



**POLITECHNIKA
GDAŃSKA**

Wydłużenie okresu trwałości nawierzchni dzięki utrzymaniu dobrej równości

Dawid Ryś, Piotr Jaskuła

Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

Katedra Inżynierii Drogowej

PREDYKCJA STANU NAWIERZCHNI JEST KLUCZOWYM ELEMENTEM „ROAD ASSET MANAGEMENT”



Obciążenia dynamiczne a predykcja stanu nawierzchni

Wzrost obciążeń dynamicznych pojazdów



Większe wyężenie konstrukcji nawierzchni



Spadek trwałości zmęczeniowej



Skrócenie okresu do remontu nawierzchni

Dynamiczne obciążenia pojazdów istotnie zależą od:

- Prędkości pojazdu
- Równości nawierzchni (wskaźnika IRI)
- Parametrów zawieszenia

Ocena wpływu równości nawierzchni, mierzonej wskaźnikiem IRI, na oddziaływania dynamiczne pojazdów ciężkich i trwałość nawierzchni

Wskaźnik równości nawierzchni IRI

- Profil nawierzchni mierzony w dowolny sposób
- Po zadanym profilu porusza się wirtualny pojazd – „quater car”
- Parametry zawieszenia wirtualnego pojazdu są standardowe
- Wirtualny pojazd jedzie z prędkością 60 km/h
- Program komputerowy analizuje dynamikę ruchu pojazdu
- Wyższe IRI = gorsza równość

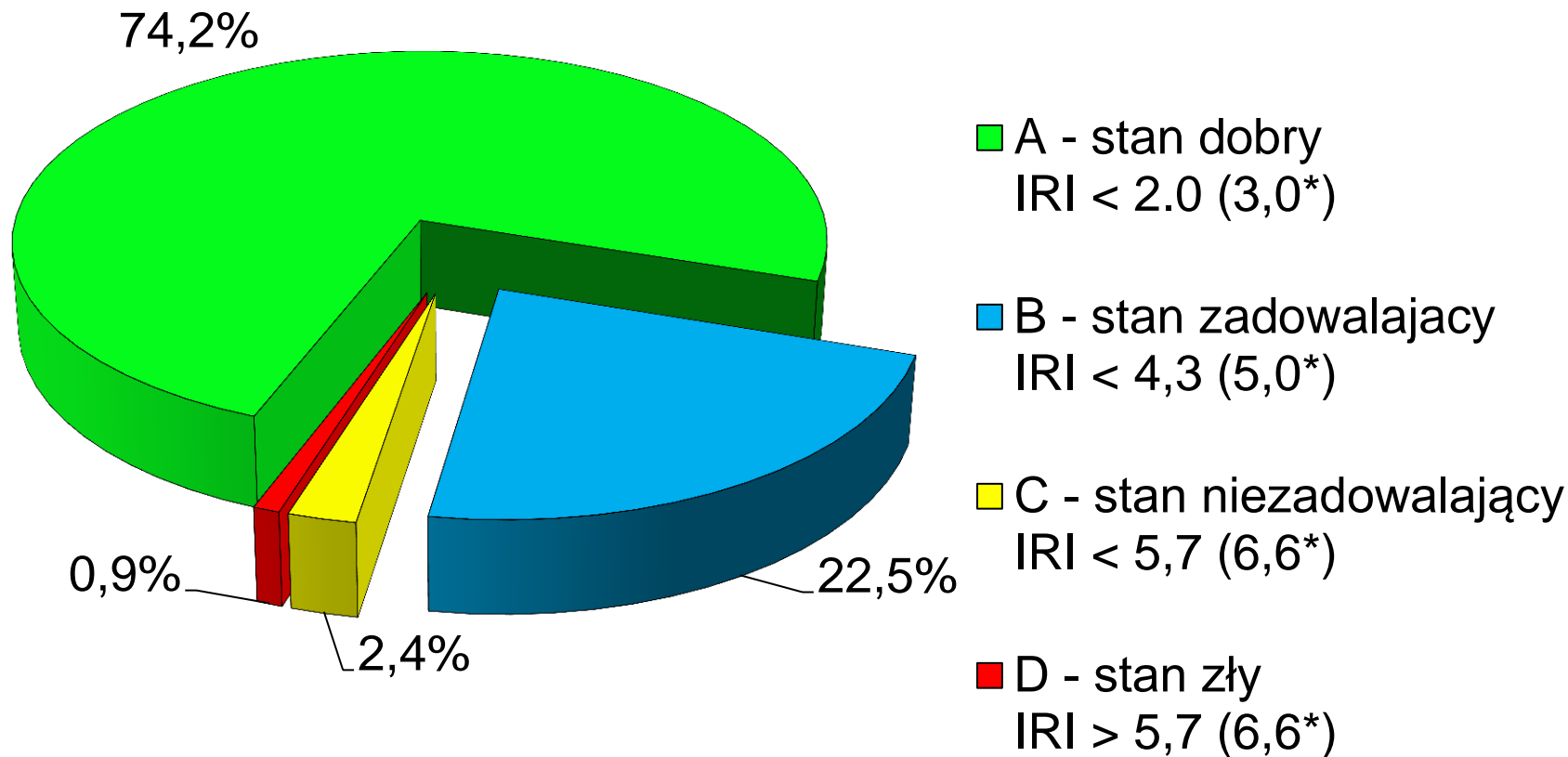
Wskaźnik równości nawierzchni IRI

Wskaźnik równości nawierzchni IRI

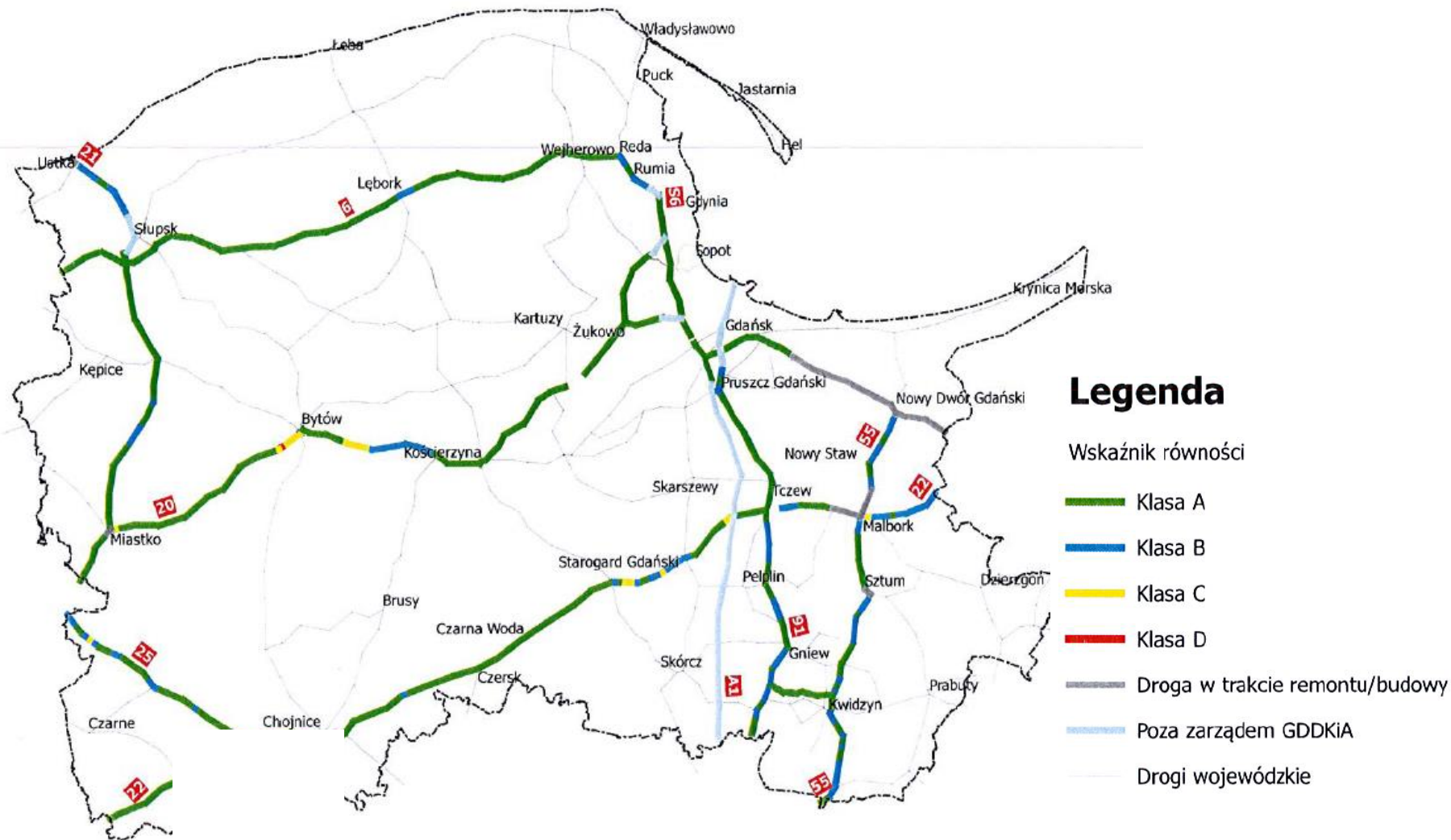
Odbiór nowej drogi

- Drogi klasy A,S, GP:
 - $IRI_{\acute{s}r} = 1,3$
 - $IRI_{\max} = 2,4$
- Drogi klasy G:
 - $IRI_{\acute{s}r} = 1,7$
 - $IRI_{\max} = 3,4$

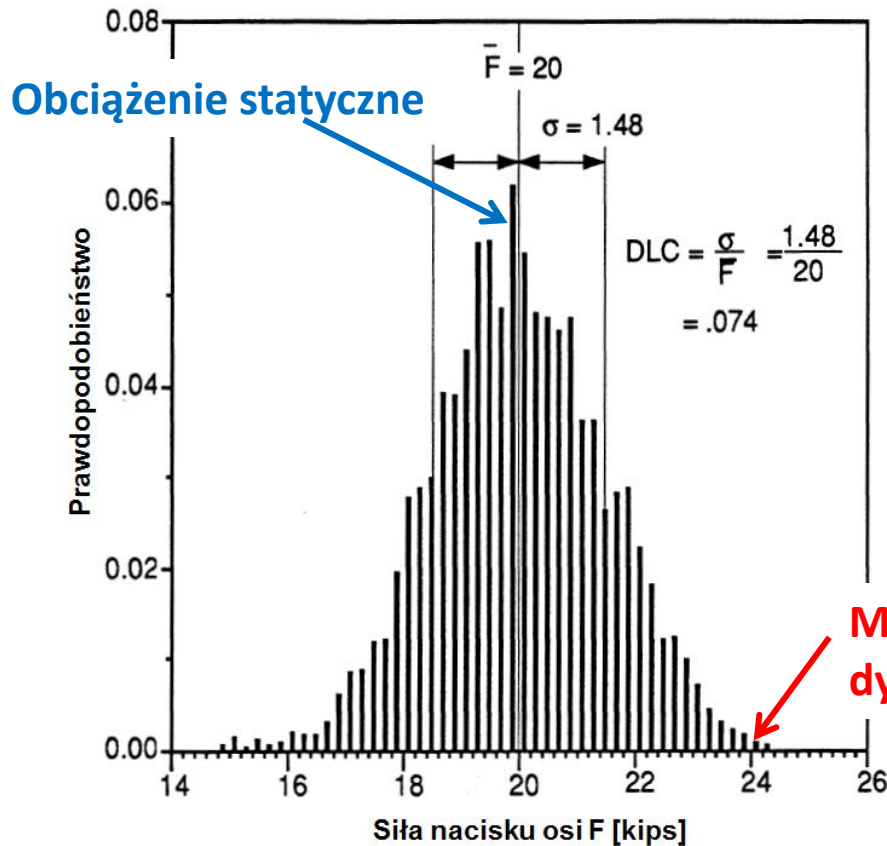
STAN RÓWNOŚCI DRÓG KRAJOWYCH w Polsce (2017)



STAN RÓWNOŚCI DRÓG KRAJOWYCH - przykład GDDKiA o/Gdańsk (2017)



Przykładowy pomiar dynamicznych nacisków osi



WSKAŹNIKI NACISKÓW DYNAMICZNYCH:

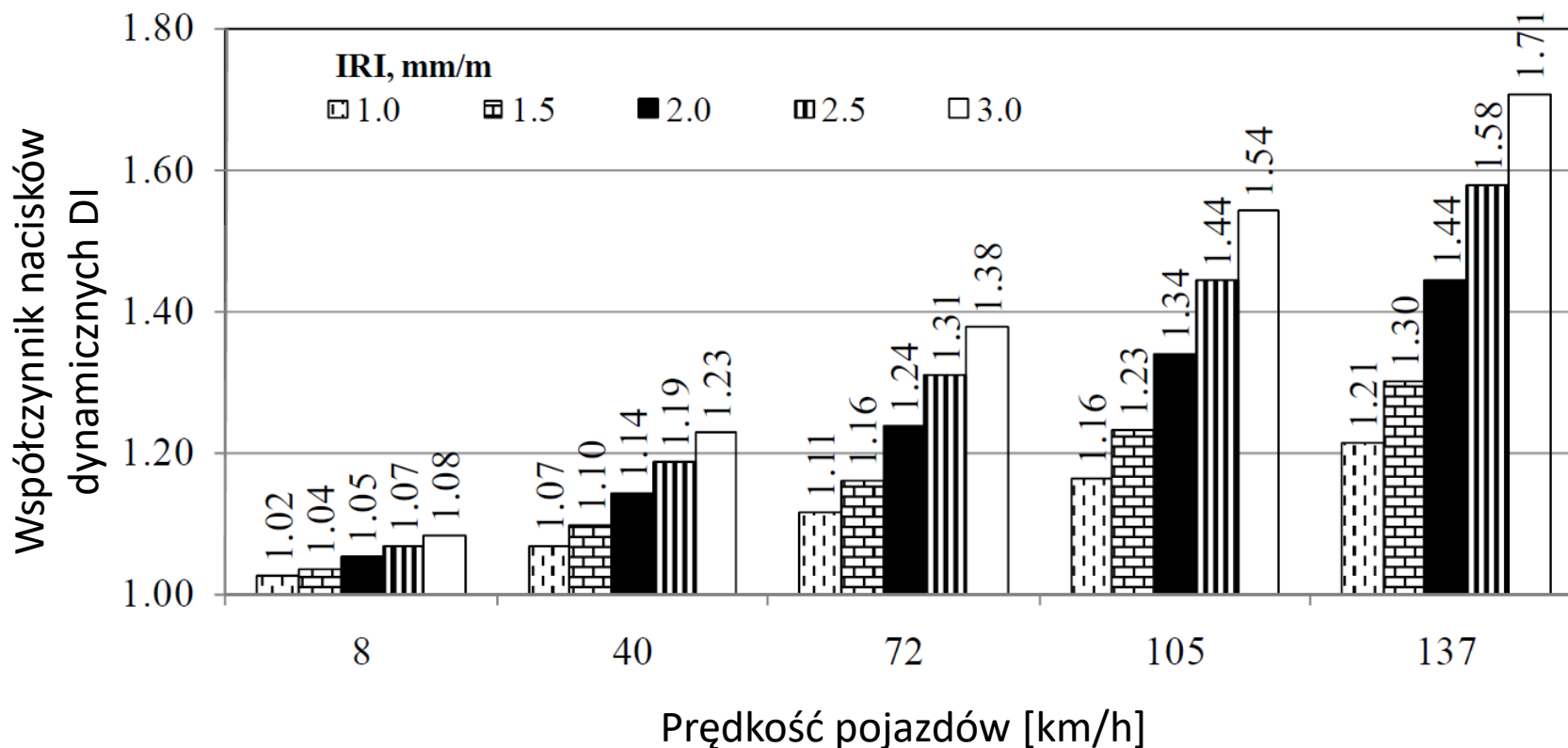
„Dynamic Load Coefficient”

$$DLC = \frac{\sigma}{\bar{F}}$$

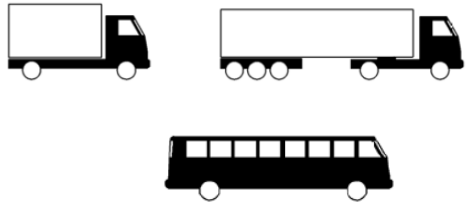
„Dynamic Impact Factor”

$$DI = 1 + Z_r DLC$$

RÓWNOŚĆ NAWIERZCHNI I PRĘDKOŚĆ POJAZDÓW A OBCIĄŻENIA DYNAMICZNE



Przyjęty model: $DI = 1 + \alpha \cdot V \cdot IRI$



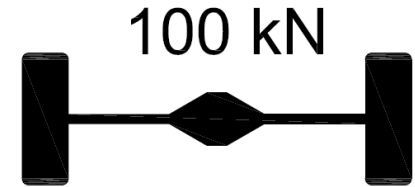
Liczba pojazdów
lub osi

x

Współczynnik
równoważności
obciążenia

=

Liczba równoważnych
osi standardowych



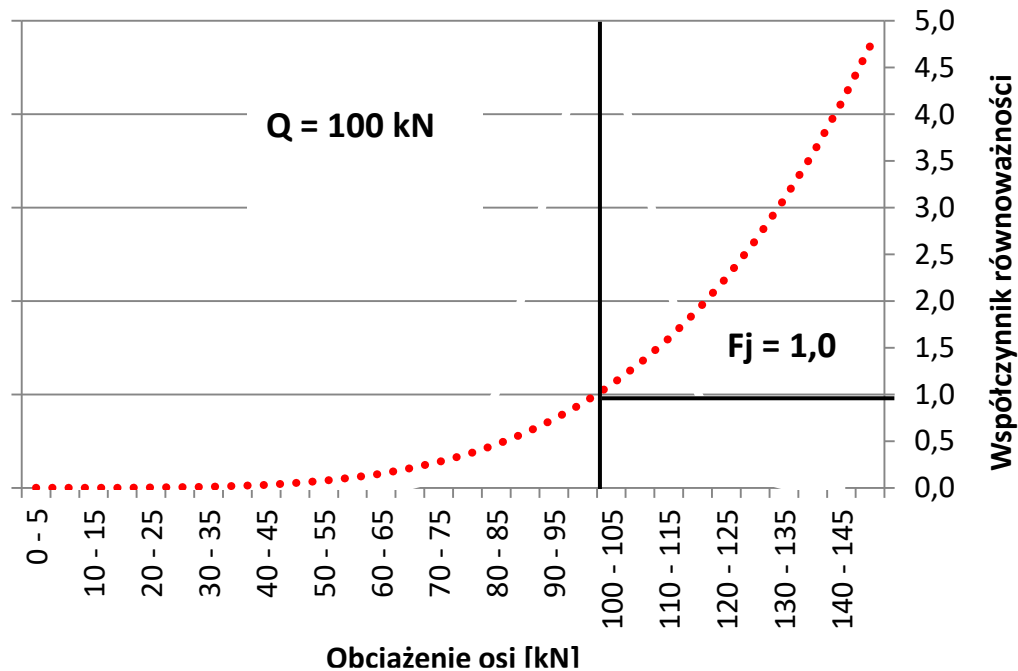
Q_j - zmienne

$$F_j = \left(\frac{Q_j}{Q_s} \right)^n$$

$Q_s = 100 \text{ kN}$

OBCIĄŻENIE DYNAMICZNE A WSPÓŁCZYNNIK RÓWNOWAŻNOŚCI

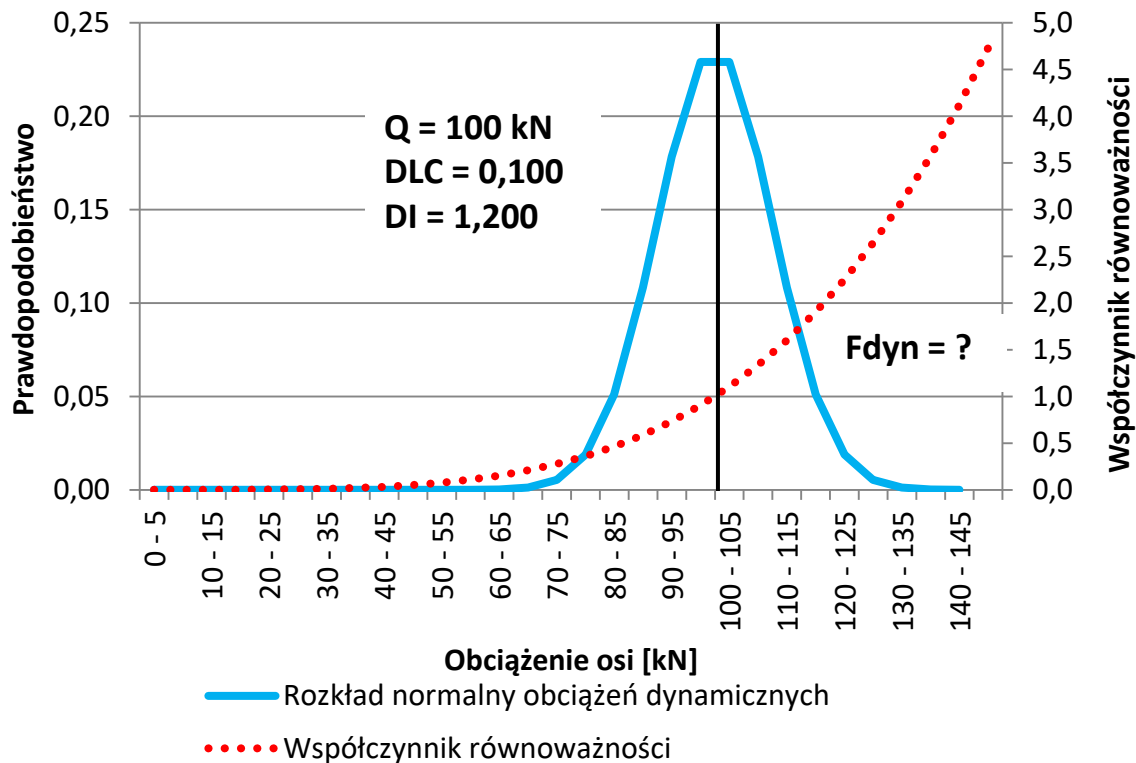
- Współczynnik równoważności obliczono na podstawie wzoru czwartej potęgi



..... Współczynnik równoważności

OBCIĄŻENIE DYNAMICZNE A WSPÓŁCZYNNIK RÓWNOWAŻNOŚCI

- Współczynnik równoważności obliczono na podstawie wzoru czwartej potęgi
- Przyjęto rozkład normalny obciążeń dynamicznych



Wykonano następujące przekształcenie:

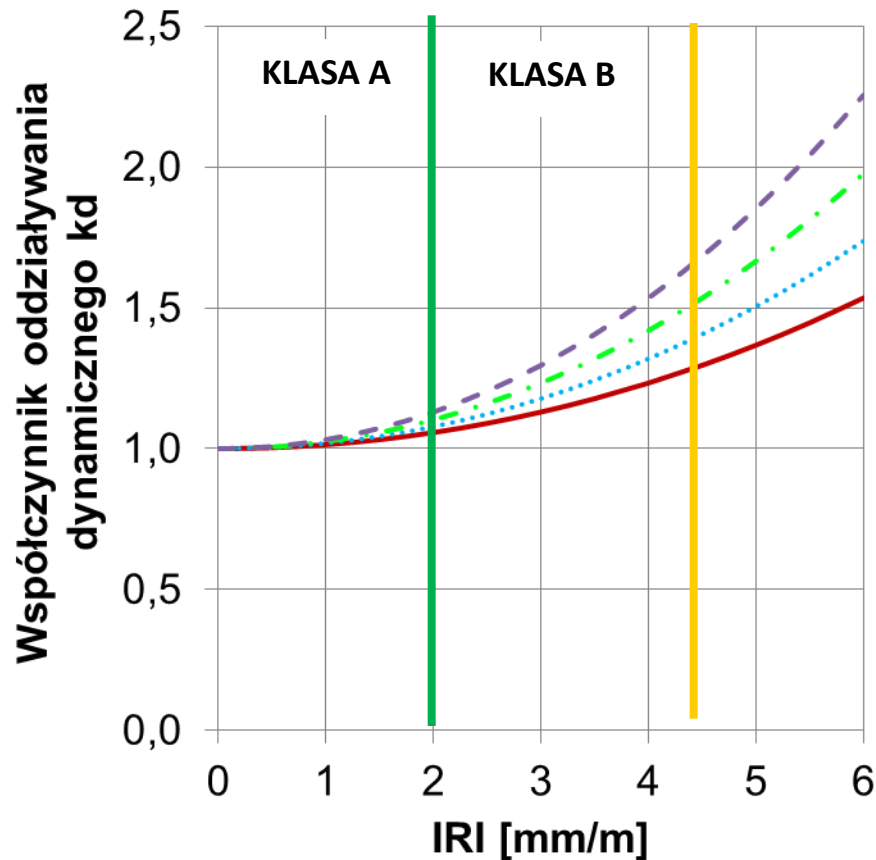
$$F_{dyn} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_{dyn_i}}{Q_s} \right)^4 p_i = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_{stat} + \mu_i \cdot DLC \cdot Q_{stat}}{Q_s} \right)^4 p_i$$

$$F_{dyn} = \left(\frac{Q_{stat}}{Q_s} \right)^4 \cdot \sum_{i=1}^n (1 + \mu_i \cdot DLC)^4 p_i = k_d \left(\frac{Q_{stat}}{Q_s} \right)^4$$

$$F_{dyn} = k_d F_{stat}$$

$$k_d = \sum_{i=1}^n (1 + \mu_i \cdot DLC)^4 p_i$$

WPŁYW RÓWNOŚCI NAWIERZCHNI NA WSPÓŁCZYNNIK DYNAMICZNEGO ODDZIAŁYWANIA POJAZDÓW k_d



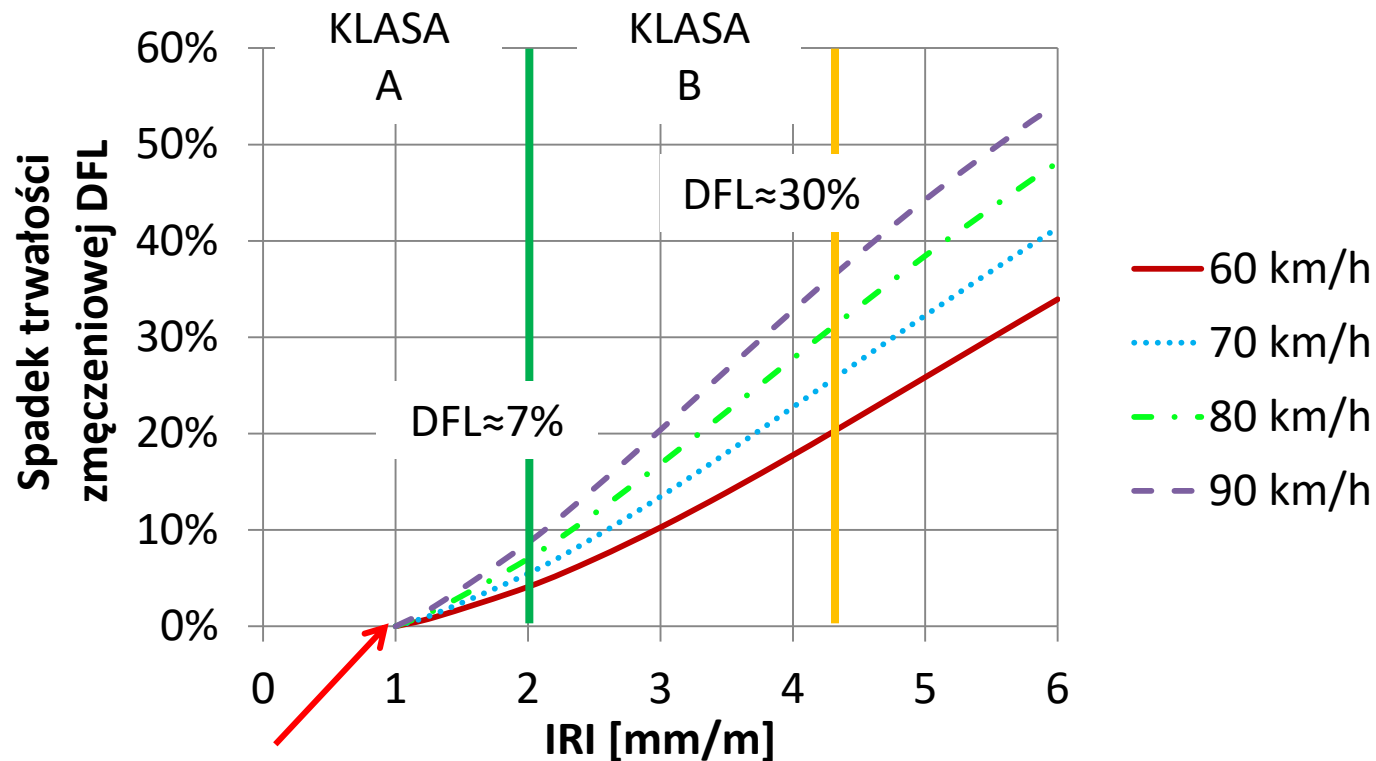
**Wzrost IRI – pogorszenie
równości oznacza wzrost
współczynnika
równoważności
obciążenia pojazdów**

Średnia prędkość

— 60 km/h	····· 70 km/h
- - - 80 km/h	- · - · 90 km/h

WPŁYW RÓWNOŚCI NA TRWAŁOŚĆ NAWIERZCHNI

$$DFL (\%) = \left(1 - \frac{F_{dyn,IRIp}}{F_{dyn,IRI}} \right) = \left(1 - \frac{k_{d,IRIp} \cdot F_{stat}}{k_{d,IRI} \cdot F_{stat}} \right) = \left(1 - \frac{k_{d,IRIp}}{k_{d,IRI}} \right)$$



Poziom porównawczy
IRI = 1,0

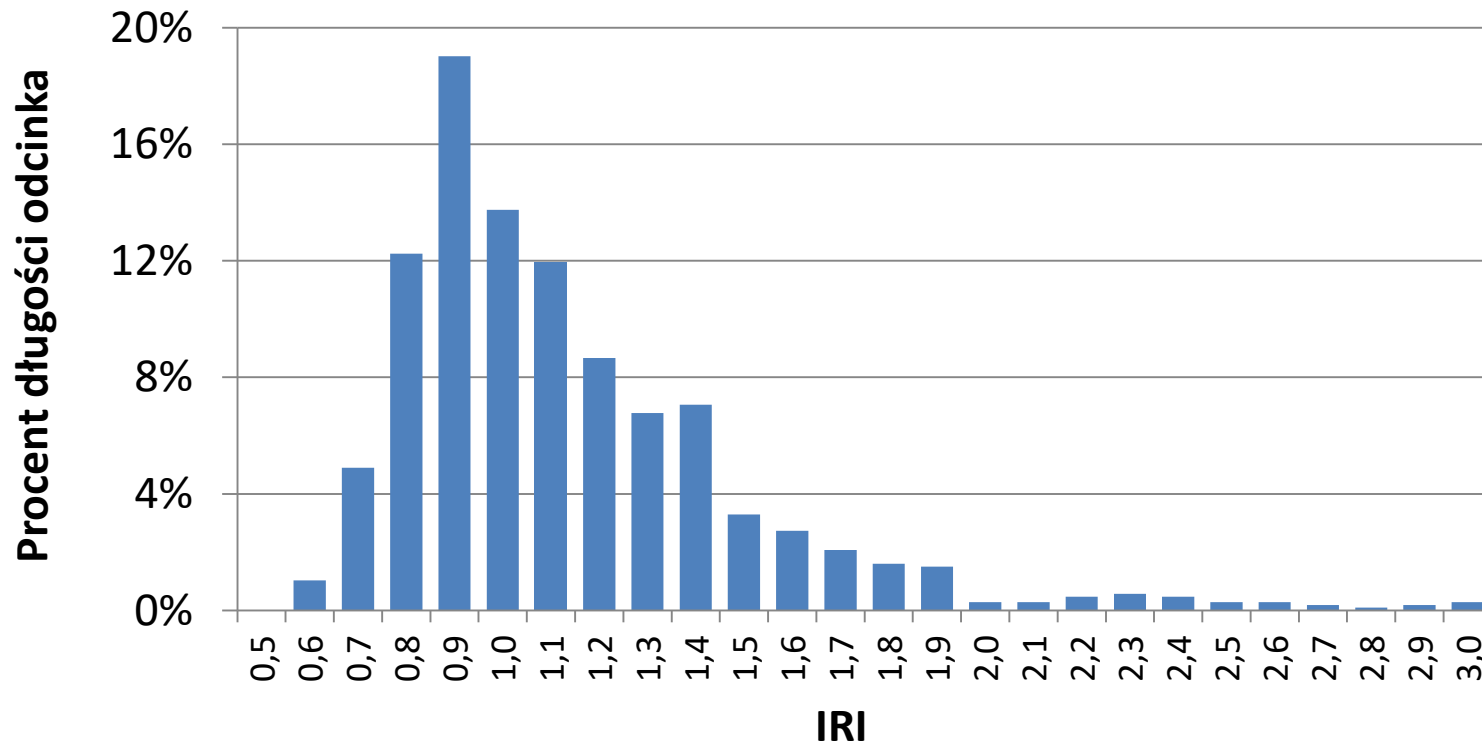
- **Droga ekspresowa**
- **2012 – oddanie do ruchu**
- **Długość 18 km**
- **Klasa równości A**

- **Dane pomiarowe:**
 - **profilograf RSP**
 - **Rok 2014**

Klasa równości A wg DSN

IRI obliczane co 50 m

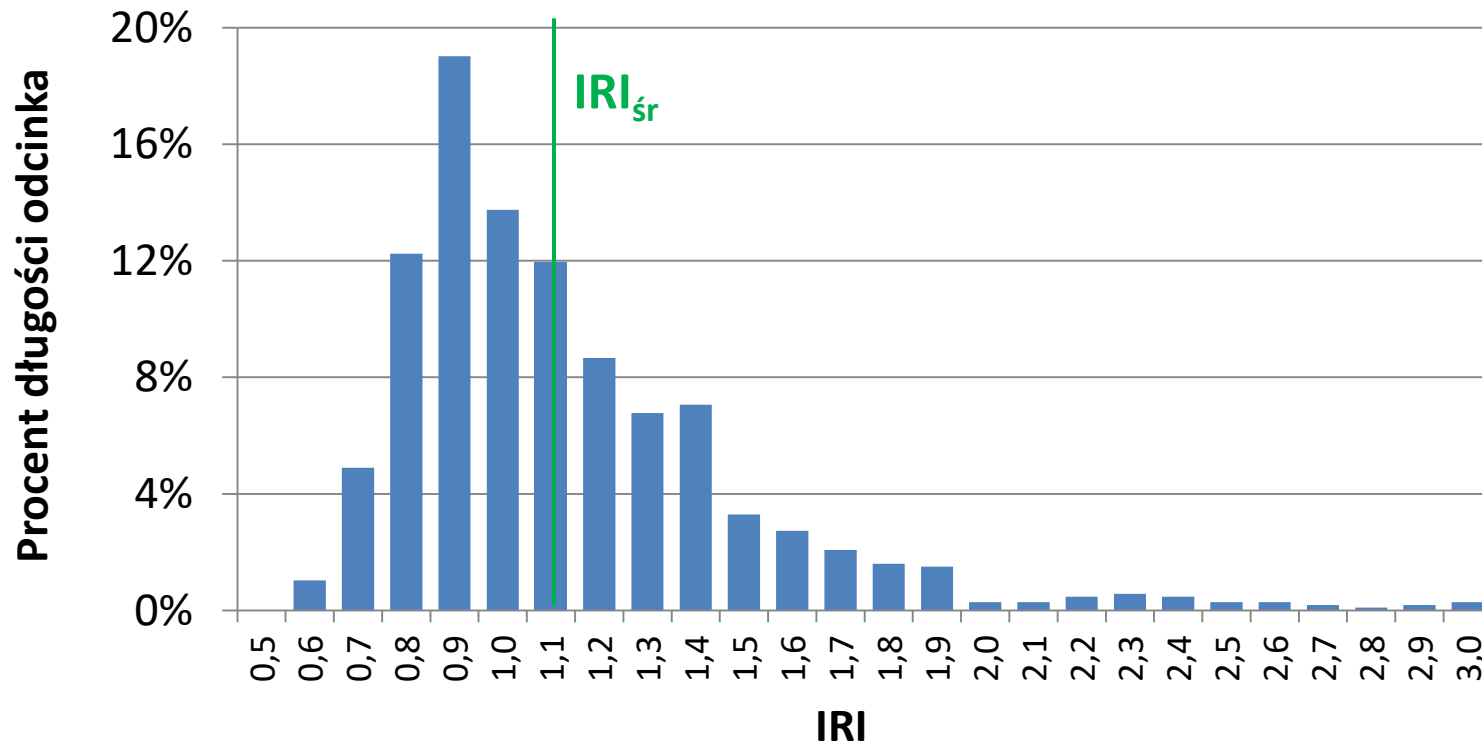
$IRI_{\text{śr}} = 1,1$ dla całego 18 km odcinka



Klasa równości A wg DSN

IRI obliczane co 50 m

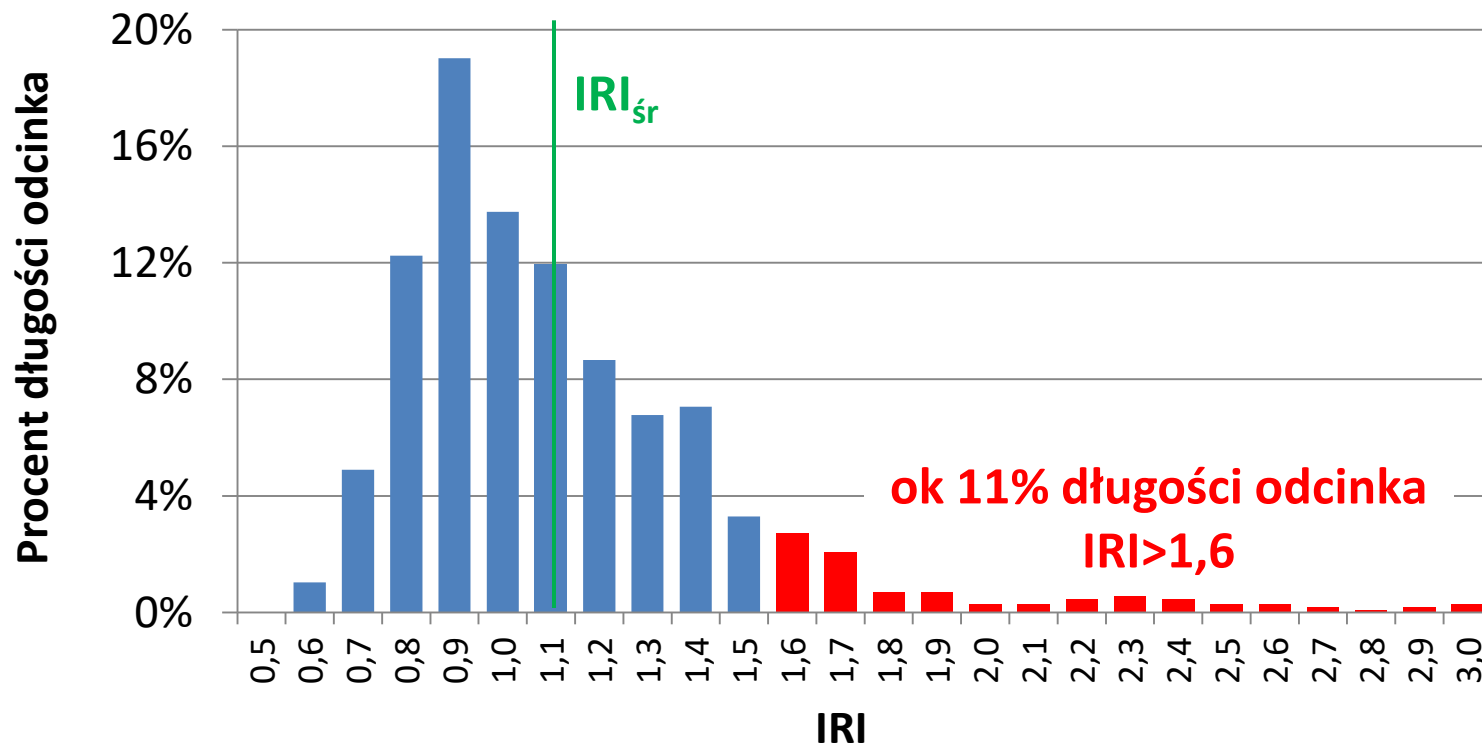
$IRI_{\text{śr}} = 1,1$ dla całego 18 km odcinka



Klasa równości A wg DSN

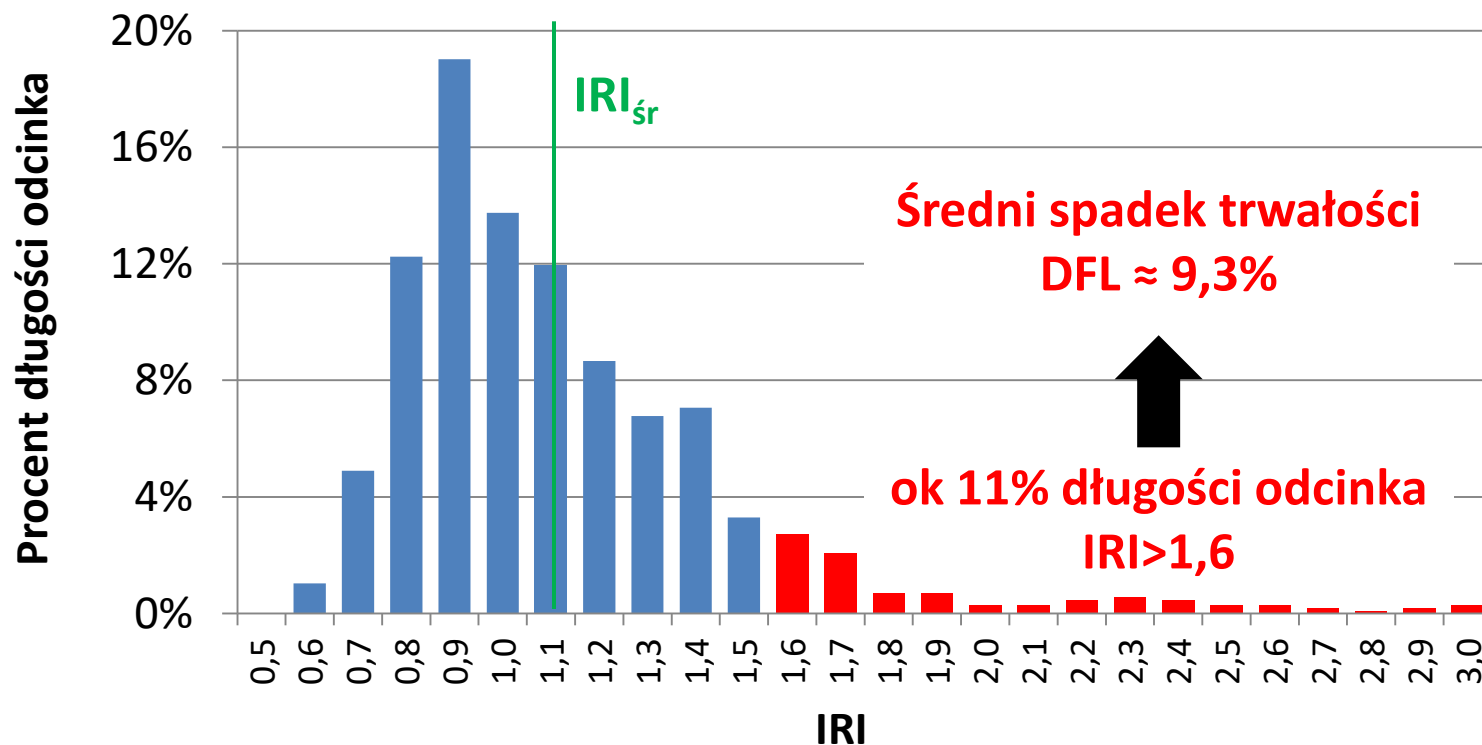
IRI obliczane co 50 m

$IRI_{\text{śr}} = 1,1$ dla całego 18 km odcinka

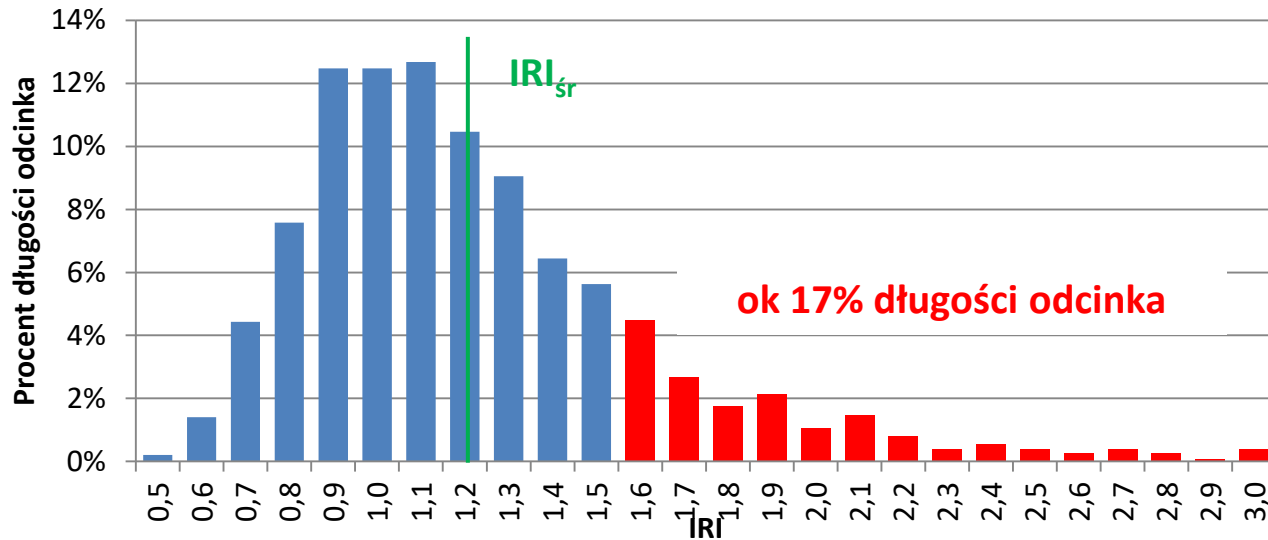


PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA

**Na łącznej długości ok 2 km (11%)
stan krytyczny zostanie osiągnięty szybciej o ok 9,3%
niż na pozostałych odcinkach**

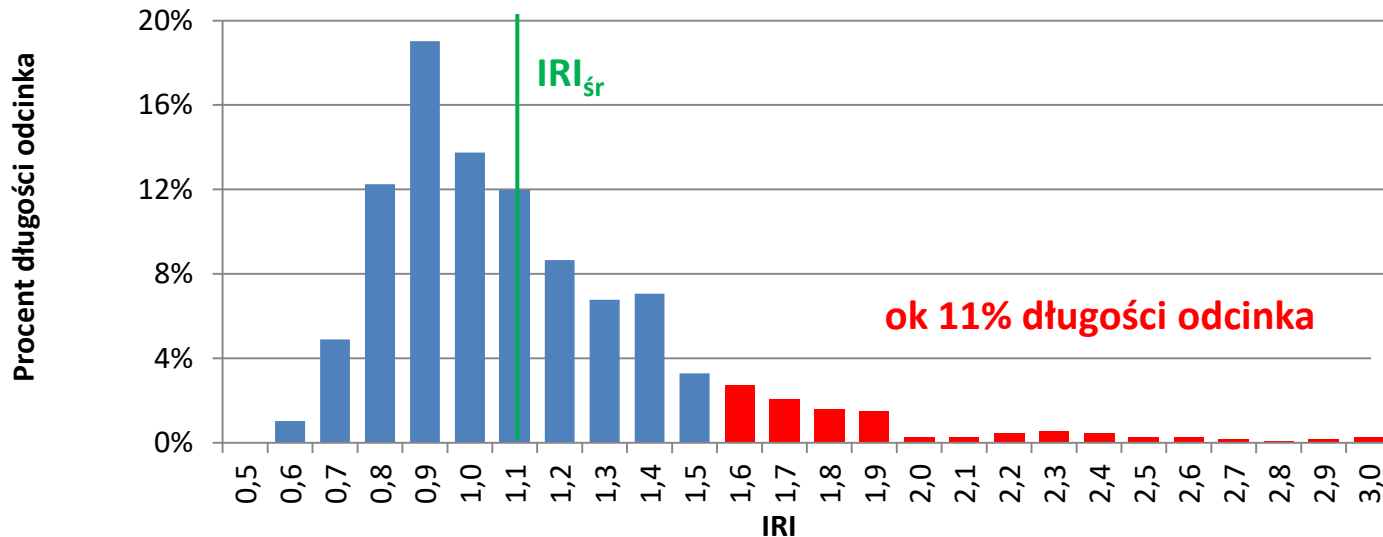


PORÓWNANIE 2 PRZYPADKÓW



droga 12 letnia

DFL \approx 9,0%



droga 2 letnia

DFL \approx 9,3%

- **Oddziaływania dynamiczne na równych odcinkach o IRI ≈ 1 nieznacznie wpływają na trwałość**
- **Odcinki o gorszej równości ulegają znacznie szybszej degradacji**
- **Oddziaływania dynamiczne pojazdów powinny być uwzględniane przy predykcji stanu nawierzchni i planowaniu utrzymania**



**Dziękuję za
uwagę**