



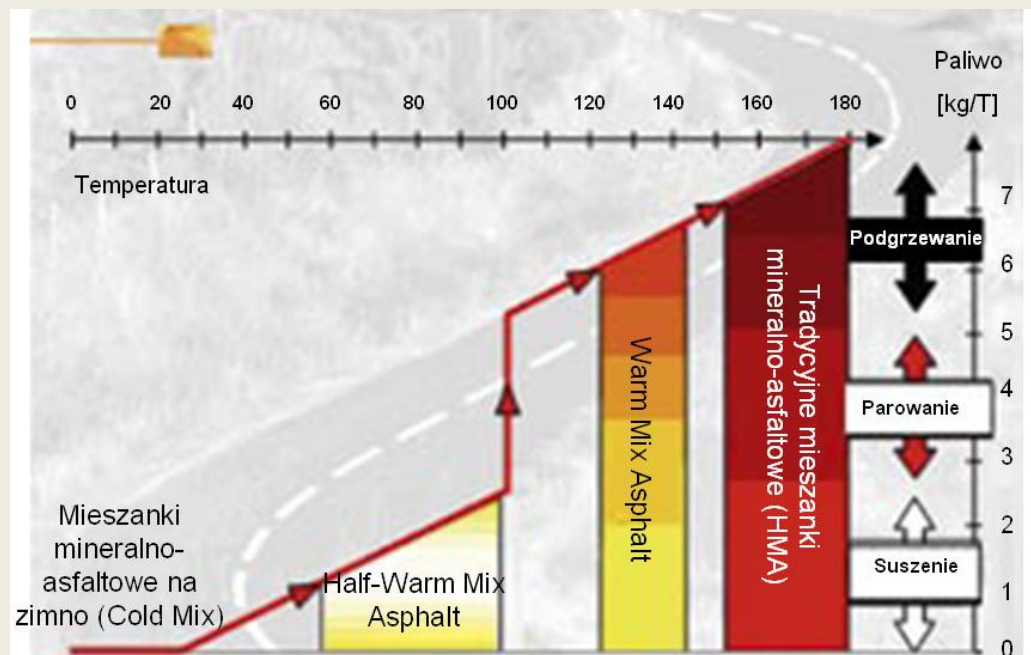
Zastosowanie klinoptilolitu do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych



Mgr inż. Agnieszka Wozuk
Dr hab. inż. Wojciech Franus Prof. PL

Podział technologii produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych

- mma na gorąco – temp. produkcji 190 - 150°C (Hot Mix Asphalt),
- **mma na ciepło – temp. produkcji 100 - 140°C (Warm Mix Asphalt),**
- mma na „półciepło” – temp. produkcji 60 – 100°C (Half- Warm Mix Asphalt),
- mma na zimno – temp. produkcji 0 – 40°C (cold mixes).

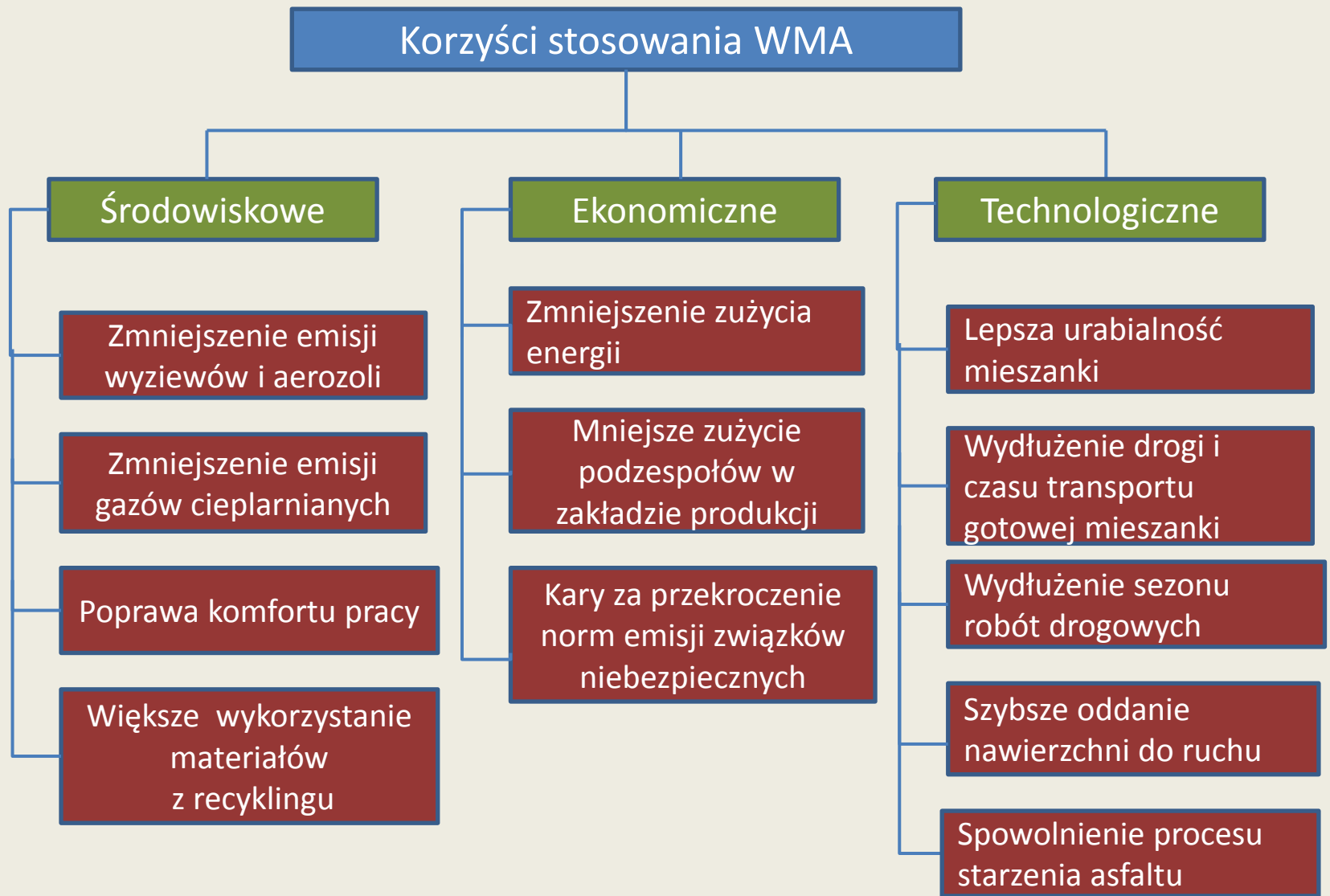


Rys. Klasyfikacja mieszanek mineralno – asfaltowych według temperatur i przybliżone zużycie paliwa¹⁾

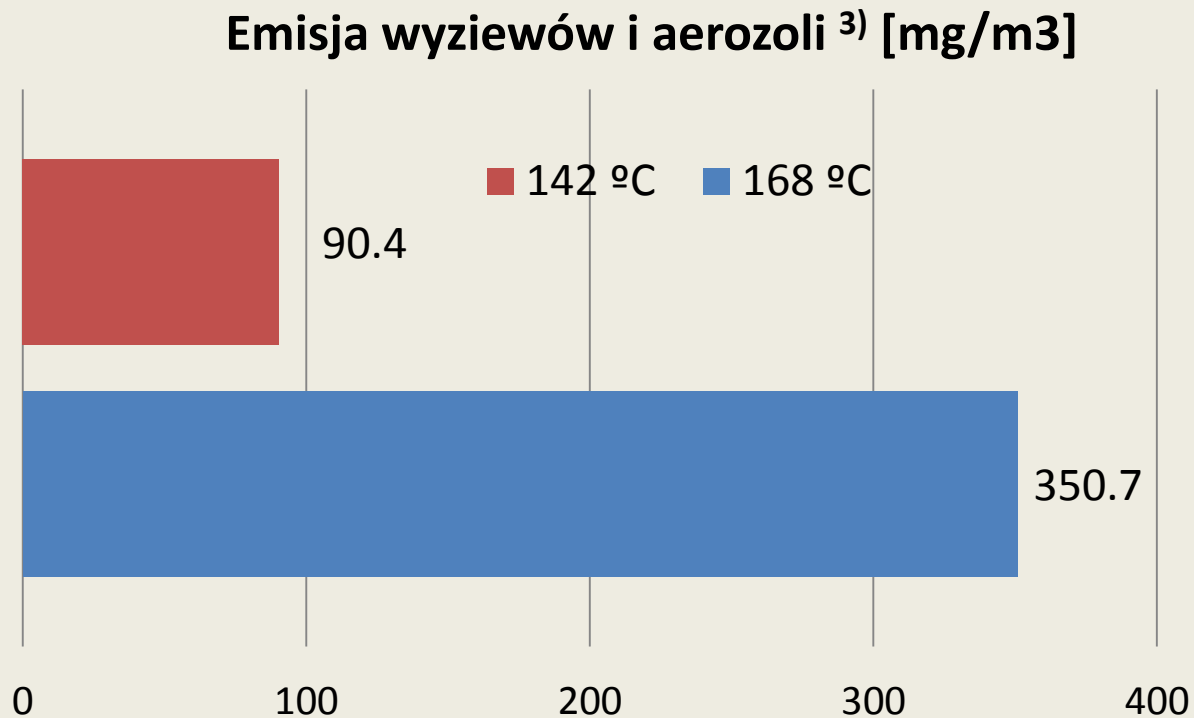
¹⁾ [Judycki J. "Badania mieszanek mineralno-asfaltowych o obniżonej temperaturze otoczenia", projekt badawczy dla GDDKiA, 2011]

2015-05-21

Korzyści stosowania WMA



Korzyści środowiskowe



³⁾ Barthel, W., "Warm Mix Asphalt by Adding a Synthetic Zeolite," Proceedings of the Third Eurasphalt and Eurobitume Conference, 2004

Korzyści środowiskowe



Wbudowywanie HMA i WMA



Korzyści ekonomiczne

Temperatura
produkcji

↓ 30°C

Zużycie energii

↓ 9 kwh/
tonę MMA

Energia do
produkcji
WMA

==

60%
80%

Energii do
produkcji
HMA

Koszty zastosowania mma na ciepło w różnych technologiach ⁵⁾

Technologia WMA	WAM-Foam	Aspha-Min
Koszt modyfikacji wytwórni lub instalacji	\$30 000- \$70 000	\$0-\$40 000
Licencja	\$15.000 w pierwszym roku \$5000/wytwórnię/rocznie \$0,30/tonę mma	brak
Koszt materiałów	brak	\$ 1,30/kg

⁵⁾ Rubio MC., Martínez G., Baena L., Moreno F.; Warm mix asphalt: an overview; Journal of Cleaner Production; 2012; 24, s.76–84.



Aspha-Min

- Zeolit syntetyczny zawierający około 21 % wody wydzielanej w temperaturach 85-182°C
- Po dodaniu do MMA woda zeolitowa paruje spieniając asfalt, co umożliwia otoczenie ziaren kruszywa w niższych temperaturach
- Dozowanie -0,3% w stosunku do masy MMA
- W recepcie mma zeolit zastępuje wypełniacz



Wyniki badań – klinoptylolit

Parametry teksturalne klinoptylolitu oraz mączki wapiennej.

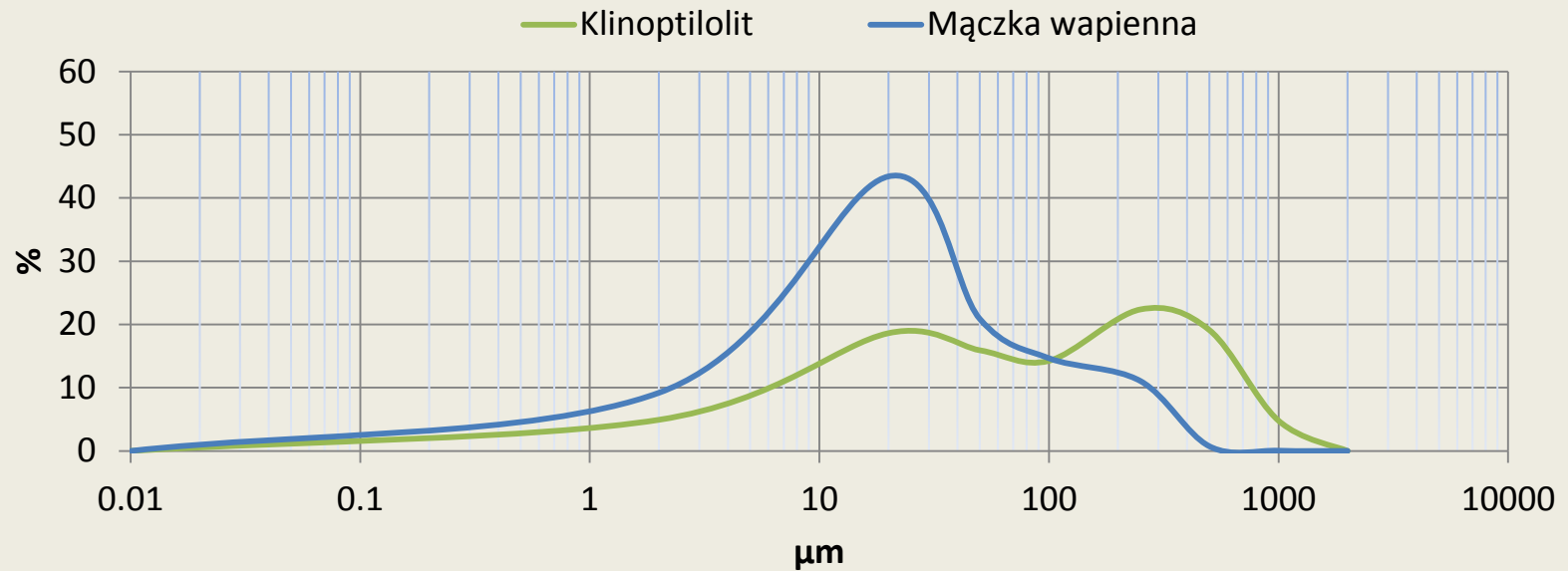
Materiał	$S_{\text{BET}} \text{m}^2/\text{g}$	$V_{\text{mic}} \text{cm}^3/\text{g}$	$S_{\text{mic}} \text{m}^2/\text{g}$	$V_{\text{mes}} \text{cm}^3/\text{g}$	$S_{\text{mes}} \text{m}^2/\text{g}$	$D_p \text{nm}$
Klinoptylolit	18,3	0,0051	10,65	0,046	7,68	10,0
Mączka wapienna	1,91	0,000019	1,95	0,0075	1,65	18,3

gdzie: S_{BET} – powierzchnia właściwa, $V_{\text{mic}}/V_{\text{mes}}$ – objętość mikroporów/ objętość mezoporów, $S_{\text{mic}}/S_{\text{mes}}$ – powierzchnia mikroporów/powierzchnia mezoporów, D_p – średni promień porów



PL-BY-UA
2007-2013

Rozkład wielkości cząstek mączki wapiennej i klinoptylolitu



Wyniki badań – klinoptylolit

Podstawowe właściwości fizyczne mączki wapiennej i klinoptylolitu

Materiał	gęstość [g/cm ³]	nasiąkliwość [%]	wilgotność [%]
mączka wapienna	2,618	22	0,36
klinoptylolit	2,135	50	4,4



klinoptylolit



mączka wapienna

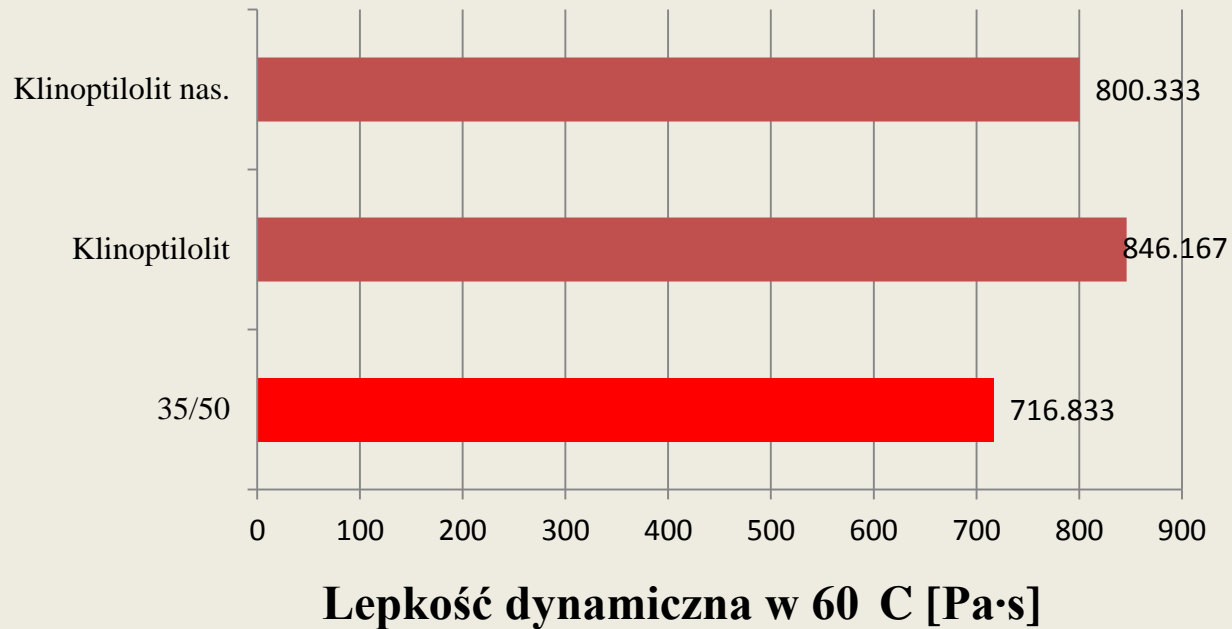
Metodyka badań – wpływ klinoptilolitu na lepkość asfaltu

Lepkość dynamiczna:

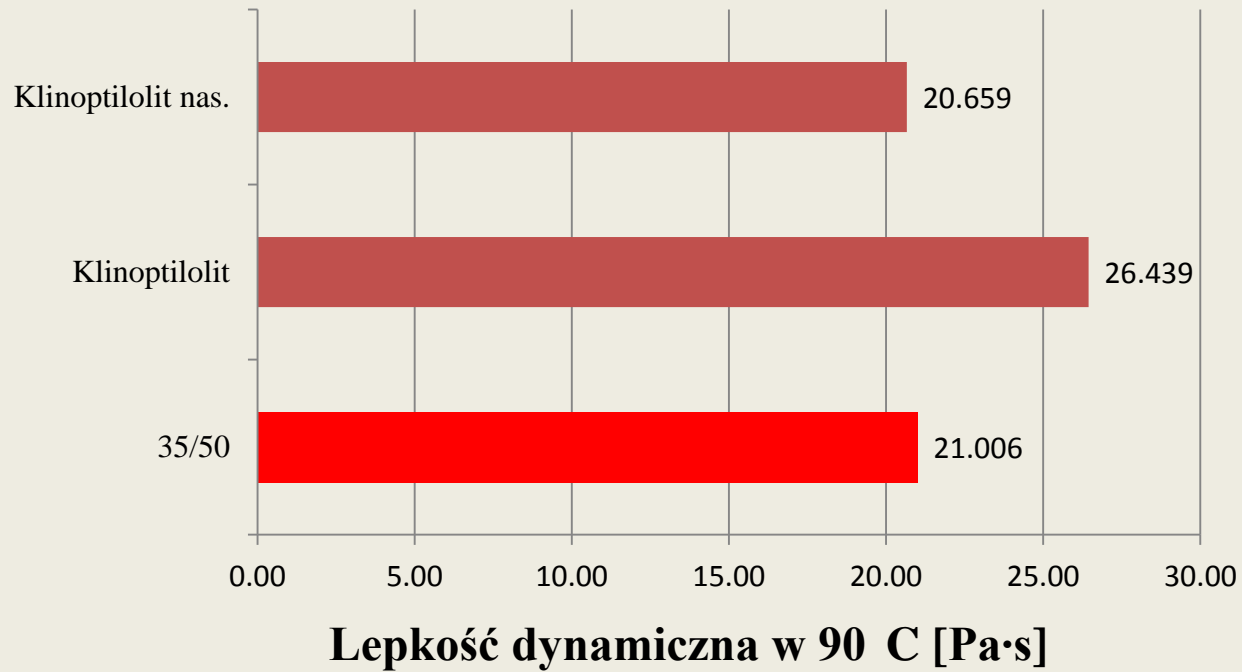
- badanie w aparacie Brookfielda
- na podstawie normy ASTM D 4402 Standard Test Method for Viscosity Determination of Asphalt at Elevated Temperatures Using a Rotational Viscometer
- temperatury badania: 60 C, 90 C, 135 C, 160 C
- czas od momentu wymieszania asfaltu z zeolitem do wykonania badania był stały i wynosił 30 minut
- nasycenie klinoptilolitu wodą wynosiło 25% wody wagowo w stosunku do masy suchego materiału,
- dodatek zeolitu w stosunku do masy lepiszcza – 5%.



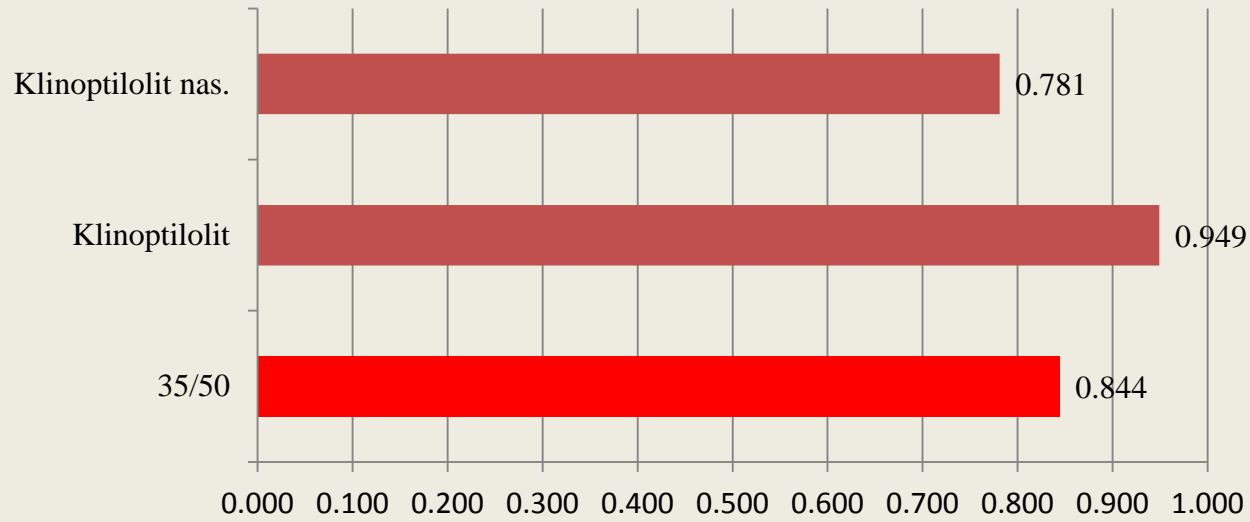
Wyniki badań – wpływ klinoptilolitu na lepkość asfaltu



Wyniki badań – wpływ klinoptilolitu na lepkość asfaltu

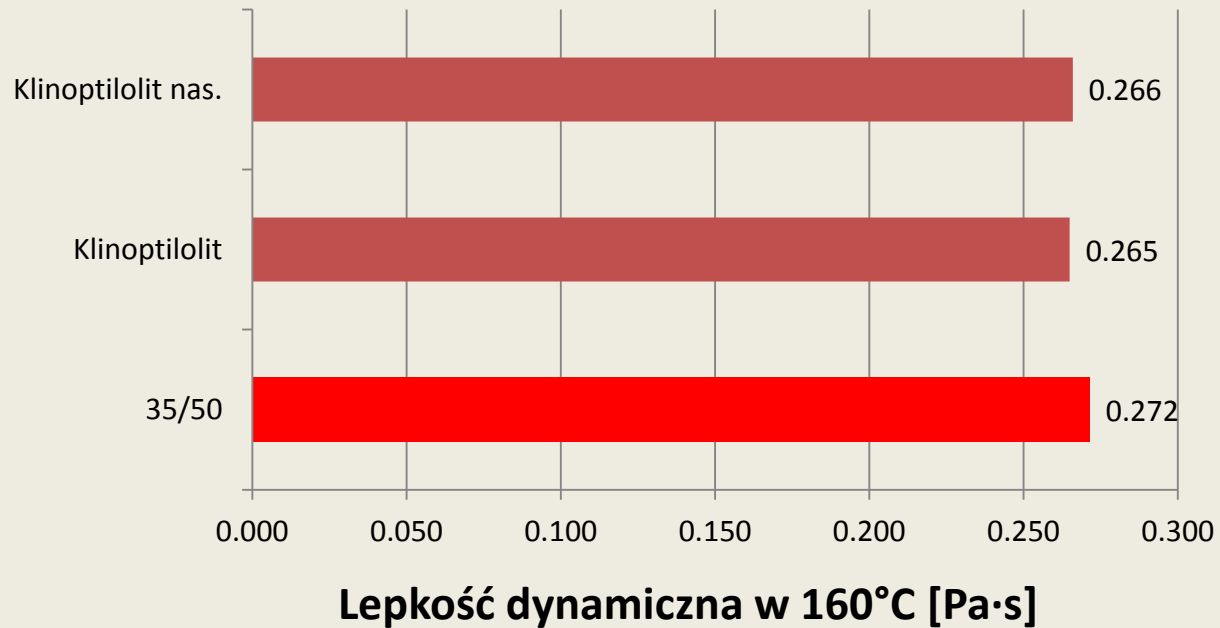


Wyniki badań – wpływ klinoptilolitu na lepkość asfaltu



Lepkość dynamiczna w 135 C [Pa·s]

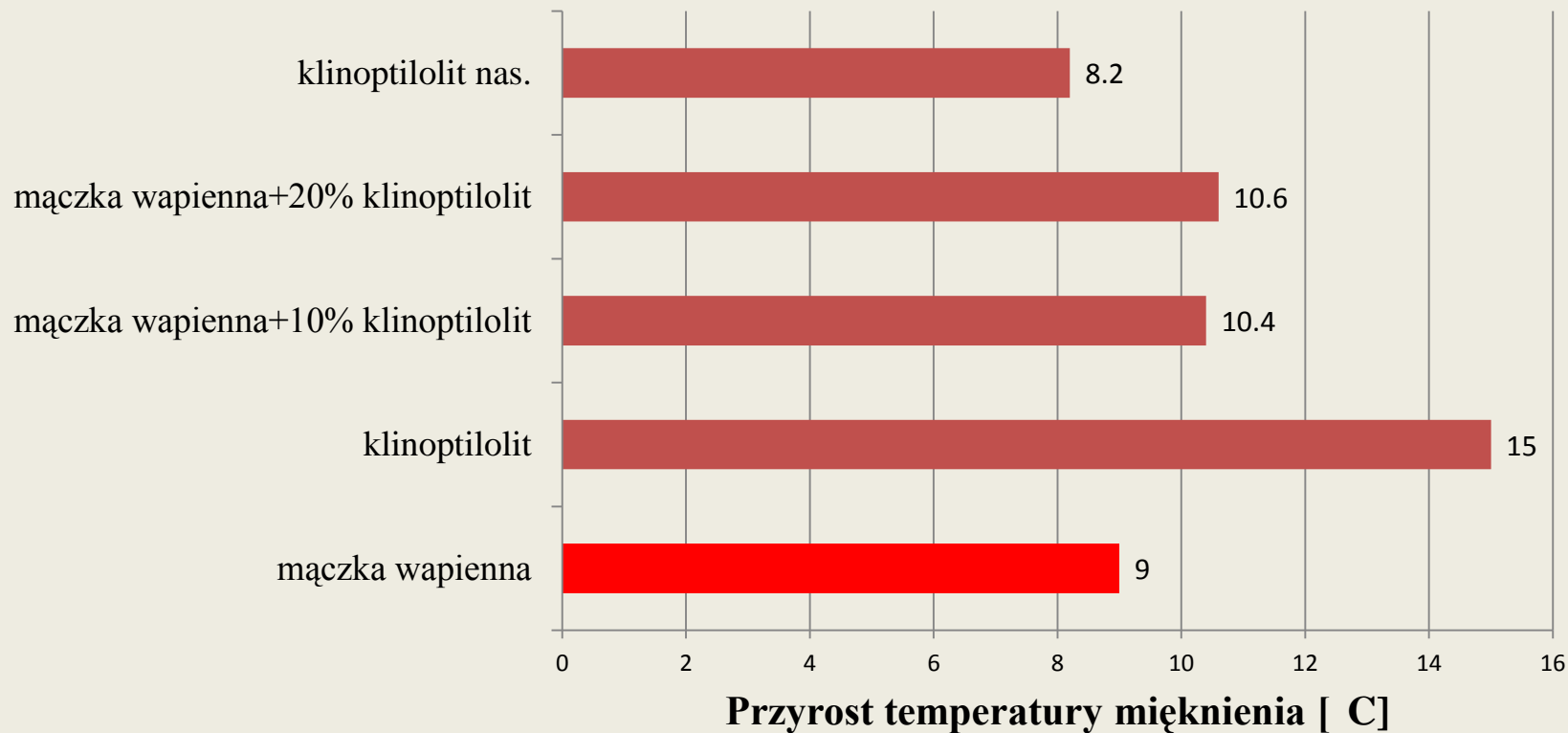
Wyniki badań – wpływ klinoptilolitu na lepkość asfaltu



Wyniki badań – wpływ klinoptilolitu na właściwości asfaltu

Właściwości asfaltu	penetracja [mm]	temperatura mięknięcia [°C]	indeks penetracji PI [-]
35/50	36,5	55,80	-0,56
35/50+5% klinoptilolit nasączony	36	55,20	-0,72
35/50+5% klinoptilolit	36	56,60	-0,42

Wyniki badań – wpływ klinoptilolitu na właściwości asfaltu



Wykonano zgodnie z normą PN-EN 13179-1 Badania kruszyw wypełniających stosowanych do mieszanek bitumicznych
- Część 1: Badanie metodą pierścienia delta i kuli

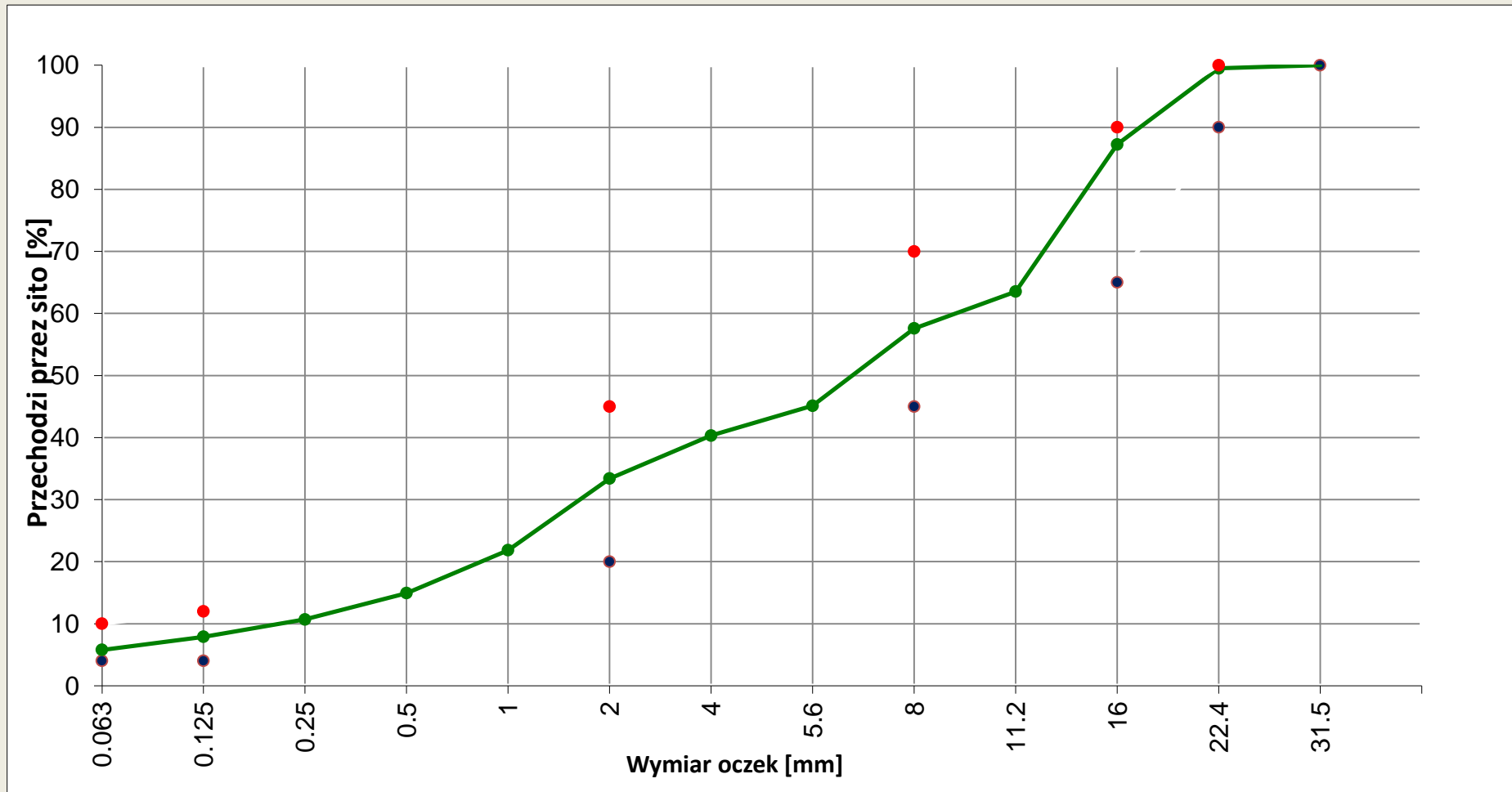
Wyniki badań - zeolity

Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego, KR 3-6 (AC 16 W)

Nazwa składnika mieszanki	Udział w mieszance [%]	
	MM	MMA
wypełniacz dodany	4	3,8 – zeolit*
Wapień 0/4	34	32,4
Granodioryt 4/8	24	22,9
dolomit 8/12	18	17,2
Granodioryt 11/16	20	19,1
Asfalt 35/50		4,6
Zeolit		od 0,2 do 1,0

Wyniki badań – recepta MMA

Wykres krzywej uziarnienia mieszanki mineralnej



Wyniki badań - zeolity

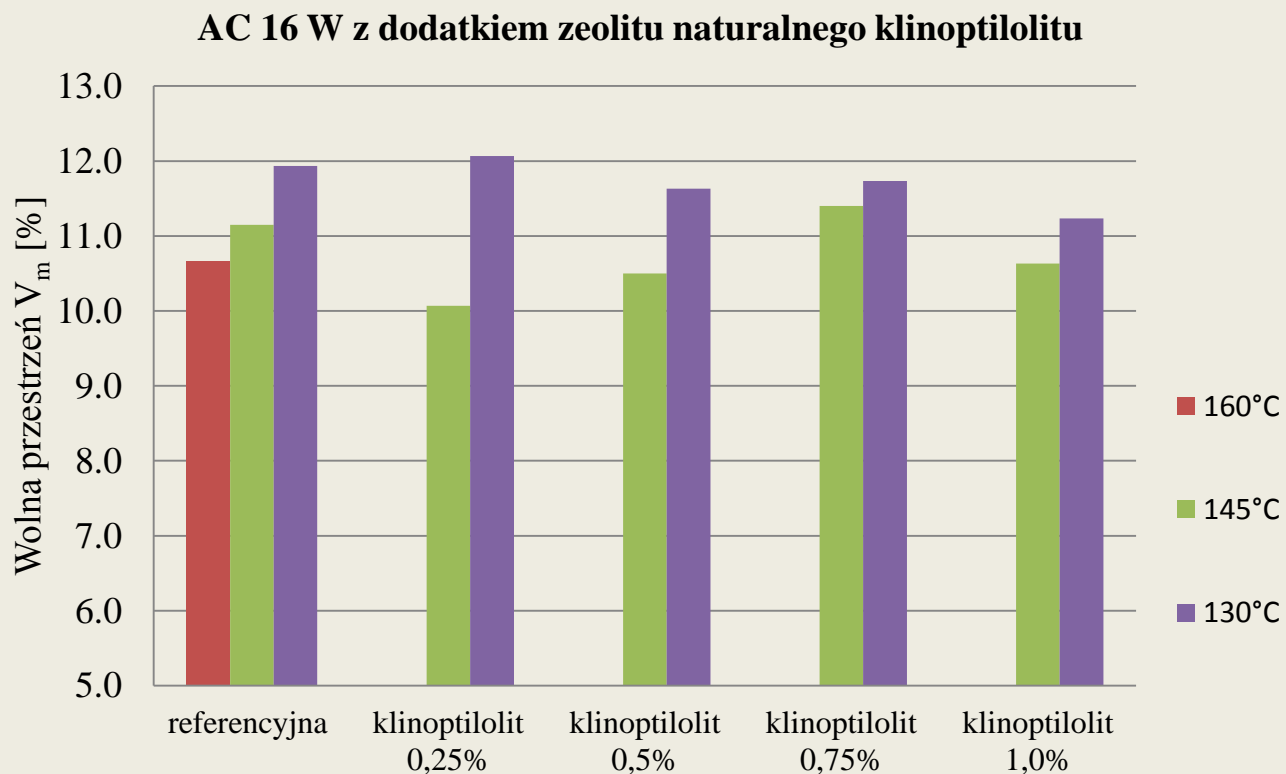
Teoretyczna ilość dozowanego zeolitu na podstawie zawartości wody i optymalnej jej ilości potrzebnej do spienienia asfaltu

Rodzaj zeolitu	Klinoptylolit Nasączony [%]	Klinoptylolit [%]
Wilgotność	30	10
Dodatek	0,40	1,20
Zawartość zeolitu w stosunku do asfaltu	8,70	26,09
Zawartość wody w stosunku do asfaltu	2,61	2,61

Wyniki badań – zagęszczalność w prasie żyratorowej, metodyka

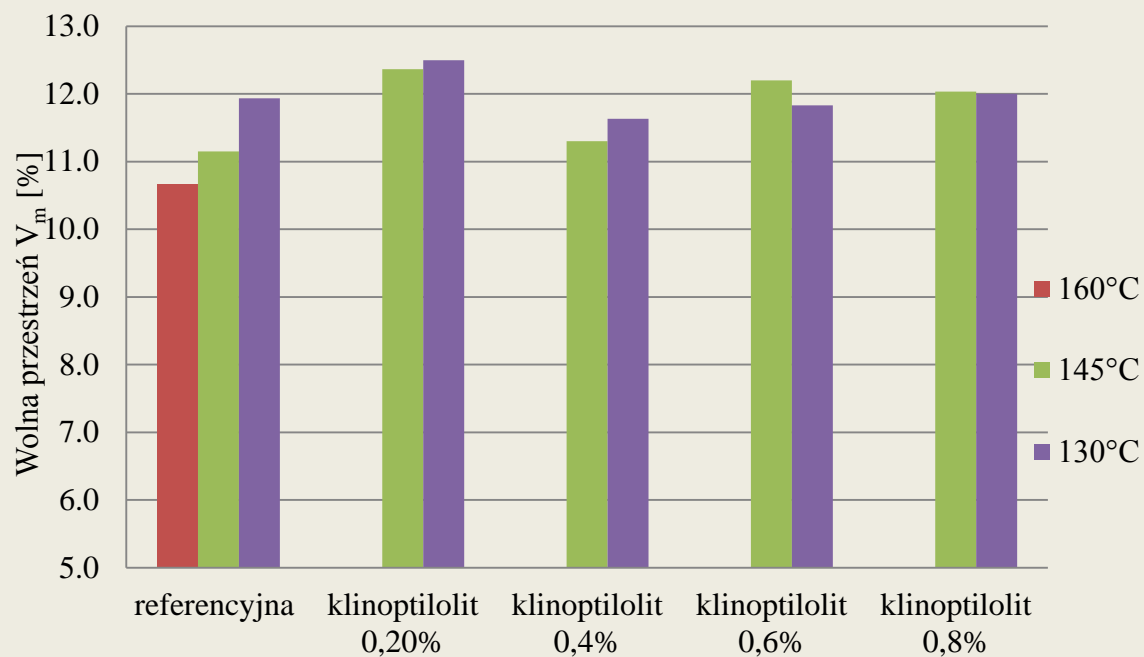
- PN-EN- 12697-31 Mieszanki mineralno-asfaltowe – Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco – Próbki zagęszczane w prasie żyratorowej
- średnica formy 100 mm, wysokość próbki 100 mm
- termostatowanie MMA przed badaniem - 30-45 minut,
- kąt wychylenia - 1,250,
- nacisk pionowy 600 kPa,
- szybkość obracania osi podłużnej – 30 obrotów/minutę,
- liczba obrotów – 100
- temperatura zagęszczania -160°C, 145°C, 130°C.

Wyniki badań – zagęszczalność w prasie żyratorowej, wyniki



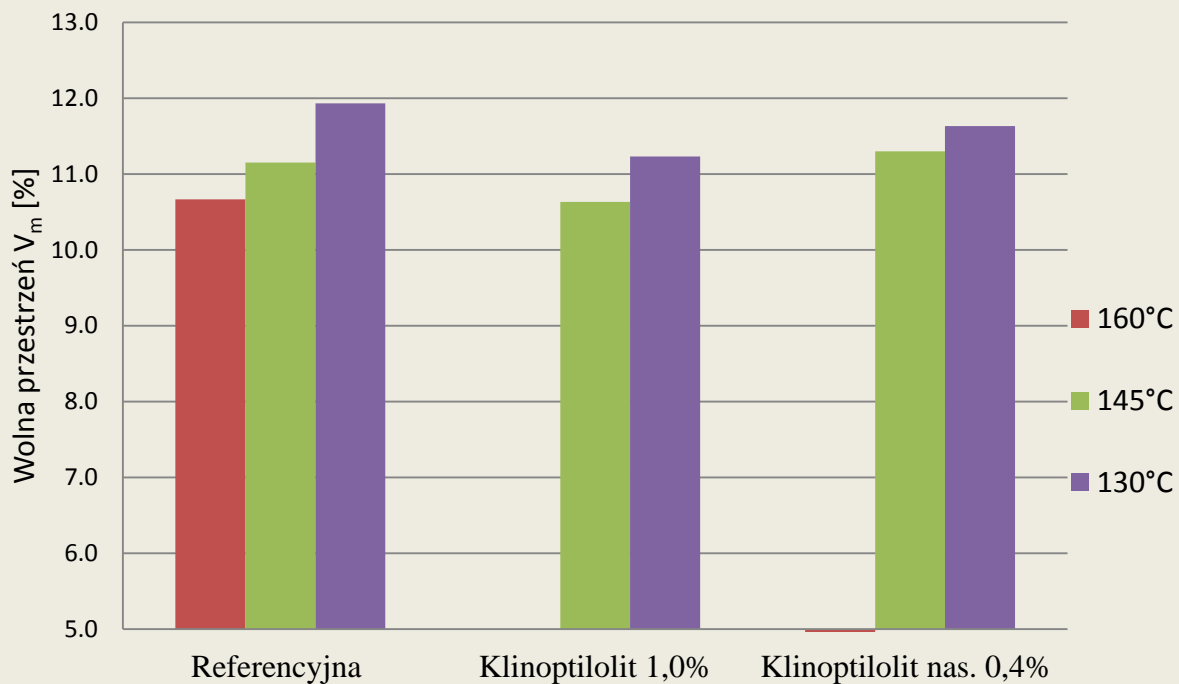
Wyniki badań – zagęszczalność w prasie żyrotorowej, wyniki

AC 16 W z dodatkiem nasączonego zeolitu naturalnego klinoptilolitu



Wyniki badań – zagęszczalność w prasie żyratorowej, wyniki

Gęstość objętościowa w zależności od temperatury zagęszczania



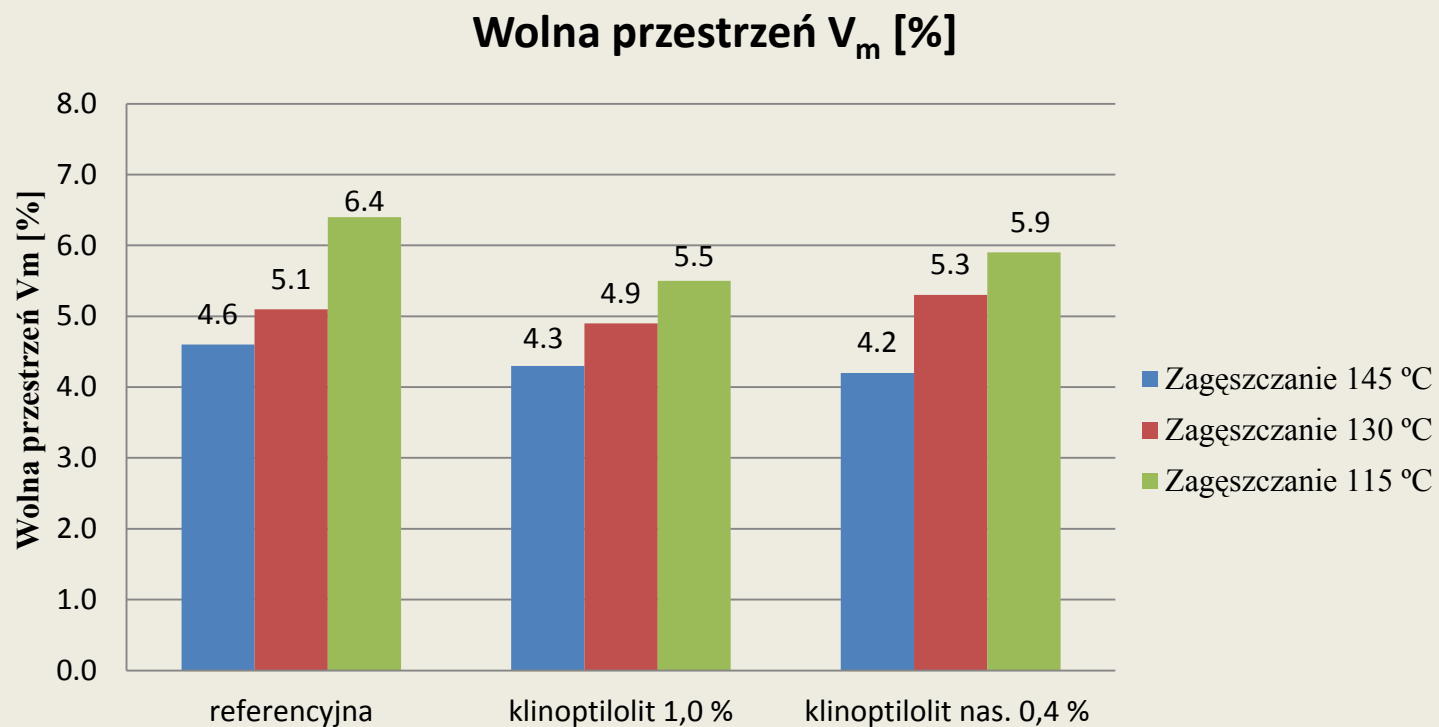
Wyniki badań – zagęszczalność w ubijaku Marshalla, metodyka

- PN-EN 12697-30, Mieszanki mineralno-asfaltowe na gorąco. Metody badań.

Zagęszczanie próbek ubijakiem,

- Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych, Wymagania techniczne WT2 2010,
- D=101,6 mm, H=63,5 mm,
- liczba ucić na stronę – 75,
- termostatowanie MMA przed badaniem - 30-45 minut,
- temperatura zagęszczania 145°C, 130°C, 115°C.

Wyniki badań – zagęszczalność ubijaku Marshalla, wyniki



Wyniki badań – odporność na działanie wody, metodyka

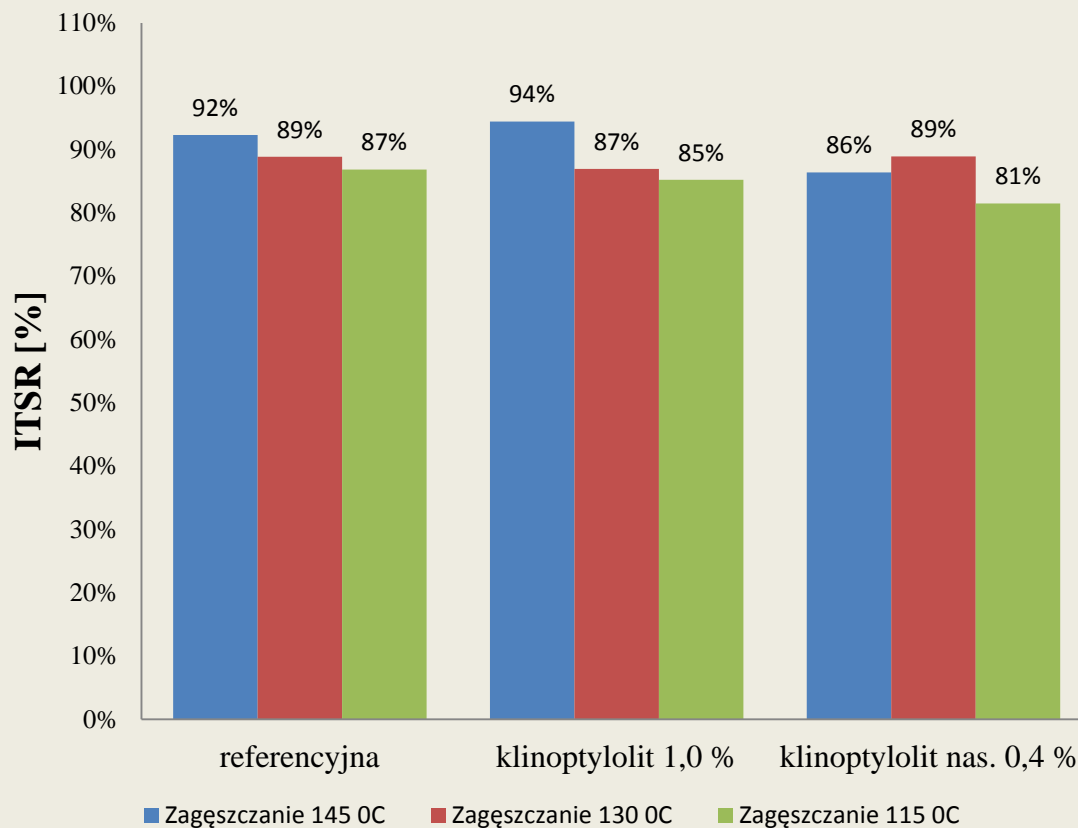
- PN-EN 12697-12 Mieszanki mineralno-asfaltowe - Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco - Część 12: Określanie wrażliwości próbek asfaltowych na wodę
- Załącznik nr 1 Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych, Wymagania techniczne WT2 2010
- D=101,6 mm, H=63,5 mm,
- liczba ucięt na stronę – 35
- termostatowanie MMA przed badaniem - 30-45 minut,
- temperatura zagęszczania 145°C, 130°C, 115°C.
- temperatura badania 25°C

Procedura kondycjonowania próbek z cyklem zamrażania składała się z trzech etapów:

- próżniowego nasycania próbek wodą (temp. 20°C, ciśnienie 6,7 kPa, czas - 30 min)
- poddania próbek przedłużonemu oddziaływaniu wody w podwyższonej temperaturze (temp. 40°C, czas - 68 godz.)
- poddania próbek 1 cyklowi zamrożenia (temp.-18°C, czas - 16 godz.) – odmrożenia (temp. 60°C, czas - 24 godz.).

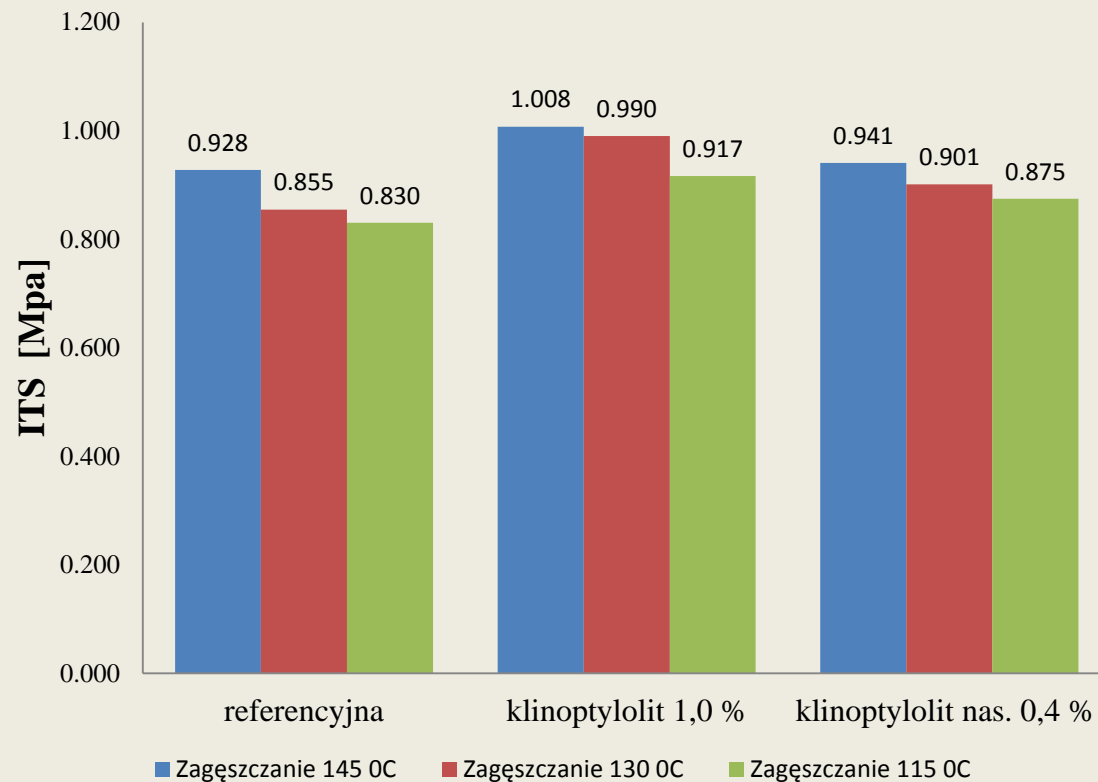
Wyniki badań – odporność na działanie wody i mrozu, wyniki

Odporność na działanie wody i mrozu próbek MMA z dodatkiem klinoptylolitu



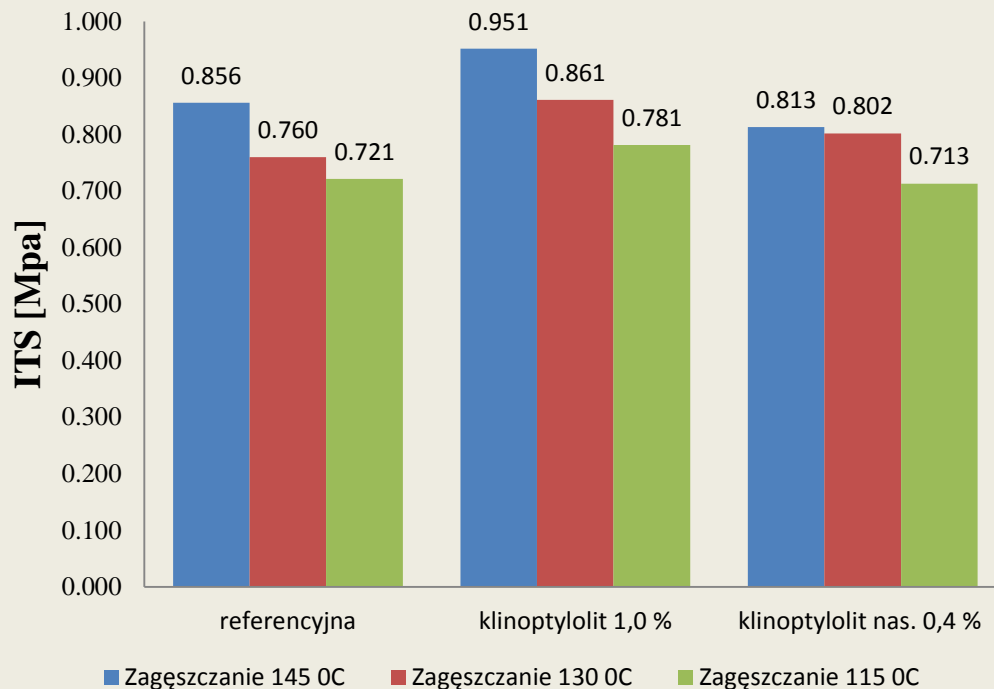
Wyniki badań – odporność na działanie wody i mrozu, wyniki

Wytrzymałość próbek MMA z dodatkiem klinoptylolitu w temperaturze badania 25°C



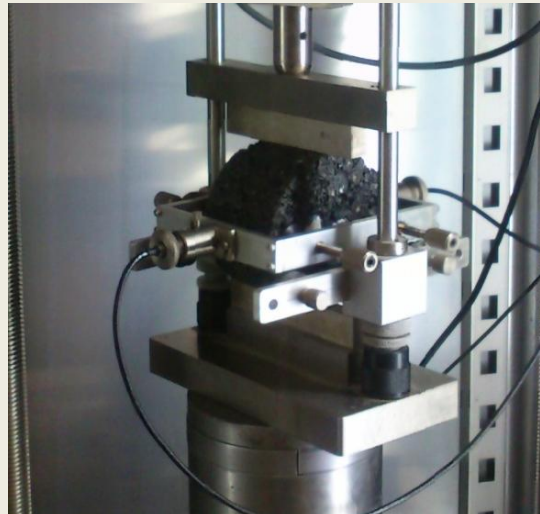
Wyniki badań – odporność na działanie wody i mrozu, wyniki

Wytrzymałość próbek MMA z dodatkiem klinoplylolu
w temperaturze badania 25°C, po 1 cyklu mrozoodporności



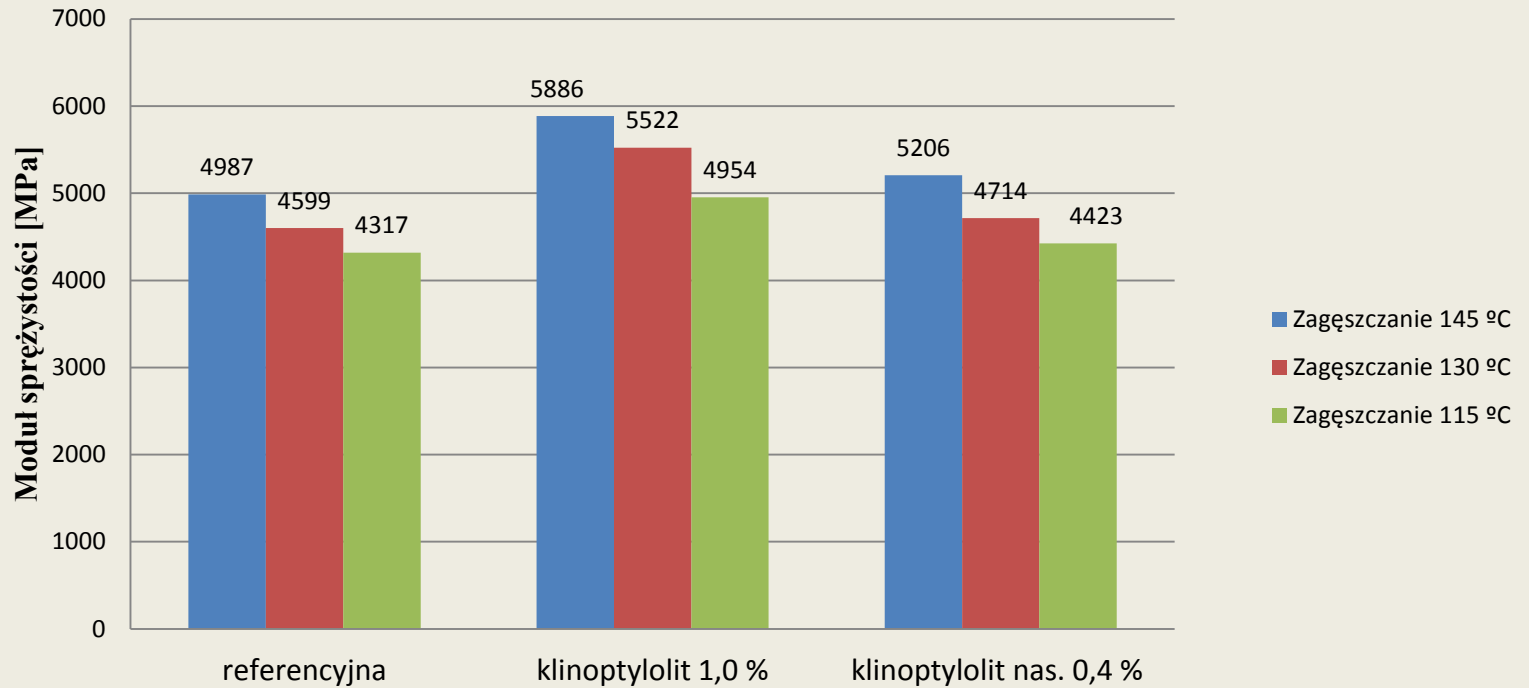
Wyniki badań – odporność na działanie wody, metodyka

- PN EN 12697-26 Mieszanki mineralno- asfaltowe - Metody badań mieszanek na gorąco Sztywność.
- przygotowanie próbek – 75 uderzeń na stronę w ubijaku Marshalla
- termostatowanie MMA przed badaniem - 30-45 minut,
- temperatura zagęszczania 145°C, 130°C, 115°C,
- temperatura badania 23°C, 10°C, -2°C
- test wykonywany przy kontrolowanym naprężeniu poziomym 250 kPa w czasie 0,124 s,
- długości cyklu 3 s



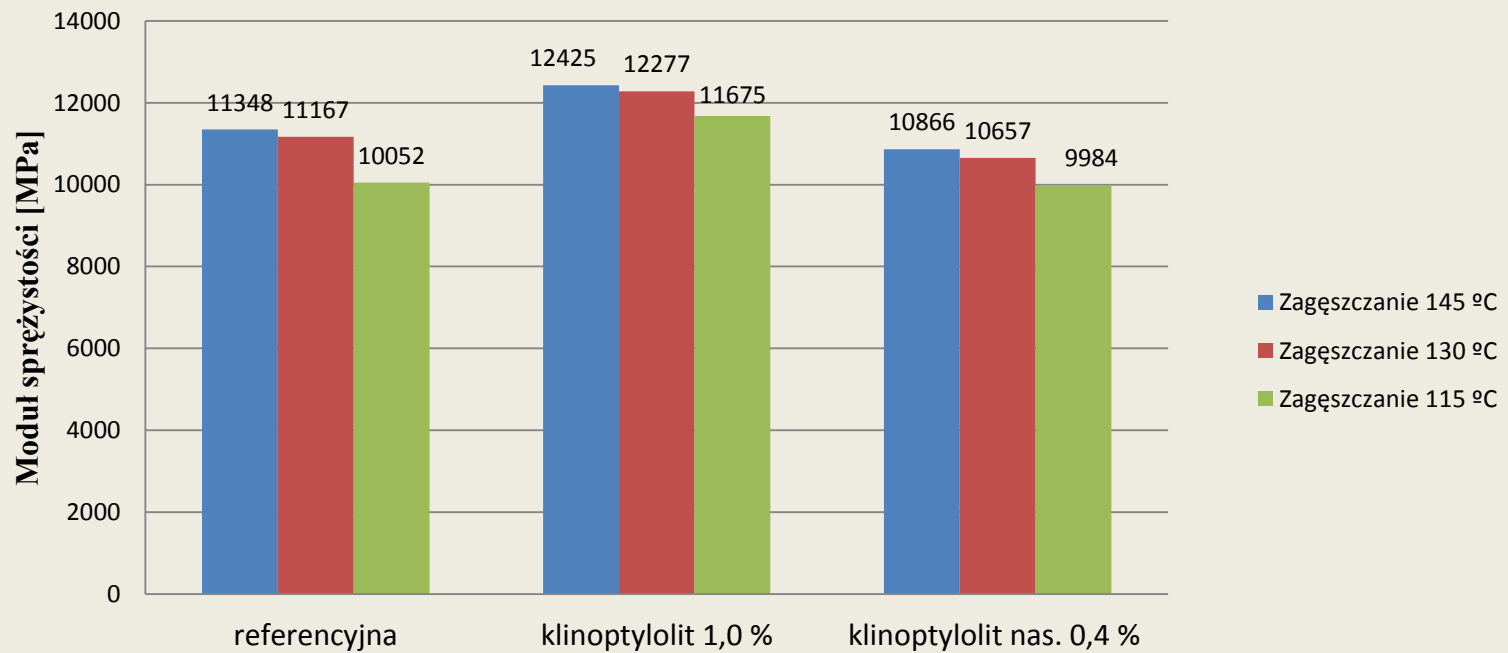
Wyniki badań – moduł sprężystości w aparacie NAT

Moduł sprężystości w temperaturze 23°C

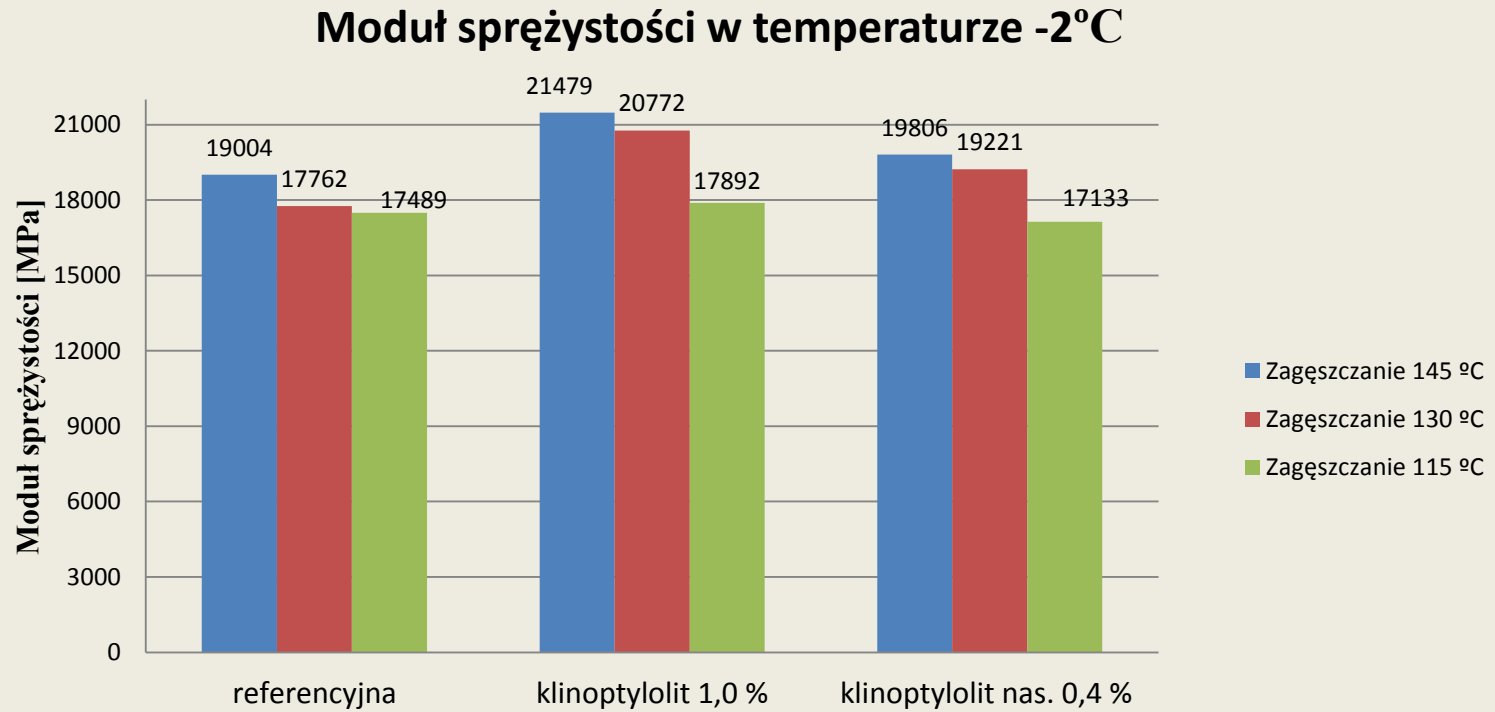


Wyniki badań – moduł sprężystości w aparacie NAT

Moduł sprężystości w temperaturze 10°C



Wyniki badań – moduł sprężystości w aparacie NAT



Wnioski

- Możliwe jest obniżenie temperatury zagęszczania MMA poprzez zastosowanie klinoptilolitu.
- Materiał zeolitowy różni się znacząco od mączki wapiennej, zarówno pod względem uziarnienia, składu chemicznego, jak i parametrów tekstualnych. Zeolit posiadają dużą powierzchnię właściwą i są materiałem porowatym.
- Na podstawie badań penetracji i temperatury mięknięcia można stwierdzić, że 5% dodatek zeolitu w stosunku do masy asfaltu nie wpływa negatywnie na wrażliwość termiczną asfaltu.
- Badanie przyrostu temperatury mięknięcia wskazuje, że klinoptilolit powoduje większe usztywnienie zaczynu asfaltowego niż mączka wapienna.
- Nasączenie zeolitu wodą wpływa pozytywnie na lepkość asfaltu, co powinno skutkować większymi możliwościami obniżenia temperatur technologicznych mieszanek mineralno-asfaltowych.
- Na podstawie badań zagęszczalności w prasie żyrotorowej optymalna ilość dodatku klinoptilolitu wynosi 1% a klinoptilolitu nasączonego wodą – 0,4%.

Dziękuję za uwagę