

## WPŁYW TEMPERATURY NA MODUŁ SZTYWNOŚCI MIESZANKI ASFALTU LANEGO

### Streszczenie

*W artykule omówiony został wpływ temperatury na wybrane właściwości mieszanki asfaltu lanego: moduł sztywności i trwałość zmęczeniową. Na podstawie przeprowadzonych badań laboratoryjnych wyznaczono moduł sztywności mieszanki asfaltu lanego w trzech temperaturach charakterystycznych. Uzyskane wyniki porównano z innymi mieszankami mineralno-asfaltowymi.*

### WSTĘP

Asfalt lany jest mieszanką mineralno-asfaltową przeznaczoną do wykonywania nawierzchni dla ruchu kołowego oraz pieszego. Zasadniczą zaletą tej mieszanki jest jej samozagęszczalność i szczelność, dzięki czemu znajduje zastosowanie w nowych nawierzchniach (szczególnie na obiektach mostowych), jak i w nawierzchniach remontowanych. Od kilku lat w budowlę się w nawierzchnię nową generację mieszanek asfaltu lanego – tak zwany asfalt twardolany. Jest to mieszanka układana maszynowo, o nieco innym składzie i właściwościach niż mieszanka poprzedniej generacji, która była w budowlę ręcznie. W artykule opisano przebieg badań mieszanki asfaltu lanego służących wyznaczeniu jej cech fizycznych i wytrzymałościowych oraz związanych z trwałością zmęczeniową. Znajomość tych cech umożliwia lepsze odzwierciedlenie cech nawierzchni w modelach obliczeniowych stosowanych w projektach nowych i wzmacnianych istniejących nawierzchni drogowych.

### 1. CHARAKTERYSTYKA MIESZANKI ASFALTU LANEGO

Asfalt lany jest mieszanką typu betonowego, której skład dobiera się m.in. ze względu na ograniczenie wolnej przestrzeni. W praktyce zawartość wolnych przestrzeni zawiera się w przedziale 0-1,5%. Asfalt lany zawiera więcej lepiszcza niż inne mieszanki mineralno-asfaltowe (typowa wagowa zawartość lepiszcza w asfalcie lanym wynosi 6,5-8%). Taki skład asfaltu lanego gwarantuje dużą szczelność, urabialność i samozagęszczalność mieszanki. Trwałość zmęczeniowa warstw asfaltowych jest zależna od zawartości asfaltu i wolnych przestrzeni. Ze względu na dużą zawartość asfaltu i małą zawartość wolnych przestrzeni w mieszance mineralno-asfaltowej, asfalt lany ma dużą trwałość zmęczeniową, większą niż inne mieszanki mineralno-asfaltowe.

### 2. METODA I PRZEBIEG BADANIA MIESZANKI ASFALTU LANEGO

#### 2.1. Cel badań

Współczesne nawierzchnie obciążone obciążonych ruchem ciężkim i bardzo ciężkim wymagają przeprowadzenia badań zmęczeniowych i wyznaczenia charakterystyk niezbędnych do analitycznego wyznaczenia trwałości zmęczeniowej na etapie projektowania. Wykonanie obliczeń nawierzchni wymaga zastosowania metody mechanistycznej lub mechanistyczno-empirycznej. Stosuje się model półprzestrzeni warstwowej obciążonej kołem pojazdu o

określonym nacisku, ciśnieniu kontaktowym i powierzchni oddziaływania na nawierzchnię. W najnowszych polskich wytycznych projektowania nawierzchni drogowych dla nawierzchni asfaltowych należy przyjmować nacisk koła o wartości 50 kN, ciśnienie kontaktowe o wartości 0,85 MPa i zastępczą powierzchnię styku koła z nawierzchnią o polu 0,00588 m<sup>2</sup>. Modelowanie poszczególnych warstw konstrukcyjnych nawierzchni wymaga podania grubości warstwy, modułu sztywności wyznaczonego dla zadanej temperatury odniesienia oraz współczynnika Poissona. Na podstawie obliczonych z modelu wartości odkształceń poziomych warstw asfaltowych (przede wszystkim najniższej leżącej warstwy asfaltowej) z kryterium zmęczeniowego oblicza się liczbę powtórzeń obciążenia do wystąpienia dopuszczalnej szkody zmęczeniowej. Trwałość zmęczeniowa w kryteriach zmęczeniowych jest uzależniona od poziomu odkształceń rozciągających na spodzie warstw asfaltowych, zawartości lepiszcza i wolnych przestrzeni w mieszance mineralno-asfaltowej. Zwiększanie zawartości lepiszcza i towarzyszące temu zmniejszanie zawartości wolnych przestrzeni zwiększa obliczeniową trwałość zmęczeniową nawierzchni. Dla obliczenia trwałości zmęczeniowej z wystarczającą dokładnością wystarcza przeprowadzenie obliczeń dla jednej temperatury równoważnej (obecnie 13 °C dla nawierzchni podatnej i 15 °C dla nawierzchni półsztywnej [1]), jednak dokładniej można ją obliczyć dla temperatur charakterystycznych dla sezonu jesiennego i wiosennego, zimowego i letniego, stąd badania zmęczeniowe prowadzi się albo w jednej temperaturze odniesienia, albo w trzech temperaturach charakterystycznych dla poszczególnych sezonów klimatycznych w Polsce.

#### 2.2. Przebieg badań modułu sztywności

W celu wykonania badań przygotowano mieszankę asfaltu lanego o następującym składzie:

- kruszywo naturalne o uziarnieniu 0-11 mm,
- polimeroasfalt drogowy 25/55-60 – zawartość w MMA 7,1% m/m,
- zawartość wolnych przestrzeni 0,5 %.

Do wykonania badań modułu sztywności MMA wg metody IT-CY przygotowano próbki walcowe o wymiarach podanych w tabeli 1. Aparaturę do badań pokazano na rysunku 1.

Po wymaganym sezonowaniu próbki poddano badaniom modułu sztywności wg procedury podanej w normie [2], w temperaturze 5, 10 i 20 °C. Zadawano obciążenie impulsowe 20 N o przyroście 120±4 ms i długości cyklu 3 s. Oprogramowanie aparatury badawczej dobierało wielkość impulsu na podstawie wstępnych 10 cykli. Następnie każda próbka była poddawana 5 impulsom siły. Czujniki przyłożone do pobocznic próbki w środku długości tworzącej mierzyły odkształcenia powstające w czasie jej obciążenia.

**Tab. 1. Wymiary próbek do badania modułu sztywności**

Oznaczenie próbki	Wymiar	Wynik [mm]				Średnia [mm]
		1	2	3	4	
1	wysokość	78,0	77,8	76,0	76,8	77,2
	średnica	101,4	101,5	101,6	101,6	101,5
2	wysokość	77,9	78,0	77,1	77,0	77,5
	średnica	101,6	101,6	101,6	101,6	101,6
3	wysokość	76,1	76,8	76,6	75,3	76,2
	średnica	101,6	101,8	101,6	101,7	101,7

Wartość modułu sztywności została wyznaczona na podstawie równania (1):

$$S_m = \frac{F \times (0,27 + \nu)}{z \times h} \quad (1)$$

w którym:

$S_m$  – moduł sztywności, MPa

$F$  – wartość pionowo działającego obciążenia próbki, N

$\nu$  – wartość współczynnika Poissona

$z$  – amplituda deformacji poziomej podczas cyklu obciążenia, mm

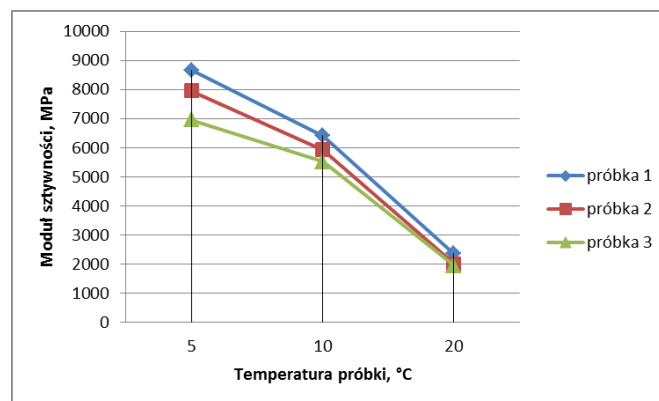
$h$  – średnia średnica próbki, mm.



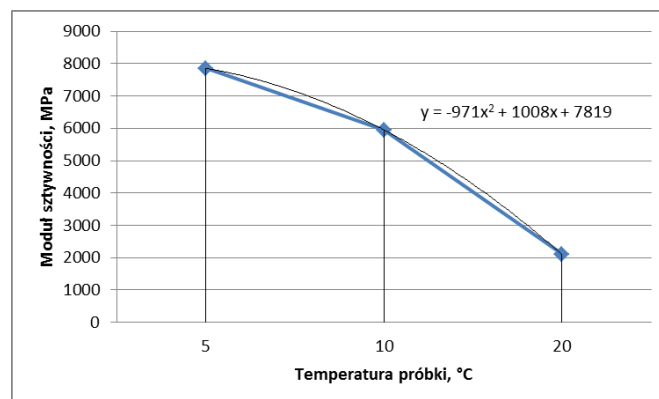
**Rys. 1. Aparatura do badania modułu sztywności metodą IT-CY.**

W celu stwierdzenia, czy zmiana modułu sztywności zachodzi w proporcjonalnie do zmian temperatury mieszanki sporządzono wykres zależności modułu sztywności od temperatury badania każdej próbki (rysunek 2) oraz wykres zbiorczy dla średnich wartości modułu sztywności próbek w wyżej wymienionych temperaturach badania (rysunek 3). Obliczenia wartości modułu sztywności w innej temperaturze odniesienia umożliwia uwzględnienie dokładnej wartości modułu w modelu obliczeniowym tworzonym na potrzeby projektowania lub analiz nawierzchni, na przykład przy analizie wariantowej: nawierzchnia podatna lub nawierzchnia półsztywna. W

takim przypadku należy uwzględnić różne temperatury równoważne.



**Rys. 2. Wykres wartości modułów sztywności w zależności od temperatury.**



**Rys. 3. Wykres wartości uśrednionych modułów sztywności w zależności od temperatury.**

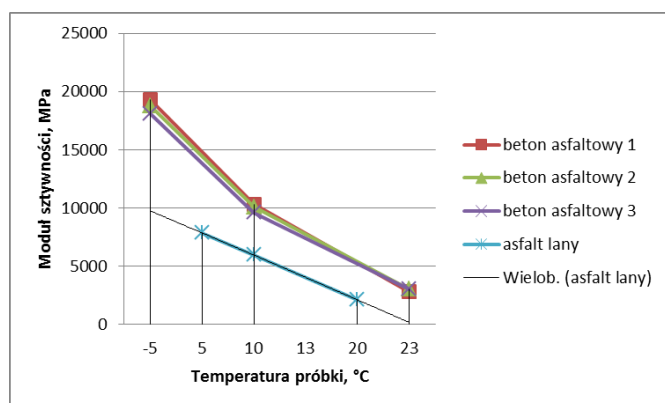
W celu umożliwienia predykcji modułu sztywności w innych temperaturach, niż temperatury mieszanki w czasie przeprowadzonych badań, wyznaczono linię trendu wartości modułu sztywności oraz podano równanie tej linii (rysunek 3).

Jak widać z rysunku 3 wartość modułu sztywności asfaltu laneo nie pozostaje w liniowej zależności od temperatury. Intensywność zmniejszania się wartości modułu sztywności jest większa w zakresie temperatur 10-20 °C, niż w zakresie 5-10 °C. Jest to istotne ze względu na częste stosowanie mieszanki asfaltu lennego na szybko nagrzewających się, jak i szybko stygnących pomostach stalowych obiektów mostowych. Zmiana sztywności warstwy asfaltu laneo wywołuje zmianę sztywności całej nawierzchni.

Wyniki badań pokazują także odmienną charakterystykę wrażliwości mieszanki asfaltu laneo niż innych mieszanek mineralno-asfaltowych. Na rysunku 4 pokazano zmienność zbadanego modułu sztywności asfaltu laneo w stosunku do innych mieszanek. Dane dla innych mieszanek zaczerpnięto z publikacji [3].

**Tab. 2. Wartości modułu sztywności mieszanki asfaltu laneo**

Nr próbki	Temperatura badania i wartość modułu sztywności								
	5 °C			10 °C			20 °C		
	Oś X	Oś Y	średnia	Oś X	Oś Y	średnia	Oś X	Oś Y	średnia
1	8723	8592	8658	6414	6404	6409	2310	2411	2361
2	8327	7567	7947	6171	5672	5922	2101	1919	2010
3	7436	6489	6962	5749	5294	5521	2014	1871	1942
Średnia wartość modułu sztywności, MPa	7856			5951			2104		



Rys.4. Wykres wartości modułów sztywności w zależności od temperatury różnych mieszanek mineralno-asfaltowych.

### 3. PODSUMOWANIE

W literaturze dotyczącej właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych nie ma wyników badań modułu sztywności asfaltu lanego, gdyż ta mieszanka uważana jest za bardzo odporną na zmęczenie. Mieszanka ta jest w Polsce stosowana przede wszystkim do napraw nawierzchni, a w nawierzchniach obiektów mostowych stanowi zazwyczaj warstwę wyrównawczą/ochronną izolacji. Z tych powodów nie analizuje się nawierzchni z warstwą asfaltu lanego w aspekcie trwałości. Jednakże coraz szersza wiedza o pracy nawierzchni, nowe możliwości jej modelowania, a także coraz większa presja na zmniejszanie grubości nawierzchni (w tym także nawierzchni obiektów mostowych) powodują konieczność wykonywania obliczeń trwałości nawierzchni z warstwą asfaltu lanego. Nie można ich odpowiedzialnie przeprowadzić bez znajomości modułu sztywności asfaltu lanego.

Zaprezentowane w artykule wyniki badań wyjaśniają po części dobre właściwości asfaltu lanego w zakresie odporności na szkody zmęczeniowe. Mieszanka asfaltu lanego jest mniej sztywna niż mieszanki betonu asfaltowego, co ma szczególne znaczenie w zakresie niskich temperatur. Przy tym gradient usztywniania się mieszanki wraz ze spadkiem temperatury jest mniejszy niż w betonach asfaltowych, co chroni asfalt lany przed spękaniami niskotemperaturowymi. Wadą asfaltu lanego związaną z niskim modułem sztywności jest mniejsza odporność na deformacje trwałe niż betonu asfaltowego w wysokich temperaturach użytkowych.

Wyciągnięcie ostatecznych wniosków wymaga przeprowadzenia dodatkowych badań z inaczej skomponowanymi mieszankami asfaltu lanego (np. inny rodzaj lepiszcza, inny skład mieszanki). Otrzymane wówczas wyniki będą miały jeszcze szersze zastosowanie.

### BIBLIOGRAFIA

1. Judycki J. i in., *Analizy i projektowanie konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych*. WKiŁ, Warszawa 2014.
2. PN-EN 12697-26:2005 Mieszanki mineralno-asfaltowe - Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco - Część 26: Sztywność.
3. Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych, GDDP, Warszawa 1997

## THE INFLUENCE OF TEMPERATURE ON MASTIC ASPHALT STIFFNESS MODULUS

### Abstract

*Paper discusses the impact of temperature on the stiffness modulus of mastic asphalt mix. Author made investigation of stiffness modulus value in three characteristic temperatures: 5, 10 and 20 °C using IT-CY method. In result the mathematical formula for stiffness modulus prediction has been compiled.*

Autor:

dr inż. **Lesław Bichajło** – Politechnika Rzeszowska, Zakład Dróg i Mostów, email: lbichajlo@prz.edu.pl