

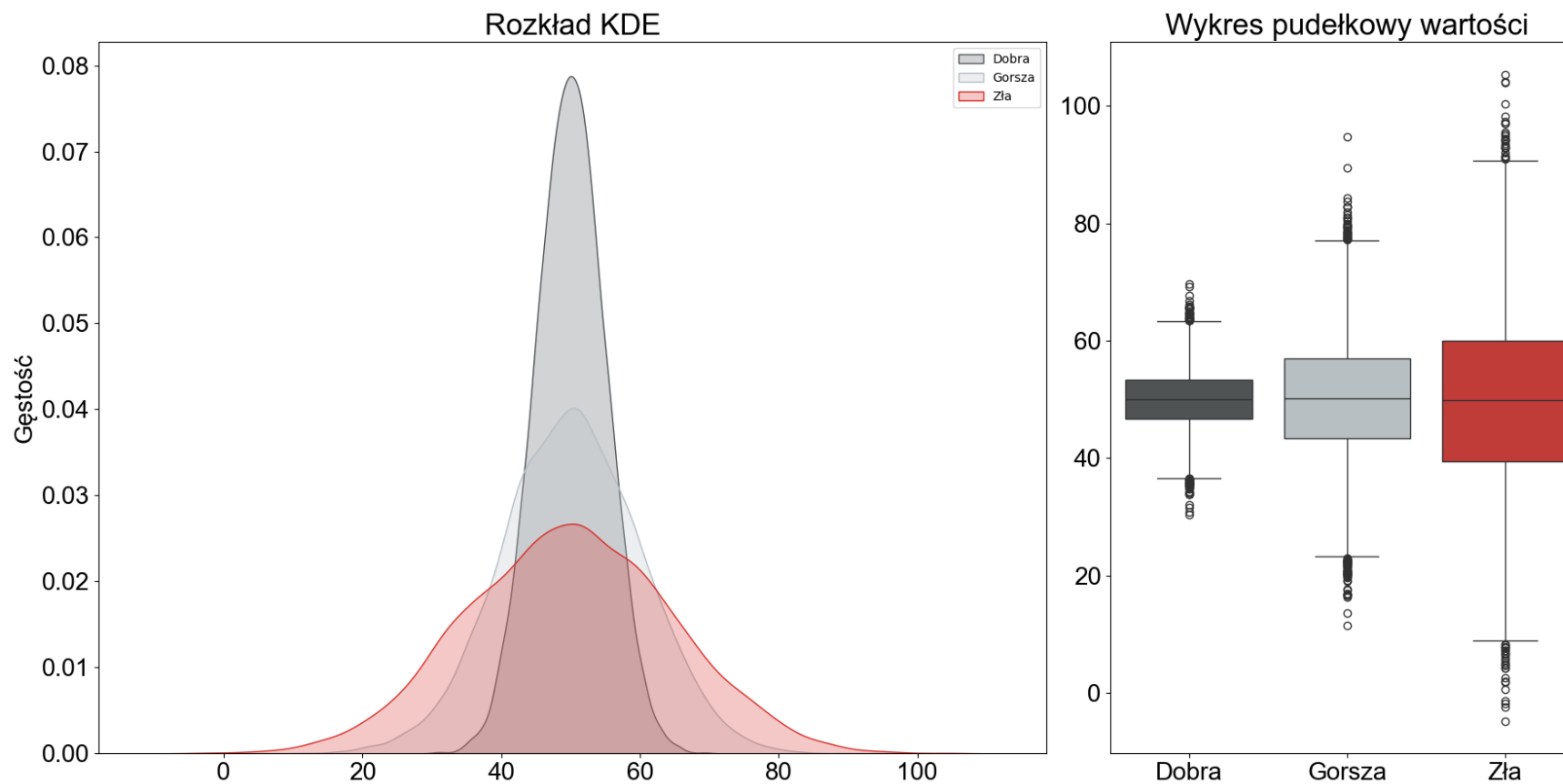
02.04.2025

JEDNORODNOŚĆ LEPISZCZY ASFALTOWYCH wpływ zmienności na parametry funkcjonalne lepiszczy i mma

Kamil Otkalło
Piotr Koźlarek
Marzec 2025



Jednorodność



Wstęp

Teza:

Zakres badanych parametrów lepiszczy modyfikowanych wg wymagań normowych jest niewystarczający do zapewnienia odpowiedniej jednorodności parametrów funkcjonalnych mieszanek i nawierzchni asfaltowych.

Sugestia:

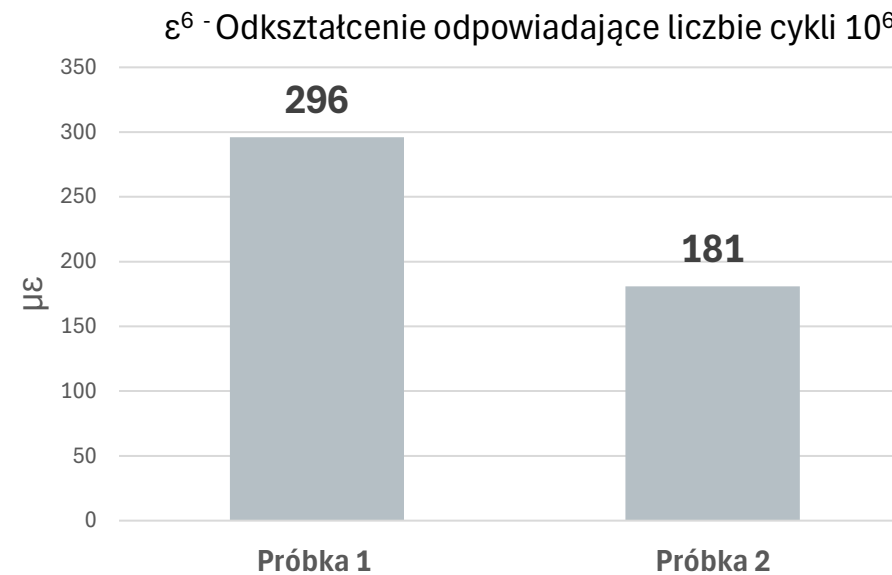
Należy rozważyć wprowadzenie dodatkowych zaawansowanych badań reologicznych do oceny cech funkcjonalnych wykonywanych już na etapie produkcji lepiszczy.

Studium przypadku



Badania nad zwiększeniem trwałości dolnej warstwy asfaltowej

- zaobserwowano znaczące różnice w wynikach badań trwałości zmęczeniowej (4PB) dwóch partii mma wyprodukowanych z dwóch różnych dostaw lepiszcza.



Studium przypadku

Niespełnienie przez mieszankę mineralno-asfaltową wymagań dotyczących trwałości zmęczeniowej.

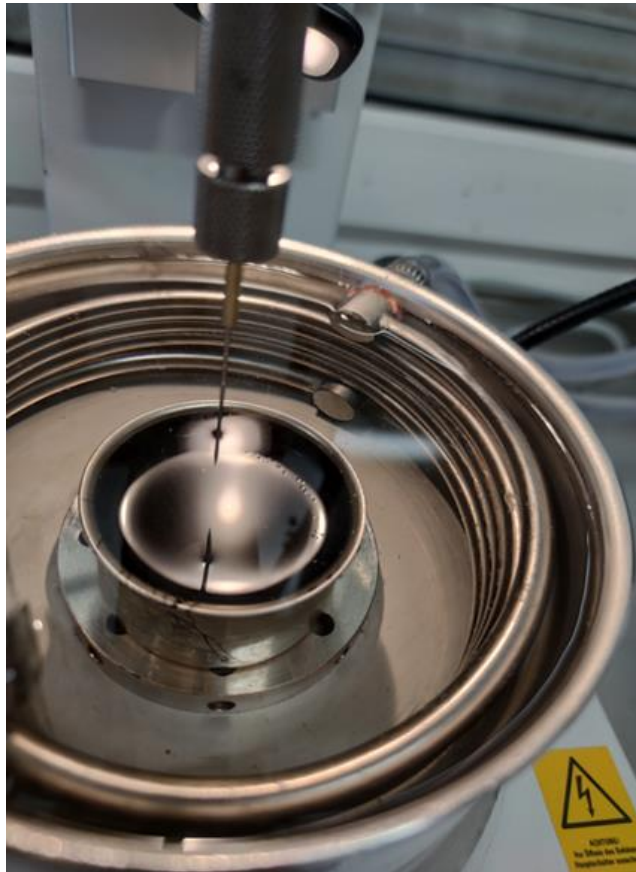
Analiza właściwości obejmująca:

- Zgodność z Badaniem Typu,
- Parametry wolumetryczne uzyskanej mieszanki,
- Warunki produkcji (temperatura i czasy mieszania, system odpylania),
- Parametry produkcji (poprawność systemów naważania, mieszalnika),
- Analiza uziarnienia wykorzystanych kruszyw.

Konieczność określenia zmienności w parametrach lepiszcza – jedyny czynnik różnicujący.



Podstawowe badania klasyfikujące asfalt



Penetracja igłą

- Oznaczanie penetracji igłą wg PN-EN 1426:2015

Najstarsze badanie asfaltu (1903 r. lub 1911 r. w zależności od źródła).



Temperatura mięknienia metodą pierścienia i kuli (PiK)

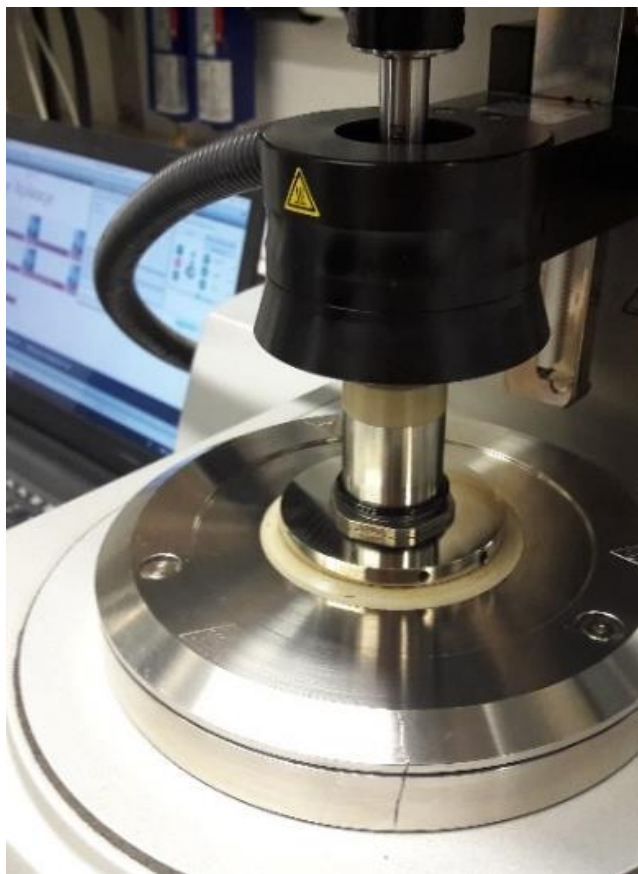
- Oznaczenie temperatury mięknienia metodą pierścienia i kuli wg PN-EN 1427:2015

Pierwszy opis metody 1916 rok.

Analiza badań lepiszczy

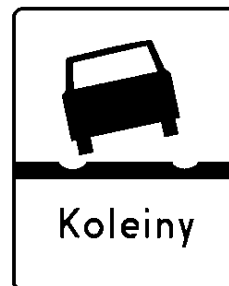
<u>Wszystkie poniższe wyniki dla asfaltu starzonego metodą RTFOT</u>	PRÓBKA 1	PRÓBKA 2
Badania konsystencji		
Badanie PiK	92	94
Penetracja w 25°C	41	43
Penetracja w 15°C	20	21
Penetracja w 5 C	10	11

Zaawansowane badania reologiczne



Odporność na deformację trwałą

- PN-EN 16659 Asfalty i lepiszcza asfaltowe
Badanie cyklicznego pełzania z odprężeniem (MSCRT).



- Wynik badania m.in.: nawrót R%,
nieodwracalna część modułu
podatności J_{nr}.

**Dane wejściowe Poziomu 1 do
projektowania mechanistyczno-
empirycznego w Pavement ME
Design.**

Estymacja trwałości zmęczeniowej liniowym przemiataniem amplitudą (LAS)

- AASHTO TP-101-14
- AASHTO T 391-20



- Wynik badania: parametry modelu
umożliwiającego obliczenie szacowanej liczby
cykli N_f dla zadanego odkształcenia przed
osiągnięciem kryterium zniszczenia.

**Metoda oparta na uproszczonym
modelu zniszczenia ośrodka
lepkosprężystego (SVECD).**

Analiza badań lepiszczy

Wszystkie poniższe wyniki dla asfaltu starzonego metodą RTFOT		PRÓBKA 1	PRÓBKA 2
Badania konsystencji			
Badanie PiK		92	94
Penetracja w 25°C		41	43
Penetracja w 15°C		20	21
Penetracja w 5 C		10	11
Wyniki badania MSCR			
Średnie wyniki dla:	Temperatura badania	70°C	70°C
	J _{nr} 3,2 [1/kPa]	0,16	0,11
Linear amplitude sweep (LAS) wg AASHTO TP-101-14			
N _f - estymacja liczba cykli do osiągnięcia zmęczenia dla poziomu odkształceń 5%	Temperatura badania	Śr. N _f 5,0%	Śr. N _f 5,0%
	15°C	3 250	896
	25°C	40 637	8 677

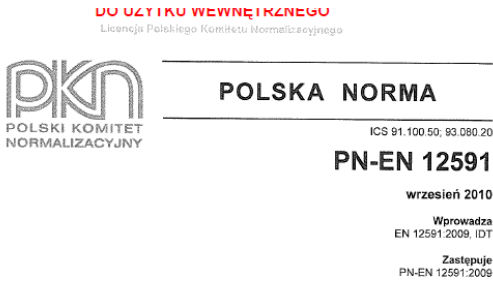
Podstawowe badania konsystencji nie są w stanie
prawidłowo ocenić właściwości funkcjonalnych lepiszczy.

4 X
WYŻSZY
WYNIK
BADANIA
LAS

!

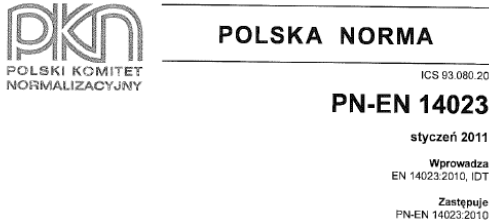
Wyniki oznaczeń podstawowych parametrów lepiszczy asfaltowych

Wymagania normowe dla lepiszczy



PN-EN 12591 Asfalty i lepiszcza asfaltowe Wymagania dla asfaltów drogowych

Asfalty i lepiszcza asfaltowe
Wymagania dla asfaltów drogowych



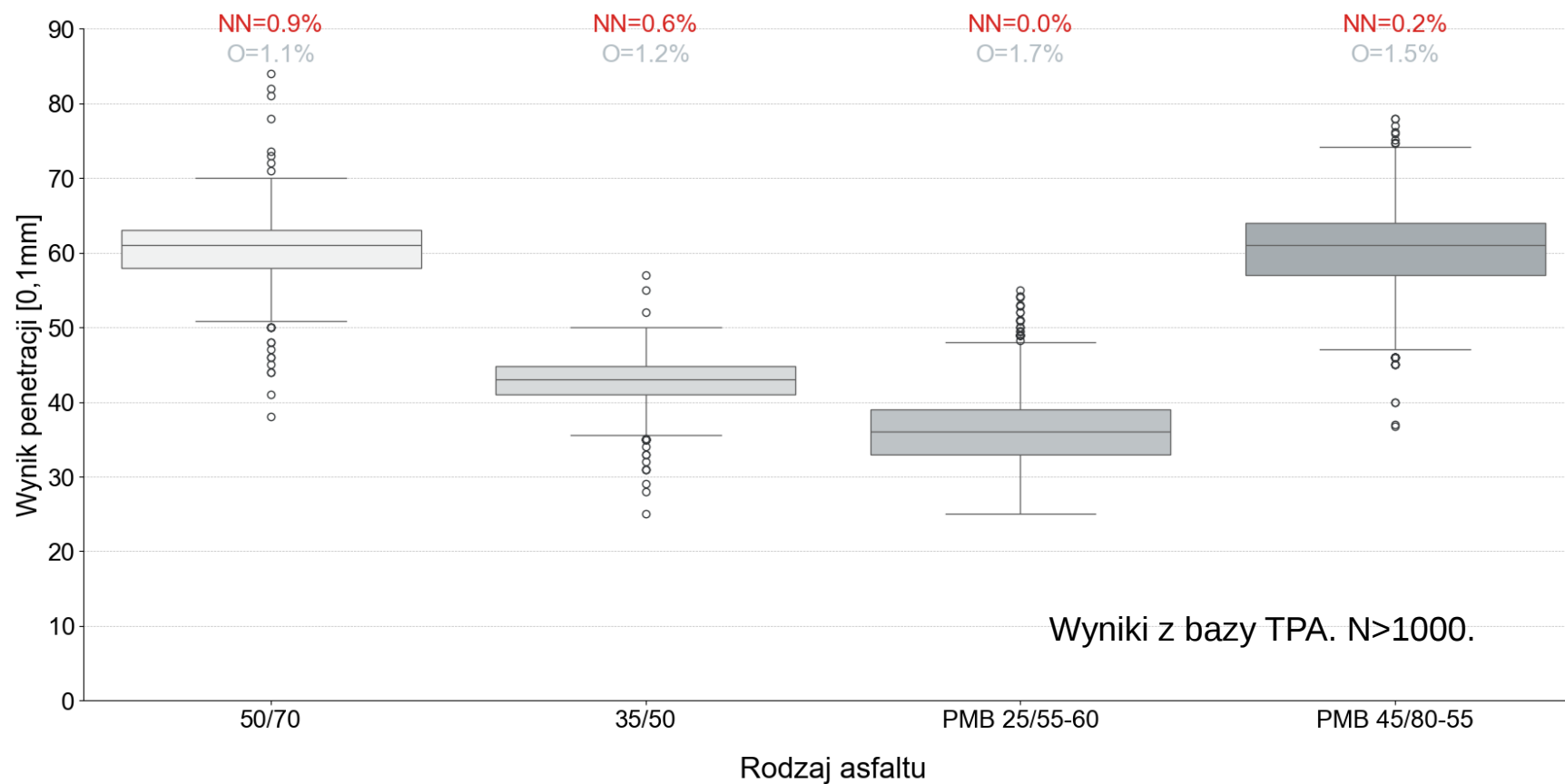
PN-EN 14023 Asfalty i lepiszcza asfaltowe Zasady klasyfikacji asfaltów modyfikowanych polimerami

Asfalty i lepiszcza asfaltowe
Zasady klasyfikacji asfaltów modyfikowanych
polimerami

Norma Europejska EN 14023:2010 ma status Polskiej Normy

Lp.	Badana cecha	Norma badawcza
1	Penetracja w 25°C; [0,1 mm]	PN-EN 1426:2015
2	Temperatura mięknięcia metodą PiK,[°C]	PN-EN 1427:2015
3	Temperatura łamliwości wg Fraasa, [°C]	PN-EN 12593:2015
4	Siła rozciągania,[J/cm ²]	PN-EN 13589:2018 PN-EN 13703:2018
5	Temperatura zapłonu w tyglu otwartym metodą Clevelanda,[°C]	PN-EN ISO 2592:2017
6	Nawrót sprężysty w 25°C, [%]	PN-EN 13398:2017
7	Nawrót sprężysty w 25°C, % po starzeniu ,[%]	PN-EN 12607-1:2014 PN-EN 13398:2017
8	Stabilność magazynowania: - różnica temp. mięknięcia metodą PiK, [°C] - różnica penetracji [0,1 mm]	PN-EN 13399:2017 PN-EN 1427:2015 PN-EN 1426:2015
9	Zmiana masy po starzeniu ,[%]	PN-EN 12607-1:2014
10	Zmiana temperatury mięknięcia metodą PiK po starzeniu, [°C] - wzrost - spadek	PN-EN 12607-1:2014 PN-EN 1427:2015
11	Pozostała penetracja w temp. 25°C po starzeniu, [%]	PN-EN 12607-1:2014 PN-EN 1426:2015
12	Zakres plastyczności,[°C]	PN-EN 14023:2011 + Ap1:2014 - 04

Penetracja w 25°C

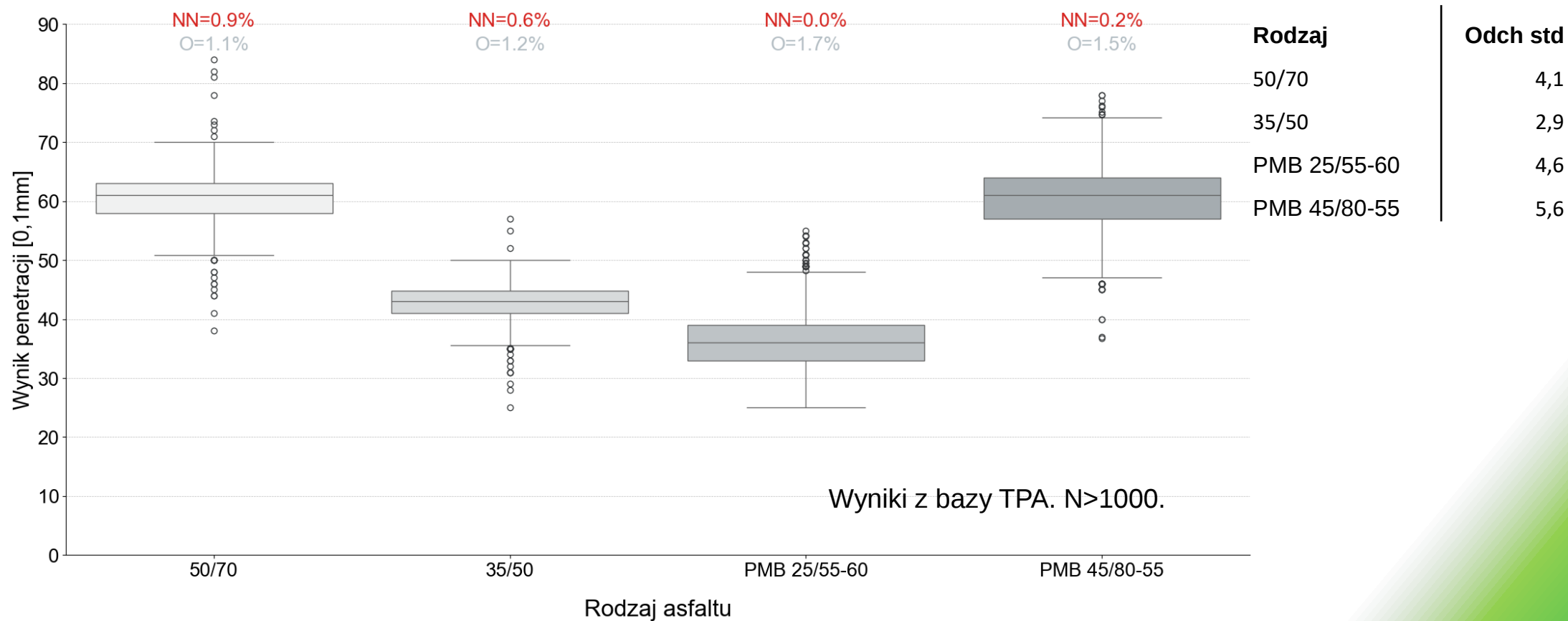


NN - % próbek
niezgodnych z normą
(poza zakresem).

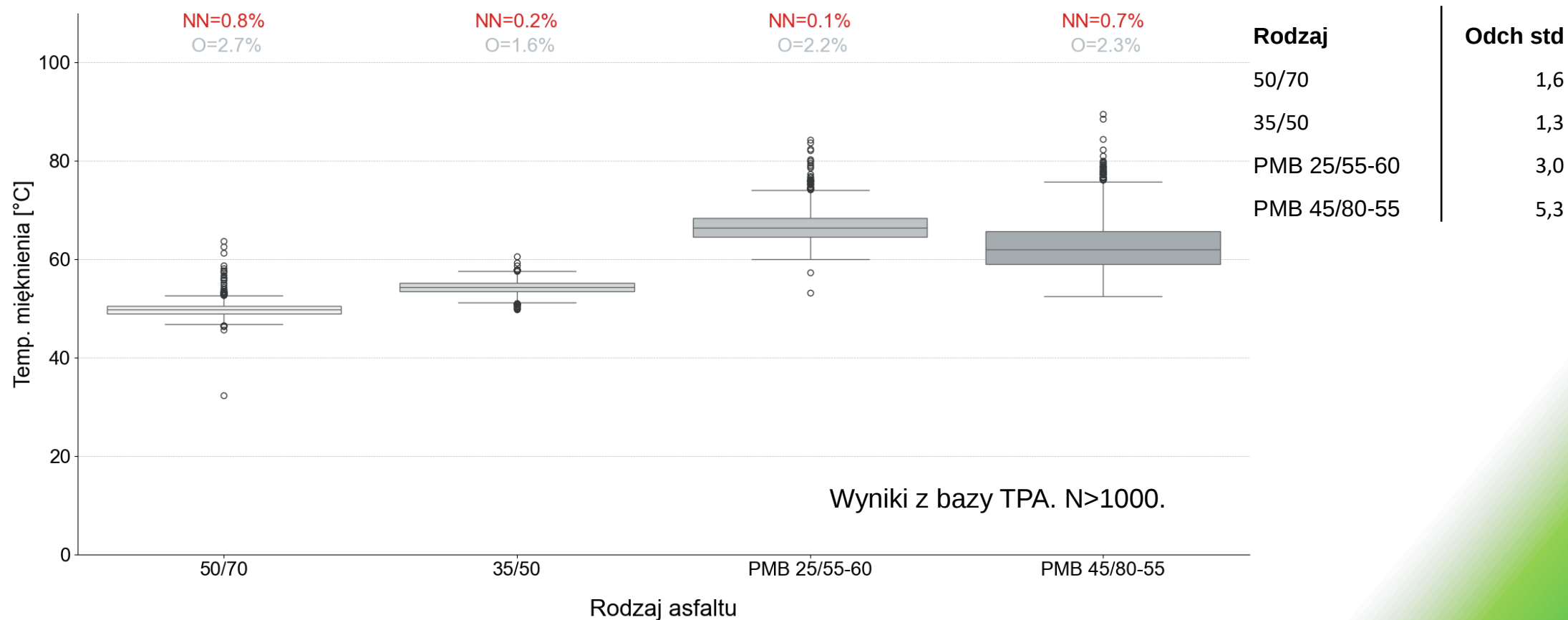
O - % próbek
statystycznie
odstających.

Wyniki z bazy TPA. N>1000.

Penetracja w 25°C

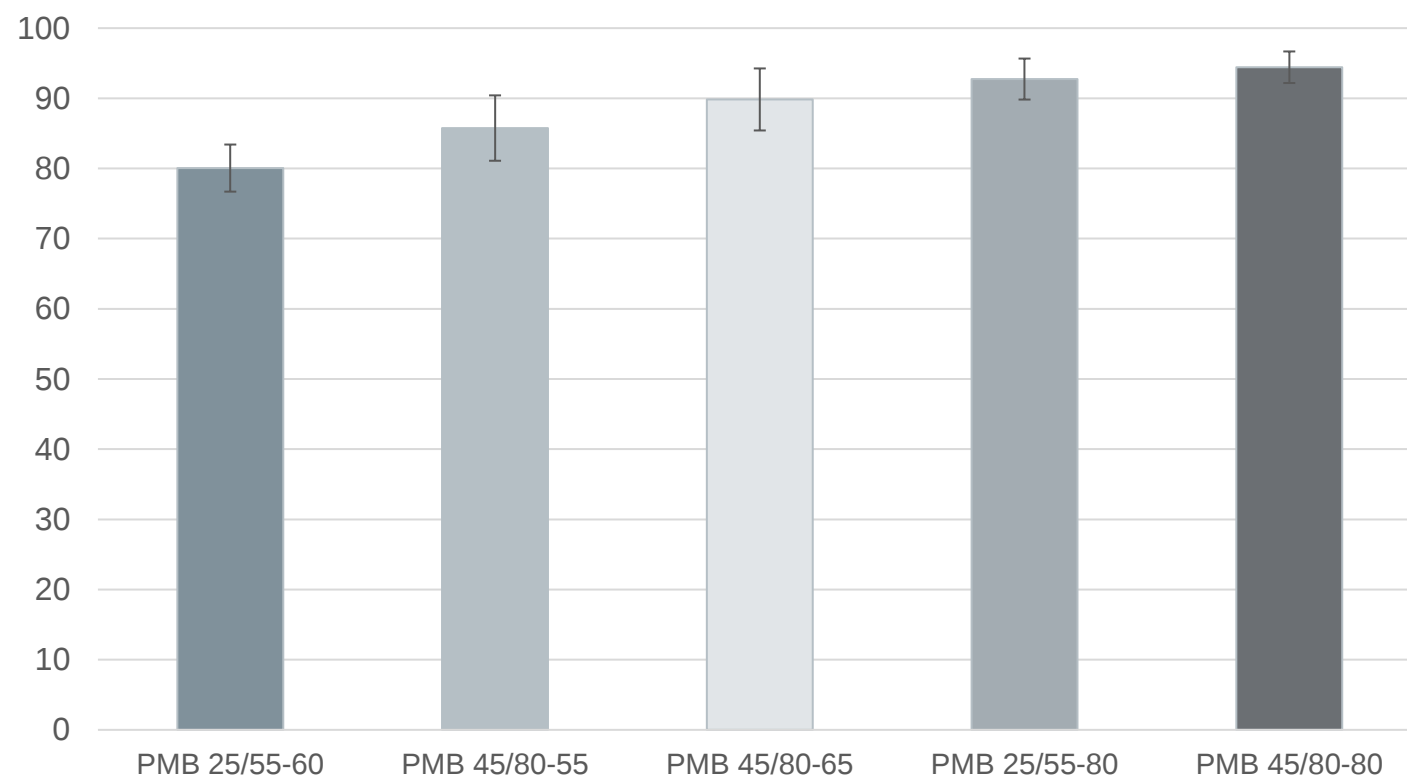


Temp. mięknienia met. pierścienia i kuli



Nawrót sprężysty

Wynik średni R%



Rodzaj

PMB 25/55-60

108

Odch std

3,4

PMB 45/80-55

71

4,7

PMB 45/80-65

37

4,4

PMB 25/55-80

31

2,9

PMB 45/80-80

21

2,2

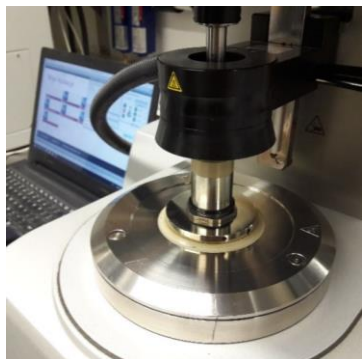


Dodatkowe badania parametrów lepiszczy



Główne cele

- Dane wejściowe do Pavement ME Design
- Rozbudowa baz wyników korelacji dla AI
- Średnie wartości parametrów asfaltu i ich zmienność



Reometr Dynamicznego Ścinania (DSR)

- MSCR
- LAS
- G^* oraz δ



Badane asfalty

- 35/50
- 50/70
- PMB 45/80-55
- PMB 25/55-60



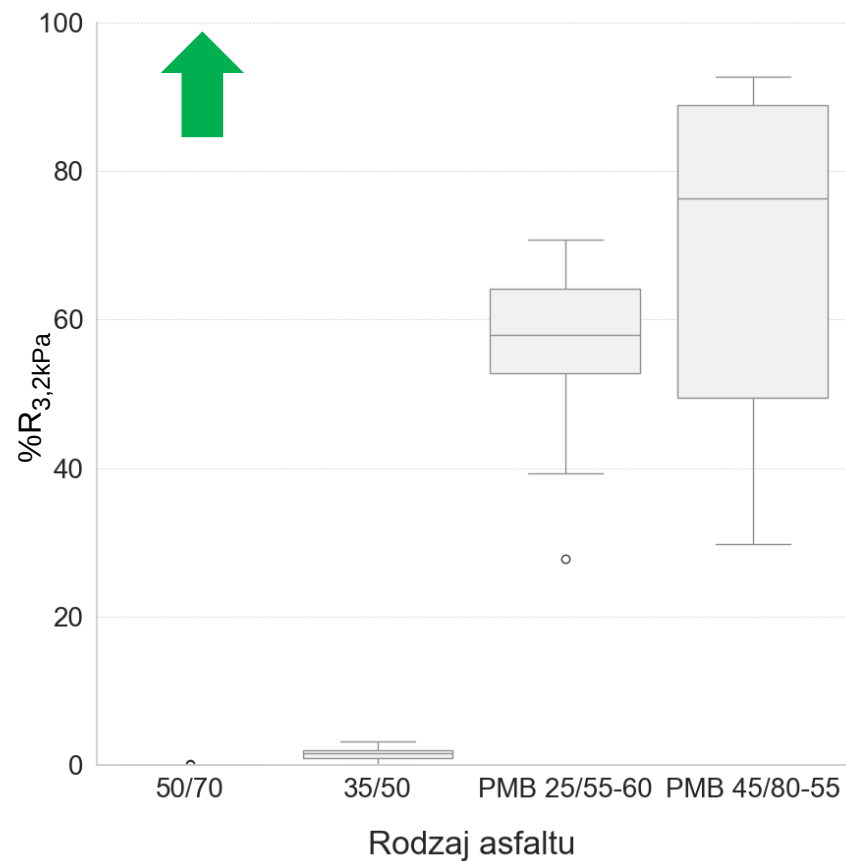
Inne badania

- Lepkość dynamiczna Brookfielda
- Spektrometr podczerwieni FTIR

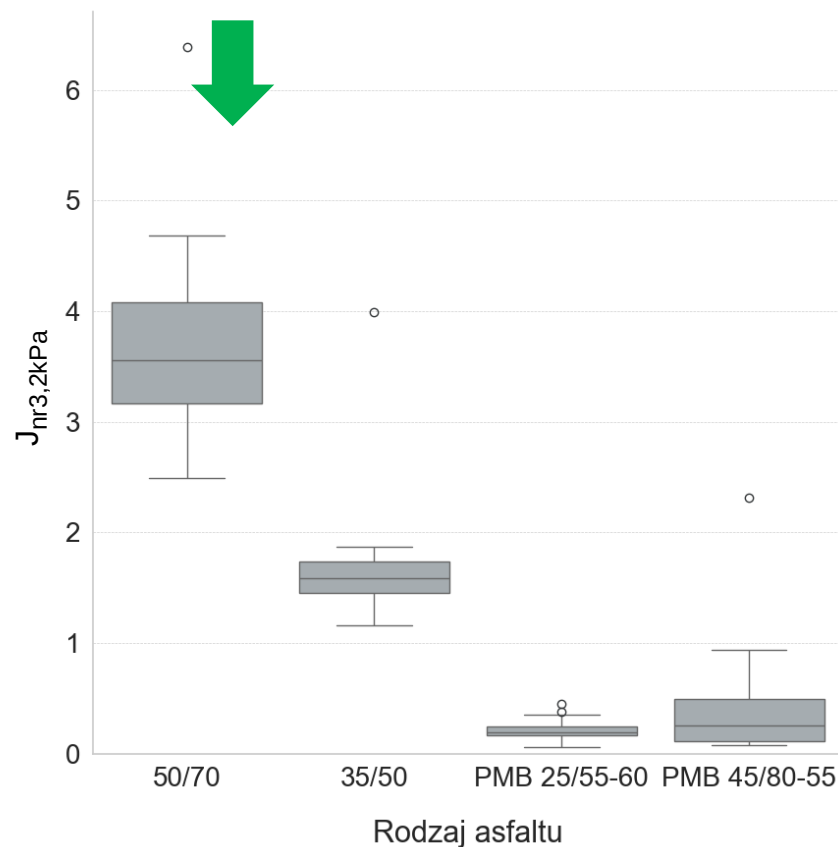
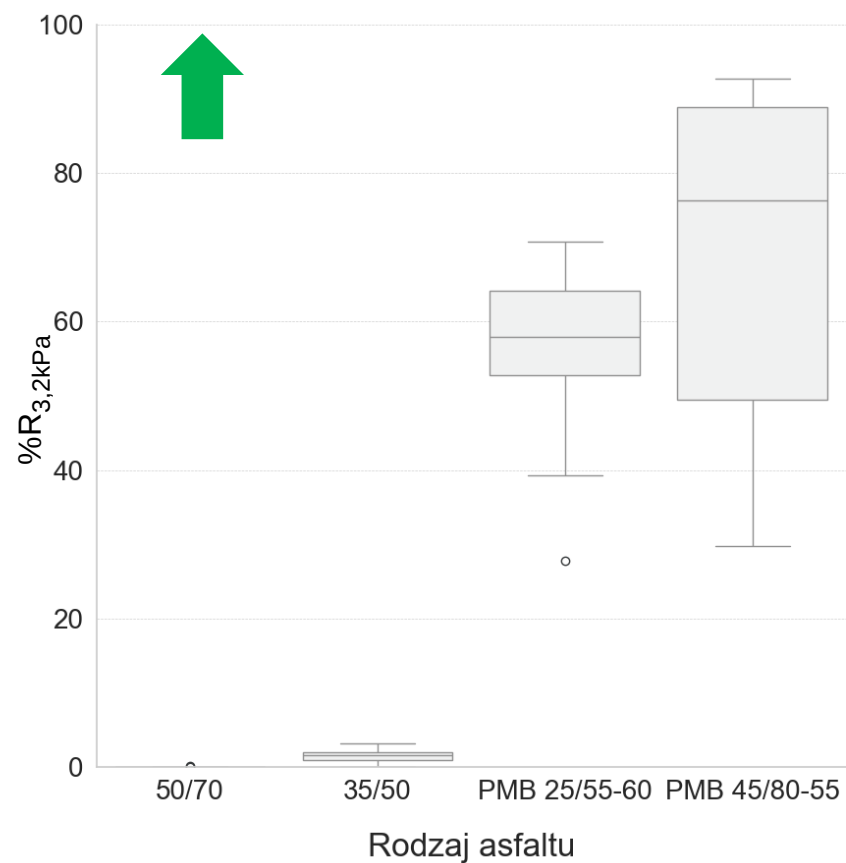
Statystyka badań

	Ilość
Przebadane świeże asfalty	70
Odzyskane asfalty	56
Badanie penetracji	190
Temperatura mięknięcia metoda pierścienia i kuli	160
Nawrót sprężysty	82
Badania lepkości lepkościomierzem Brookfielda	460
Badanie cyklicznego pełzania (MSCR)	254
Badania liniowego przemieszczania amplitudą odkształcenia (LAS)	476
Badania modułu ścinania i kąta przesunięcia fazowego	136
Widma FTIR	657

MSCR $\%R_{3,2kPa}$ i $J_{nr3,2kPa}$ w 60°C

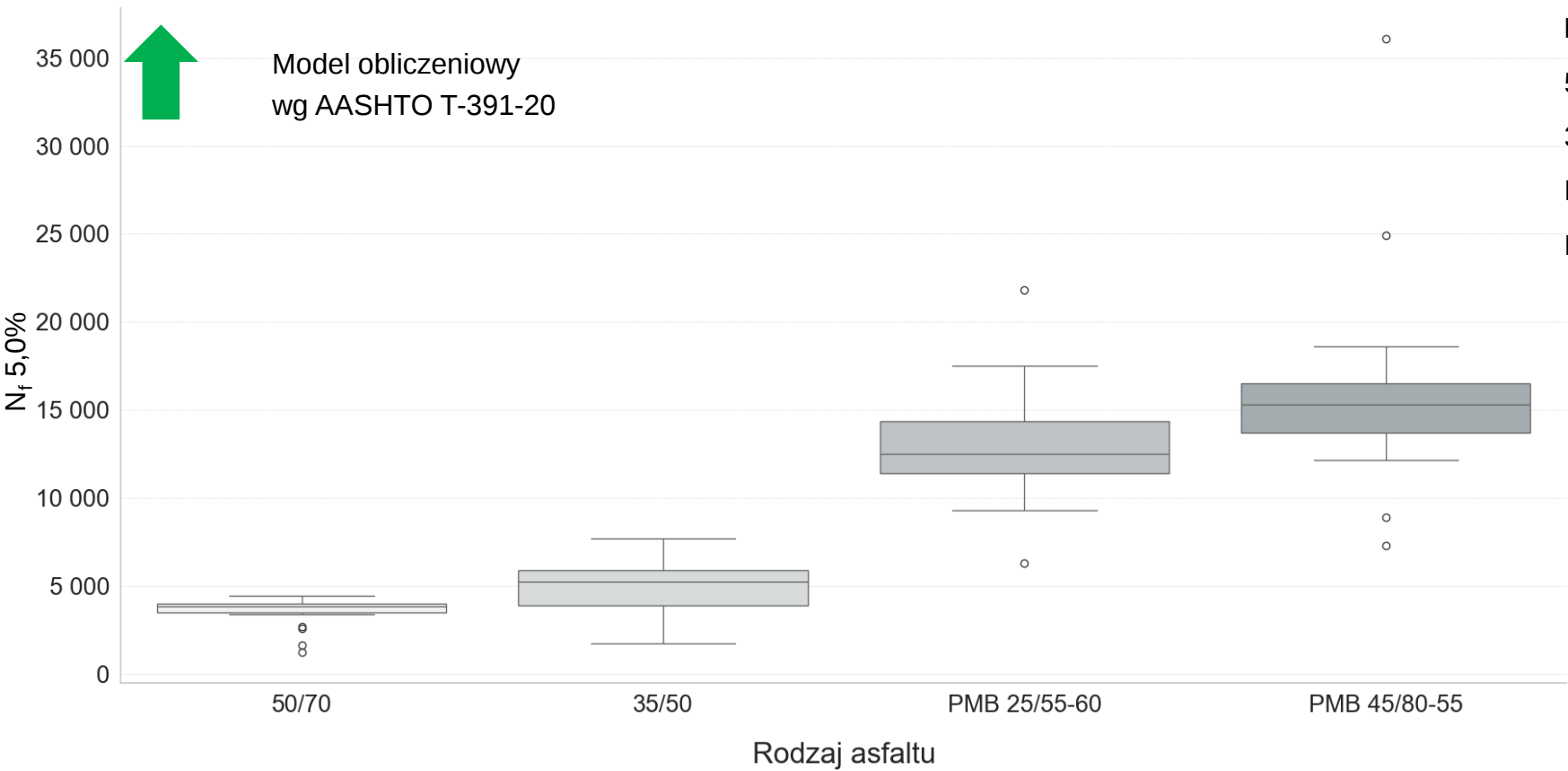


MSCR $\%R_{3,2kPa}$ i $J_{nr3,2kPa}$ w 60°C



Rodzaj	n	Średnia	Odch std Jnr
50/70	18	3,713	0,866
35/50	13	1,735	0,714
PMB 25/55-60	15	0,222	0,104
PMB 45/80-55	18	0,436	0,534

LAS 15°C N_f 5,0%



Potencjalne rozwiązania – przykłady ze świata

Lata 90

Performance Grades							
Max. Design Temp.	PG 46	PG 52	PG 58	PG 64	PG 70	PG 76	PG 82
Min. Design Temp.	-34	-40	-46	-10	-16	-22	-28
Original							
$\geq 230^{\circ}\text{C}$	Flash Point						
$\leq 3 \text{ Pa}\cdot\text{s @ } 135^{\circ}\text{C}$	Rotational Viscosity						
$\geq 1.00 \text{ kPa}$	DSR $G^*/\sin \delta$ (Dynamic Shear Rheometer)						
	46	52	58	64	70	76	82
(Rolling Thin Film Oven) RTFO, Mass Change $\leq 1.00\%$							
$\geq 2.20 \text{ kPa}$	DSR $G^*/\sin \delta$ (Dynamic Shear Rheometer)						
	46	52	58	64	70	76	82
(Pressure Aging Vessel) PAV							
20 hours, 2.10 MPa	90	90	100	100	100(110)	100(110)	100(110)
$\leq 5000 \text{ kPa}$	DSR $G^*\sin \delta$ (Dynamic Shear Rheometer) Intermediate Temp. = $(\text{Max} + \text{Min})/2 + 4$						
	10	7	4	25	22	19	16
$S \leq 300 \text{ MPa}$ $m \geq 0.300$	BBR S (creep stiffness) & m-value (Bending Beam Rheometer)						
	-24	-30	-36	0	-6	-12	-18
If BBR m-value ≥ 0.300 and creep stiffness is between 300 and 600, the Direct Tension failure strain requirement can be used in lieu of the creep stiffness requirement.							
$\epsilon_t \geq 1.00\%$	DTT (Direct Tension Tester)						
	-24	-30	-36	0	-6	-12	-18

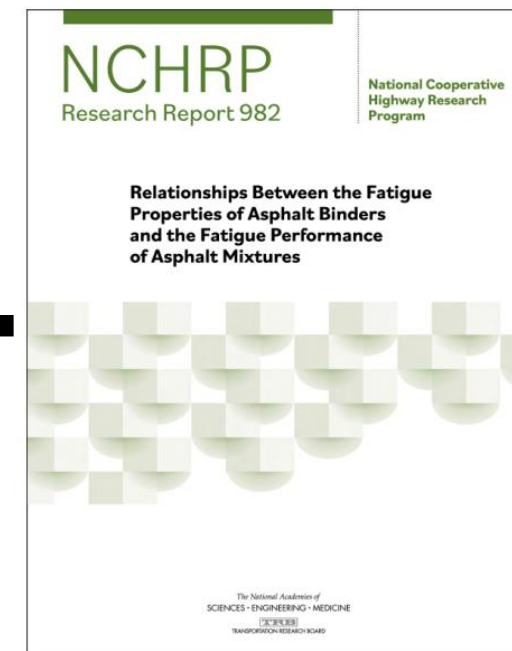
źródło: asphaltinstitute.org

2010-obecnie

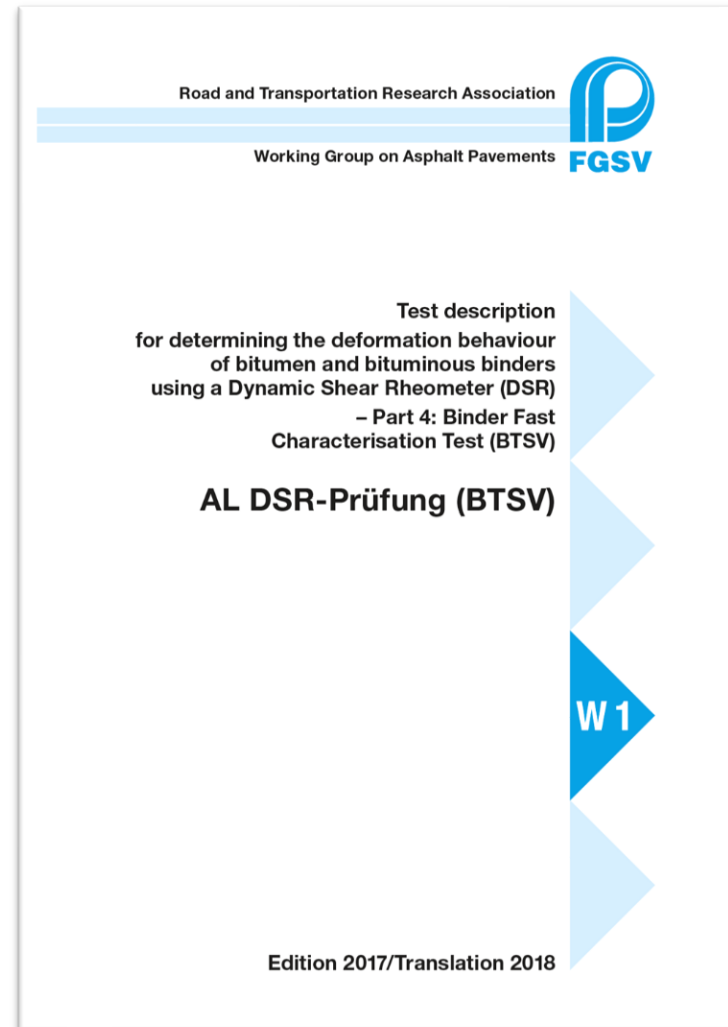
High PG	PG 52	PG 58	PG 64	PG 70	PG 76
Low PG	-10	-16	-22	-28	-34
Original					
$\geq 230^{\circ}\text{C}$	Flash Point, AASHTO T 48				
$\leq 3 \text{ Pa}\cdot\text{s}$	Rotational Viscosity @ 135°C, AASHTO T 316				
$\geq 1.00 \text{ kPa}$	DSR $G^*/\sin \delta$ (Dynamic Shear Rheometer), AASHTO T 315				
	52	58	64	70	76
RTFO (Rolling Thin Film Oven), AASHTO T 240					
$\leq 1.00\%$	Mass Change				
$\leq 4.5 \text{ kPa}^{-1}$ $\leq 2.0 \text{ kPa}^{-1}$ $\leq 1.0 \text{ kPa}^{-1}$ $\leq 0.5 \text{ kPa}^{-1}$	MSCR $J_{nr, 3.2}$ (Multiple Stress Creep-Recovery), AASHTO T 350				
	52	58	64	70	76
$\leq 75\%$	MSCR $J_{nr, Diff}$ (Multiple Stress Creep-Recovery), AASHTO T 350				
	52	58	64	70	76
PAV (Pressure Aging Vessel), AASHTO R 28					
	90	100	100	100(110)	100(110)
$\leq 5000 \text{ kPa}$ $\leq 6000 \text{ kPa}$ $\leq 6000 \text{ kPa}$	DSR $G^*\sin \delta$ (Dynamic Shear Rheometer), AASHTO T 315 Intermediate Temp. = $(\text{High PG} + \text{Low PG})/2 + 4$				
	25	22	19	16	13
$S \leq 300 \text{ MPa}$ $m \geq 0.300$	BBR S (creep stiffness) & m-value (Bending Beam Rheometer), AASHTO T 313				
	0	-6	-12	-18	-24
• If BBR m-value ≥ 0.300 and creep stiffness is between 300 and 600, the Direct Tension failure strain requirement of $\geq 1.00\%$ can be used in lieu of the creep stiffness requirement. • Binder shall be homogeneous, free from water, contain no deleterious materials, be at least 99.5% soluble and contain no particles larger than 250 μm .					

źródło: asphaltinstitute.org

2022



Potencjalne rozwiązania – przykłady ze świata



Wnioski i rekomendacje na podstawie zrealizowanych badań

- Stwierdzono wysoką jednorodność lepiszczy dla parametrów określonych w wymaganiach normowych stosowanych do klasyfikacji asfaltów.
- Stwierdzono niższą jednorodność lepiszczy dla parametrów funkcjonalnych opartych o badania DSR.
- Zauważono problem z odpowiednią klasyfikacją lepiszczy modyfikowanych, pod względem ich przydatności do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych na podstawie wyłącznie wymagań normowych (studium przypadku).
- Należy rozważyć wprowadzenie dodatkowych zaawansowanych badań reologicznych do oceny cech funkcjonalnych wykonywanych już na etapie produkcji lepiszczy.

**Dziękuję za
uwagę!**



STRABAG
WORK ON PROGRESS