

**IV ŚLĄSKIE FORUM DROGOWNICTWA  
„TRWAŁOŚĆ I BEZPIECZEŃSTWO”**

**ZARZĄDZANIE PRĘDKOŚCIĄ W STREFACH  
PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH I JEGO WPŁYW NA  
BEZPIECZEŃSTWO PIESZYCH**



**STANISŁAW GACA  
KATEDRA BUDOWY DRÓG I INŻYNIERII RUCHU  
POLITECHNIKA KRAKOWSKA**

- 1. Zagrożenia bezpieczeństwa pieszych**
- 2. Badania prędkości na odcinkach z wyznaczonymi przejściami dla pieszych**
- 3. Kwantyfikacja wpływu prędkości na bezpieczeństwo pieszych**
- 4. Zarządzanie prędkością jako środek redukcji zagrożenia pieszych**

-----

# Ochrona Pieszyc

-----

Podręcznik  
dla organizatorów  
ruchu pieszego



Krajowa Rada  
BEZPIECZEŃSTWA  
RUCHU DROGOWEGO



# Ryzyko w ruchu pieszych

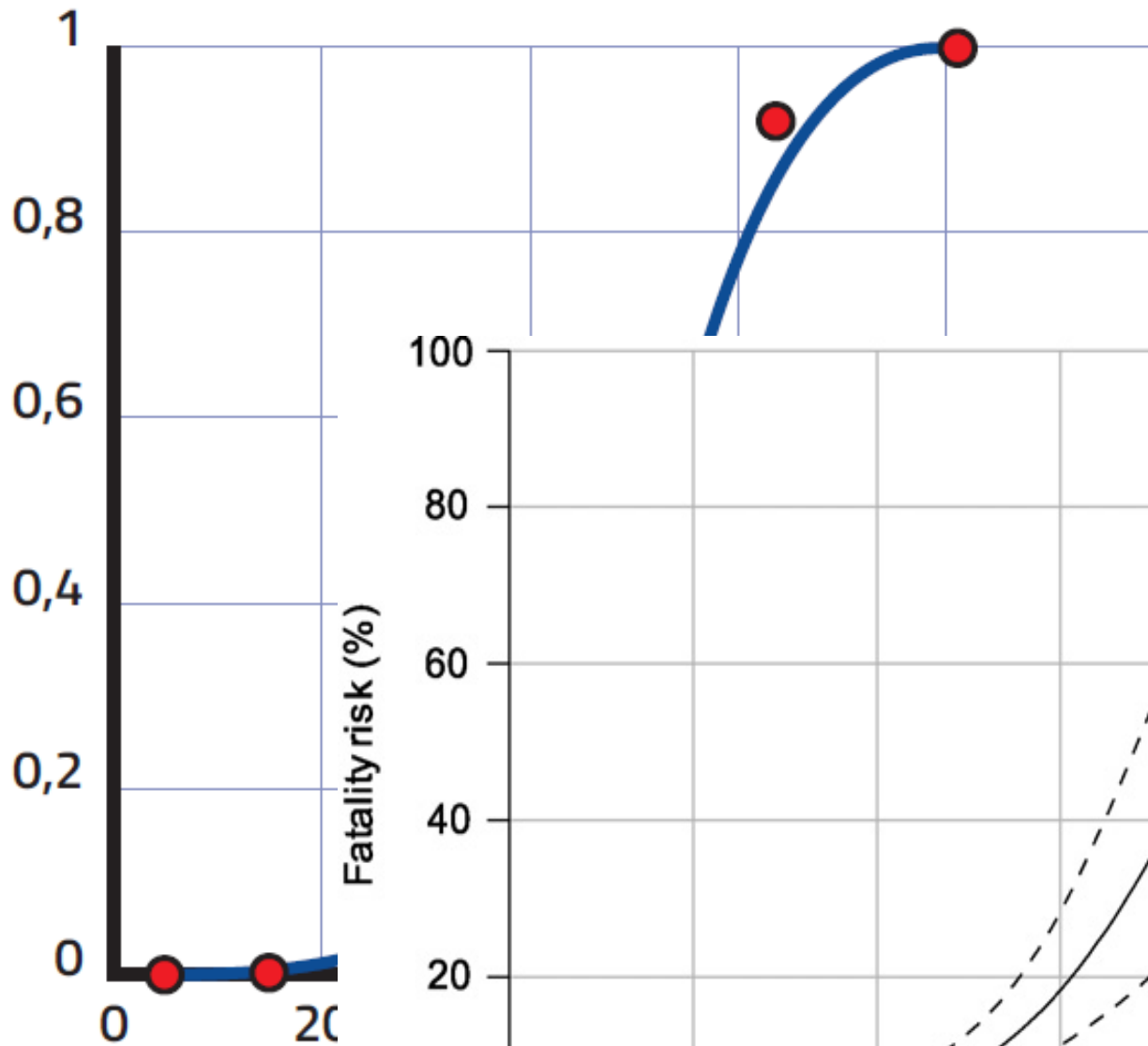
- piesi stanowią ok. 1/3 ofiar wypadków
- 90% wypadków w terenach zabudowanych (65% ofiar)
- 30% wypadków na przejściach dla pieszych, 60% wypadków na jezdni
- piesi powodują 10% wypadków
- 23% ofiar śmiertelnych stanowią piesi pow. 70 roku życia
- najwięcej ofiar śmiertelnych w okresie październik – grudzień
- 90% ofiar śmiertelnych na terenach niezabudowanych w porze nocy

# Czynniki wpływające na brd pieszych

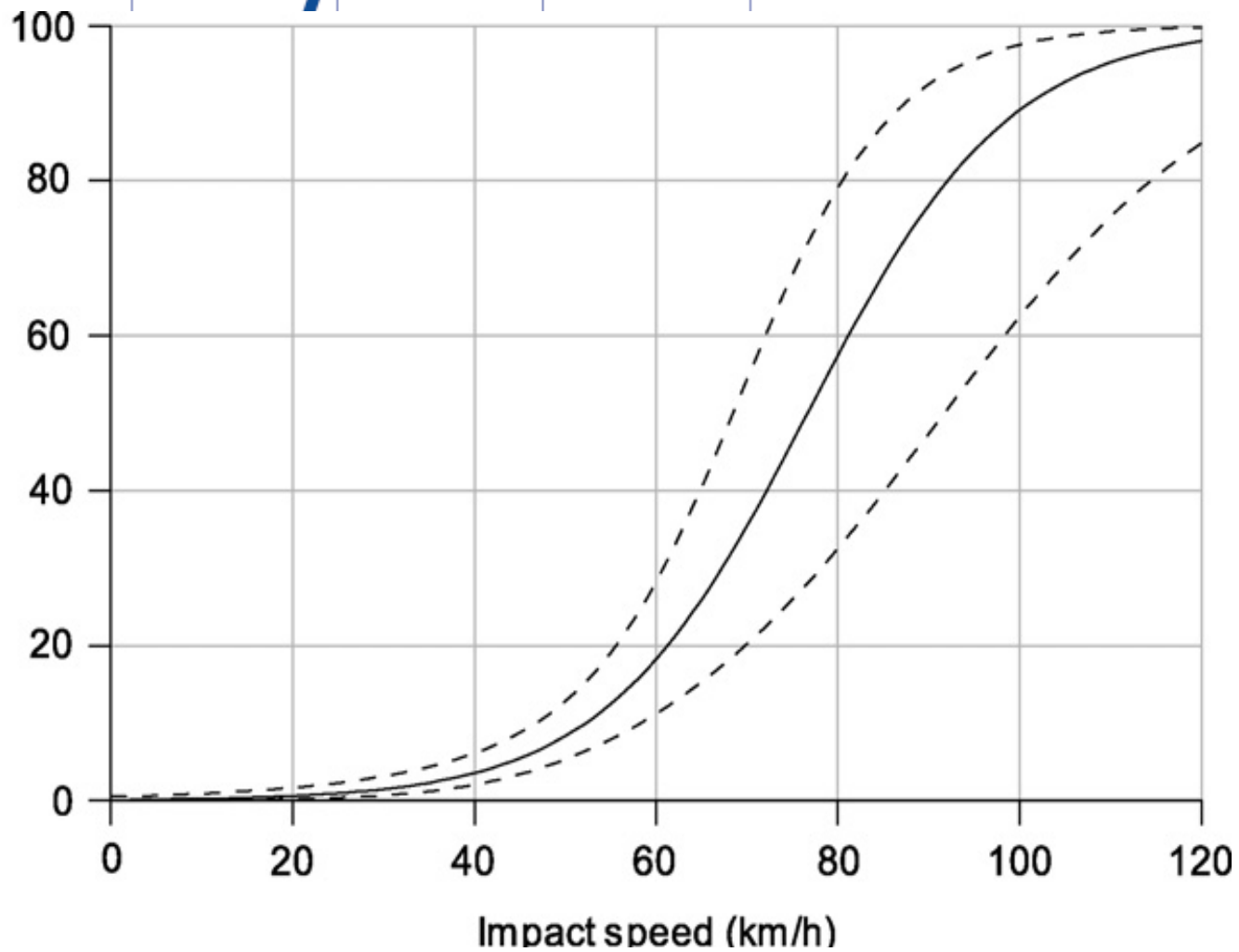
- **cechy drogi:** widoczność „pieszy – kierowca” i „kierowca – pieszy”, czytelność, drogi dwujezdniowe, chodniki wraz z przejściami, oświetlenie
- **cechy otoczenia drogi:** zieleń, a szczególnie drzewa, lokalizacja obiektów użyteczności publicznej, handlowych itp. w pobliżu drogi
- **organizacja ruchu:** oznakowanie pionowe dotyczące ruchu pieszych, sygnalizacja świetlna, urządzenia brd, oznakowanie miejsc niebezpiecznych, parkowanie na jezdni lub bezpośrednio przy niej, roboty na drogach
- **charakterystyka ruchu drogowego:** **limity i strefy ograniczeń prędkości**, natężenie, prowadzenie ruchu pieszego i rowerowego, transport zbiorowy



Prawdopodobieństwo śmierci



Fatality risk (%)



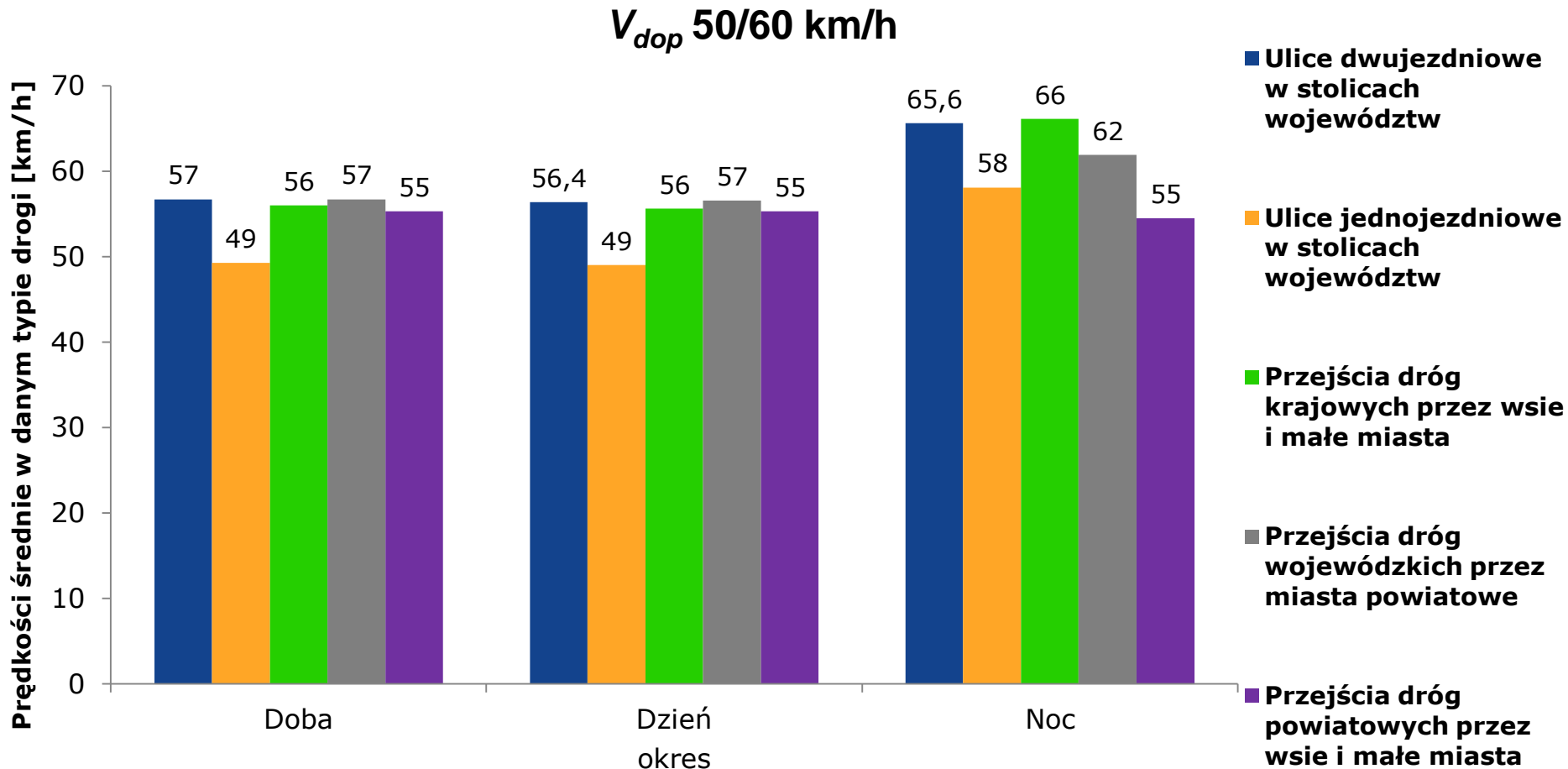
# Klasyfikacja prędkości pojazdów ze względu na bezpieczeństwo pieszych

| Prędkość pojazdów |                         | Km/h  | Ryzyko bycia ofiara śmiertelną wypadku | Częstość wypadków śmiertelnych |
|-------------------|-------------------------|-------|--|--------------------------------|
| Klasa prędkości   |                         |       |  |                                |
| V <sub>A</sub>    | Bezpieczna              | <30   | Bardzo małe                            | Bardzo mała                    |
| V <sub>B</sub>    | Umiarkowanie bezpieczna | 30-50 | Małe do średniego                      | Mała do średniej               |
| V <sub>C</sub>    | Niebezpieczna           | 50-70 | Duże                                   | Bardzo duża                    |
| V <sub>D</sub>    | Krytyczna               | >70   | Bardzo duże                            | Duża                           |





# Czy występuje problem nadmiernej prędkości?

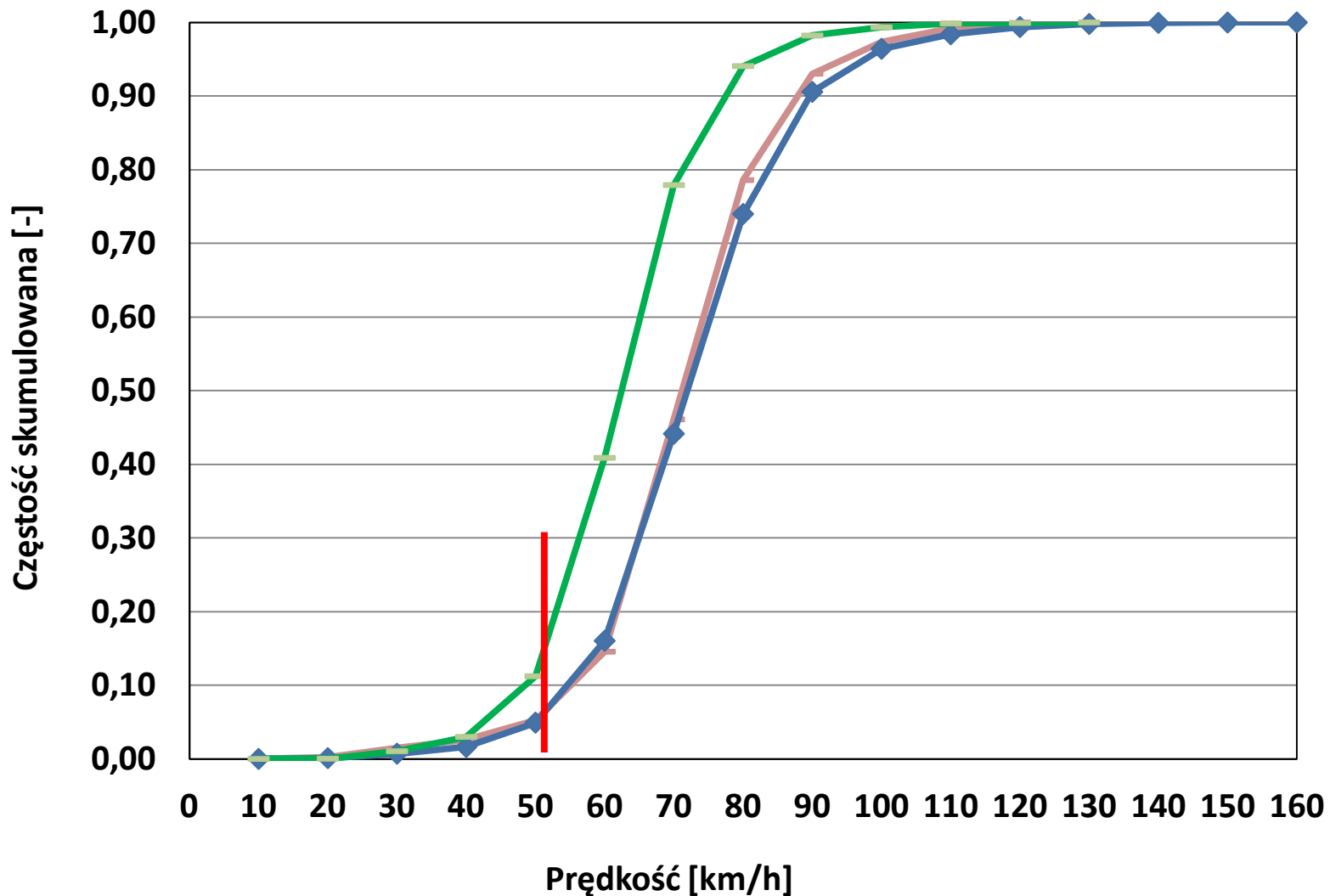


Prędkości średnie - wybrane wyniki badań prędkości w 2014 r.

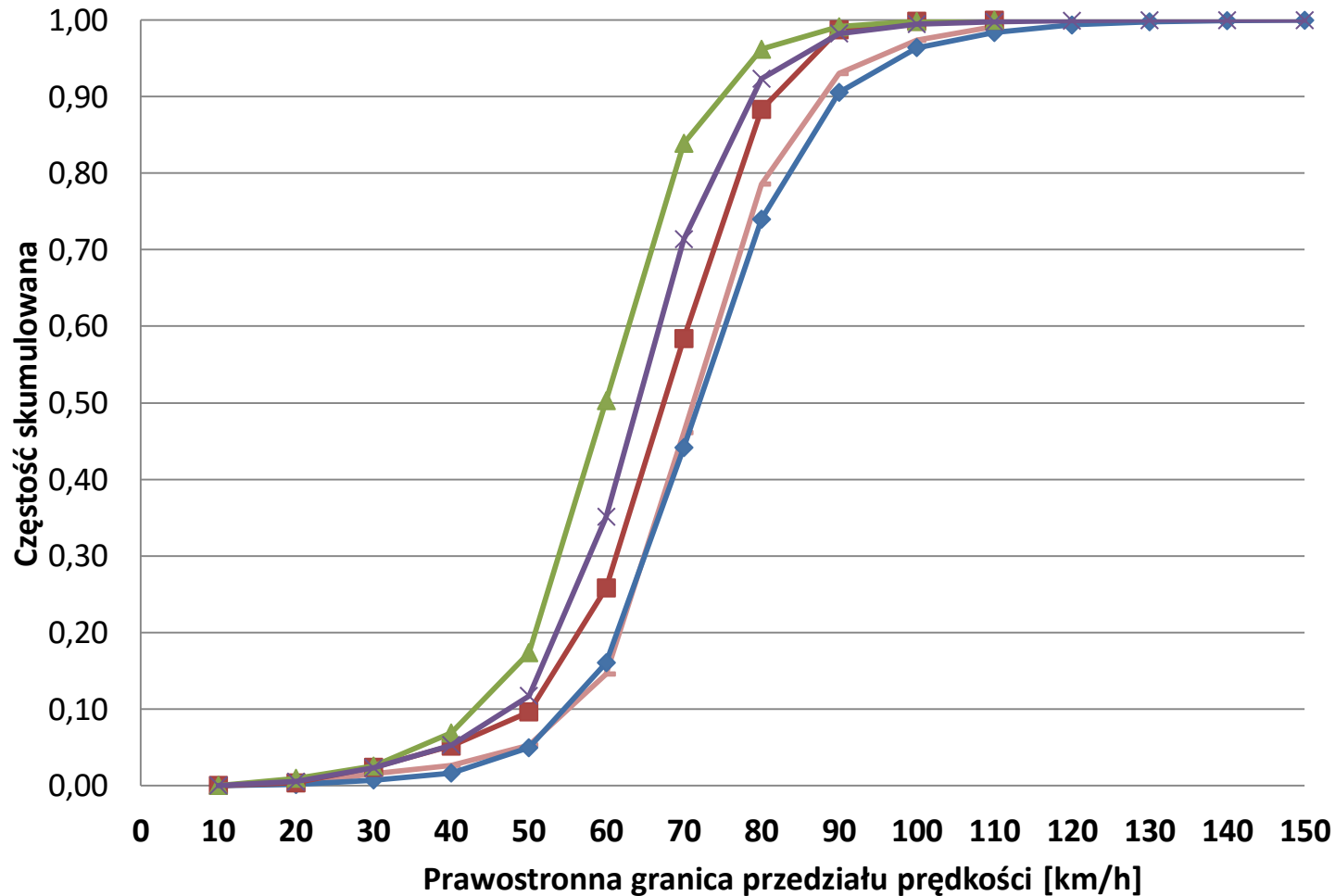
źródło KRBRD

$V_{85}$  w ruchu swobodnym (dzień): 72,9 km/h; 65,0 km/h; 71,5 km/h; 71,1 km/h; 70,5 km/h

# Prędkość jako czynnik zagrożenia - przejścia drogowe przez miejscowości (pas środkowy, gruntowe, utwardzone pobocza)



# Przejścia dla pieszych na terenach zabudowy – małe miejscowości, ciągi dróg tranzytowych

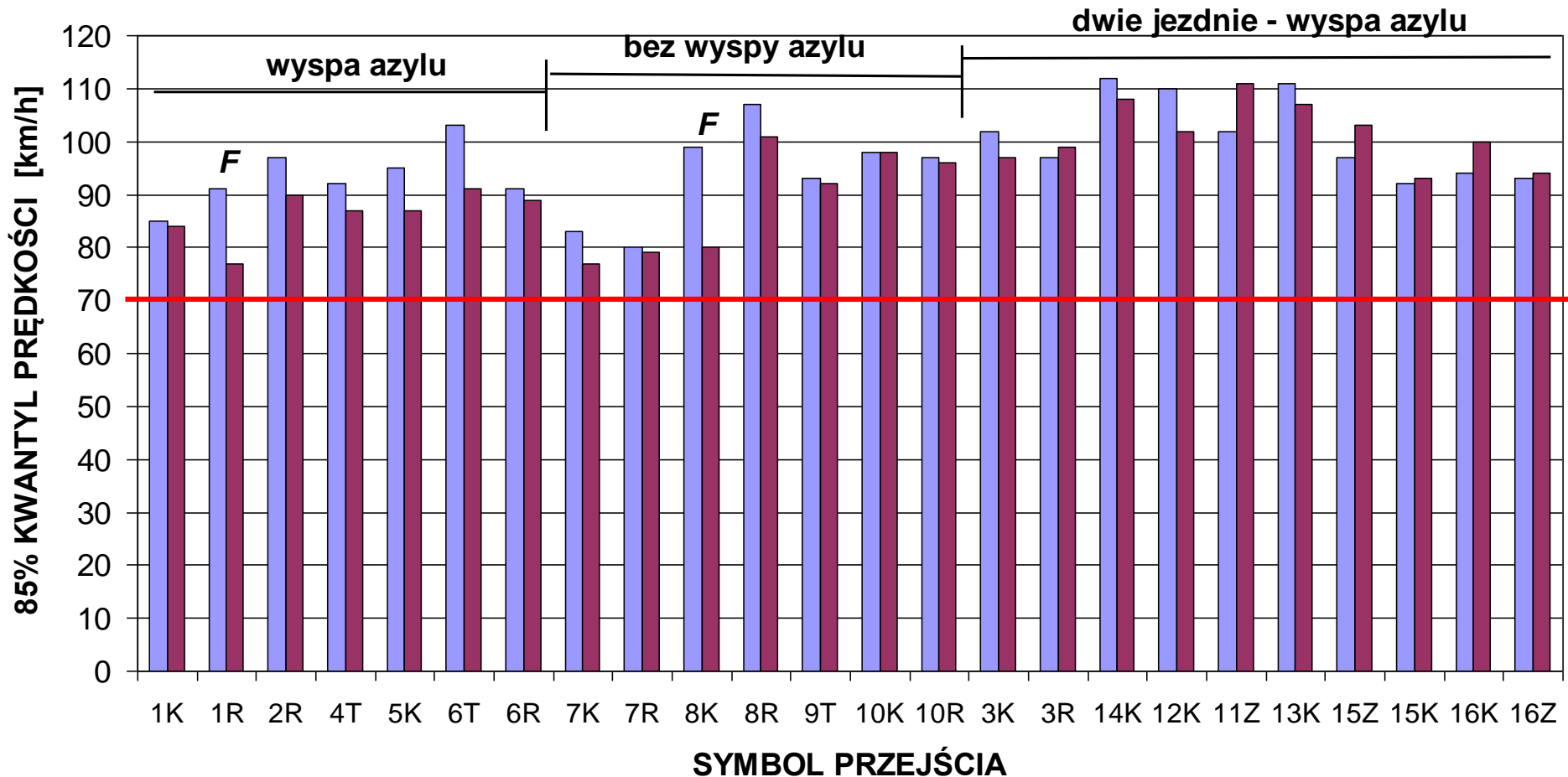


- Przejście zwykłe (gru)
- Przejście z wyspą (odgięte tory)
- Przejście z wyspą (pas środkowy)
- Przejście zwykłe (utw)
- Przejście z pulsatorem

# Charakterystyki prędkości empirycznych w strefie różnych przejść dla pieszych

|   | Prędkość średnia -<br>$V_{\text{śr}}$ [km/h] | Mediana<br>$V_{50}$ | Kwantyl<br>$V_{15}$ | Kwantyl<br>$V_{85}$ |
|---|--|---------------------|---------------------|---------------------|
| Przejście bez wyspy azylu - p. gruntowe     | 71,2   | 71,0                | 60,3                | 83,2                |
| Przejście bez wyspy azylu - p. utwardzone   | 72,5   | 71,9                | 59,0                | 86,0                |
| Przejście z wyspa azylu - odgięty tor jazdy | 67,0   | 68,6                | 54,9                | 79,6                |
| Przejście z pulsatorem                      | 59,4   | 60,0                | 48,7                | 70,4                |
| Przejście z wyspą azylu - pas środkowy      | 63,5   | 64,2                | 52,3                | 75,3                |

# Badania prędkości w strefie przejść dla pieszych poza terenami zabudowy



■ Przed przejściem ■ Na przejściu

$$\Delta V = 5,8 \text{ km/h}$$

$$\Delta V = 2,5 \text{ km/h}$$

$$\Delta V = +1,6 \text{ km/h}$$

# OCENA WPŁYWU PRĘDKOŚCI NA BRD NA PODSTAWIE DANYCH O ZDARZENIACH DROGOWYCH - PRZYKŁADY

Zmiany wypadków i ich ofiar w efekcie obniżenia prędkości – model VTI

a) dla wypadków z ofiarami śmiertelnymi

$$W_1 = (V_1 / V_0)^4 \cdot W_0 \quad (1)$$

b) dla v

$$W_1 = (V_1 / V_0)^n \cdot W_0$$

c) dla wypadków ogółem z ofiarami śmiertelnymi, ciężko i lekko rannymi

$$W_1 = (V_1 / V_0)^2 \cdot W_0 \quad (3)$$

POZA TERENAMI ZURBANIZOWANYMI (meta analiza *Elvik, 2009*): n= 4,1; 2,6; 1,6

W MIASTACH (meta analiza *Elvik, 2009*):

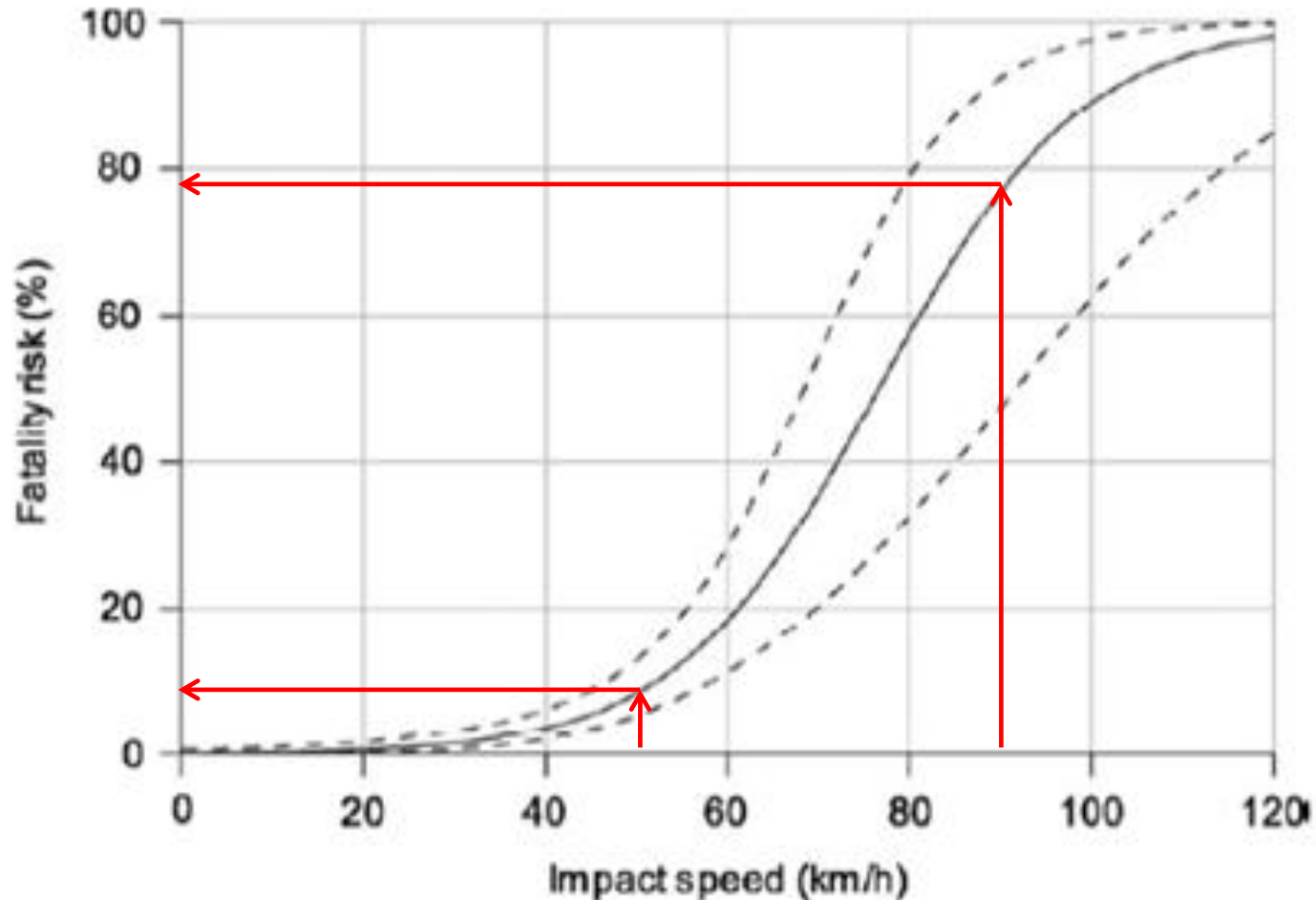
a) n = 2,6 (95% przedział ufności: 0,3 – 4,9)

b) n = 1,5 (95% przedział ufności: 0,9 – 2,1)

c) n = 1,2 (95% przedział ufności: 0,7 – 1,7)

Kierunki rozwoju „power model” – wyróżnienie typu drogi i grup wypadków

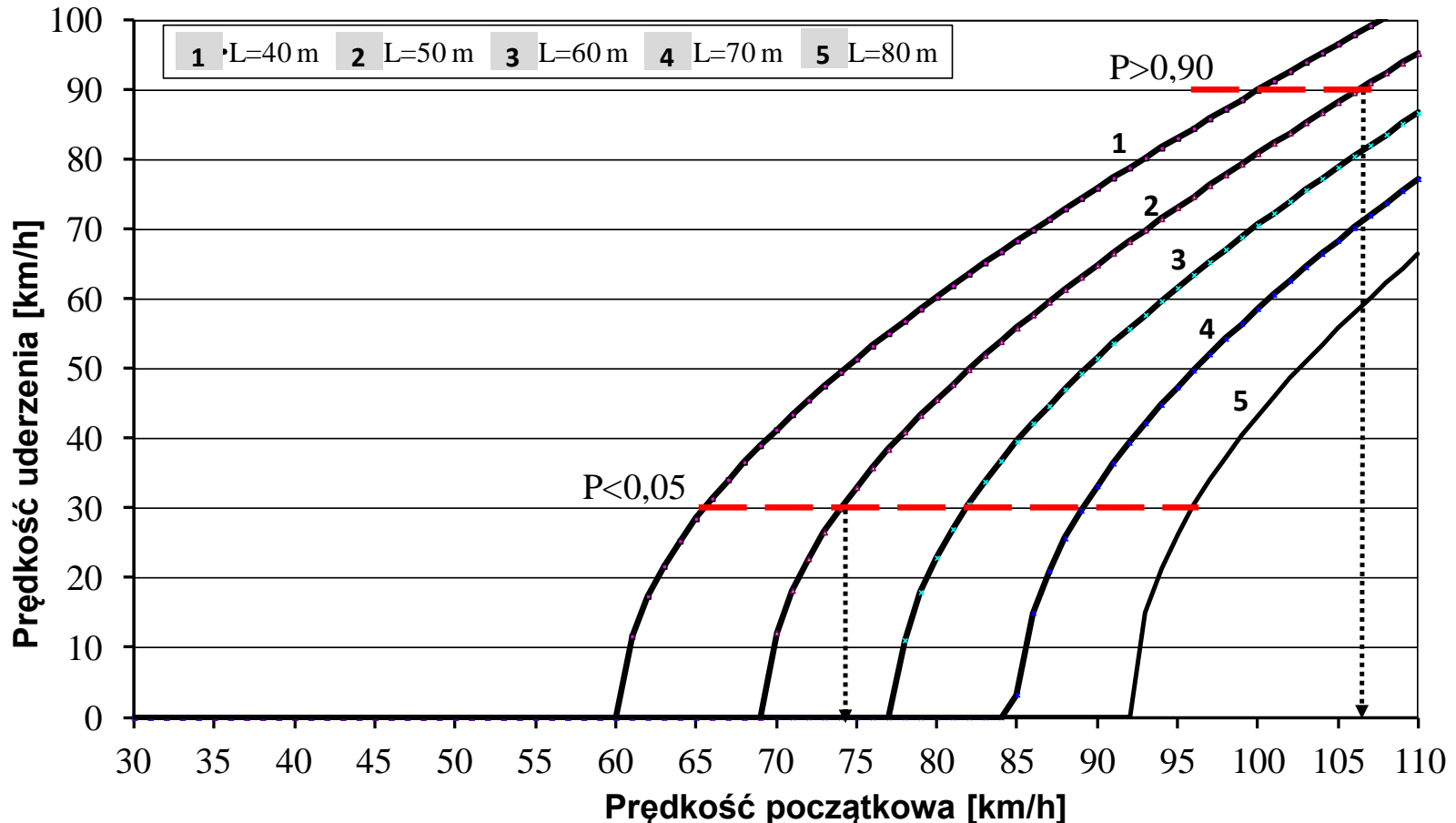
$$LW_i = R_W \cdot P_{Zi} \cdot P_{Ci}$$



**Zależność między prędkością pojazdu w momencie uderzenia w pieszego i ryzykiem śmierci pieszego (Rosen and Sander, 2009)**

# Model oceny zagrożenia pieszych - miara pośrednia

## 2. Wyznaczenie wartości prędkości przy kolizji z pieszym



$L$  – droga hamowania [m],  $t_r$  – czas reakcji [s],

$V_1$  – prędkość początkowa [m/s]

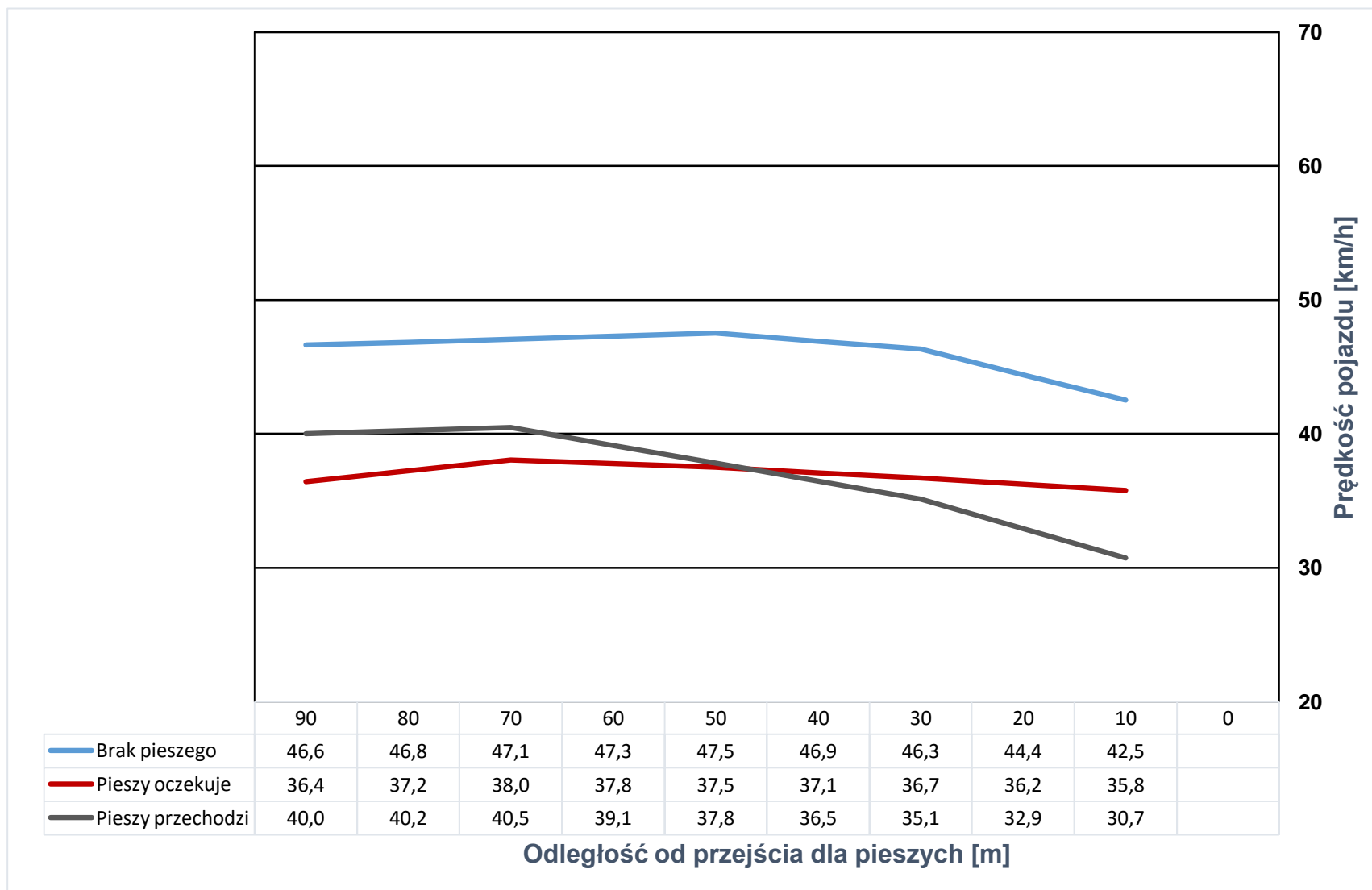
$V_0$  – prędkość końcowa [m/s],

$b$  - opóźnienie [m/s<sup>2</sup>]

$$L = V_1 \cdot t_r + \frac{V_1^2 - V_0^2}{2b}$$

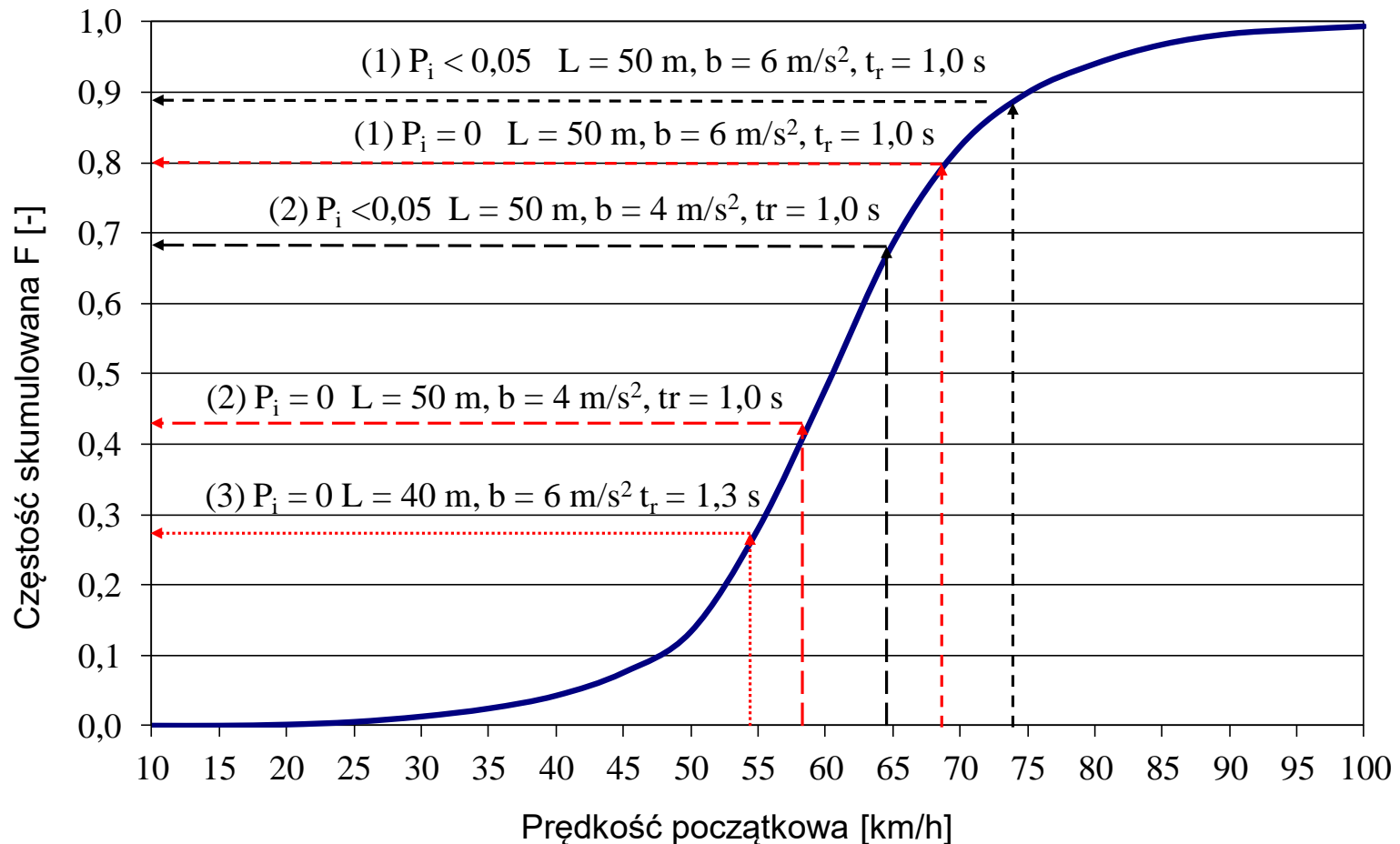


## Przykład badania prędkości na dojeździe do przejścia – $V_{dop} = 50$ km/h



# Model oceny zagrożenia pieszych - miara pośrednia

## 3. Oszacowanie udziału pojazdów poruszających się z prędkością, bezpieczną ( $P=0$ ) i relatywnie bezpieczną ( $P<0,05$ )



sucha nawierzchnia (1); mokra nawierzchnia (2),  $WZ=2.87$ ; noc (3),  $WZ=3.62$

# Model oceny zagrożenia pieszych - miara pośrednia

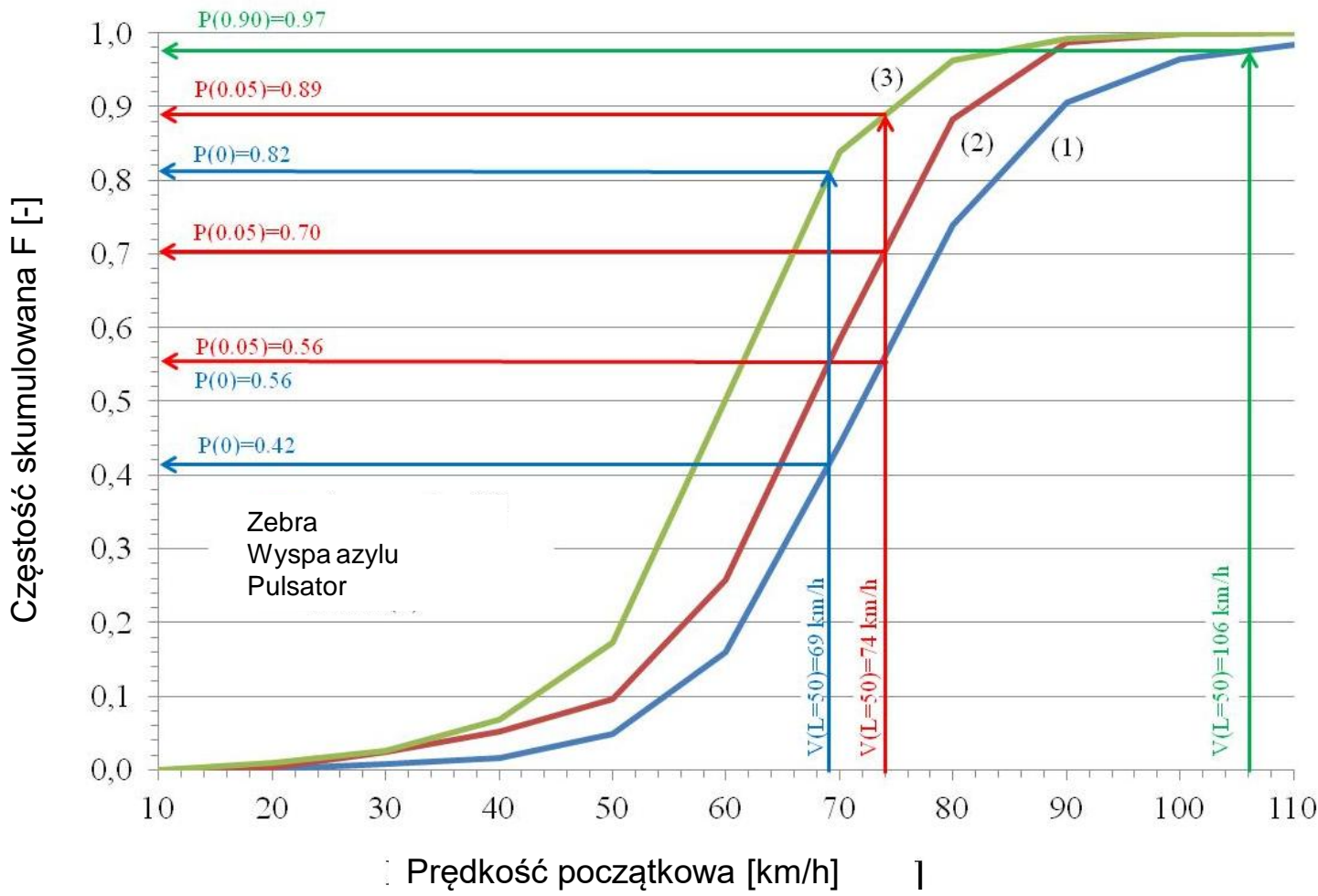
## 4. Oszacowanie relatywnej zmiany zagrożenia dla pieszych

$$WZ = \frac{1 - F_{PA}}{1 - F_{PB}}$$

$F_{PA}, F_{PB}$       wartość dystrybuanty prędkości dla danego  
prawdopodobieństwa  $P$  [-], odpowiednio dla sytuacji A i B

# Przykład oceny zagrożenia pieszych - miara pośrednia

## 3. Oszacowanie działu pojazdów poruszających się z prędkością, bezpieczną ( $P=0$ ) i relatywnie bezpieczną ( $P<0,05$ )



$WZ_{WA} = 0.681 (0.759),$

$WZ_p = 0.250 (0.310)$

# Wpływ typu przejścia dla pieszych na wskaźniki wypadkowe

## miara pośrednia

$$WZ_{WA} = 0.681 (0.759),$$

~42%

$$WZ_p = 0.250 (0.310)$$

~6%

## teren zabudowany

|                          | Typ przejścia |                                 |                          |                                 |
|--------------------------|---------------|---------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
|                          | “zebra” (58%) | Wyspa azylu (21,2%)             | Sygnalizacja (7,4%)      | Pulsator (13,4%)                |
| Ogółem wypadki           | 1.0           | 1.033                           | 1.118                    | 1.192                           |
| Wypadki z pieszymi       | 1.0           | <b>0.394</b><br>(0.359 ; 0.429) | 0.142<br>(0.114 ; 0.170) | <b>0.266</b><br>(0.232 ; 0.300) |
| Śmiertelne ofiary piesze | 1.0           | 0.299<br>(0.265 ; 0.332)        | 0.052<br>(0.03 ; 0.07)   | 0.234<br>(0.201 ; 0.266)        |







TRASA OMBUDSKOWA  
WYDZIAŁOWE  
W WYDZIAŁOWE  
W WYDZIAŁOWE

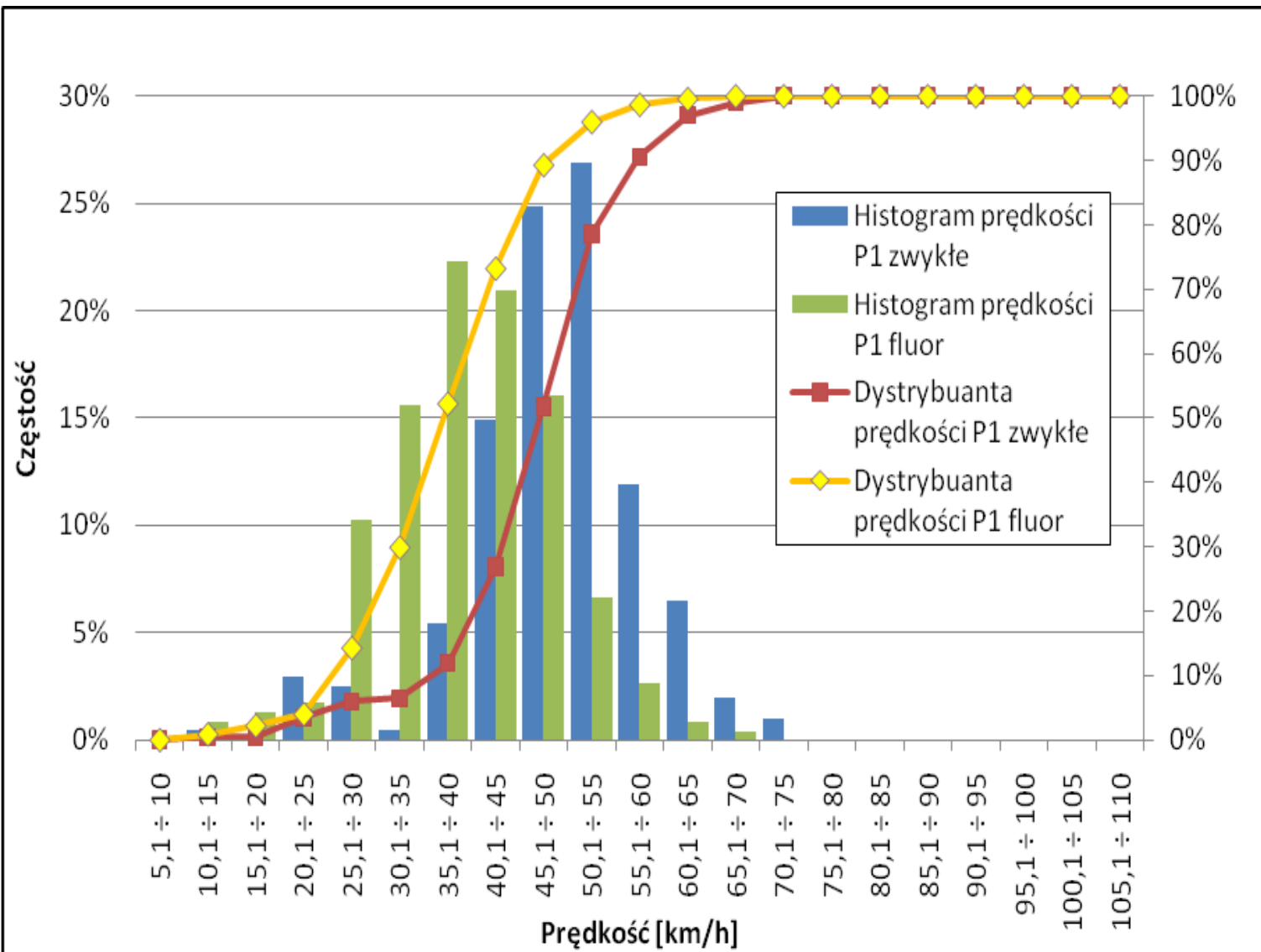








# Badania wpływu rodzaju oznakowania przejść dla pieszych na prędkość pojazdów

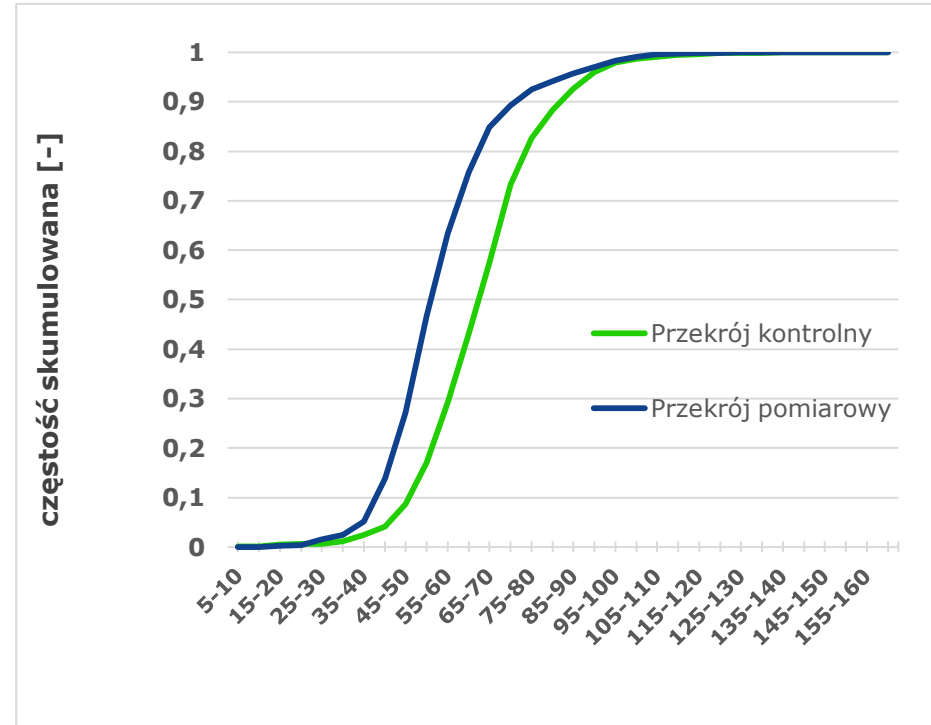
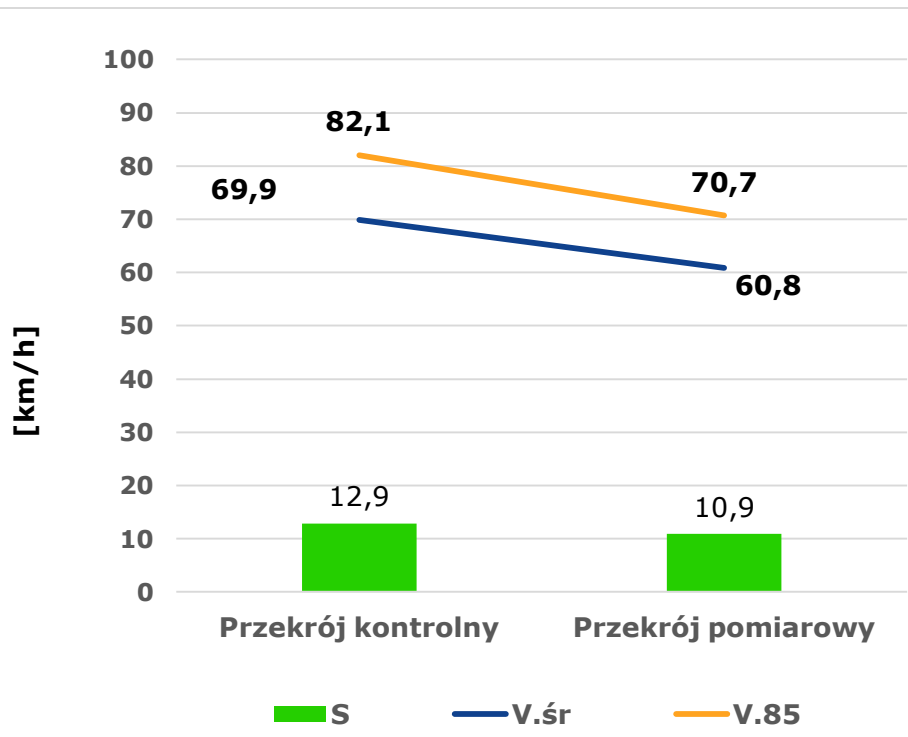


# **Środki zarządzania prędkością**

- 1. obszarowe i lokalne ograniczenia prędkości za pomocą znaków drogowych**
- 2. optyczne zmniejszenie szerokości pasa ruchu za pomocą oznakowania poziomego**
- 3. fizyczne zawężenia przekroju poprzecznego jezdni, jedno lub dwustronne,**
- 4. wyspy środkowe i wyspy azylu dla pieszych**
- 5. wyniesione tarcze skrzyżowania**
- 6. progi zwalniające i progi wyspowe**
- 7. odgięcia toru jazdy, szykany,**
- 8. przekształcenie skrzyżowań na ronda i mini ronda**
- 9. zakrzywienie toru jazdy przy dojeździe do skrzyżowania/przejścia**
- 10. poprzeczne oznakowanie wibroakustyczne**
- 11. automatyczny nadzór prędkości**

# WYNIKI BADAŃ PRĘDKOŚCI

Lokalny limit prędkości - znak B-33 - 50 km/h



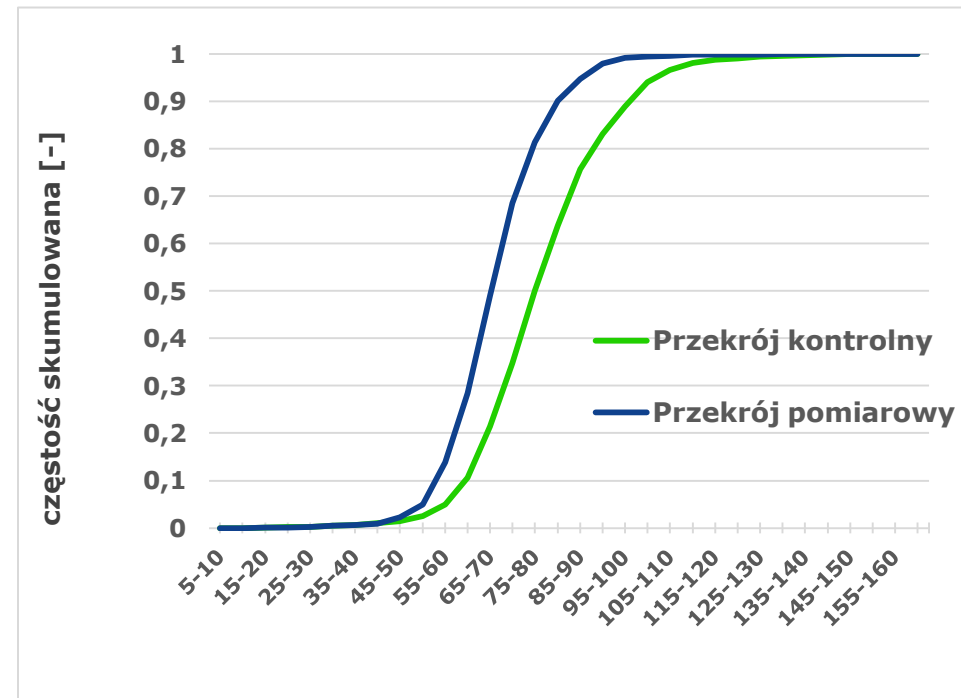
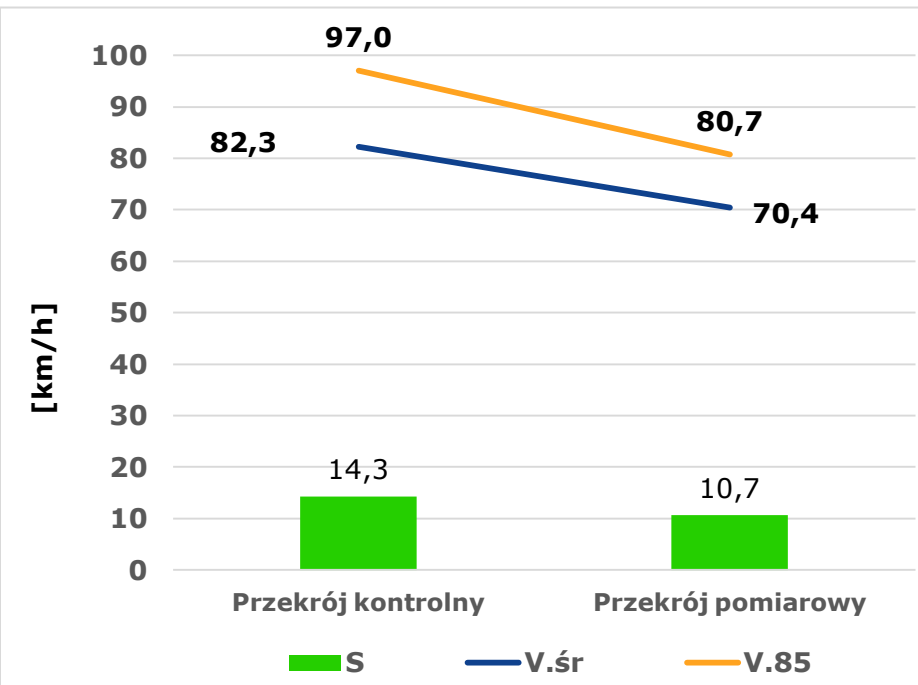
**Przeciętna redukcja prędkości w ruchu swobodnym:**

**V.śr – 13% (3,1 ÷ 13,0 km/h)**

**V85 - 15% (4,9 ÷ 16,8 km/h)**

# WYNIKI BADAŃ PRĘDKOŚCI

Lokalny limit prędkości - znak B-33 - 60 km/h



**Przeciętna redukcja prędkości w ruchu swobodnym:**

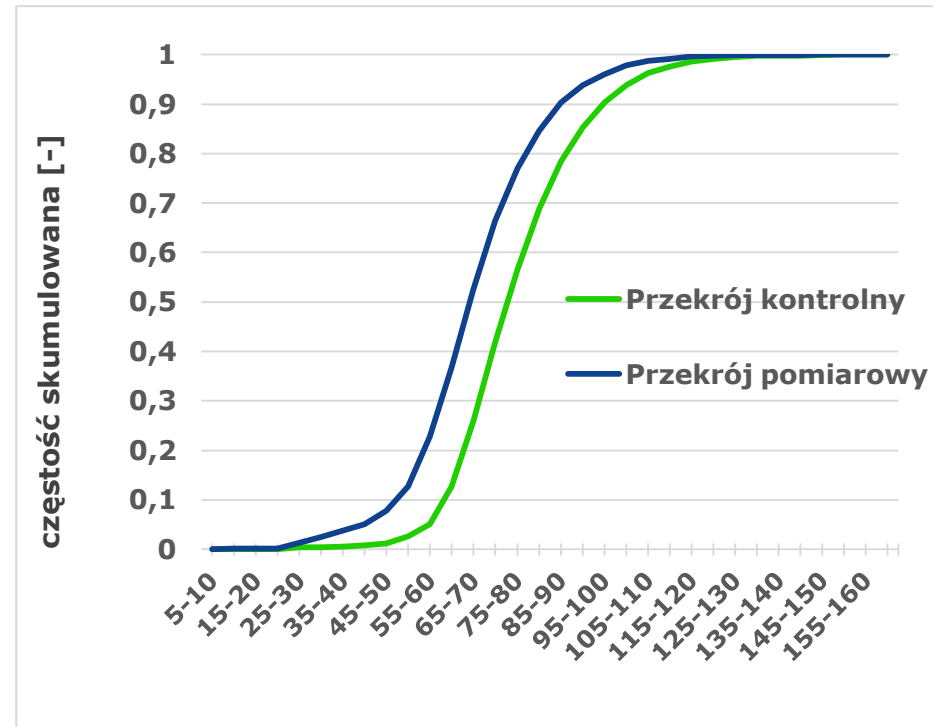
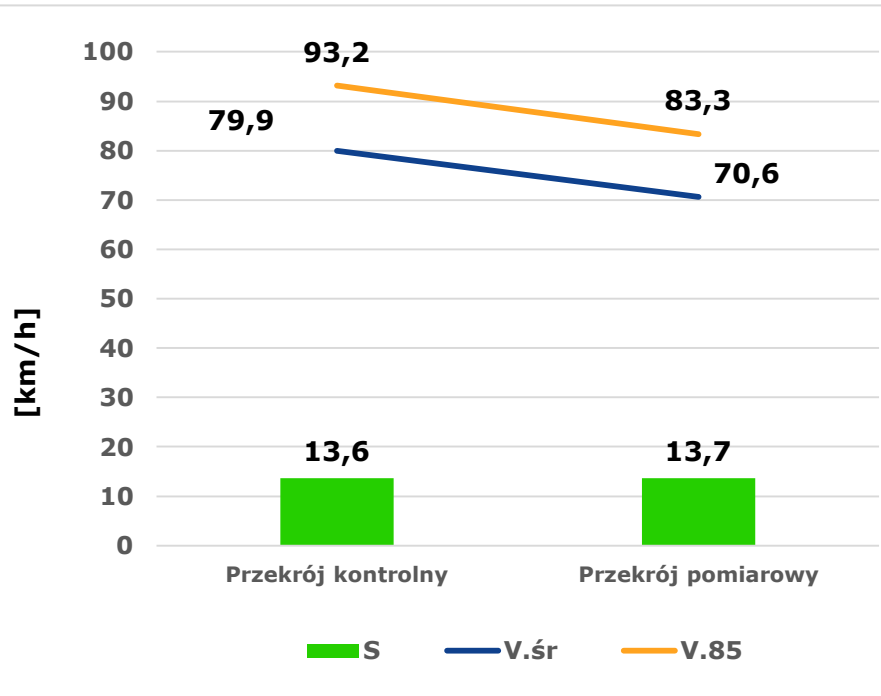
**Vśr – 14% (8,1 ÷ 18,3 km/h)**

**V85 - 17% (10,3 ÷ 25,0 km/h)**



# WYNIKI BADAŃ PRĘDKOŚCI

## Lokalny limit prędkości - znak B-33 - 70 km/h



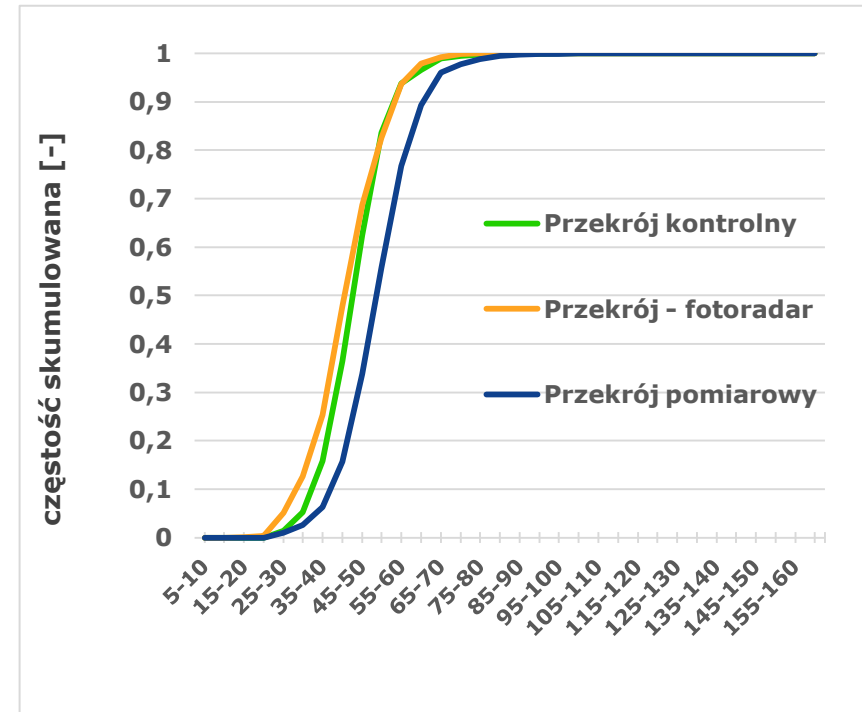
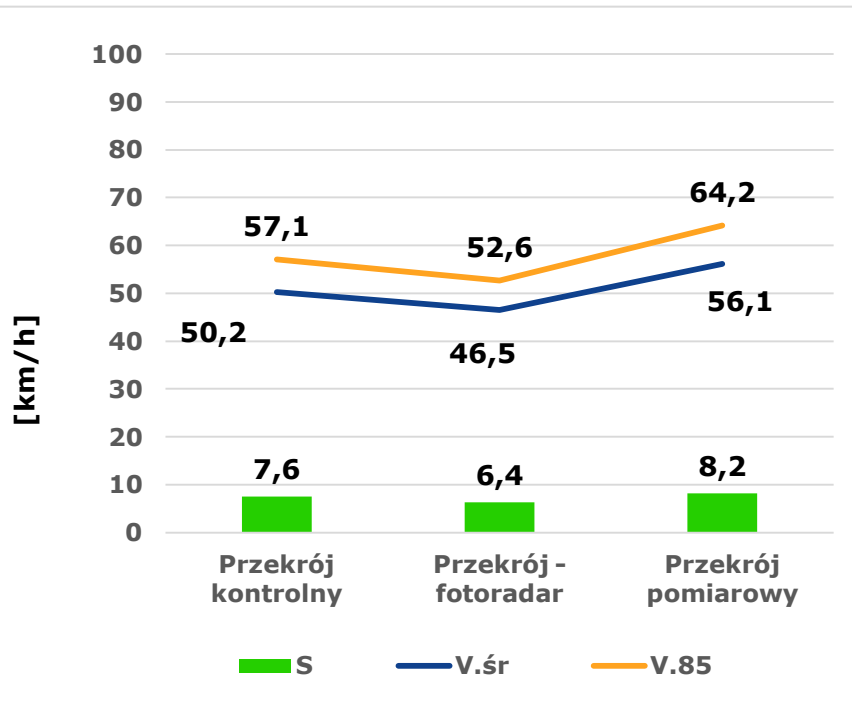
**Przeciętna redukcja prędkości w ruchu swobodnym:**

**Vśr – 11% (-1,0 ÷ 24,7 km/h)**

**V85 - 10% (-5,0 ÷ 30,4 km/h)**

# WYNIKI BADAŃ PRĘDKOŚCI

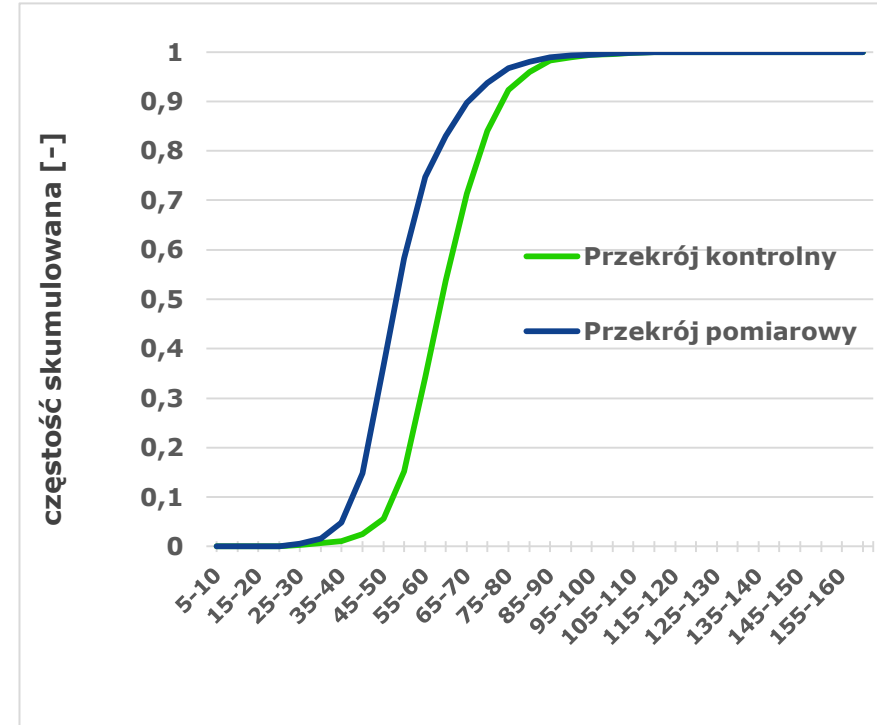
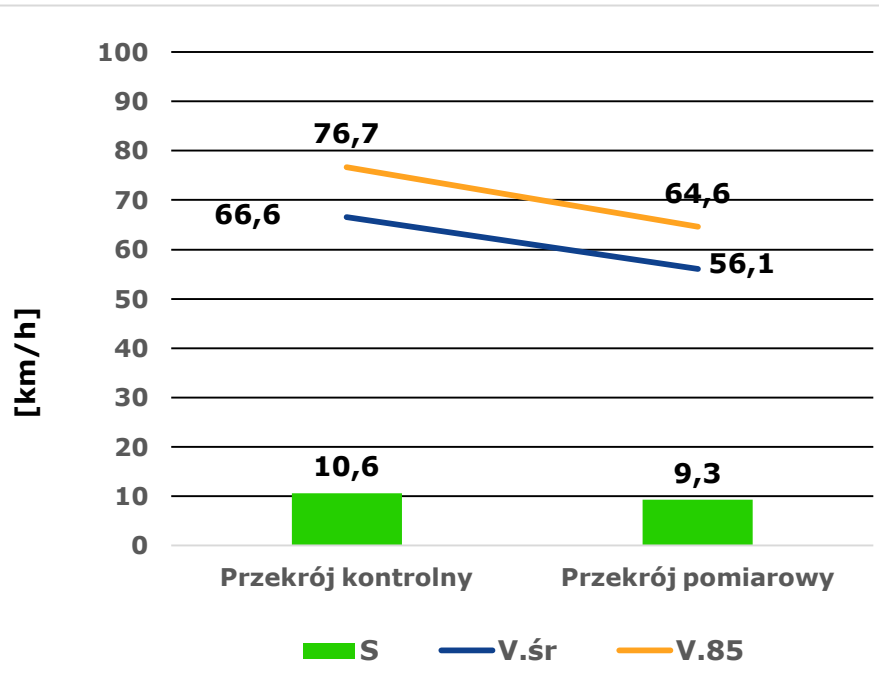
## Stały nadzór prędkości (fotoradar)



**Przeciętna redukcja prędkości w ruchu swobodnym:**  
**V.śr – 12% w przekroju z fotoradarem**  
**V85 - 13% w przekroju z fotoradarem**

# WYNIKI BADAŃ PRĘDKOŚCI

## Okresowy nadzór prędkości (znak D-51)

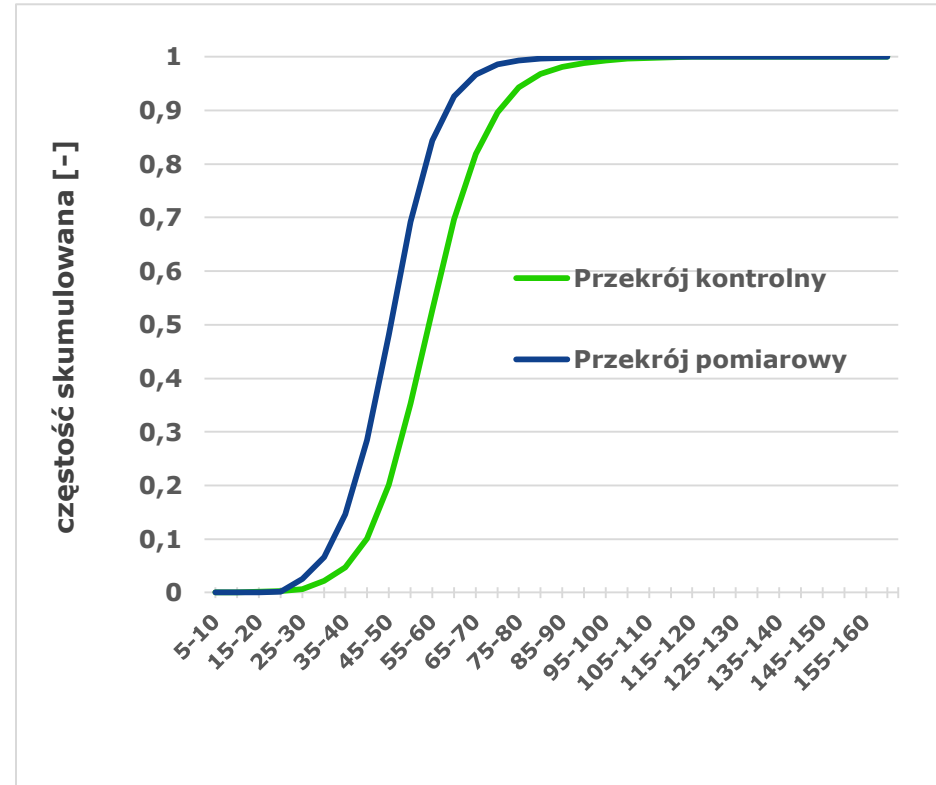
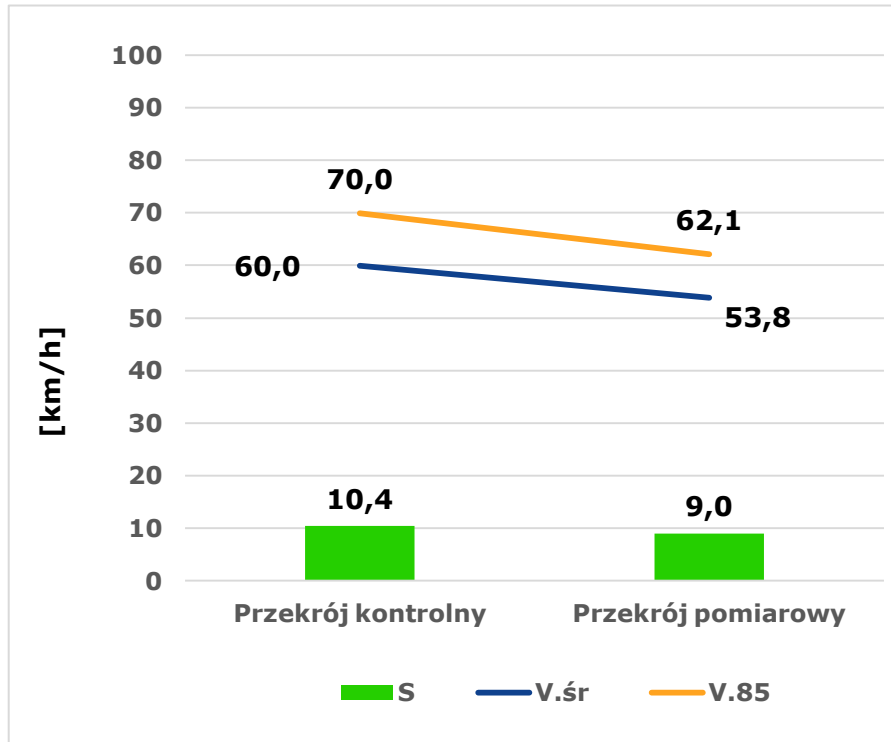


**Przeciętna redukcja prędkości w ruchu swobodnym:**  
**V.śr – 16% w przekroju za znakiem D-51 (-1,0 ÷ 18,5 km/h)**  
**V85 - 16% w przekroju za znakiem D-51 (-2,0 ÷ 19,7 km/h)**



# WYNIKI BADAŃ PRĘDKOŚCI

Kompleksowe uspokojenie ruchu w małej miejscowości



Przeciętna redukcja prędkości w ruchu swobodnym:

Vśr – 5% (-8,9 ÷ 18,1 km/h)

V85 - 7% (-10,2 ÷ 20,9 km/h)

# Współczynnik zmiany liczby wypadków CMF

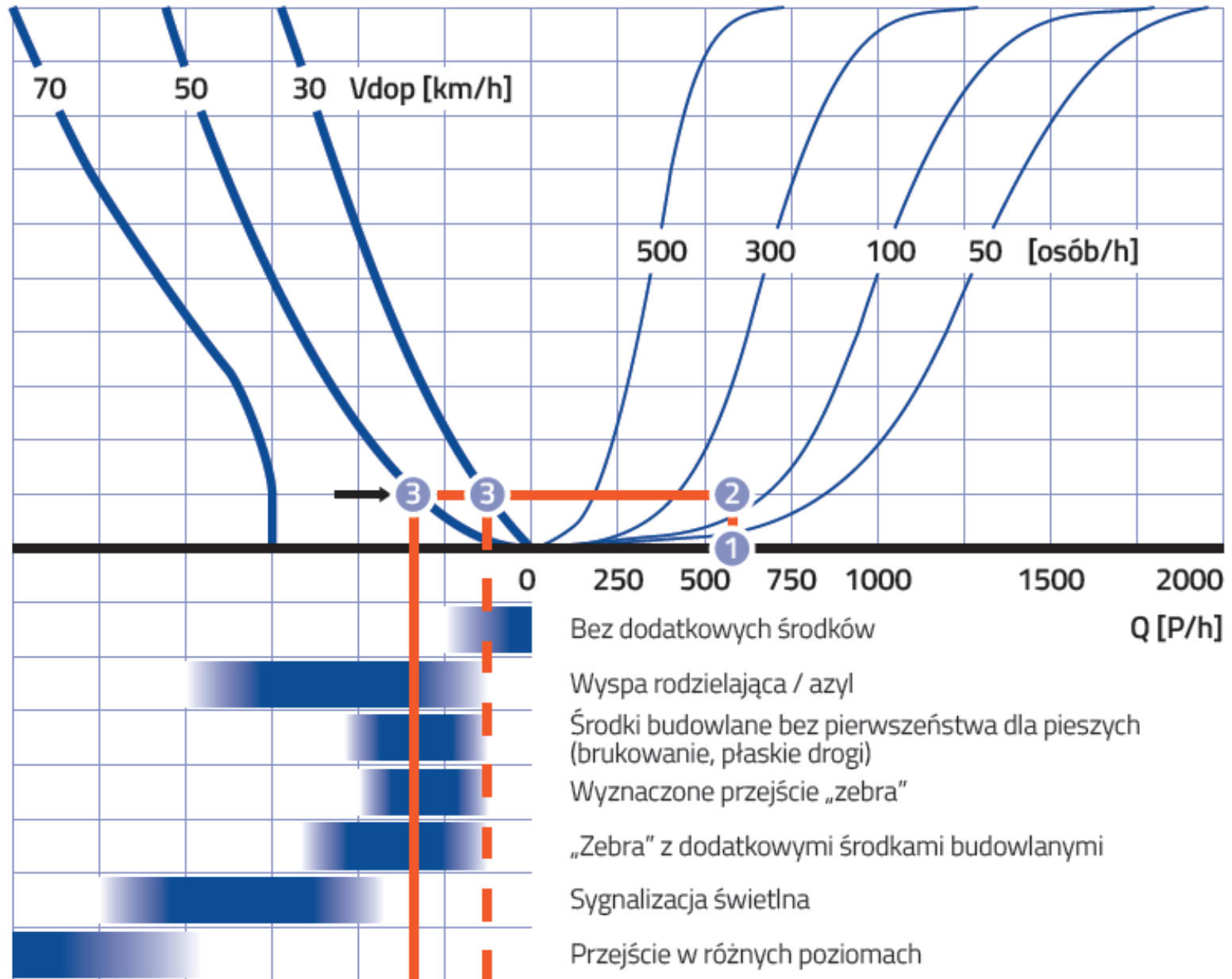
| środek   | teren               | współczynnik zmiany liczby wypadków (CMF) | wypadki       | ciężkość wypadku                   | autorzy              |
|--|---------------------|---|---------------|------------------------------------|----------------------|
| wyniesione przejścia dla pieszych                                | miejski, podmiejski | <b>0,64</b>                               | wszystkie     | ciężko i lekko ranni               | Elvik, Vaa (2004)    |
|  | miejski, podmiejski | <b>0,54</b>                               | pojazd-pieszy | ciężko i lekko ranni               | Elvik, Vaa (2004)    |
|  | miejski, podmiejski | <b>0,7</b>                                | wszystkie     | ciężko i lekko ranni               | Elvik, Vaa (2004)    |
| wyniesiona tarcza skrzyżowania                                   | -                   | <b>1,05</b>                               | wszystkie     | ciężko i lekko ranni               | Elvik, Vaa (2004)    |
|  | -                   | <b>1,13</b>                               | wszystkie     | kolizje (tylko zniszczenie mienia) | Elvik, Vaa (2004)    |
| wyniesiony pas środkowy z oznakowanym przejściem dla pieszych    | miejski, podmiejski | <b>0,54</b>                               | pojazd-pieszy | wszystkie                          | Zegeer i inni (2002) |
| wyniesiony pas środkowy z nieoznakowanym przejściem dla pieszych | miejski, podmiejski | <b>0,61</b>                               | pojazd-pieszy | wszystkie                          | Zegeer i inni (2002) |

# Wnioski

- **Ryzyko wypadków z pieszymi może być szacowane na podstawie miar pośrednich, w tym prędkości**
- **Rejestrowane prędkości w strefie przejść dla pieszych stwarzają bardzo duże, potencjalne ryzyko wypadków śmiertelnych, powiązane z typem przejścia**
- **Typ i wyposażenie przejścia dla pieszych wpływają na zachowania kierujących pojazdami i zagrożenia pieszych**
- **Ograniczenia prędkości znakami B-33 ma ograniczoną skuteczność**
- **Konieczne jest wprowadzenie dodatkowych środków wymuszających redukcję prędkości pojazdów w obrębie przejść dla pieszych**

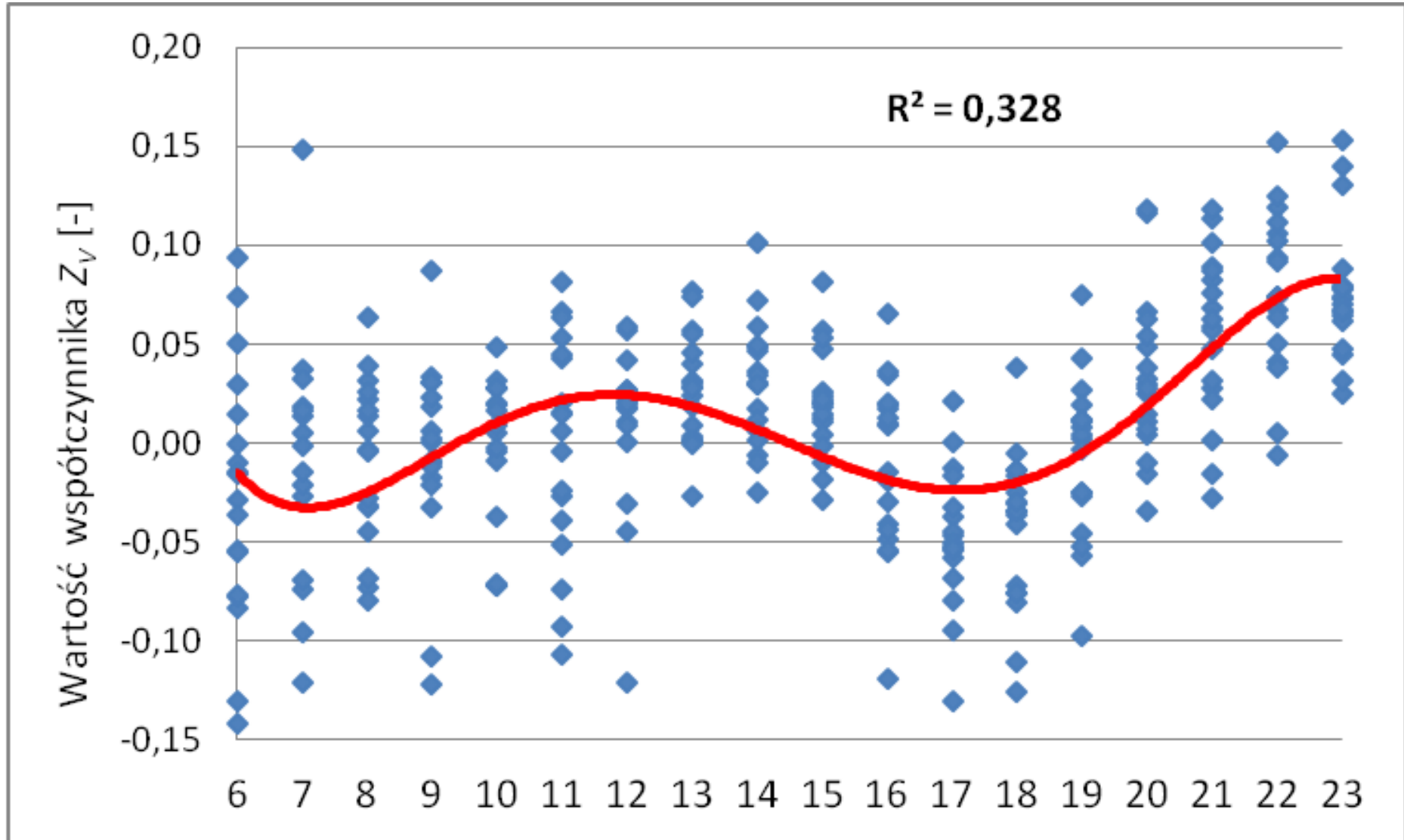


# Kryteria wyboru typu przejścia





# Badania wpływu warunków oświetlenia na prędkość



**Dobowa zmienność współczynnika  $Z_v$  na odcinkach przejść drogowych przez miejscowości w miesiącach zimowych (grudzień – luty).**