

**Odporność na zmęczenie  
i pękanie  
mieszanek mineralno-  
asfaltowych z różnymi asfaltami**

**dr inż. Krzysztof Błażejowski  
mgr inż. Marta Wójcik-Wiśniewska**

**IV Śląskie Forum Drogownictwa  
13.04.2016 r.**



**ORLEN. NAPĘDZAMY PRZYSZŁOŚĆ**



# Agenda

- Wprowadzenie
- Wytrzymałość zmęczeniowa warstw asfaltowych
  - zjawisko
  - metoda badania 4PB-PR
  - wyniki badań
- Pękanie warstw asfaltowych
  - zjawisko
  - metoda badania SCB
  - wyniki badań
- Wnioski





## Wprowadzenie

Nawierzchnie asfaltowe, a szczególnie mieszanki mineralno-asfaltowe stosowane w warstwach dolnych podlegają zniszczeniu w wyniku rozciągania.

Są to przede wszystkim:

- zjawiska zmęczeniowe,
- pęknięcia (odbite, zmęczeniowe, skurczowe itd.).

**W dalszej części prezentacji przedstawiamy wyniki badań porównawczych wpływu różnych lepiszczy asfaltowych na odporność warstw dolnych, głównie podbudowy asfaltowej na zniszczenia zmęczeniowe.**

Przedstawimy także ogólne porównanie, w jakim stopniu asfalty mogą przeciwdziałać propagacji pęknięcia.



# Proces zmęczenia nawierzchni



## Zmęczenie nawierzchni asfaltowych

Zmęczenie warstw asfaltowych uznawane jest za podstawowe kryterium projektowania trwałych nawierzchni. Liczba cykli zmęczeniowych (ugięć nawierzchni), jaką może wytrzymać układ warstw asfaltowych jest nazywana „**trwałością zmęczeniową**” (Nf).

Zmęczenie warstw asfaltowych jest procesem powtarzalnych ugięć konstrukcji i wynikających z nich powtarzalnych naprężeń/odkształceń rozciągających na spodzie warstwy podbudowy asfaltowej.

Każde pojedyncze ugięcie nie wywołuje szkody w nawierzchni. Kumulacja setek tysięcy i milionów ugięć powoduje przekroczenie wytrzymałości zmęczeniowej mieszanki mineralno-asfaltowej zastosowanej w podbudowie i inicjację jej pęknięcia.



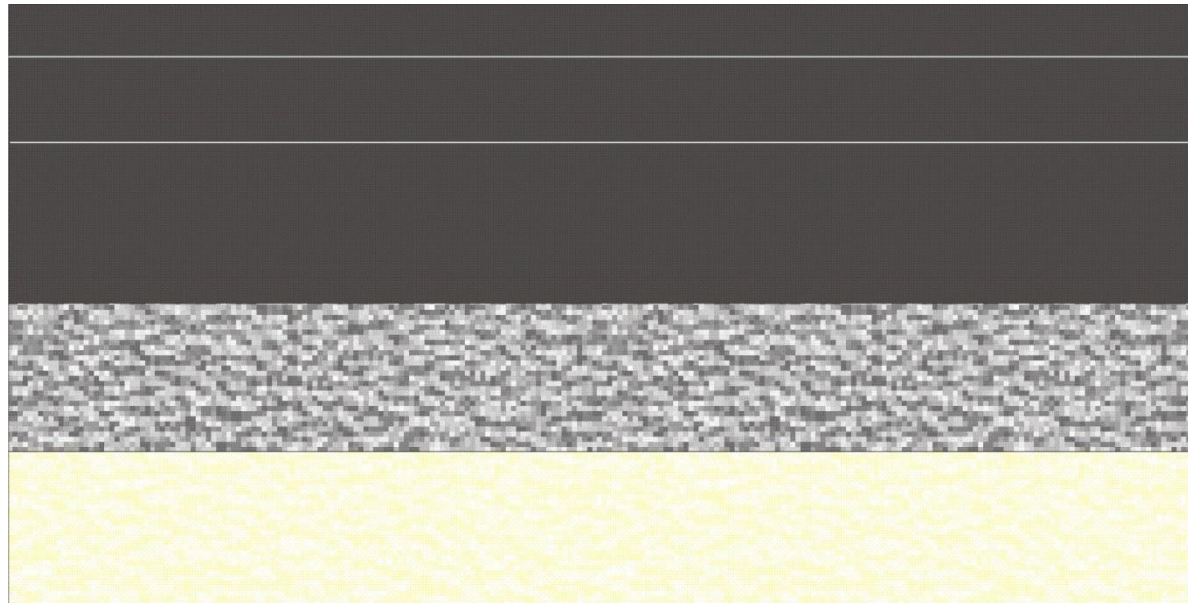
## Zmęczenie nawierzchni asfaltowych

Konstrukcja nawierzchni podatnej:

pakiet warstw  
asfaltowych

podbudowa  
z kruszywa

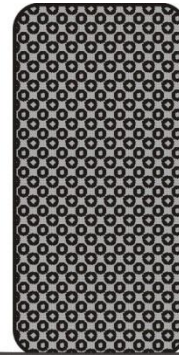
podłoże  
ulepszone





## Zmęczenie nawierzchni asfaltowych

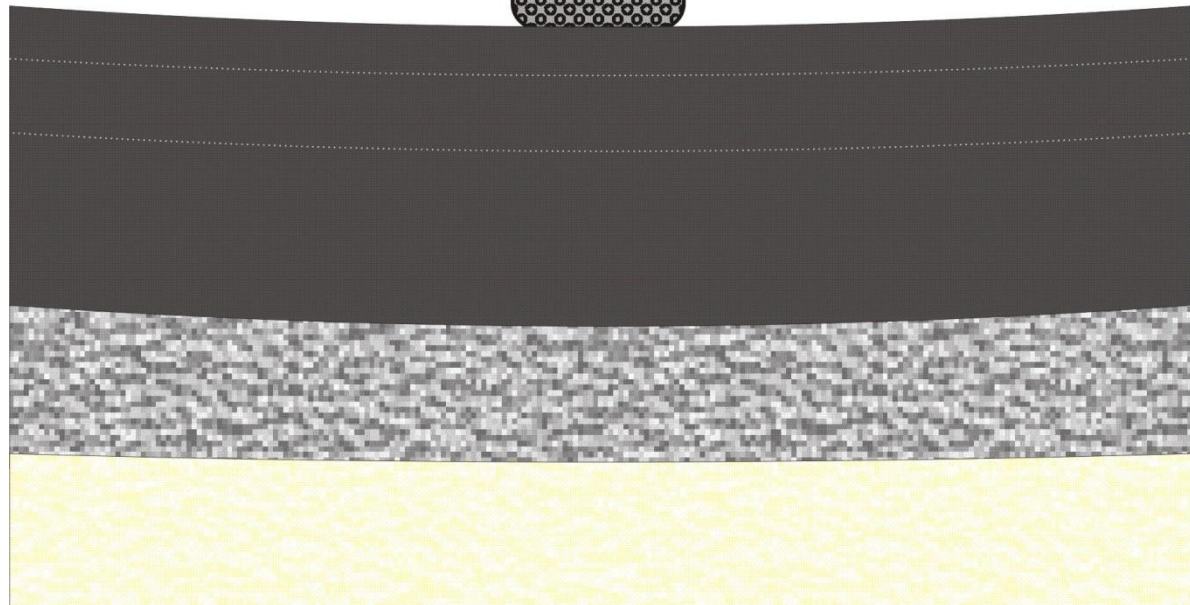
Obciążenie – przejazd koła pojazdu



pakiet warstw  
asfaltowych

podbudowa  
z kruszywa

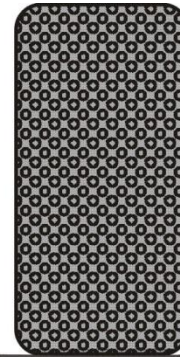
podłoże  
ulepszone





## Zmęczenie nawierzchni asfaltowych

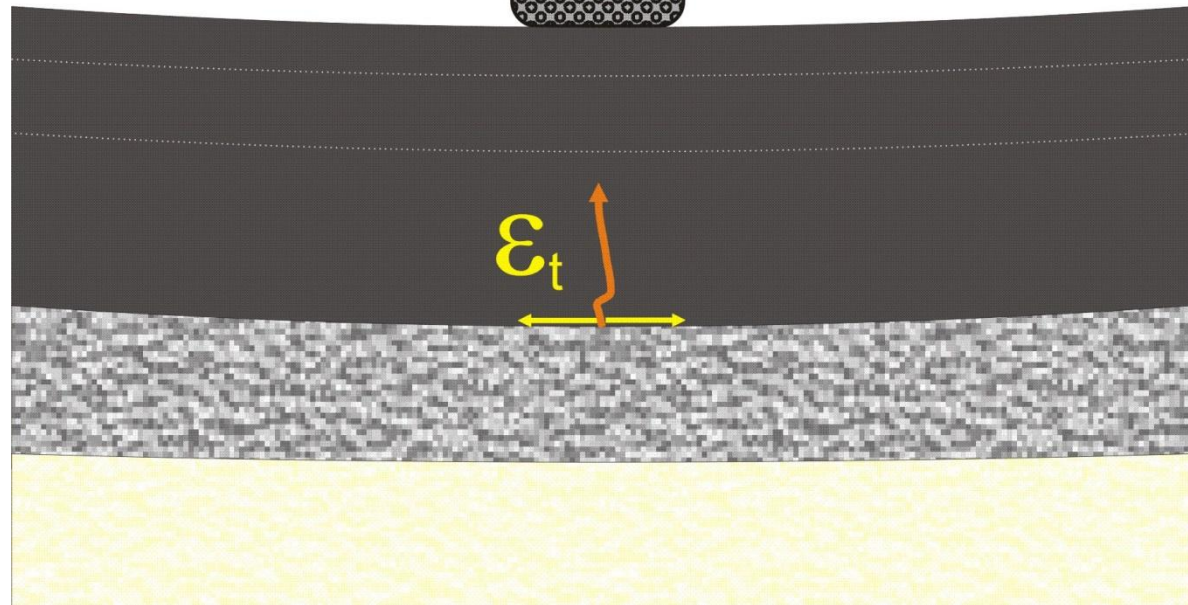
Inicjacja pęknięcia  
dolnej warstwy asfaltowej



pakiet warstw  
asfaltowych

podbudowa  
z kruszywa

podłoże  
ulepszone







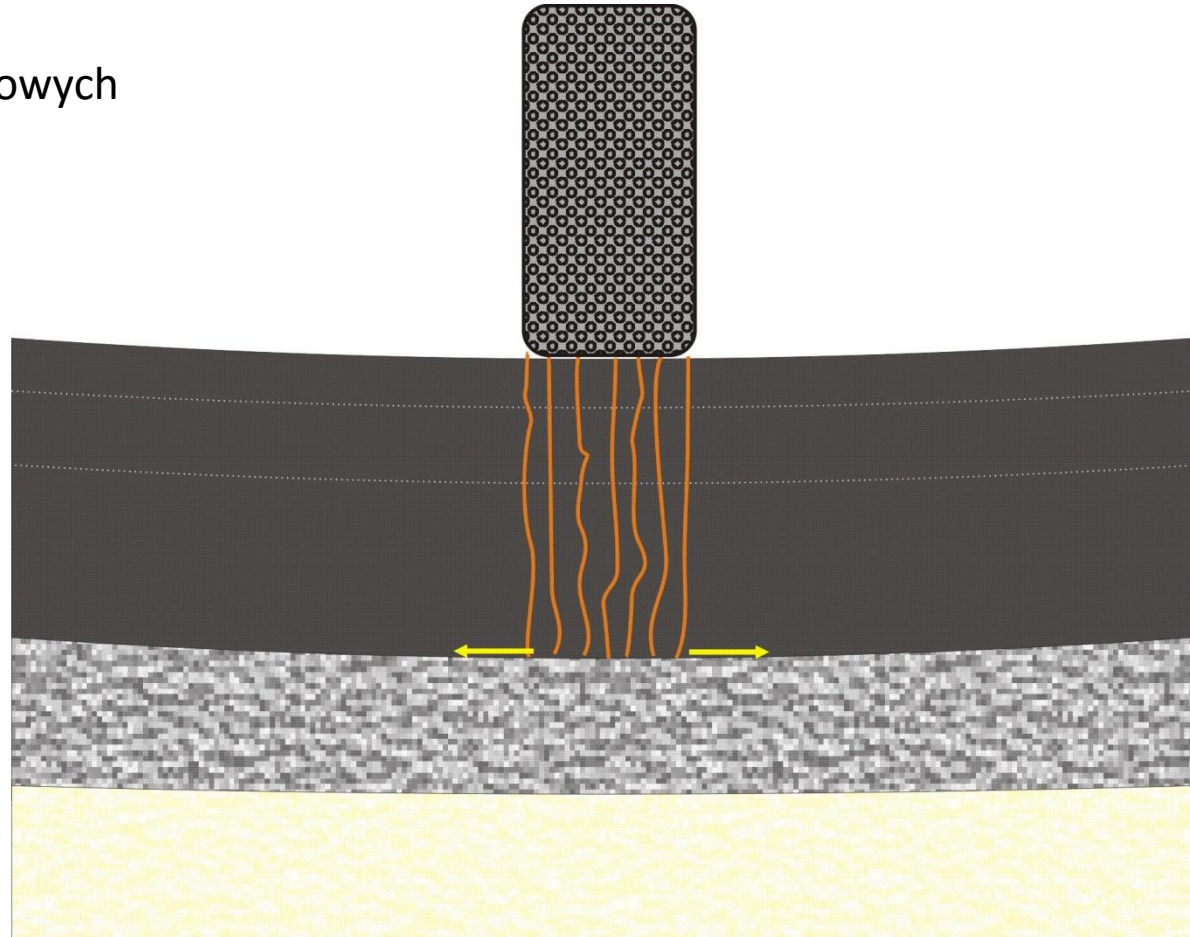
## Zmęczenie nawierzchni asfaltowych

Postępujące pękanie  
pakietu warstw asfaltowych

pakiet warstw  
asfaltowych

podbudowa  
z kruszywa

podłoże  
ulepszone





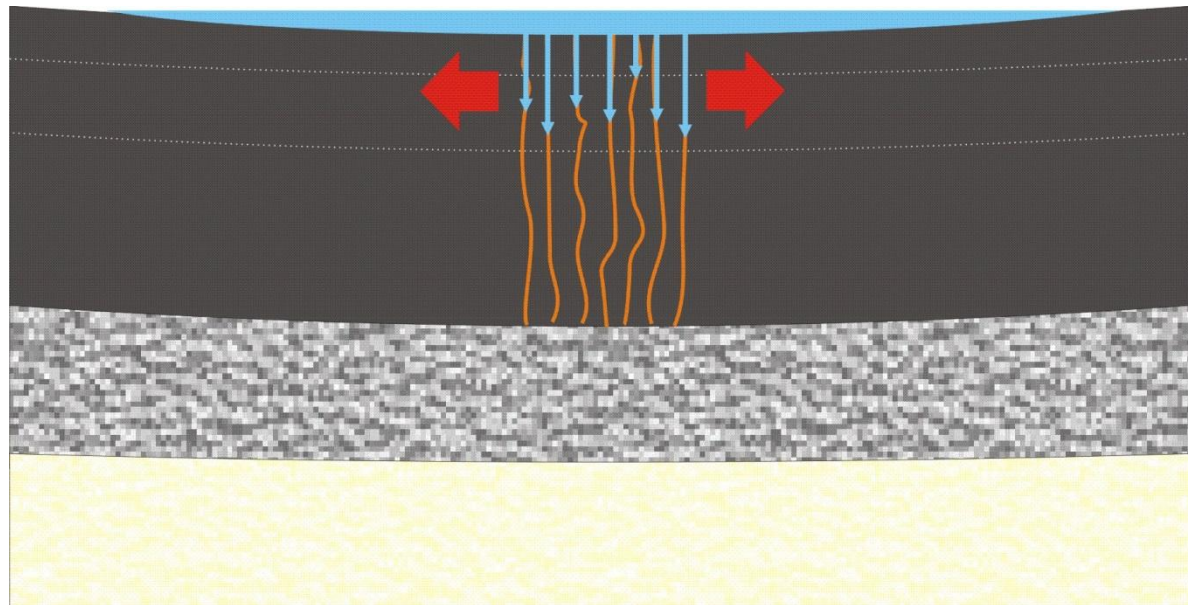
## Zmęczenie nawierzchni asfaltowych

Dodatkowe zniszczenia  
przez penetrację i zamarzanie wody

pakiet warstw  
asfaltowych

podbudowa  
z kruszywa

podłoże  
ulepszone





# Badania zmęczenia mieszanek mineralno-asfaltowych



## Badanie zmęczenia próbek

Norma europejska na badanie zmęczenia mieszanek mineralno-asfaltowych EN 12697-24 przewiduje wiele metod (schematów) badawczych.

W naszych badaniach korzystamy z metody 4PB-PR (cztero-punktowe zginanie belki prostopadłościowej). Badanie wykonujemy w 10°C, z częstością ugięć 10 Hz.

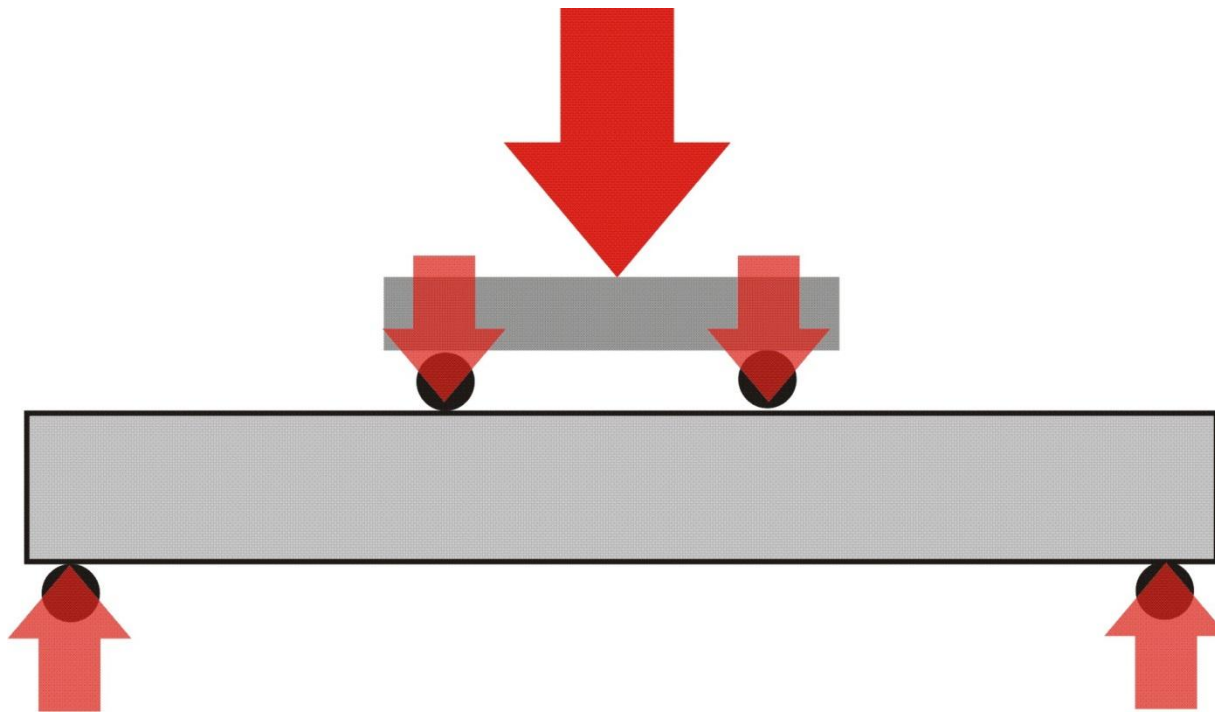
Badanie wykonuje się w tzw. trybie kontrolowanego odkształcenia (ang. *controlled strain mode*), w którym w każdym cyklu zginania próbki musi wystąpić taka sama wielkość odkształcenia rozciągającego ( $\epsilon$ ) w próbce.





## Badanie zmęczenia próbek

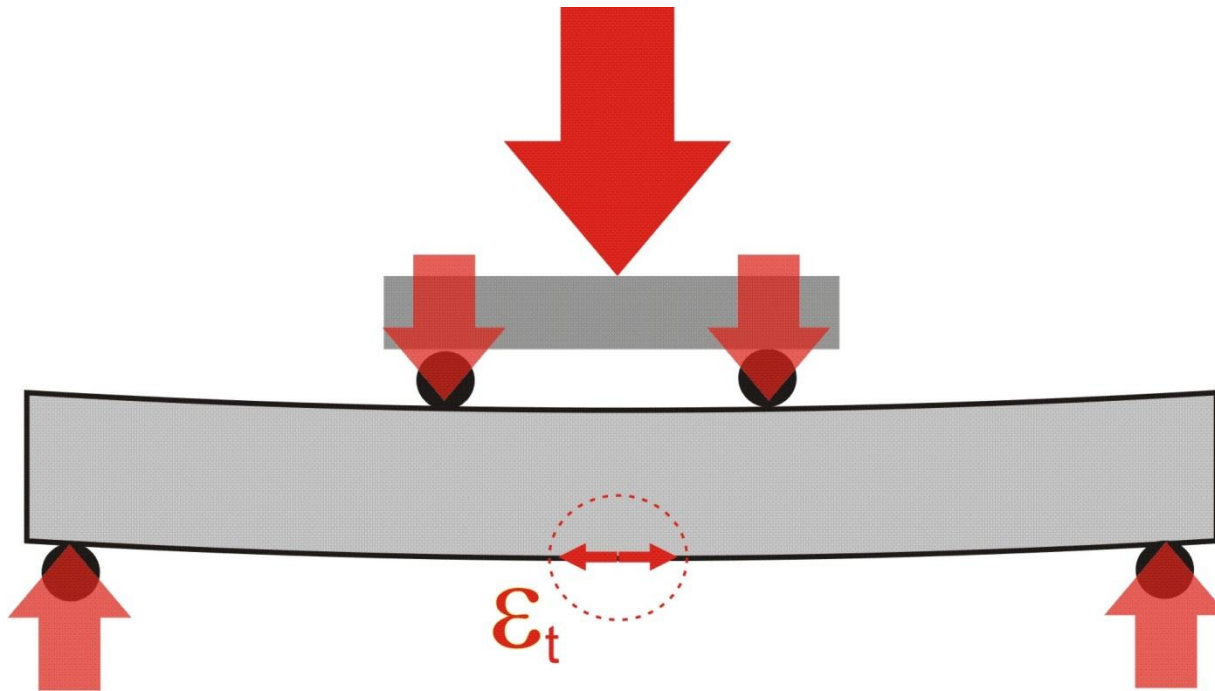
Siła przykładana jest do próbki w czterech miejscach (stąd nazwa 4-punktowe zginanie).





## Badanie zmęczenia próbek

Wielkość siły jest tak dobierana przez system obciążenia, aby uzyskać zakładaną wielkość stałego odkształcenia rozciągającego w próbce ( $\epsilon_t$ ).





## Badanie zmęczenia próbek

Na początku badania system mierzy wielkość modułu sztywności materiału belki – Smix początkowe.

Badanie kontynuowane jest do chwili aż moduł sztywności belki spadnie o połowę, co świadczy o znacznym wewnętrznym zniszczeniu struktury materiału.

Liczba cykli, którą wytrzyma belka do spadku modułu sztywności o 50% oznaczana jest jako liczba cykli do zniszczenia  $N_f$  lub  $N_{f_{50}}$ .

W celu określenia pełnej charakterystyki zmęczeniowej materiału, wykonuje się takie pomiary dla minimum 3 wielkości zadanego odkształcenia rozciągającego, dla każdej uzyskując wartość  $N_f$ .

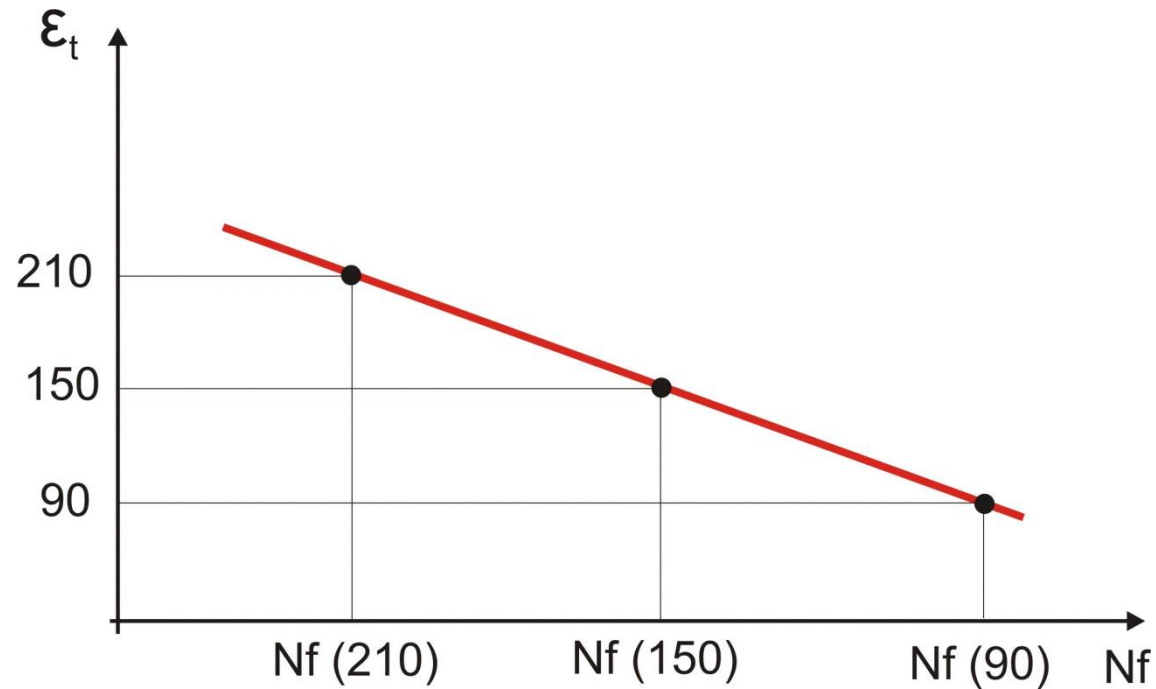
Uzyskanie 3 wartości  $N_f=f(\epsilon_t)$  pozwala narysować krzywą zmęczeniową.



## Badanie zmęczenia próbek

Wyniki zbiorcze  $N_f = f(\epsilon_t)$  prezentujemy jako krzywe zmęczeniowe.  
**Im wyżej położona jest krzywa zmęczeniowa tym lepiej.**

Przykład:





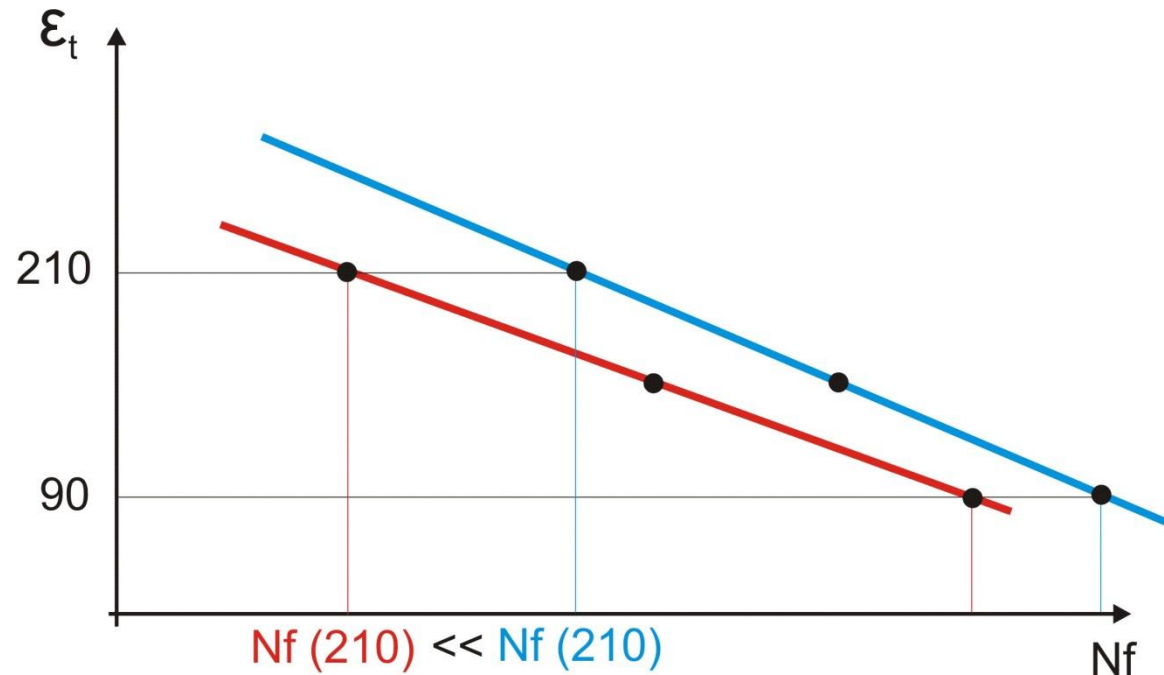


## Badanie zmęczenia próbek

Wyniki zbiorcze  $N_f = f(\epsilon_t)$  prezentujemy jako krzywe zmęzeniowe.

**Im wyżej położona jest krzywa zmęzeniowa tym lepiej.** Można w ten sposób porównywać różne mieszanki mineralno-asfaltowe.

Przykład:





# **Wyniki badań trwałości zmęczeniowej z różnymi asfaltami**



## Wyniki zmęczenia próbek

**Mieszanka mineralno-asfaltowa AC 16 do warstwy wiążącej wg EN 13108-1.**

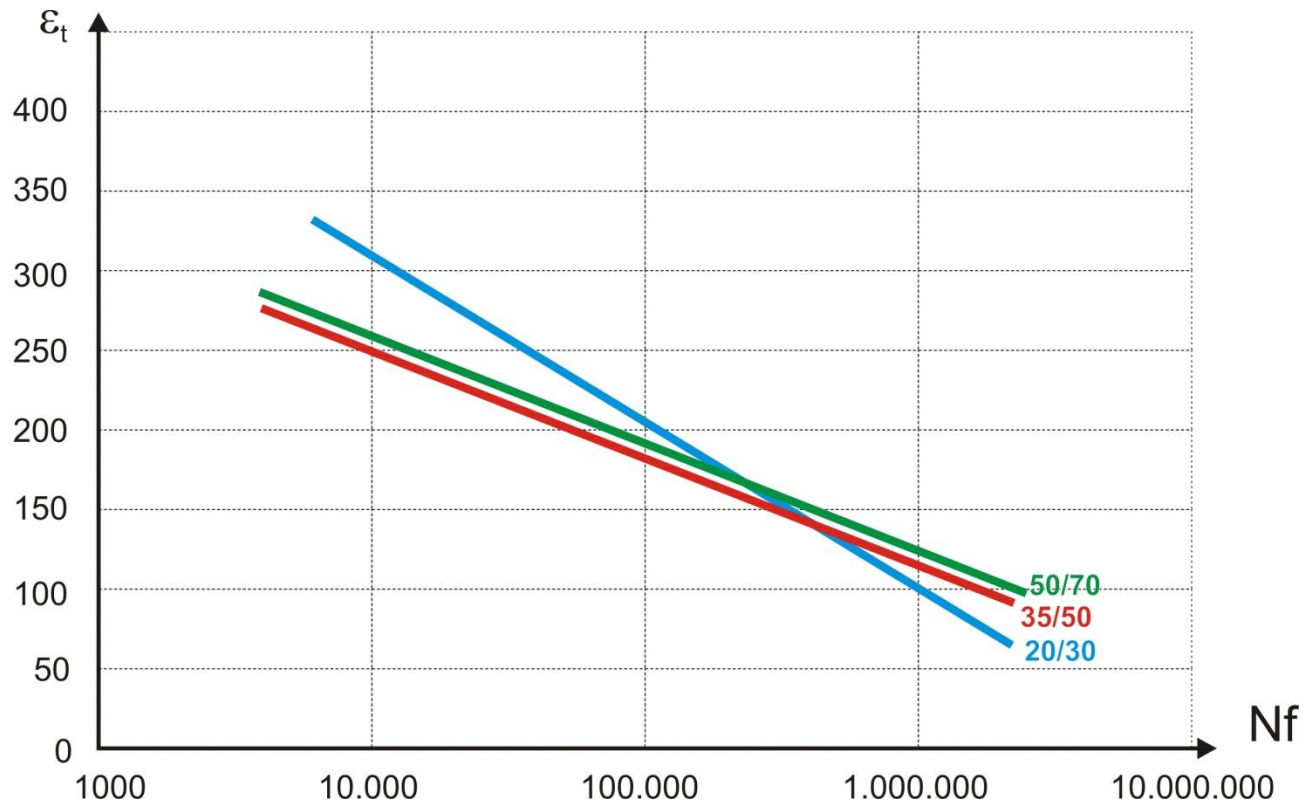
**Badane lepiszcza asfaltowe:**

- asfalt drogowy 20/30
- asfalt drogowy 35/50
- asfalt drogowy 50/70
- asfalt modyfikowany polimerami ORBITON 25/55-60
- asfalt modyfikowany polimerami ORBITON 45/80-55
- asfalt wysokomodyfikowany polimerami ORBITON 25/55-80 HiMA
- asfalt wysokomodyfikowany polimerami ORBITON 45/80-80 HiMA



## Wyniki zmęczenia próbek

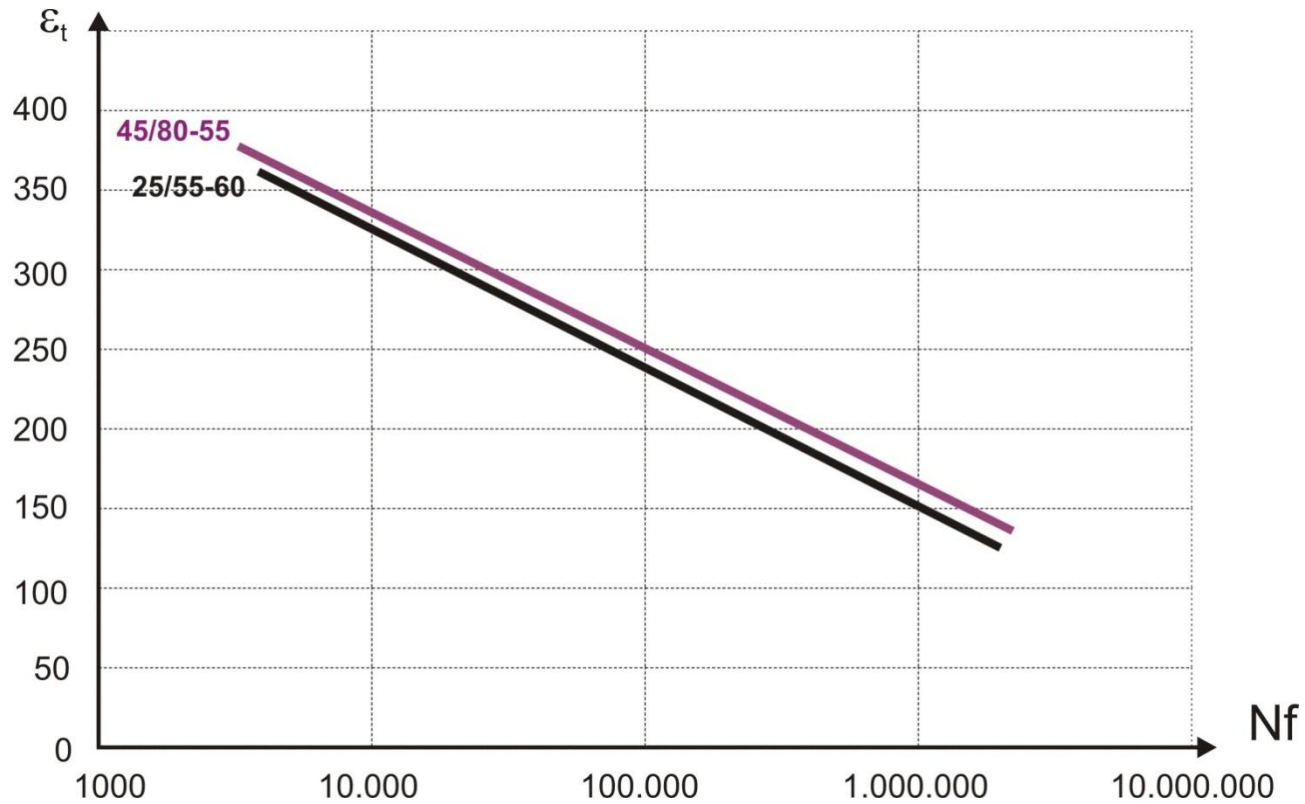
- asfalty drogowe 20/30, 35/50, 50/70





## Wyniki zmęczenia próbek

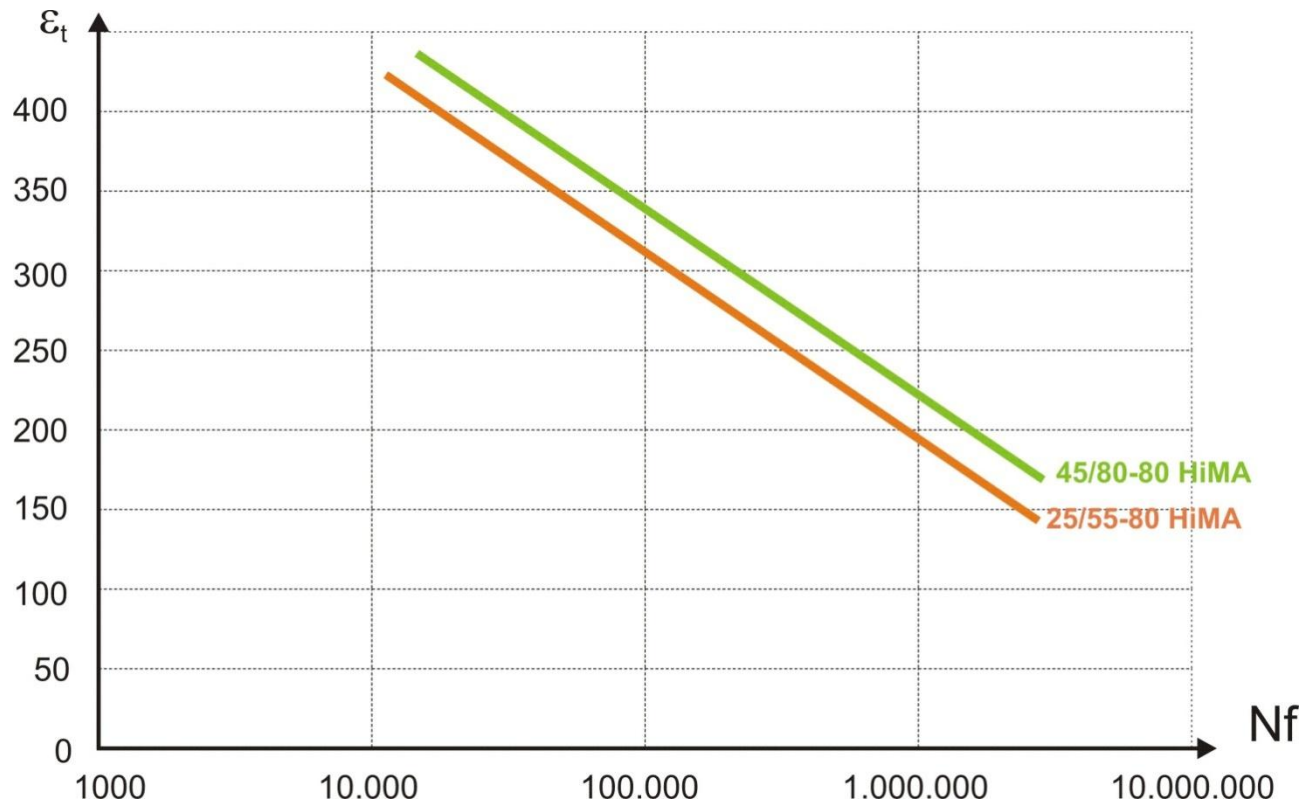
- asfalty modyfikowane ORBITON 25/55-60 i 45/80-55





## Wyniki zmęczenia próbek

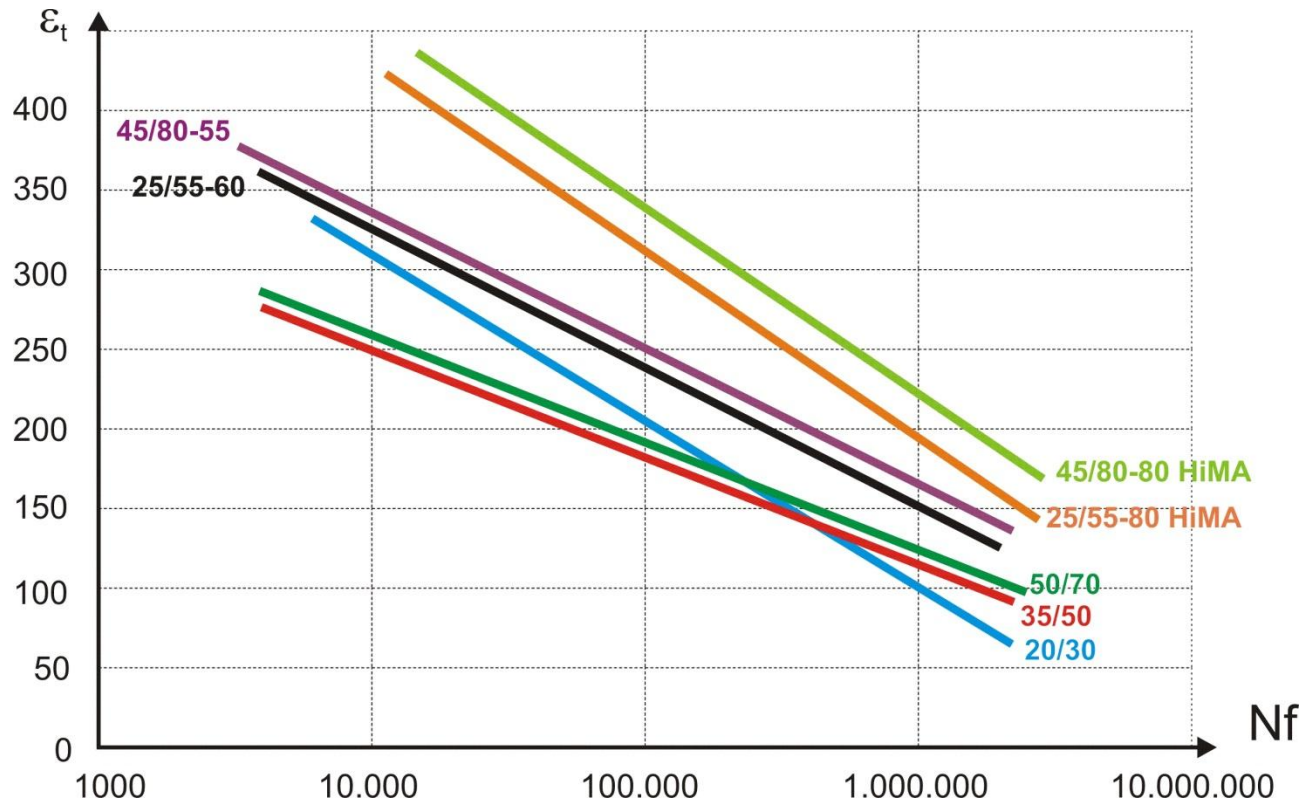
- asfalty wysokomodyfikowane ORBITON HiMA





## Wyniki zmęczenia próbek

- wszystkie asfalty





# **Badania pękania mieszanek mineralno-asfaltowych**

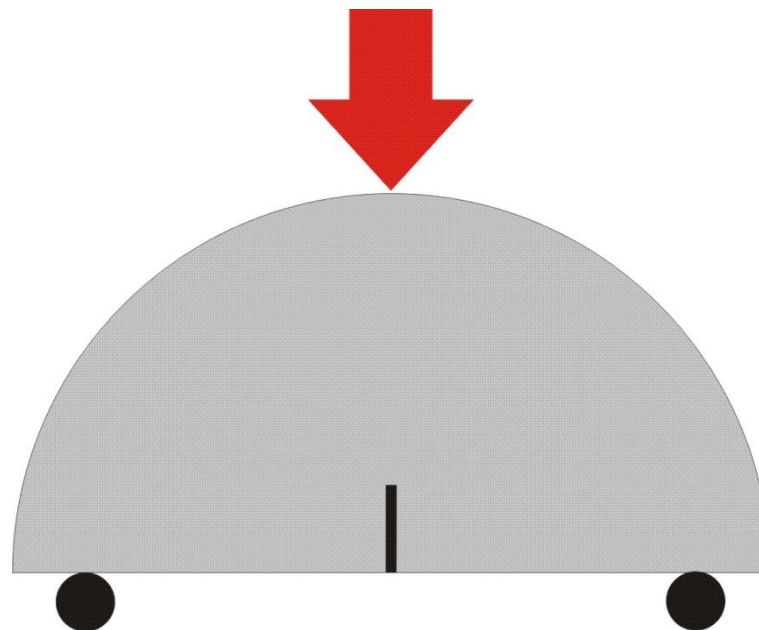




## Badanie pęknięcia próbek

Norma europejska na badanie odporności na pęknięcie mieszanek mineralno-asfaltowych EN 12697-44.

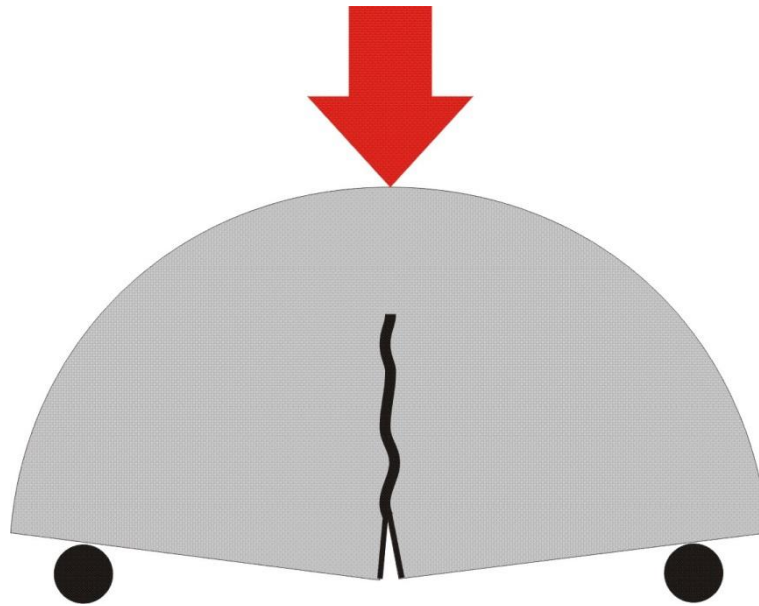
Metoda polega na rozłupywaniu próbki półwałcowej, naciętej. Badanie wykonujemy w 0°C, prędkość obciążenia 5 mm/min.





## Badanie pęknięcia próbek

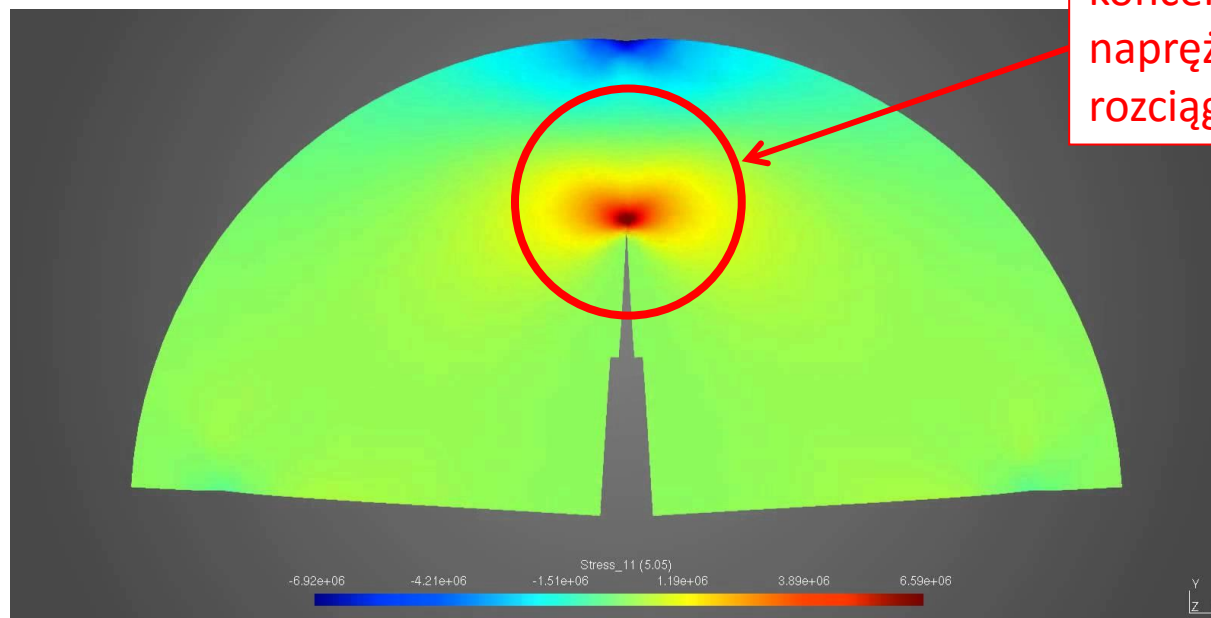
Jako wynik, oprócz zależności siły i przemieszczenia, naprężenia rozciągającego i odkształcenia, oblicza się **wytrzymałość na pęknięcie  $K_{IC}$** .





## Badanie pęknięcia próbek

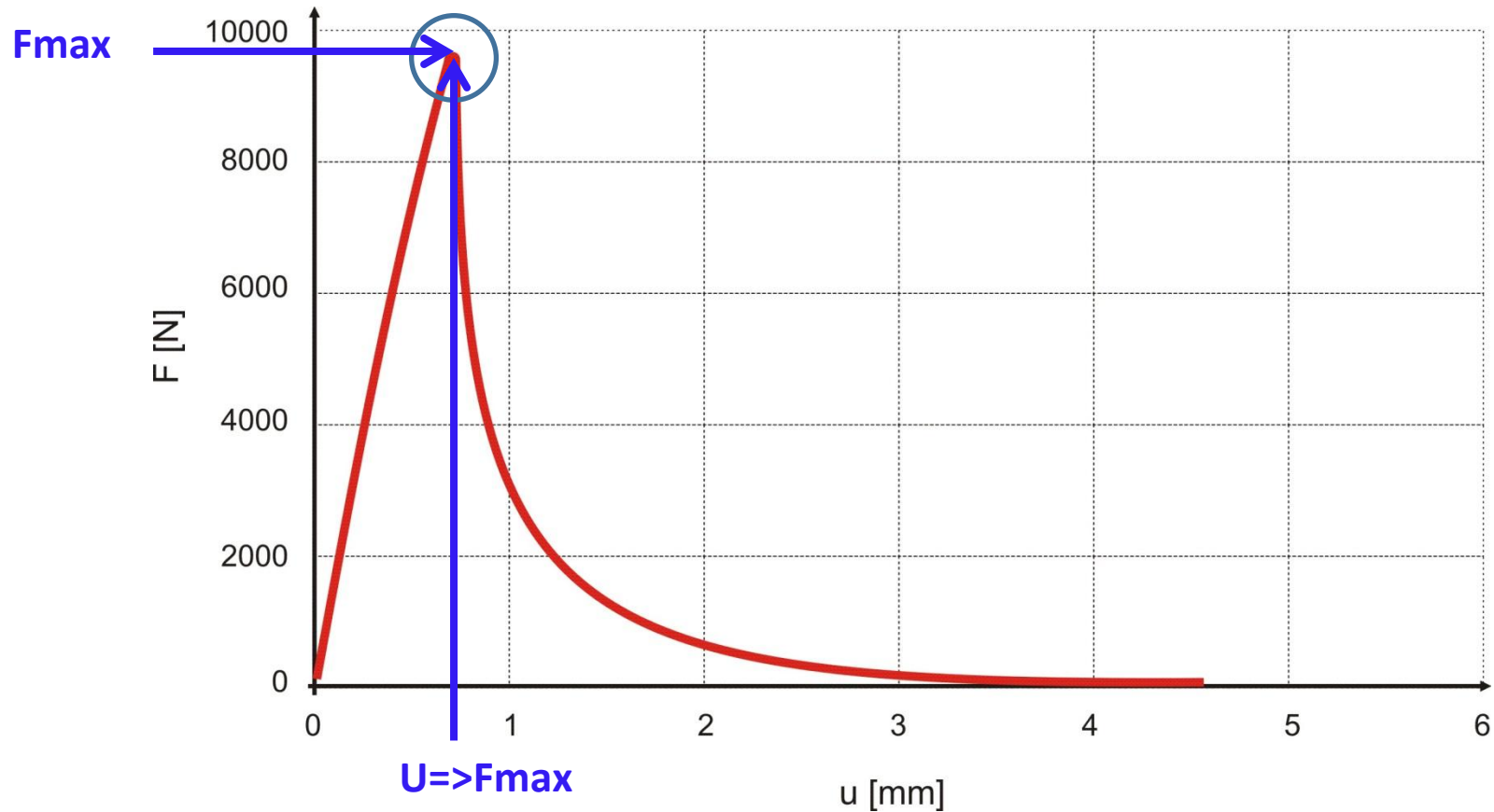
W wyniku obciążania, w próbce generowane są naprężenia rozciągające, skoncentrowane przy sztucznym nacięciu próbki. Pęknięcie propaguje przez próbkę, a czujniki rejestrują siłę i odkształcenie w trakcie testu.





## Badanie pękania próbek

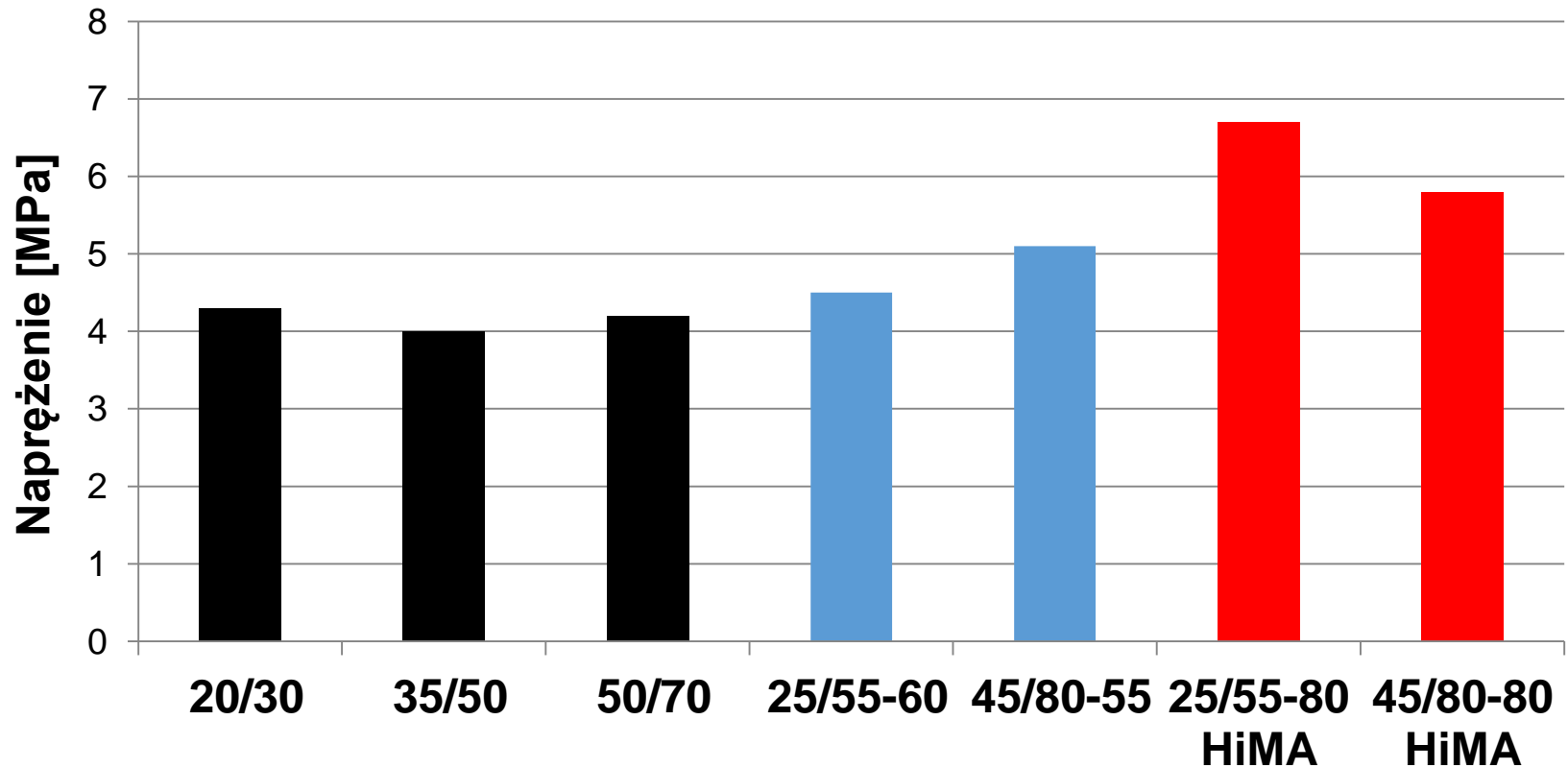
- typowy wykres pękania próbki





## Badanie pękania próbek - Maksymalna naprężenie rozłupywania

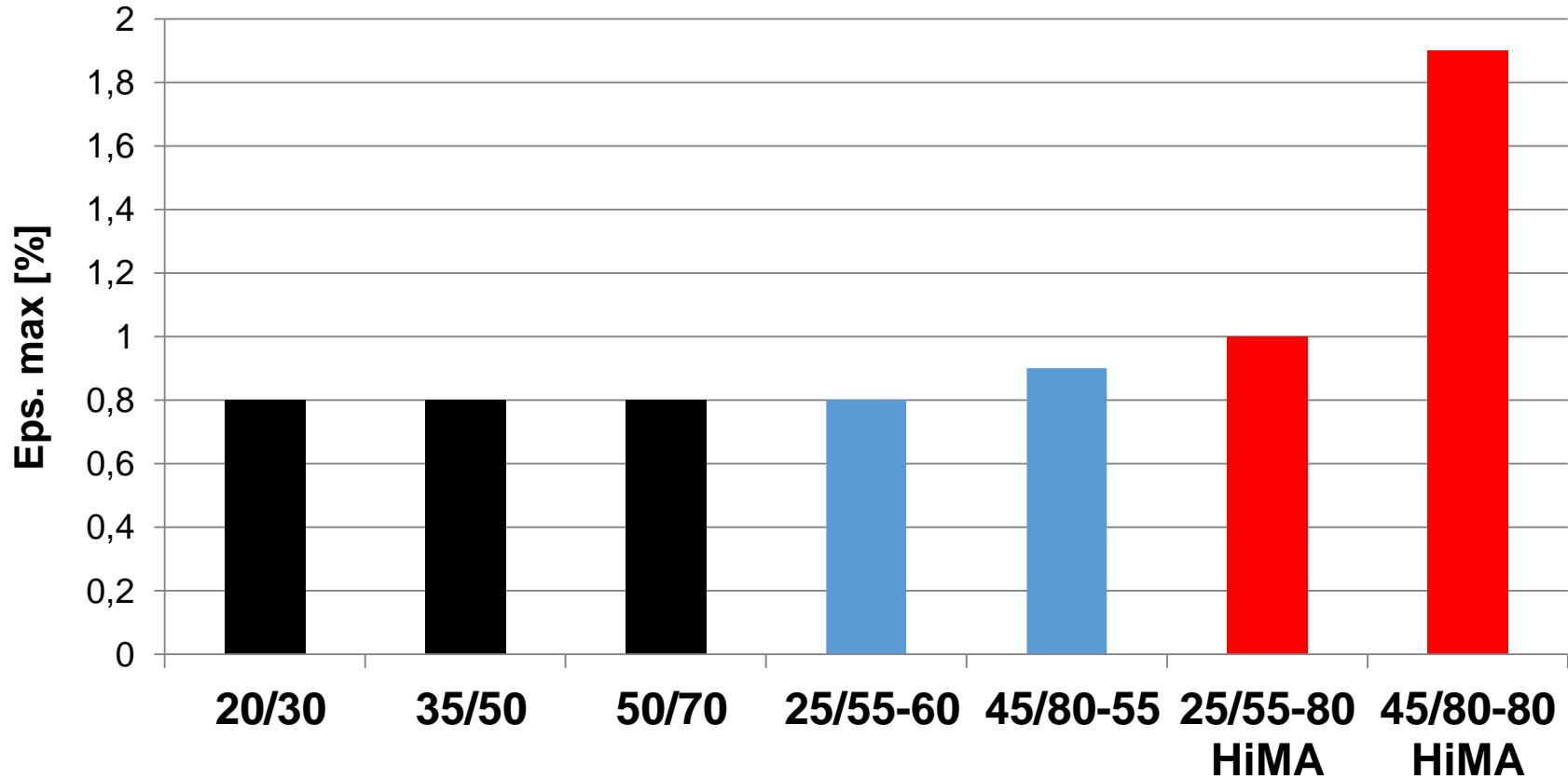
### Maksymalne naprężenie





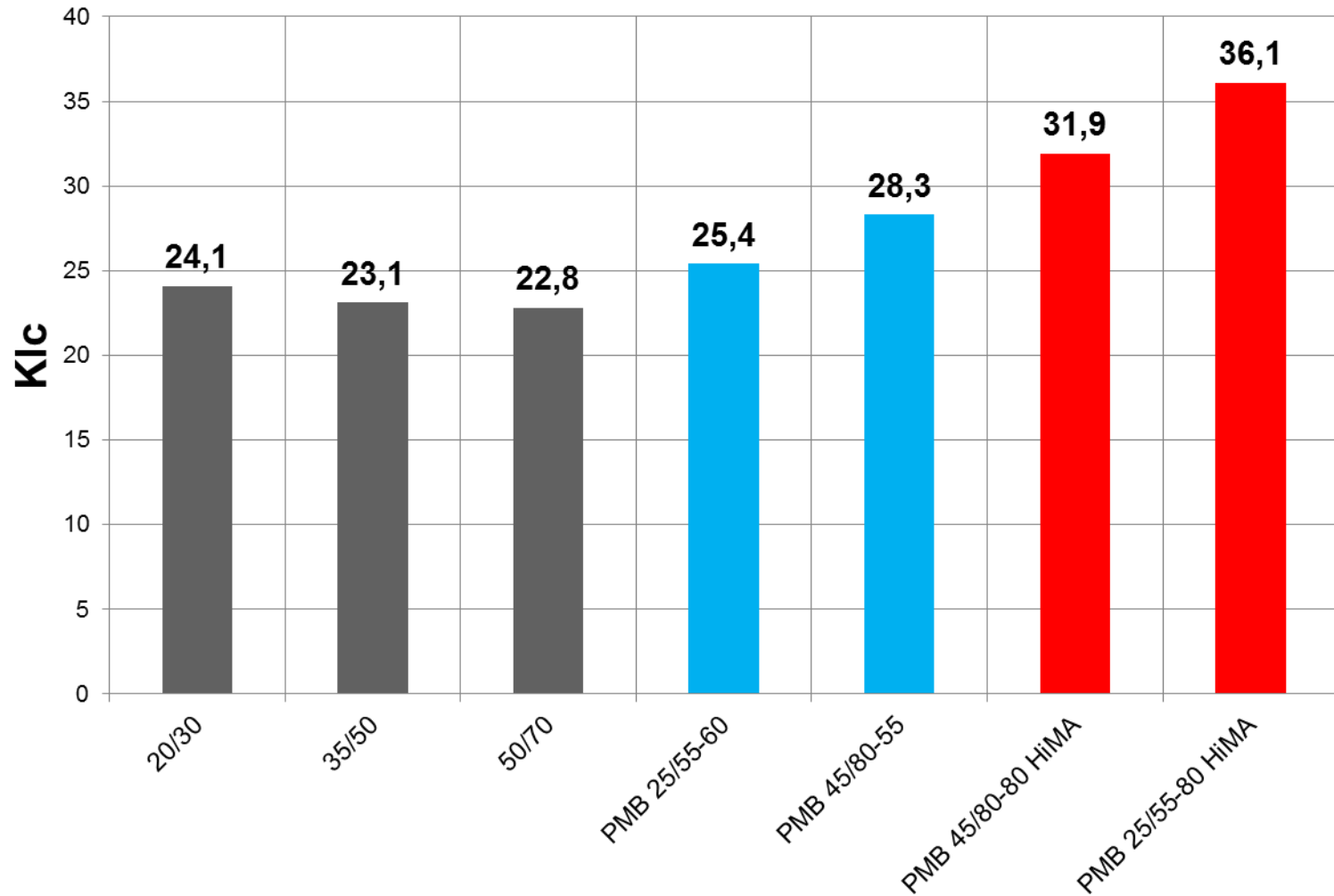
## Badanie pęknięcia próbek - Odkształcenie

### Odkształcenie próbki przy maksymalnej sile F





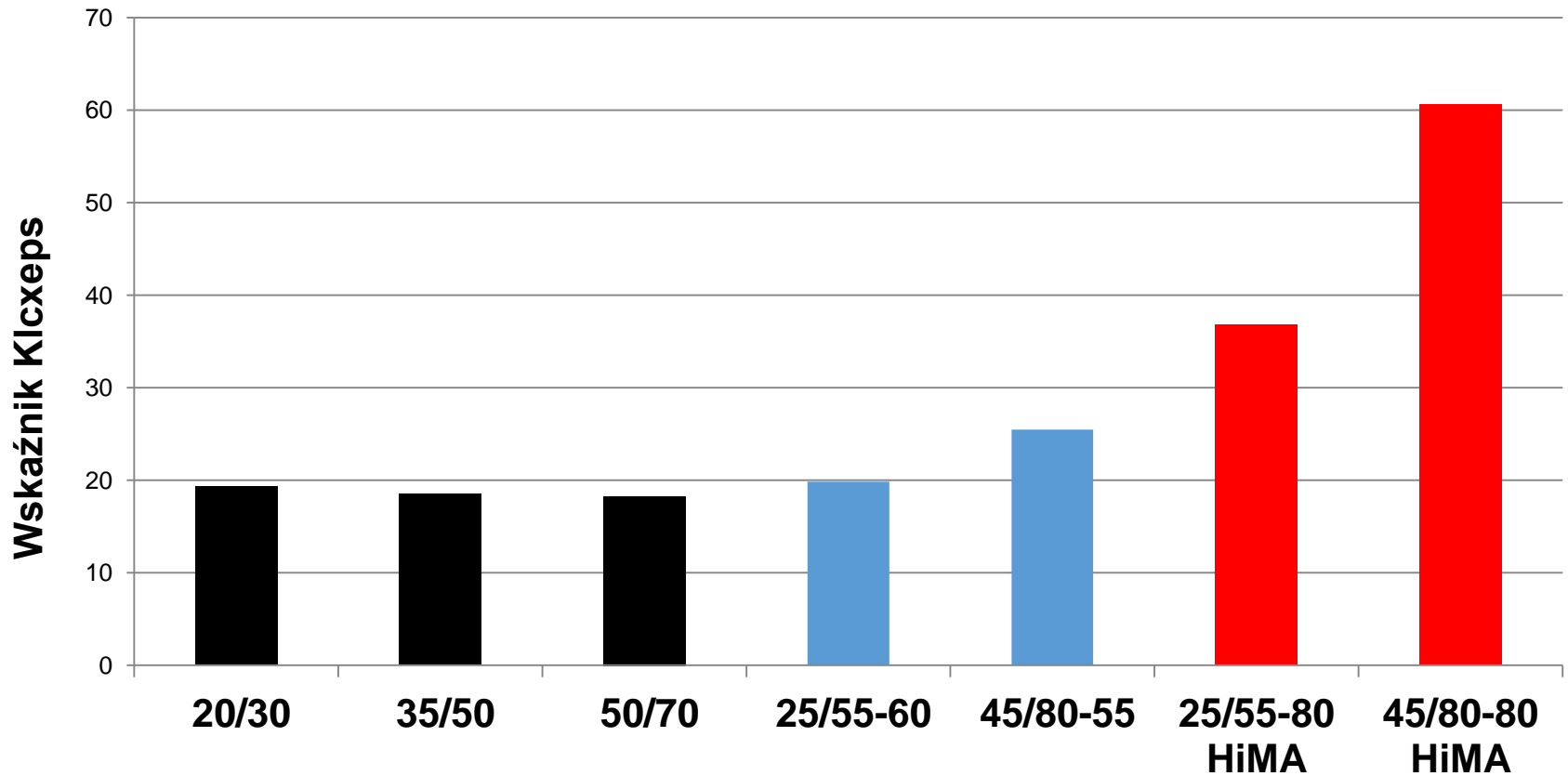
## Badanie pękania próbek - podsumowanie





## Badanie pękania próbek - podsumowanie

### Wskaźnik Klc\*odkształcenie







# Wnioski



## WNIOSKI

- Wytrzymałość zmęczeniowa warstwy nawierzchni asfaltowej zależy nie tylko od właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej, ale także od właściwości materiałów składowych.
- Dobrym przykładem jest rodzaj zastosowanego asfaltu. Wyniki badań wykazały, że asfalty drogowe, modyfikowane polimerami i wysokomodyfikowane polimerami tworzą oddzielne klasy wytrzymałościowe w odporności na zmęczenie.
- W trybie badań zmęczeniowych, jaki stosowane są w metodzie 4PB-PR, tzn. kontrolowanego odkształcenia, najlepsze wyniki zwykle uzyskują asfalty najbardziej elastyczne w temperaturze badania. Z tego powodu np. lepszy wynik uzyskał asfalt 50/70 od 35/50.



## WNIOSKI

- Asfalty modyfikowane polimerami charakteryzują się znacząco lepszymi wynikami niż asfalty drogowe. Spośród nich najlepsze okazały się asfalty wysokomodyfikowane ORBITON HiMA.
- Przyczyną lepszych wyników jest większa objętość polimeru (elastomeru) w asfalcie wysokomodyfikowanym.





## WNIOSKI

- Badania odporności na pękanie uszeregowwały lepszczą drogowe w podobny sposób jak badanie zmęczenia.
- Najlepsze okazały się asfalty wysokomodyfikowane ORBITON HiMA, potem asfalty modyfikowane w sposób klasyczny i asfalty drogowe.
- Warto zwrócić uwagę, że w asfaltach drogowych zachodzi prosta zależność: im asfalt jest twardszy tym ma większą odporność na pękanie w temperaturze 0°C. Dla asfaltów modyfikowanych nie ma takiej prostej zależności, ponieważ decyduje sposób modyfikacji (ilość polimeru, rodzaj bazy asfaltowej).
- Odporność na pękanie wg normy EN 12697-44 wyrażona przez K<sub>lc</sub> jest skorelowana z modułem sztywności mieszanki. Jednak chyba lepiej oddaje



**Dziękuję za uwagę!**