

Elżbieta Trzaska  
Instytut Nafty i Gazu, Kraków

## Kohezja asfaltów drogowych – badanie metodą testu wahadłowego

### Wprowadzenie

Kohezja jest to opór, jaki stawia substancja poddawana procesowi rozrywania. Opór, przeciwdziałający rozrywaniu, wywołany jest zjawiskiem wzajemnego przyciągania się cząsteczek tej samej substancji, natomiast przyciąganie się cząsteczek spowodowane jest między innymi siłami oddziaływania międzycząsteczkowego, zwanymi siłami Van der Waalsa. Miarą kohezji jest iloraz pracy potrzebnej do rozerwania określonej substancji i powierzchni powstałej wskutek tego rozerwania, wyrażony wzorem [1]:

$$C = \frac{W}{S} \text{ [J/cm}^2\text{]}$$

w którym:

$W$  – praca [J],

$S$  – pole powierzchni powstałej na skutek rozerwania [cm<sup>2</sup>].

W mieszance mineralno-asfaltowej, stosowanej w budownictwie drogowym, asfalt pełni rolę lepiszcza. Lepiszczce asfaltowe pod wpływem ogrzewania stopniowo

mięknie i upłynnia się, a ochłodzone do temperatury otoczenia twardnieje. Procesy zachodzące w lepiszczach są zjawiskami fizycznymi łatwo odwracalnymi, polegającymi na zmianie kohezji cząstek lepiszcza przy zmianie temperatury w procesie wytwarzania mieszanki i jej eksploatacji w nawierzchni drogowej [2, 3].

Kohezja, czyli spójność wewnętrzna asfaltu, określa wzajemne przyciąganie się jego cząstek wskutek działania sił międzycząsteczkowych. Właściwość ta zapewnia, że asfalt posiada zdolność przenoszenia naprężenia rozciągającego bez zniszczenia oraz w znacznym stopniu wpływa na odporność warstw asfaltowych na niszczące działanie czynników zewnętrznych. Niedostateczna kohezja może być przyczyną zrywania struktury asfaltu i powstawania pęknięć nawierzchni. Z upływem czasu i w miarę dalszego działania ruchu samochodowego oraz zmiennych warunków atmosferycznych proces niszczenia może stopniowo postępować w głąb nawierzchni drogowej [2, 4, 6, 7, 8].

### Metodyka badawcza

Metody oznaczania kohezji asfaltów drogowych przedstawiono we wcześniejszym artykule [9]. W niniejszym omówiono i zaprezentowano metodę badawczą służącą do wyznaczania wartości kohezji asfaltów i lepiszczy asfaltowych za pomocą wahadła Vialit według PN-EN 13588 [5].

W normie tej opisano metodę pomiaru kohezji lepiszczy asfaltowych w szerokim zakresie temperatury (od –10 do

+80°C) oraz sposób wyrażania zależności między kohezją i temperaturą.

Dla potrzeb niniejszej normy kohezja zdefiniowana została jako energia, przypadająca na jednostkę powierzchni, wymagana do pełnego oderwania sześcianu od podstawy, wcześniej złączonych powierzchni sześcianu i podstawy całkowicie pokrytych lepiszczem.

## Aparatura

Pomiar kohezji asfaltów drogowych metodą testu wahadłowego, inaczej zwaną metodą uderzeniową, wykonywany jest wahadłem Vialit (rysunek 1) składającym się z:

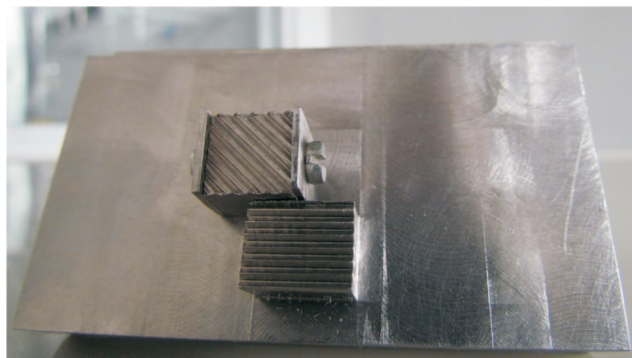
- podstawy posiadającej uchwyt na zestaw badawczy, podpory podtrzymującej wahadło, blokady utrzymującej wahadło w pozycji spoczynkowej oraz osłony umożliwiającej swobodny ruch wahadła,
- wahadła o określonej masie, umocowanego w taki sposób, aby zapewnić jego swobodne wychylenie,
- urządzenia do pomiaru kąta wychylenia po uruchomieniu wahadła i uderzeniu w sześcián umieszczony na podstawie.



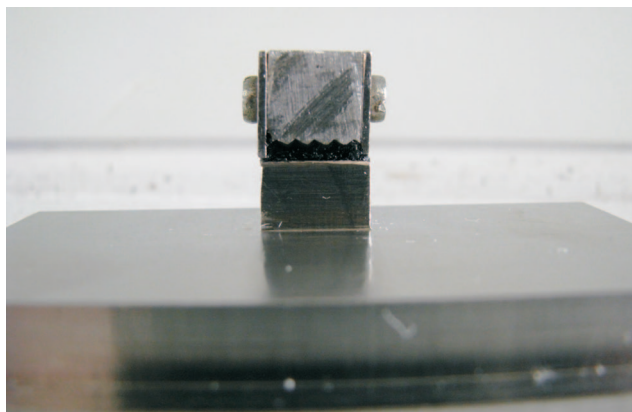
Rys. 1. Urządzenie pomiarowe do oznaczania kohezji metodą testu wahadłowego według PN-EN 13588 [INiG Kraków]

Elementami pomiarowymi są zestawy badawcze (rysunek 2 i 3) składające się z sześcianu i podstawy sześcianu, wykonane ze stali nierdzewnej według wymiarów zawartych w normie oraz o ząbkowanych powierzchniach przeznaczonych do pokrycia asfaltem.

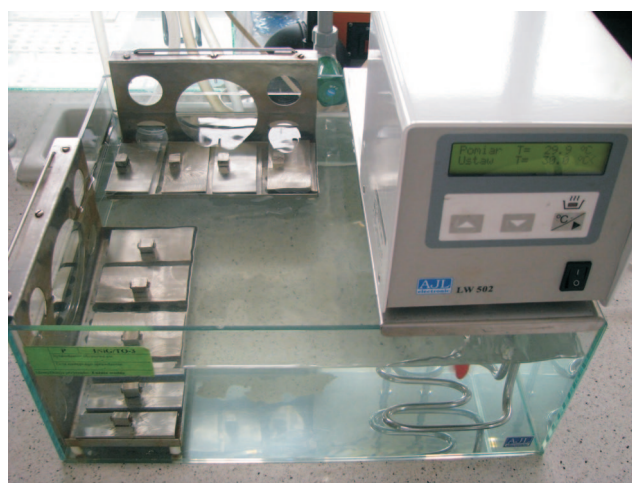
Łaźnia do termostatowania zestawów badawczych wyposażona jest w odpowiednie uchwyty podtrzymujące termostatowane zestawy badawcze (rysunek 4).



Rys. 2. Zestaw badawczy do oznaczania kohezji metodą testu wahadłowego według PN-EN 13588 [INiG Kraków]



Rys. 3. Zestaw badawczy przygotowany do pomiaru kohezji [INiG Kraków]



Rys. 4. Łaźnia wodna [INiG Kraków]

## Zasada wykonania pomiaru

Pomiar kohezji metodą testu wahadłowego (wahadłem Vialit) polega na określeniu kąta wychylenia w momencie uderzenia wahadła w zestaw badawczy umieszczony w podstawie urządzenia pomiarowego. Pod wpływem

uderzenia oderwany zostaje stalowy sześcián o bokach  $10 \times 10$  mm, połączony z sześciánem umocowanym na stalowej podstawie za pomocą warstwy asfaltu o grubości 1 mm.

Przed wykonaniem pomiaru zestaw badawczy należy termostatować w określonej temperaturze i czynie, a następnie umieścić w podstawie aparatu. Przez uderzenie wahadłem, oderwać sześcian od podstawy. Energię potrzebną do rozerwania warstwy asfaltu należy

obliczyć z kąta ( $\alpha$ ) wychylenia wahadła. Wartość kohezji jest różnicą energii potrzebnej do rozerwania warstwy asfaltu ( $E$ ) i energii potrzebnej do rozłączenia zestawu sześcian i podstawa bez asfaltu ( $E'$ ), podzielonej przez powierzchnię sześcianu ( $s$ ).

### Wybór temperatury badania

W celu przeprowadzenia badania należy wybrać trzy wartości temperatury w odstępach co  $10^{\circ}\text{C}$ . W zależności od zaobserwowanej konsystencji asfaltu w temperaturze otoczenia dla konwencjonalnych lub modyfikowanych asfaltów drogowych badanie wykonuje się temperaturach:  $30$ ,  $40$  i  $50^{\circ}\text{C}$ . Po obliczeniu wartości kohezji dla tych trzech temperatur należy wybrać dodatkowe wartości temperatury badania tak, aby:

- jeden wynik był mniejszy od  $0,4 \text{ J/cm}^2$  na obu końcach niskiej i wysokiej temperatury lub jeśli wartość  $0,4 \text{ J/cm}^2$  nie została osiągnięta oznaczyć wartość kohezji w  $-10$  i  $+80^{\circ}\text{C}$ ,
- trzy wyniki były wewnątrz przedziału pięciostopniowego temperatury najwyższej kohezji,

- przynajmniej jeden wynik uzupełniający powinien znajdować się pomiędzy wartością najwyższej kohezji i 40 do 60% wartości najwyższej kohezji po obu stronach niskiej i wysokiej temperatury. Wartości temperatury, w których energia kohezji wynosi  $0,5 \text{ J/cm}^2$ , powinny być wybrane po obu stronach krzywej, niskiej i wysokiej temperatury. Jeżeli poprzednia temperatura nie może być osiągnięta, jeden kolejny (uzupełniający) wynik powinien zostać oznaczony po obu stronach krzywej, niskiej i wysokiej temperatury, w temperaturze będącej połową różnicy pomiędzy wartością szczytową i najmniejszą wartością kohezji.

Dopuszcza się też przeprowadzenie badania w innym zakresie temperatury, wybranym zgodnie z celem badania.

### Przygotowanie zestawów badawczych

Do wykonania pomiaru kohezji w danej temperaturze należy zastosować co najmniej sześć zestawów badawczych.

Oczyszczone i opłukane w mieszance etanol/woda sześciany i podstawy ogrzewa się w suszarce o temperaturze  $60^{\circ}\text{C}$  przez co najmniej 60 minut. Jeżeli temperatura mięknięcia asfaltu jest wyższa niż  $60^{\circ}\text{C}$ , należy podgrzewać zestawy do temperatury mięknięcia z dokładnością  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ . Następnie doprowadza się asfalt do temperatury, w której może być rozprowadzany. Należy przestrzegać wszystkich ograniczeń określonych przez producenta asfaltu, dotyczących czasu ogrzewania i temperatury. Jeśli nie są one dostępne, należy podgrzewać asfalt do temperatury nie wyższej niż  $90^{\circ}\text{C}$  powyżej jego temperatury mięknięcia,

określonej metodą pierścień i kula. Należy zanotować temperaturę oraz czas trwania ogrzewania.

W czasie nieprzekraczającym 10 minut należy wziąć jeden wstępnie ogrzany sześcian oraz jedną wstępnie ogrzaną podstawę, następnie nałożyć z nadmiarem asfalt na ząbkowanych powierzchniach. Najszybciej jak to możliwe umieszcza się sześcian na podstawie ząbkami do siebie. Następnie dociska się sześcian do podstawy tak, aby nadmiar asfaltu został wyciśnięty, a grzbiety sześcianu stykały się z podstawą. Jeśli jest to konieczne, należy oczyścić powierzchnię sześcianu, która będzie się stykać z wahadłem.

Przygotowany w ten sposób komplet zestawów badawczych umieszcza się w łaźni wodnej o wymaganej temperaturze badania na okres od 90 minut do 4 godzin.

### Regulacja wahadła

Należy sprawdzić wypoziomowanie podstawy wahadła Vialit oraz upewnić się, czy uderzająca krawędź wahadła jest gładka i nie uległa ona uszkodzeniu. Następnie ustawia się swobodnie zwisające wahadło w dolnej pozycji i upewnia się, że odczyt wynosi  $0 \pm 0,5^{\circ}$ . Wahadło należy ustawić

w górnym położeniu. Bez umieszczonego na podstawie zestawu do badania wielokrotnie zwolnia się wahadło, aż jego kąt wychylenia będzie stały, z dokładnością do  $\pm 0,5^{\circ}$  i przy sześciu kolejnych wychyleniach zostanie osiągnięte minimum  $155,0^{\circ}$ .

## Wykonanie pomiaru

Wahadło ustawia się w górnym położeniu, po czym otwiera się drzwi jego osłony i przenosi zestaw do badania z łąźni do uchwyty urządzenia, uważając, aby przemieszczenie to odbyło się bez naruszenia sześcianu względem podstawy. Trzeba zamknąć drzwi osłony i zwolnić wahadło. Czas od momentu przeniesienia zestawu do zwolnienia wahadła nie może przekroczyć 20 s. Należy zanotować kąt wychylenia  $\alpha$ , wyjąć z osłony oderwany od podstawy sześcian oraz sprawdzić powierzchnie stykające się z asfaltem. Jeśli na sześcianie lub podstawie widoczny jest obszar odkrytego metalu, większy niż  $5 \text{ mm}^2$ , wyniki te należy odrzucić.

Krawędź uderzeniową wahadła trzeba dokładnie sprawdzić: jeśli przylega do niej asfalt, to należy go usunąć i ponownie ustawić wahadło w górnym położeniu, zastąpić podstawę sześcianu inną, czystą podstawą i umieścić na tej podstawie wcześniej badany sześcian czystą ścianką do dołu.

W dalszej kolejności należy zwolnić wahadło i zanotować kąt wychylenia  $\alpha'$ . W celu osiągnięcia optymalnej dokładności oznaczenia należy zagwarantować seryjne wykonywanie pomiarów tak, aby pomiary wykonywane były możliwie blisko siebie, tj. w odstępach nie większych niż 2 minuty. Wszystkie pomiary w danej temperaturze należy przeprowadzić w ciągu 10 minut.

## Obliczanie kohezji

Na podstawie uzyskanych wyników kąta wychylenia wahadła oblicza się energię potrzebną do oderwania sześcianu umieszczonego na podstawie i przyklejonego za pomocą asfaltu do podstawy oraz energię potrzebną do oderwania sześcianu z asfaltem, umieszczonego na czystej podstawie i nieprzyklejonego do niej.

Kohezję oblicza się według wzoru:

$$C = \frac{(E - E')}{s} = m g r \frac{(\cos \alpha - \cos \alpha')}{s}$$

w którym:

$C$  – kohezja asfaltu oznaczona w określonej temperaturze [ $\text{J}/\text{cm}^2$ ],

$E$  – energia potrzebna do oderwania sześcianu umiesz-

czzonego na podstawie i przyklejonego za pomocą asfaltu do podstawy [J],

$E'$  – energia potrzebna do oderwania sześcianu z asfaltem, umieszczonego na czystej podstawie [J],

$s$  – powierzchnia przzerwania [ $\text{cm}^2$ ],

$m$  – masa wahadła [kg],

$g$  – przyspieszenie ziemskie [ $\text{m}/\text{s}^2$ ],

$r$  – promień środka ciężkości wahadła [m],

$\alpha$  – kąt wychylenia wahadła po uderzeniu w sześcian umieszczony na podstawie i przyklejony za pomocą asfaltu do podstawy,

$\alpha'$  – kąt wychylenia wahadła po uderzeniu w sześcian z asfaltem, umieszczony na czystej podstawie.

Na podstawie wyników oznaczeń sporządza się wykres kohezji w funkcji temperatury i określa się najwyższą wartość kohezji oraz odpowiadającą jej temperaturę.

## Wyniki badań kohezji

Do badań kohezji wytypowano następujące handlowe rodzaje asfaltów drogowych:

- modyfikowany polimerem – PMB 45/80-55, stosowany w budownictwie drogowym we wszystkich mieszankach mineralno-asfaltowych warstw ścieralnych,
- konwencjonalny – 35/50, stosowany do betonów asfaltowych w warstwach podbudowy i wiążącej do kategorii ruchu KR1-6,
- modyfikowany polimerem – PMB 25/55-60, stosowany do warstw podbudowy, wiążących z betonu asfaltowego oraz w warstwach ścieralnych na odcinkach obciążonych ciężkim ruchem oraz do mieszanek asfaltu lanego,
- wielorodzajowy – 35/50, stosowany w budownictwie

drogowym do wykonywania: betonu asfaltowego do wszystkich warstw nawierzchni drogowych, mastyksu grysowego (SMA) oraz asfaltu lanego.

Badanie kohezji wytypowanych asfaltów przeprowadzono w następujących zakresach temperatury:

- PMB 45/80-55:  $30 \div 70^\circ\text{C}$ ,
- konwencjonalny 35/50:  $30 \div 55^\circ\text{C}$ ,
- PMB 25/55-60:  $30 \div 60^\circ\text{C}$ ,
- wielorodzajowy 35/50:  $30 \div 70^\circ\text{C}$ .

W tablicy 1 przedstawiono przykładowy formularz zawierający wyniki oznaczenia kąta wychylenia oraz obliczoną wartość kohezji asfaltu drogowego modyfikowanego polimerem PMB 45/80-55 w zakresie temperatury  $30 \div 70^\circ\text{C}$ .

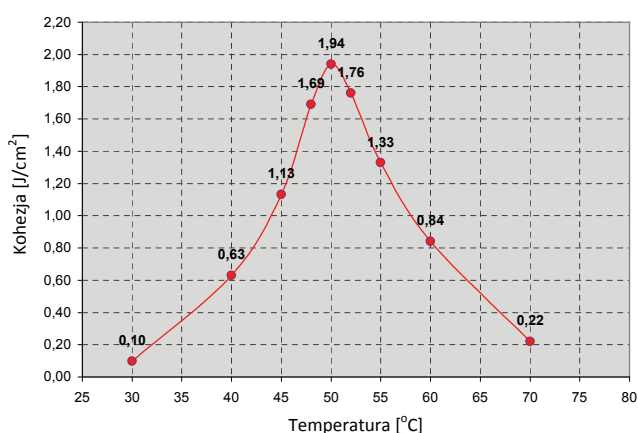


Tablica 1: Wyniki badania kohezji asfaltu drogowego modyfikowanego polimerem PMB 45/80-55 w zakresie temperatury 30÷70°C

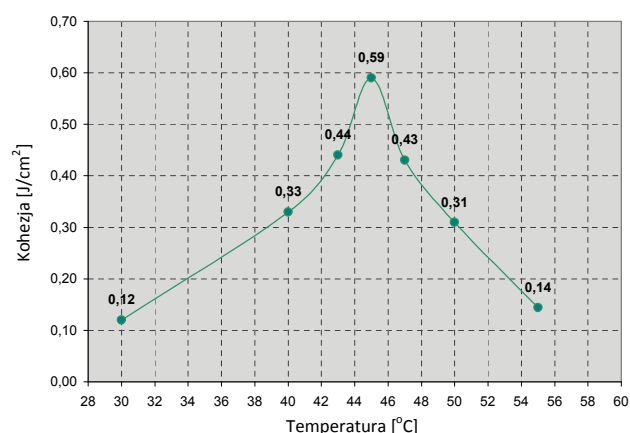
Temperatura 30°C					Temperatura 40°C					Temperatura 45°C				
Z asfaltem		Bez lepiszcza		E-E'	Z asfaltem		Bez lepiszcza		E-E'	Z asfaltem		Bez lepiszcza		E-E'
$\alpha$	E	$\alpha'$	E'		$\alpha$	E	$\alpha'$	E'		$\alpha$	E	$\alpha'$	E'	
150	1,29	151	1,21	0,08	143	1,95	150	1,29	0,65	139,5	2,31	151,5	1,17	1,14
150	1,29	151	1,21	0,08	143,5	1,89	150	1,29	0,6	139,5	2,31	151,5	1,17	1,14
150,5	1,25	151,5	1,17	0,08	144	1,84	150,5	1,25	0,59	140	2,26	152	1,13	1,13
150	1,29	151	1,21	0,08	143	1,95	150	1,29	0,65	140	2,26	152	1,13	1,13
149,5	1,34	151	1,21	0,13	143	1,95	150	1,29	0,65	140	2,26	152	1,13	1,13
150	1,29	151,5	1,17	0,12	143	1,95	150	1,29	0,65	140	2,26	152	1,13	1,13
Średnia dla pomiarów					Średnia dla pomiarów					Średnia dla pomiarów				
150,0	1,29	151,2	1,20	0,10	143,3	1,92	150,1	1,28	0,63	139,8	2,28	151,8	1,14	1,13
Odchylenie standardowe dla pomiarów					Odchylenie standardowe dla pomiarów					Odchylenie standardowe dla pomiarów				
0,316	0,029	0,258	0,021	0,023	0,418	0,047	0,204	0,016	0,029	0,258	0,026	0,258	0,021	0,005
<b>Kohezja [J/cm<sup>2</sup>]</b>				<b>0,10</b>	<b>Kohezja [J/cm<sup>2</sup>]</b>				<b>0,63</b>	<b>Kohezja [J/cm<sup>2</sup>]</b>				<b>1,13</b>
Temperatura 48°C					Temperatura 50°C					Temperatura 52°C				
Z asfaltem		Bez asfaltu		E-E'	Z asfaltem		Bez asfaltu		E-E'	Z asfaltem		Bez asfaltu		E-E'
$\alpha$	E	$\alpha'$	E'		$\alpha$	E	$\alpha'$	E'		$\alpha$	E	$\alpha'$	E'	
136	2,71	153	1,05	1,66	133,5	3,01	153	1,05	1,96	135	2,83	153	1,05	1,78
135,5	2,77	152,5	1,09	1,68	133,5	3,01	152,5	1,09	1,92	135,5	2,77	153	1,05	1,72
135,5	2,77	152,5	1,09	1,68	133,5	3,01	152,5	1,09	1,92	135	2,83	153	1,05	1,78
135,5	2,77	153	1,05	1,72	133,5	3,01	153	1,05	1,96	135,5	2,77	153,5	1,01	1,76
135	2,83	152	1,13	1,7	133	3,07	152	1,13	1,94	135,5	2,77	153,5	1,01	1,76
135	2,83	152	1,13	1,7	133	3,07	152	1,13	1,94	135	2,83	153	1,05	1,78
Średnia dla pomiarów					Średnia dla pomiarów					Średnia dla pomiarów				
135,4	2,78	152,5	1,09	1,69	133,3	3,03	152,5	1,09	1,94	135,3	2,80	153,2	1,04	1,76
Odchylenie standardowe dla pomiarów					Odchylenie standardowe dla pomiarów					Odchylenie standardowe dla pomiarów				
0,376	0,045	0,447	0,036	0,021	0,258	0,031	0,447	0,036	0,018	0,274	0,033	0,258	0,021	0,023
<b>Kohezja [J/cm<sup>2</sup>]</b>				<b>1,69</b>	<b>Kohezja [J/cm<sup>2</sup>]</b>				<b>1,94</b>	<b>Kohezja [J/cm<sup>2</sup>]</b>				<b>1,76</b>
Temperatura 55°C					Temperatura 60°C					Temperatura 70°C				
Z asfaltem		Bez asfaltu		E-E'	Z asfaltem		Bez asfaltu		E-E'	Z asfaltem		Bez asfaltu		E-E'
$\alpha$	E	$\alpha'$	E'		$\alpha$	E	$\alpha'$	E'		$\alpha$	E	$\alpha'$	E'	
138	2,48	151,5	1,17	1,31	144	1,84	153,5	1,01	0,83	150,5	1,25	153	1,05	0,2
138	2,48	151,5	1,17	1,31	143,5	1,89	153	1,05	0,84	150,5	1,25	153	1,05	0,2
137,5	2,54	151	1,21	1,33	143,5	1,89	153	1,05	0,84	150	1,29	153	1,05	0,24
138	2,48	152	1,13	1,35	144	1,84	153,5	1,01	0,83	151	1,21	153,5	1,01	0,2
138	2,48	152	1,13	1,35	144	1,84	153,5	1,01	0,83	151	1,21	154	0,98	0,23
138	2,48	152	1,13	1,35	143,5	1,89	153	1,05	0,84	150	1,29	153	1,05	0,24
Średnia dla pomiarów					Średnia dla pomiarów					Średnia dla pomiarów				
137,9	2,49	151,7	1,16	1,33	143,8	1,87	153,3	1,03	0,84	150,5	1,25	153,3	1,03	0,22
Odchylenie standardowe dla pomiarów					Odchylenie standardowe dla pomiarów					Odchylenie standardowe dla pomiarów				
0,204	0,024	0,408	0,033	0,020	0,274	0,027	0,274	0,022	0,005	0,447	0,036	0,418	0,030	0,020
<b>Kohezja [J/cm<sup>2</sup>]</b>				<b>1,33</b>	<b>Kohezja [J/cm<sup>2</sup>]</b>				<b>0,84</b>	<b>Kohezja [J/cm<sup>2</sup>]</b>				<b>0,22</b>

Oszacowania niepewności uzyskanych wyników (w tym pomiarów) dokonano na podstawie odchylenia standardowego serii pomiarów (tablica 1).

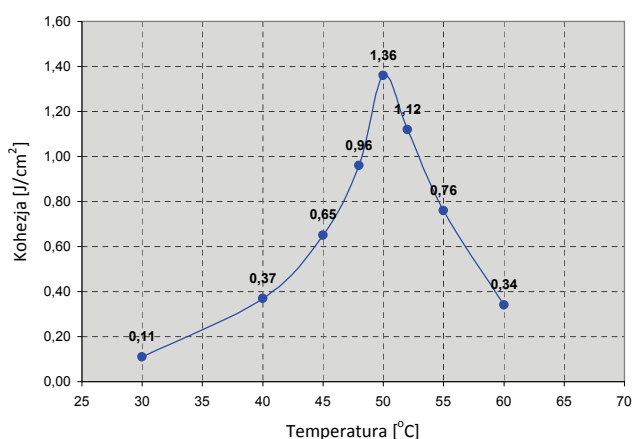
Na wykresach 1–4 przedstawiono zależność kohezji w funkcji temperatury dla przebadanych asfaltów. Punkty na wykresach przedstawiają wartości średnich arytmetycznych wyników kohezji obliczonej z sześciu pomiarów wykonanych w określonej temperaturze. Dla każdej badanej próbki uzyskane wartości kohezji w danej temperaturze mieszczą się w granicy powtarzalności metody PN-EN 13588.



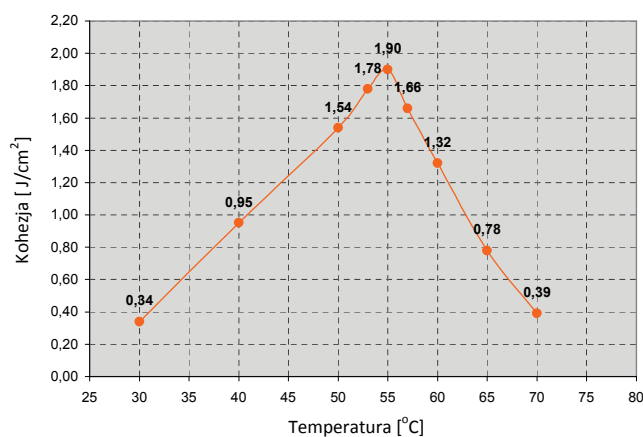
Wykres 1. Kohezja asfaltu drogowego modyfikowanego polimerem PMB 45/80-55 w funkcji temperatury



Wykres 2. Kohezja konwencjonalnego asfaltu drogowego 35/50 w funkcji temperatury



Wykres 3. Kohezja asfaltu drogowego modyfikowanego polimerem PMB 25/55-60 w funkcji temperatury



Wykres 4. Kohezja asfaltu wielorodzajowego 35/50 w funkcji temperatury

### Podsumowanie

Kohezja jest ważną cechą asfaltów drogowych stosowanych jako lepiszcze w mieszankach mineralno-asfaltowych w budownictwie drogowym.

Kohezja jest jedną z miar określenia spójności lepiszczy

asfaltowych. Wiedza o wartości kohezji asfaltów drogowych w połączeniu ze znajomością innych oznaczonych właściwości asfaltów, takich jak: nawrót sprężysty, lepkość, penetracja, temperatura mięknięcia i inne, pozwoli

na optymalne dobranie lepiszcza do zamierzonego zastosowania, a przez to wpłynie na jakość i bezpieczeństwo nawierzchni drogowych.

Metoda opisana w normie PN-EN 13588:2009 pozwala na proste i jednoznaczne określenie wartości kohezji wszystkich typów lepiszczy asfaltowych wykorzystywanych w budownictwie drogowym: tak konwencjonalnych, jak i modyfikowanych oraz upłynnionych, a także odzyskanych z emulsji asfaltowych. Pozwala ona także

na przesłedzenie zmian wartości kohezji w funkcji temperatury.

Wprowadzenie do katalogu Polskich Norm metody badania kohezji metodą testu wahadłowego według PN-EN 13588:2009 w praktyce laboratoryjnej wiąże się z koniecznością utworzenia nowego stanowiska badawczego wraz z całym oprzyrządowaniem. Umożliwi to zwiększenie ilości badań oraz określenie korelacji pomiędzy wynikami.

## Literatura

- [1] Berg P.: *Pomiar kohezji lepiszczy – nowa metoda badawcza według EN 13588*. „Nawierzchnie Asfaltowe” 2009, nr 2, s. 1–6.
- [2] Błażejowski K., Styk S.: *Technologia warstw asfaltowych*. WKŁ. Warszawa 2004.
- [3] Gawęł I., Kalabińska M., Piłat J.: *Asfalty drogowe*. WKŁ. Warszawa 2001.
- [4] Makomaski G., Kołodziejcki R., Zieliński J.: *Ocena przydatności ciągliwości do badania właściwości naftowych asfaltów drogowych*. „Przemysł Chemiczny” 2009, nr 88/1, s. 73–76.
- [5] PN-EN 13588:2009 *Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Oznaczenie kohezji lepiszczy asfaltowych metodą testu wahadłowego*.
- [6] Radziszewski P., Kalabińska M., Piłat J.: *Ocena kohezji lepiszczy drogowych na podstawie badania ciągliwości w funkcji temperatury*. „Drogi i Mosty” 2002, nr 1, s. 101–113.
- [7] Sybilski D., Bańkowski W., Horodecka R., Mirski K., Wróbel A.: *Ocena porównawcza właściwości funkcjonalnych asfaltów i polimeroasfaltów oraz mieszanek mineralno-asfaltowych. Część 1. Lepiszczka*. „Drogownictwo” 2003, nr 7, s. 224–229.
- [8] Sybilski D.: *Polimeroasfalty drogowe, jakość funkcjonalna, metodyka i kryteria oceny*. IBDiM. „Studia i Materiały” 1996, zeszyt 45.
- [9] Trzaska E.: *Metody badania kohezji asfaltów drogowych*. „Nafta-Gaz” 2009, nr 12, s. 993–997.



Mgr inż. Elżbieta TRZASKA – Kierownik Laboratorium Asfaltów w Zakładzie Olejów, Środków Smarowych i Asfaltów Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie; Sekretarz Podkomitetu ds. Asfaltów Komitetu Technicznego Nr 222. Prowadzi prace naukowo-badawcze związane z opracowywaniem technologii wytwarzania asfaltów i badaniem ich właściwości.