

WPŁYW DODATKU ASFALTU NATURALNEGO TRYNIDAD EPURE NA PODSTAWOWE CECHY ASFALTU DROGOWEGO

Streszczenie

W artykule omówiono wpływ dodatku asfaltu naturalnego Trinidad Epuré na właściwości asfaltu drogowego. Do badań zastosowano asfalt drogowy 35/50 oraz zmienną ilość dodatku TE od 0 do 50% w stosunku do asfaltu bazowego. Ilość asfaltu zmieniano co 10%. W ramach badań przeprowadzono testy penetracji w 25°C, temperatury mięknięcia, temperatury łamliwości. Wyznaczono również temperaturowy zakres plastyczności oraz indeks penetracji. Przeprowadzone badania potwierdzają pozytywny wpływ dodatku na właściwości asfaltu drogowego.

WSTĘP

Asfalty drogowe są materiałami, których właściwości zależą od temperatury oraz czasu obciążenia. W zależności od kombinacji tych czynników asfalt może znajdować się w jednym z trzech stanów: lepki, lepkosprężysty, lub sprężysty. Ze względu na zróżnicowane warunki klimatyczne, w jakich pracuje nawierzchnia drogowa - najbardziej korzystny jest bardzo szeroki zakres lepko-sprężystości. W zakresie niskich temperatur asfalt powinien cechować się niską sztywnością oraz niską temperaturą przejścia w stan sprężysty, a w wysokiej temperaturze dużą sztywnością [4]. Do oceny właściwości asfaltu w zróżnicowanych temperaturach można użyć normowych badań konsystencji w funkcji temperatury: penetracji, temperatury łamliwości i temperatury mięknięcia. Badania te określają zachowanie asfaltów w określonych temperaturach, jednakże nie odzwierciedlają w pełni ich właściwości reologicznych. Do kompleksowej oceny zachowania asfaltów niezbędne jest wykorzystanie zaawansowanej aparatury np. reometru DSR. Za jego pomocą w funkcji temperatury można określić moduł sztywności, kąt przesunięcia fazowego, lepkość.

Jak wspomniano powyżej asfalty drogowe powinny cechować się szerokim zakresem lepkosprężystości. Jednakże jest to cecha asfaltów idealnych. Produkowane w rafineriach ropy naftowej asfalty drogowe mają niewystarczający zakres lepkosprężystości w temperaturach charakterystycznych dla obszaru Polski, stąd w celu polepszenia ich właściwości zachodzi potrzeba ich modyfikacji. Jednym z takich dodatków jest asfalt naturalny. Występuje on w różnych formach takich jak osady, skały asfaltowe o różnym stopniu czystości (o różnej proporcji między asfaltem a cząstkami mineralnymi) lub w postaci naturalnych jezior asfaltowych. Przykładem tego ostatniego rodzaju jest asfalt z jeziora Pitch Lake, położonego na wyspie Trynidad u wybrzeży Wenezueli. Oczyszczony produkt – Trinidad Epuré – ma następujący skład: asfalt rozpuszczalny 53-55%, substancje mineralne 36-37%, nierozpuszczalne w CS₂ substancje organiczne 9-10%. Składniki asfaltu rozpuszczalnego to malteny (63-66%) i asfalteny (34-37%) [9]. W literaturze można znaleźć dużo przykładów pozytywnego wpływu tego dodatku na właściwości mieszanek mineralno asfaltowych. W artykule Danowskiego [3] zamieszczonym w „Nawierzchniach Asfaltowych” przytoczono przykłady realizacji nawierzchni drogowych w Niemczech z wykorzystaniem asfaltu naturalnego: m. in. realizacja autostrady A-61 na odcinku Gau-Bickelheim, skrzyżowanie autostrad A 7 i A 5 w pobliżu miejscowości Fernwald, jak również nawierzchnie na obiektach mostowych w ciągu autostrad A 3 i A 95. Asfalt naturalny stosowano również do remontu nawierzchni ulicy Berliner Heerstrasse, do

nawierzchni z betonu asfaltowego w Brandenburgii oraz w Polsce do warstwy wiążącej/ochronnej z asfaltu lanego na obiektach mostowych na drogach wojewódzkich w Wielkopolsce. Z ciekawych zastosowań TE można wymienić nawierzchnię pasa startowego (pas południowy 07 R – 25 L) na lotnisku we Frankfurcie nad Menem oraz na lotnisku w Monachium, gdzie nawierzchnia po 22 latach od momentu ułożenia nie wymaga naprawy ani przebudowy. Dodatek asfaltu naturalnego TE rekomendowany jest do wytwarzania asfaltów lanych do nawierzchni mostowych (do warstw ścieralnych, ochronnych i izolacji) obciążonych dużym ruchem pojazdów [5]. Zalety jego stosowania zostały potwierdzone w badaniach laboratoryjnych mieszanek oraz praktycznych zastosowaniach. Mimo tego badania reologiczne właściwości lepkości z dodatkiem asfaltu TE są bardzo rzadkie [5, 6].

W artykule opisano wyniki badań własnych asfaltu drogowego z dodatkiem asfaltu naturalnego Trinidad Epuré w celu stwierdzenia wpływu tego dodatku na właściwości asfaltu drogowego.

1. CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem pracy była ocena wpływu dodatku TE na właściwości asfaltu drogowego 35/50. W tym celu przeprowadzono badania podstawowych właściwości: penetracji w temperaturze 25°C wg PN-EN 1426, temperatury mięknięcia PiK wg PN-EN 1427 oraz temperatury łamliwości Frassa wg PN-EN 12593. Wyznaczono również wrażliwość termiczną asfaltów (indeks penetracji PI) oraz temperaturowy zakres plastyczności.

2. WYNIKI BADAŃ

2.1. Badanie penetracji w 25°C

Penetracja asfaltów ocenia konsystencję asfaltów w pośrednich temperaturach eksploatacji. Badanie przeprowadzone w 25°C jest podstawą klasyfikacji rodzajowej asfaltów. W tabeli 1 oraz na rysunku 1 przedstawiono wyniki badania penetracji asfaltu 35/50 z różną ilością dodatku TE. Wyniki badań zestawiono z obliczonymi wartościami penetracji na podstawie konwencjonalnego równania mieszania dwóch asfaltów zaprezentowanego w publikacji [8]:

$$\log P = \frac{A \log P_a + B \log P_b}{100} \quad (1)$$

gdzie

P – penetracja mieszaniny asfaltów, [0,1mm]

P_a, P_b – penetracja asfaltu a i b,

a, b – procentowa zawartość składnika a i b, a+b=100%

Tab. 1. Wyniki badania penetracji

Ilość TE w stosunku do asfaltu bazowego [%]	Ilość TE w stosunku do mieszaniny asfaltów [%]	Penetracja [x0,1 mm]	Wartość wg wzoru [1] [x 0,1 mm]
0	0	43,1±1,0	43,1
10	9,1	39,9±1,2	34,7
20	16,7	31,8±1,9	29,0
30	23,1	25,9±0,4	24,9
40	28,6	23,3±0,4	21,9
50	33,3	21,2±0,3	19,5
TE bez asfaltu bazowego		4,0±0,2	4,0

Uzyskane wyniki badania penetracji potwierdziły wyniki znane z literatury [2, 4, 5, 6, 9] - dodatek asfaltu naturalnego spowodował utwardzenie asfaltu bazowego, skutkiem czego było zmniejszenie wartości penetracji. Utwardzenie jest tym większe, im większy jest udział asfaltu naturalnego TE w mieszaninie asfaltów.

Na podstawie analizy tabeli 1 można stwierdzić, że wartości penetracji obliczone wg wzoru (1) są niedoszacowane. Różnica ta jest duża dla mniejszej zawartości dodatku TE i zmniejsza się wraz ze wzrostem koncentracji TE w kompozycie asfaltowym. Tę rozbieżność między wynikami badań, a obliczeniami można wytłumaczyć różnym sposobem otrzymywania badanych asfaltów, natomiast użyte równanie sprawdza się najlepiej przy asfaltach tego samego typu [8].

Wyznaczono również równanie opisujące zależność penetracji od ilości asfaltu. Przedstawia się ono następująco:

$$P = 0,0013x^3 - 0,0643x^2 + 0,0594x + 43,217 \quad (2)$$

gdzie

- P – penetracja mieszaniny asfaltów,
- x – zawartość dodatku TE w mieszaninie asfaltów, w %

2.2. Badanie temperatury mięknięcia

Temperatura mięknięcia określana metodą „pierścień i kula” (PiK) określa umowną granicę przejścia asfaltu ze stanu lepkościowego w stan lepki.

W tabeli 2 oraz na rysunku 2 przedstawiono wyniki badania temperatury mięknięcia asfaltu 35/50 z różną ilością dodatku asfaltu TE. Wyniki te zestawiono z przewidywaną temperaturą mięknięcia obliczoną na podstawie równania zamieszczonego w publikacji [8]:

$$PiK_M = a \cdot PiK_a + b \cdot PiK_b \quad (3)$$

gdzie

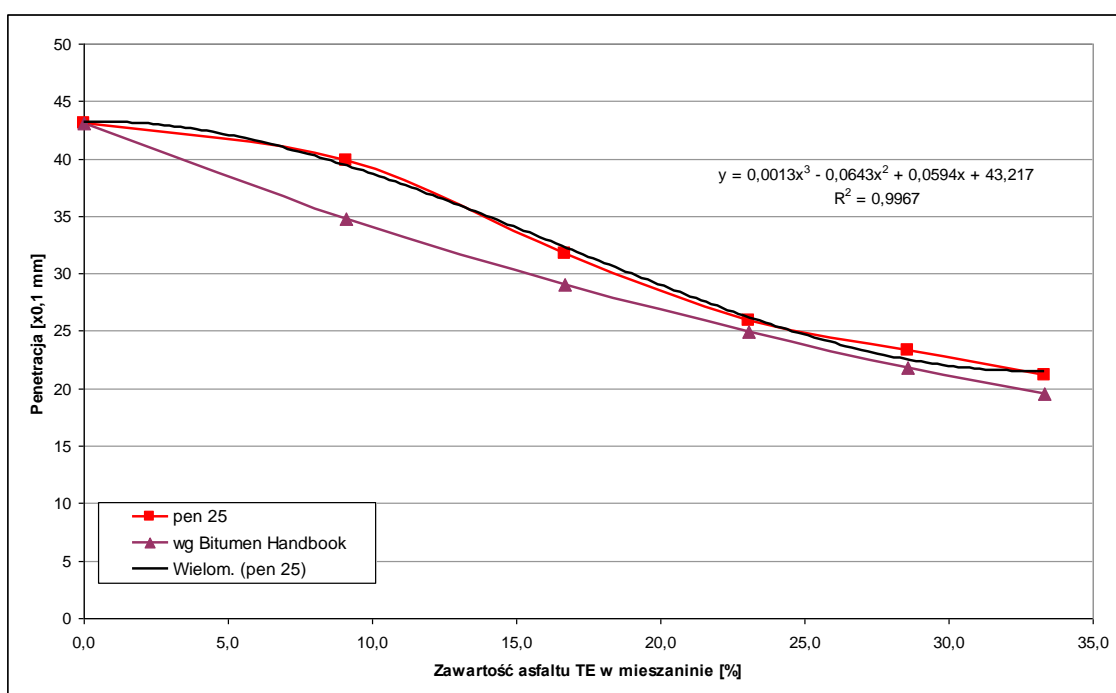
- PiK_M – temperatura mięknięcia mieszaniny asfaltów, [°C]
- PiK_a, PiK_b – temperatura mięknięcia asfaltu a i b,
- a, b – procentowa zawartość składnika a i b, a+b=100%

Tab. 2. Wyniki badania temperatury mięknięcia

Ilość TE w stosunku do asfaltu bazowego [%]	Ilość TE w stosunku do mieszaniny asfaltów [%]	Temperatura mięknięcia [°C]	Wartość obliczona wg równania [3] [°C]
0	0	55,1±0,6	55,1
10	9,1	56,9±0,5	59,3
20	16,7	59,3±0,2	62,7
30	23,1	60,2±0,6	65,6
40	28,6	61,2±0,3	68,2
50	33,3	62,6±0,2	70,3
TE bez asfaltu bazowego		101,1±0,2	100,8

Na podstawie analizy wyników stwierdzono wzrost temperatury mięknięcia w zależności od rosnącej ilości dodatku asfaltu naturalnego TE. Wraz spadkiem penetracji wskazuje to na usztywnienie lepkościowego asfaltowego. Porównując zaobserwowany wzrost temperatury mięknięcia z obliczeniami wykonanymi wg wzoru (3) można stwierdzić, że jest on dużo mniejszy niż wynikałoby to z tego równania. Rozbieżność tę można wyjaśnić podobnie jak przy badaniu penetracji.

Na podstawie uzyskanych wyników wyznaczono zależność opisującą wartość temperatury mięknięcia w zależności od ilości dodatku TE:



Rys. 1. Zależność penetracji asfaltu w zależności od zawartości dodatku asfaltu naturalnego.

$$PiK_M = -0,0005x^2 + 0,2382x + 55,047 \quad (4)$$

gdzie

PiK_M – temperatura mięknięcia mieszaniny asfaltów, [°C]
 x – zawartość dodatku TE w mieszaninie asfaltów, w %

2.3. Temperatura łamliwości

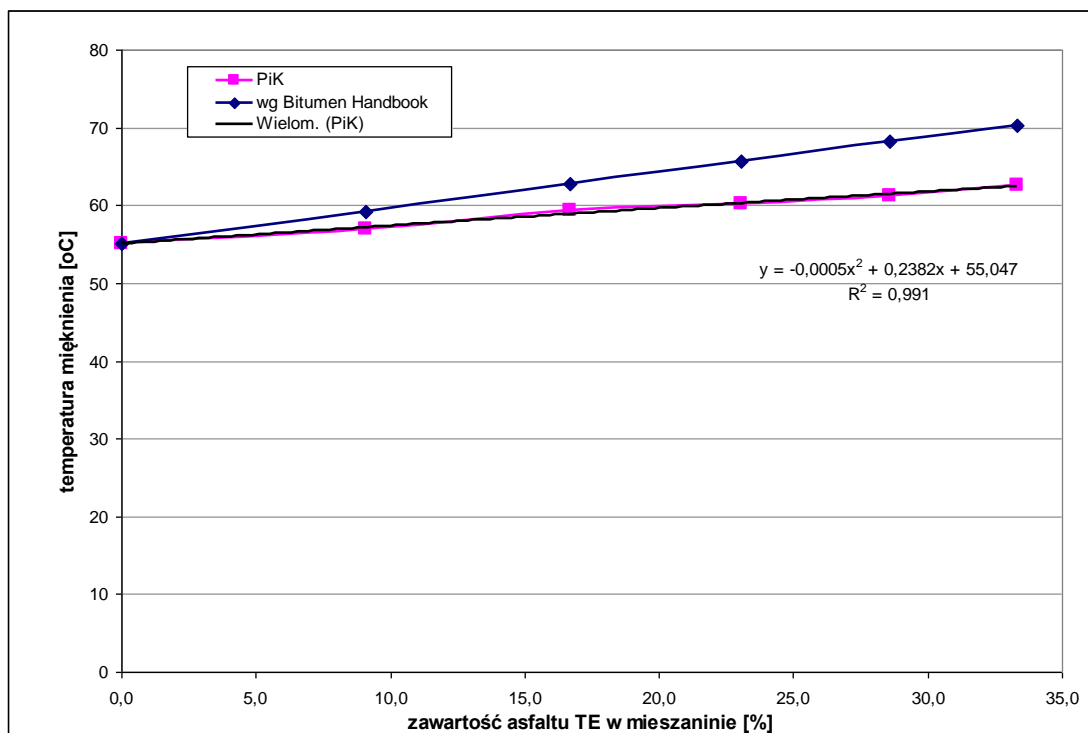
Temperatura łamliwości określa niskotemperaturowe właściwości asfaltu drogowego, oraz stanowi – w przybliżeniu – dolną granicę stanu lepkosprężystego. Jest to cecha szczególnie ważna dla asfaltów twardych, wykazujących skłonności do pęknięcia w okresie zimowym. Od wielu lat metoda ta jest krytykowana, jako nie mająca przełożenia na rzeczywiste warunki pracy nawierzchni oraz na słabą powtarzalność wyników badań [1].

W tabeli 3 oraz na rysunku 3 przedstawiono wyniki badania temperatury łamliwości asfaltu 35/50 w zależności od ilości dodatku asfaltu TE. Temperaturę łamliwości czystego asfaltu TE przyjęto na podstawie literatury [7].

Tab. 3. Wyniki badania temperatury łamliwości

Ilość TE w stosunku do asfaltu bazowego [%]	Ilość TE w stosunku do mieszaniny asfaltów [%]	Temperatura łamliwości [°C]	Wartość obliczona wg równania [5] [°C]
0	0	-13,0±1,5	-13,0
10	9,1	-12±2,4	-12,0
20	16,7	-12,0±2,1	-12,0
30	23,1	-11,0±0,9	-11,0
40	28,6	-10,0±0,9	-10,0
50	33,3	-8,0±1,6	-8,0
TE bez asfaltu bazowego		-14,0	

Przedstawione dane pozwalają stwierdzić, że dodatek asfaltu naturalnego podwyższa temperaturę łamliwości, jednak duży wzrost tej temperatury następuje przy ilości dodatku około 20 %. Na podstawie danych wyznaczono równanie opisujące zależność temperatury łamliwości od ilości dodatku TE w mieszaninie asfaltów:



Rys. 2. Zależność temperatury mięknięcia asfaltu w zależności od zawartości dodatku asfaltu naturalnego.

$$TFrass_M = 0,0003x^3 - 0,0126x^2 + 0,1837x + 12,984 \quad (5)$$

gdzie

TFrass_M – temperatura łamliwości mieszaniny asfaltów, [°C]
 x – zawartość dodatku TE w mieszaninie asfaltów, w %

2.4. Temperaturowy zakres plastyczności (TZP)

TZP określa zakres temperatur, w których asfalt zachowuje właściwości lepkosprężyste. Jest to różnica między temperaturą łamliwości wg Frassa a temperaturą mięknięcia wg PiK, lub temperaturą w której asfalt ma penetrację 800x0,1 mm. Zakres ten koreluje z indeksem penetracji, przy czym lepszą zgodność uzyskuje się w drugim przypadku. Wskazane jest, aby temperaturowy zakres plastyczności był większy niż 60 °C [4].

W tabeli 4 przedstawiono wyniki obliczeń TZP dla asfaltu 35/50 w zależności od ilości dodatku asfaltu TE.

Tab. 4. Wartość temperaturowego zakresu plastyczności i indeksu penetracji

Ilość TE w stosunku do asfaltu bazowego [%]	Ilość TE w stosunku do mieszaniny asfaltów [%]	Temperaturowy zakres plastyczności [°C]	Indeks penetracji PI [-]
0	0	68,1±1,5	-0,35±0,13
10	9,1	68,9±2,5	-0,14±0,10
20	16,7	71,3±2,2	-0,14±0,13
30	23,1	71,2±0,9	-0,40±0,11
40	28,6	71,2±0,9	-0,39±0,06
50	33,3	70,6±1,6	-0,32±0,04

Można stwierdzić, że dodatek ten wpływa na zwiększenie TZP zwiększając jego zakres. Przy ilości dodatku od 9 do 28% TZP utrzymuje się na mniej więcej stałym poziomie, dalsze zwiększanie dodatku TE powoduje zmniejszenie TZP. Dla każdej ilości dodatku TZP spełnia wymagania zawarte w publikacji [4].

2.5. Indeks penetracji (PI)

Indeks penetracji jest wskaźnikiem określającym wrażliwość temperaturową asfaltów. W nawierzchniach drogowych stosuje się asfalty drogowe o indeksie penetracji od -1,0 do 1,0, przy czym najlepsze właściwości mają asfalty o dodatnim PI. Zachowują one właściwości lepkie w niskiej temperaturze i przy krótkim czasie obciążenia oraz nie płyną w wysokiej temperaturze i długim czasie obciążenia. Indeks penetracji obliczono zgodnie z załącznikiem A normy PN-EN 12591 wg następującego równania:

$$PI = \frac{20T_{PIK} + 500 \lg P - 1952}{T_{PIK} - 50 \lg P + 120} \quad (6)$$

gdzie

T_{PIK} – temperatura mięknięcia asfaltu, [°C]

P – penetracja asfaltu w temperaturze 25 °C, [0,1mm]

Dla asfaltu 35/50 niewielki dodatek TE powoduje zwiększenie indeksu penetracji, natomiast ilość dodatku powyżej 20% powoduje jego spadek do poziomu wyjściowego.

2.6. Ocena istotności wpływu dodatku TE na właściwości asfaltu drogowego

W tabeli 5 przedstawiono wyniki obliczeń dotyczących istotności wpływu asfaltu naturalnego TE na właściwości empiryczne asfaltu 35/50 za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji. Na podstawie otrzymanych wartości p -value dla statystyki F , które są mniejsze od założonego poziomu istotności ($\alpha=0,05$) można stwierdzić istotny wpływ tego dodatku na badane właściwości. Przed oceną statystyczną wyników, na podstawie testu Grubssa, odrzucono wartości obarczone błędem grubym oraz dokonano oceny niepewności pomiarowych.

Tab. 5. Ocena istotności wpływu dodatku TE na badane cechy asfaltu

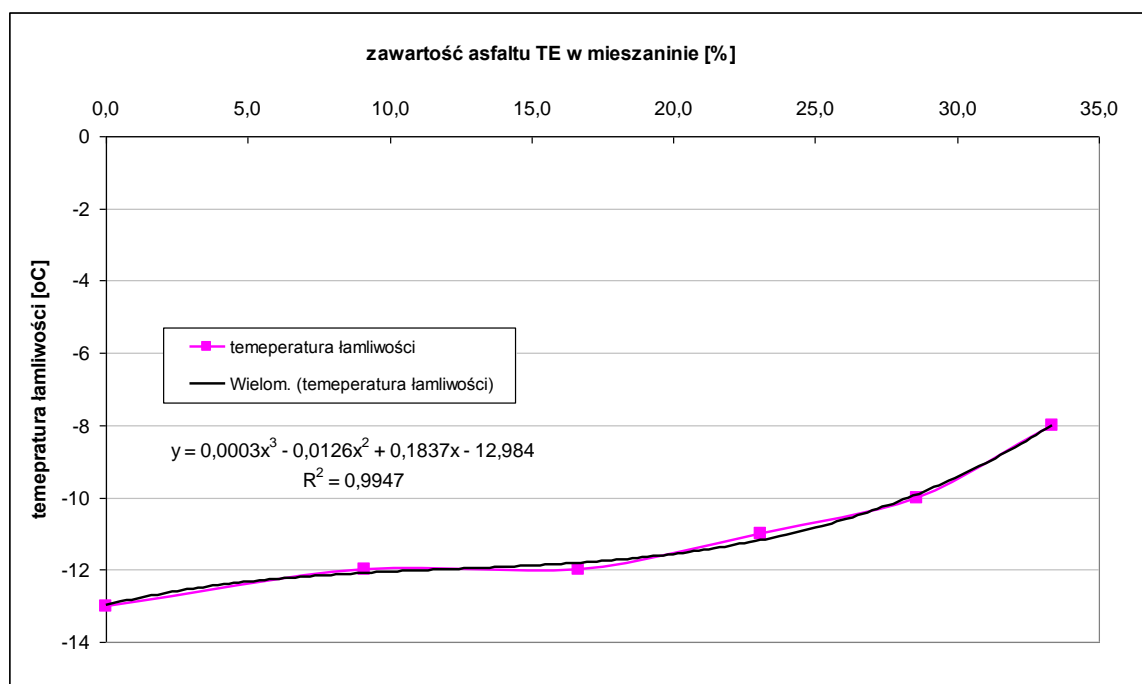
cecha	SS	df	MS	F	p-value
Pen 25 °C	2919,00	5	583,80	372,65	4,98E-33
T_{PIK}	218,48	5	43,70	305,12	3,86E-24
T_{Frass}	89,38	5	17,88	6,90	0,00026

PODSUMOWANIE

Analiza wyników badań pokazuje pozytywny wpływ dodatku TE na właściwości asfaltu 35/50. Zmniejszenie penetracji oraz wzrost temperatury mięknięcia wskazuje na usztywniające właściwości dodatku TE. Zastosowanie tak zmodyfikowanego lepiszcza pozwoli na zwiększenie odporności mieszanki mineralno-asfaltowej na deformacje trwałe. Ilość dodatku powyżej 23% powoduje przejście asfaltu wyjściowego z gatunku 35/50 do gatunku 20/30 (określonego na podstawie penetracji w 25 °C), przy czym temperatura mięknięcia jest przy górnej granicy określonej w normie. Zauważalny jest również wpływ na temperaturę łamliwości, jej wzrost może mieć negatywny wpływ na mieszankę mineralno-asfaltową. Zwiększa się wówczas jej podatność na spękania niskotemperaturowe. Zjawisko to jest skorelowane z penetracją asfaltu i dotyczy w głównej mierze asfaltów twardych o wartości penetracji poniżej 15x0,1 mm [2]. Dlatego też ilość dodatku w ilości powyżej 33% może rodzić poważne problemy z zachowaniem się nawierzchni w okresie zimowym, stąd większa ilość dodatku nie powinna być stosowana. Właściwości empiryczne nie dają jednak pełnego obrazu zachowania się asfaltu z dodatkiem TE. Ocena właściwości reologicznych, badanych w reometrze DSR lepiej oddaje zachowanie się lepiszcza asfaltowego oraz pozwala na ocenę jego zachowania pod obciążeniem dynamicznym.

BIBLIOGRAFIA

- Błażejowski K., Olszacki J., Peciakowski H., *Poradnik Asfaltowy 2014*, Orlen Asphalt, Płock 2014
- Chen J.-S.; Liao M.-C.; Huang C.-C.; Wang C.-H. *Fundamental Characterization of Engineering Properties of Gussasphalt Mixtures* JOURNAL OF MATERIALS IN CIVIL ENGINEERING © ASCE Vol. 23, No. 12, December 1, 2011, Grudzień 2011



Rys. 3. Zależność temperatury łamliwości asfaltu w zależności od zawartości dodatku asfaltu naturalnego.

3. Danowski M., Nawierzchnie z dodatkiem asfaltu naturalnego Trynidad, Nawierzchnie asfaltowe nr 2/2009
4. Gawel I., Kalabińska M., Piłat J., *Asfalty drogowe*, WKŁ, Warszawa 2014
5. Grabowski W., Słowik M., Bielski M., *Ocena wpływu dodatku asfaltu naturalnego Trynidad Epuré na wybrane właściwości asfaltów drogowych*, 56 Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN oraz Komitetu Nauki PZITB, Kielce-Krynica 2010.
6. Liao M.-C.; Chen J.-S.; Airey G. D., Wang S.-J. *Rheological behavior of bitumen mixed with Trinidad lake asphalt*, Construction and Building Materials 66 (2014) 361–367
7. Luszawski S., Wojdanowicz S., *Nowoczesne nawierzchnie bitumiczne*, WKŁ, Warszawa 1977
8. The Shell Bitumen Handbook, Fifth Edition, Shell 2003
9. Widyatmoko I., Eliot R., *Characteristics of elastomeric and plastomeric binders in contact with natural asphalts*. Construction and Building Materials 22 (2008)

THE INFLUENCE OF TRYNIDAD EPURÉ ADDITION ON ROAD ASPHALT BASIC PROPERTIES

Abstract

The article discusses the effect of the addition of natural asphalt Trinidad Epuré on road asphalt basic properties. The applicable tests was asphalt 35/50 and a variable amount of the additive TE – from 0 to 50% (step 10 %) compared to the base asphalt. The study was conducted penetration tests at 25 °C, the softening point and Frass breaking point. The temperature plasticity range and penetration index has been also calculated. The study confirmed positive effect of addition of TE on the properties of road asphalt.

Autorzy:

dr inż. **Lesław Bichajło** – Politechnika Rzeszowska,
Zakład Dróg i Mostów

mgr inż. **Krzysztof Kołodziej** – Politechnika Rzeszowska,
Zakład Dróg i Mostów