
Wypadki	0	0	2	2
Ranni	0	0	2	2
Ciężko ranni	0	0	1	1
Ofiary śmiertelne	0	0	0	0



Jako dominującą przyczynę zdarzeń na przedmiotowym odcinku zidentyfikowano nadmierną prędkość. Najczęściej dochodziło do zderzeń bocznych. Stosunkowo dużo wypadków miało miejsce w nocy, przy mokrej nawierzchni. Analizowany fragment DW 591 charakteryzuje się dwoma ostrymi łukami i zlokalizowaną pomiędzy nimi długą prostą. Na prostoliniowym fragmencie znajduje się skrzyżowanie z drogą podporządkowaną. Widoczność na łuku południowym jest ograniczona przez drzewa rosnące w niewielkiej odległości od jezdni. Długi odcinek prosty sprzyja rozwijaniu dużej prędkości przy jednoczesnym braku zapewnienia odpowiedniej widoczności i możliwości oceny sytuacji przed lub za wzniesieniem. Dodatkowo istnieje ryzyko ograniczenia widoczności dla pojazdów włączających się do ruchu z drogi podporządkowanej. Odcinek był poddany remontowi w 2014 roku. Po zakończeniu prac odnotowano wzrost liczby poszkodowanych. Aby obniżyć liczbę wypadków należy zredukować prędkość pojazdu wchodzących w łuk na 53 km (zdjęcie 3). Założony cel może zostać osiągnięty np. przez wprowadzenie dodatkowego poziomego oznakowania ostrzegawczego.

diagnoza i  
rekomendacje

# Wyniki końcowe

- ▶ **563 km** dróg RDW Kętrzyn
- ▶ **43** odcinki potencjalnie niebezpieczne (46,6 km)
- ▶ **8,3%** sieci drogowej
- ▶ **37,9%** wszystkich zdarzeń
- ▶ **29%** wypadków
- ▶ **16,7%** ofiar śmiertelnych



VIELEN DANK FÜR IHRE  
AUFMERKSAMKEIT



**Tomasz Radzikowski**  
Zarząd Dróg Wojewódzkich w Olsztynie  
ul. Pstrowskiego 28b  
10-602 Olsztyn  
Tel.: +48 89 526-19-27

tomasz.radzikowski@zdw.olsztyn.pl  
[www.zdw.olsztyn.pl](http://www.zdw.olsztyn.pl)

**Jan Zieliński**  
Heller Consult spółka z o.o.  
Chałubińskiego 8  
00-613 Warszawa  
Tel.: +48 22 501-45-12

jzielinski@heller-consult.pl  
[www.heller-consult.pl](http://www.heller-consult.pl)

