

Rys. 2. Tautometria pierścienia imidazolini oraz 2-iminoimidazolini [4]

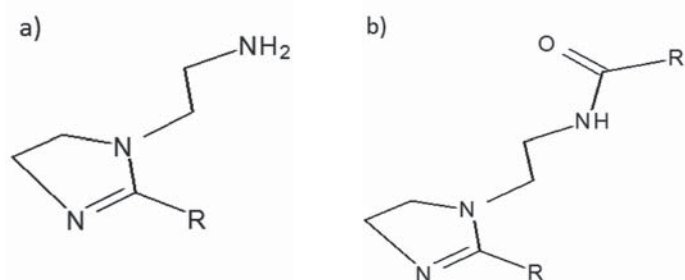
Dodatkowo, w pierścieniu w pozycji 1-, 2- i 3-, mogą występować podstawniki w postaci kwasu tłuszczowego aminoetylu, długiego łańcucha alkilowego oraz grupy metylowej. Najszersze zastosowanie w dziedzinie chemii przypisuje się 2-imidazolinie.

Imidazolini, w których wiązanie podwójne jest w położeniu 2 (4,5-dihydro-1H-imidazolu), mogą mieć różne formy tautometryczne (rys. 2) [2, 3, 6]:

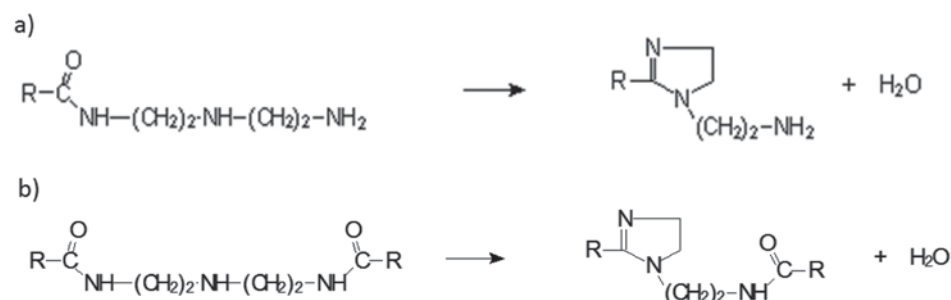
- dwie w przypadku, gdy podstawnikiem jest wodór lub ma on charakter węglowodoru,
- trzy przy podstawniku zawierającym związaną z pierścieniem grupę $-SH$, $-OH$, $-NH_4$ lub podstawioną grupę aminową $-NHR$.

W grupie kationowych związków powierzchniowo-czynnych wyodrębnia się [6]:

- hydroksyetyl imidazolini – otrzymywany z kwasów tłuszczowych, aminoetylu i etanoloaminy (w stosunku 1:1), wpływa na poprawę właściwości adhezyjnych, jest dobrze rozpuszczalny w wodzie i tłuszczach, stosuje się go przede wszystkim do produkcji farb, lakierów i smarów;



Rys. 3. Wzór strukturalny imidazolini: a) typu I, b) typu II [4]



Rys. 4. Powstawanie imidazolin D_2R : a) typu I i b) typu II w reakcji odwodnienia diamidoamin [4]

- aminoetylo imidazolinę – powstaje w reakcji kwasów tłuszczowych i dietylenotriaminy (w stosunku 1:1), ma właściwości dyspergujące i spowalniające korozję, może być stosowana jako środek odwadniający oraz emulgujący, wykorzystywana jest głównie w przemyśle chemicznym, papierniczym oraz przy obróbce metali;

- amidoetylo imidazolinę – jest wynikiem reakcji kwasów tłuszczowych i dietylenotriaminy (w stosunku 1:1), stosuje się na ogół do wytwarzania środków zmiękczających tkaniny, kwaśnych stabilizatorów detergentów oraz flokulantów rolniczych.

Do odświeżenia granulatu zastosowano imidazolinę smalcową, co było efektem wykonanych badań wstępnych [13]. Imidazolina smalcowa spełnia jednocześnie funkcję surfaktanta, emulgatora, inhibitora i środka adhezyjnego. Jest to substancja składająca się głównie z imidazolin typu I i II (rys. 3) w ilości do 90% oraz amidoamin (do 10%) i alkilotriamin (do 1%). Powstaje w wyniku cyklizacji diamidoaminy w podwyższonej temperaturze, a jej produktami są imidazolini D_2R i woda (rys. 4).

Podstawę stosowanych modyfikatorów stanowią wysokomolekularne kwasy tłuszczowe. Ich aktywność chemiczna pochodzi nie tylko od pięciocząłowego pierścienia z dwoma azotami, ale również z grup funkcyjnych $-NH_2$ (imidazolina typu I) i $NH-CO$ (imidazolina typu II). Z dwóch miejsc wykazujących aktywność w imidazolinie, większym potencjałem charakteryzuje się pierścień pięciocząłowy z dwoma azotami, które są bardzo „skłonne” do wiązań z sąsiedami poprzez oddanie elektronu, tworząc ładunek dodatni (związek kationowy) z wiązaniem semipolarnym [1, 4, 6].

Wybrane związki tłuszczowe (ich składy) przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Skład grup alkilowych w kwasach tłuszczowych [1, 9]

Surowiec	Długość łańcucha			
	C14	C18	C18	C18'
Oleinowy	–	5	20	75
Smalec	5	30	20	45
Uwodorniony smalec	5	30	65	–
Stearynowy	–	5	95	–

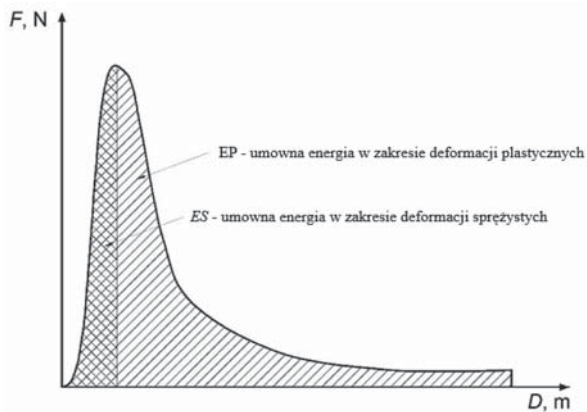
Łańcuch C18 ma jedno podwójne wiązanie w konfiguracji cis. Jego obecność wpływa na znaczne obniżenie temperatury topnienia (w temperaturze pokojowej substancje mają postać cieczy), a w przypadku postarzonych asfaltów ułatwia wprowadzenie dodatku w strukturę twardego lepiscza.

Wpływ imidazolini smalcowej określono w badaniach wykona-

nych na dwóch rodzajach asfaltów, tj. asfalcie destylowanym (oznaczonym jako 1) i asfalcie utlenianym (oznaczonym jako 2). Do badań wykorzystano asfalty drogowe 20/30, o właściwościach zbliżonych do asfaltów stanowiących składnik granulatu asfaltowego. Imidazolinę dodawano w ilości od 1% do 5% (ze skokiem co 1%), a sam proces modyfikacji został opisany w [13]. Plan badań przewidywał wykonanie następujących oznaczeń:

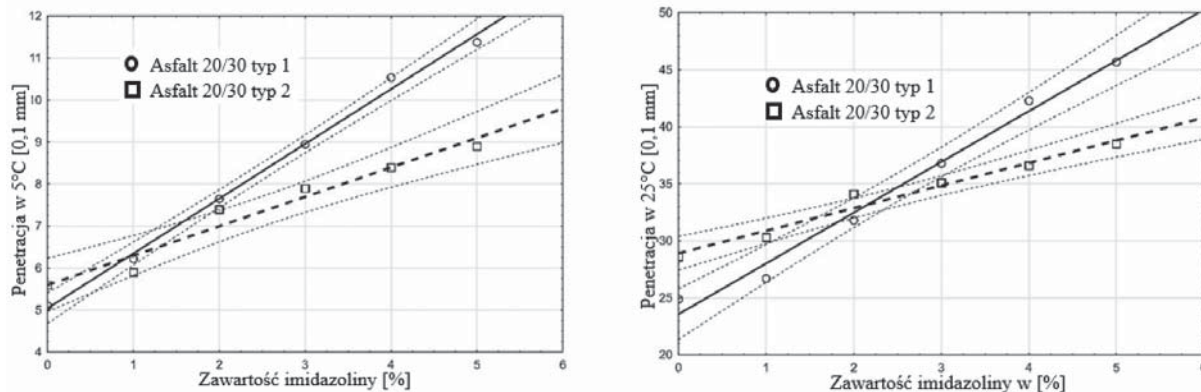
- penetracji w 5°C i 25°C (wg EN 1426),
- temperatury mięknięcia metodą PiK (wg EN 1427),
- siły rozciągania metodą duktylometru w 10°C (maksymalna siła wg EN 13589, umowna energia w zakresie odkształceń sprężystych i plastycznych wg EN 13589 i EN 13703),
- zespolony moduł ścinania G^* i kąt przesunięcia fazowego d w 52°C w reometrze DSR (wg EN 14470).

Umowną energię odkształcenia (iloraz energii odkształcenia przez początkowe pole przekroju próbki w cm^2) w zakresie odkształceń sprężystych określano dla obszaru od początku układu współrzędnych do osiągnięcia maksymalnej siły. Zakresem odkształceń plastycznych objęto obszar od przekroczenia maksimum siły do końca wykresu (rys. 5).

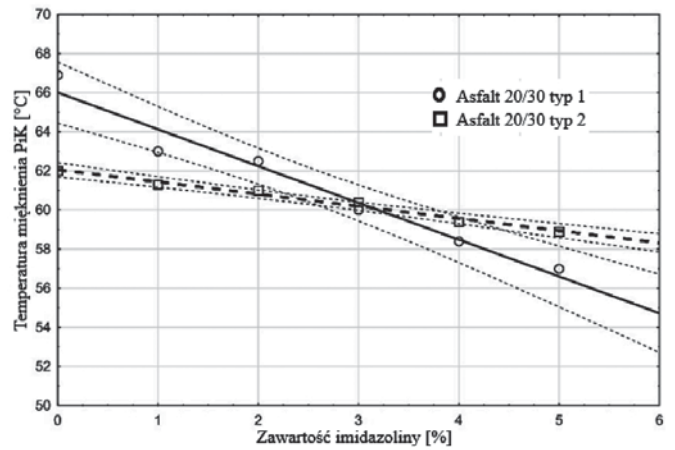


Rys. 5. Umowna energia w zakresie odkształceń sprężystych i plastycznych w badaniu ciągliwości z pomiarem siły (metoda z duktylometrem)

Wyniki badań przedstawiono na rysunkach 6–10.



Rys. 6. Wyniki badania penetracji w 5°C i 25°C wg EN 1426



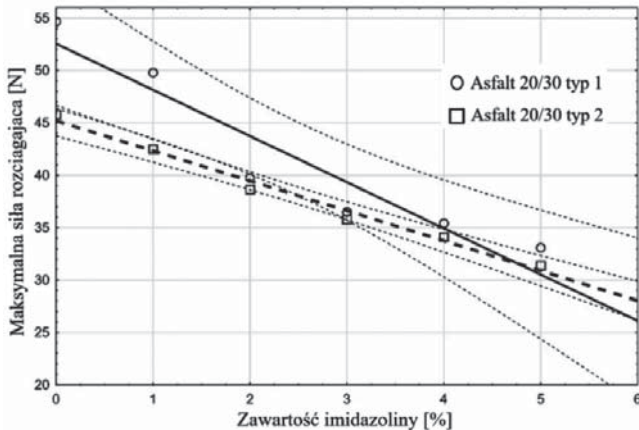
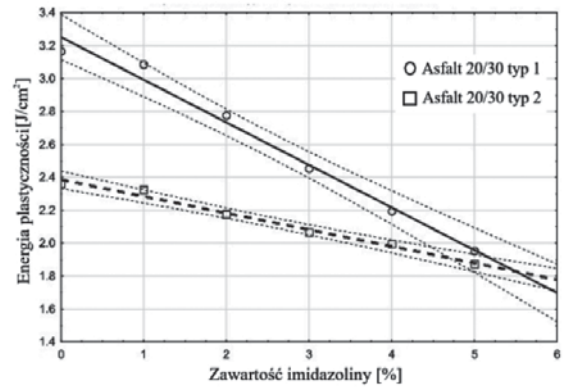
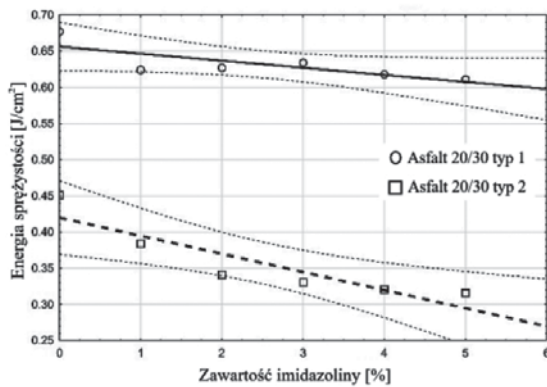
Rys. 7. Wyniki badania temperatury mięknięcia metodą PiK wg EN 1427

Dodatkowo, na podstawie wyników penetracji (w dwóch temperaturach) oraz temperatury mięknięcia PiK, wyznaczono indeks penetracji I_p (rys. 11).

Wyniki badań wskazują, że dodatek imidazoliny smalcowej wyraźnie wpłynął na parametry obu asfaltów 20/30, przy czym większe różnice są obserwowane w przypadku asfaltu destylowanego. Największe zmiany dotyczą wyników penetracji w 5°C dla obu asfaltów 20/30 (wzrost przy 5% dodatku w zakresie 59–123%), nieco mniejsze zmiany dotyczą penetracji w 25°C (przyrost wartości od 35 do 84%). Najmniejsze zmiany odnotowano w badaniu temperatury mięknięcia wg PiK oraz kąta przesunięcia fazowego. Temperatura mięknięcia zmniejsza się w zakresie od 5 do 15% (w stosunku do początkowej – bez modyfikatora) dla obu asfaltów przy 5% dodatku imidazoliny. W przypadku kąta przesunięcia d zaobserwowano wzrost wartości rzędu 7%, co świadczy o poprawie jego cech lepkich (mniejszym usztywnieniu).

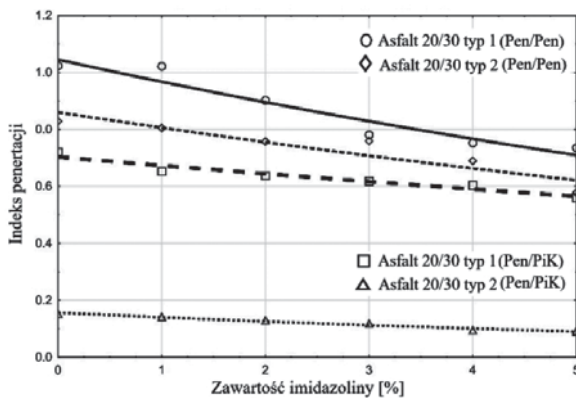
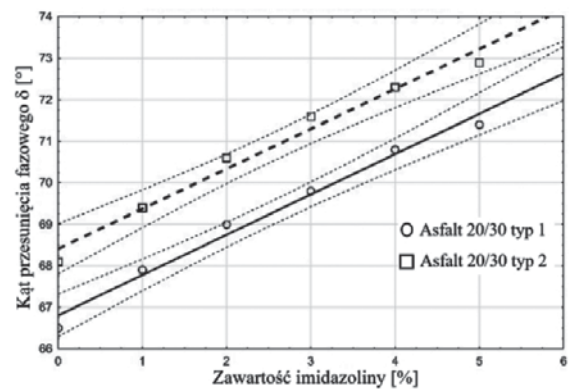
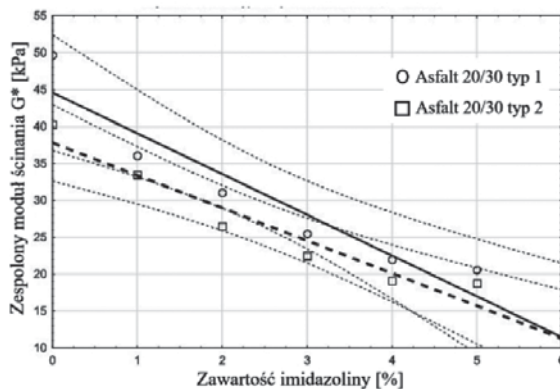
Dodatek imidazoliny smalcowej nie wywołuje znaczących zmian w charakterze reologicznym asfaltów obu typów. Wartości I_p określane dwiema metodami (w oparciu o Pen/Pen i Pen/PiK), wraz ze wzrostem zawartości dodatku są coraz niższe, ale klasyfikują asfalty do typu zol-żel. Nieco większe zmiany zaobserwowano w przypadku asfaltów destylowanych, co może świadczyć o ich większej wrażliwości temperaturowej.

Rys. 8. Wyniki badania umownej energii sprężystości i plastyczności metodą duktylometru wg EN 13589 i EN 13703

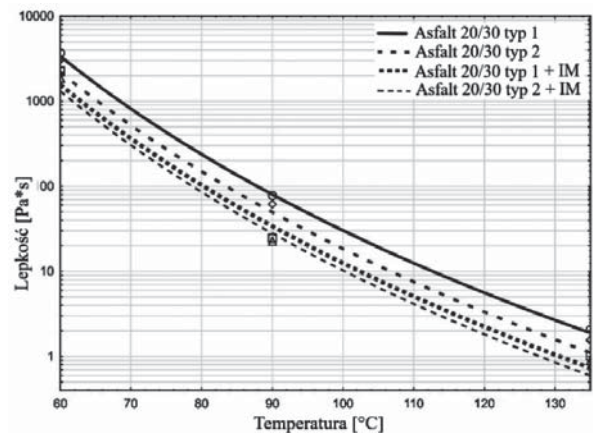


Rys. 9. Wyniki badania maksymalnej siły w duktylometrze wg EN 13589

Rys. 10. Wyniki badania zespolonego modułu ścinania G^* i kąta przesunięcia fazowego d w reometrze DSR wg EN 14470



Rys. 11. Wartości indeksu penetracji wyznaczone na podstawie penetracji zmierzonej w dwóch temperaturach oraz penetracji w 25°C i temperatury mięknięcia wg PiK



Rys. 12. Wpływ imidazoliny smalcowej w ilości 3% na lepkość asfaltu 20/30

Obserwując zachodzące zmiany w asfaltach można przypuszczać, że dodatek imidazoliny smalcowej obniży lepkość mieszanki, co w efekcie może skutkować obniżeniem temperatury produkcji i wbudowywania mieszanek mineralno-asfaltowych. Potwierdziły to wyniki badań lepkości dynamicznej asfaltów 20/30 (od obu producentów) z 3% zawartością imidazoliny. Wyniki badań przedstawiono na rysunku 12.

Zastosowanie imidazoliny smalcowej wpływa na obniżenie lepkości asfaltu. Umożliwia to obniżenie temperatur technologicznych (otaczania, zagęszczania) odpowiednio o około 10°C.

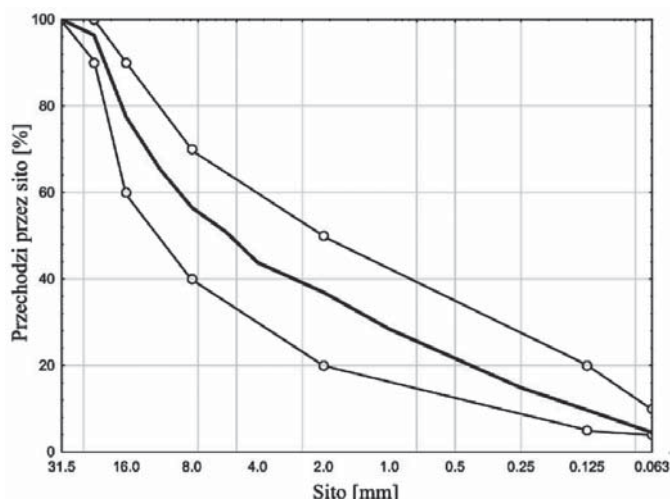
Właściwości granulatu asfaltowego przeznaczonego do badań

W celu lepszego i szybszego połączenia imidazoliny z granulatem asfaltowym (a dokładniej, z zestarzoną asfaltem w granulacie) zastosowano koncentrat asfaltowo-imidazolinowy, składający się w 80% z imidazoliny i w 20% z asfaltu drogowego 50/70. Dozowano go w stanie płynnym po podgrzaniu do temperatury ok. 80–100°C.

Wytypowany do badań granulatu asfaltowy został połączony z warstwy podbudowy. Z informacji przekazanych przez zarządcę drogi, mieszanka została wbudowana na początku lat 80. XX wieku. Już makroskopowa i organoleptyczna ocena wskazywała na wyraźne zestarzenie lepiszcza, objawiające się m.in. znaczną kruchością mieszanki mineralno-asfaltowej w temperaturze otoczenia. Wyniki badań pozwalające określić rodzaj mieszanki (uziarnienie), jej wolną przestrzeń oraz zawartość i parametry klasyfikacyjne lepiszcza asfaltowego przedstawiono w tabeli 2 i na rysunku 13.

Tabela 2. Wyniki z oznaczenia zawartości lepiszcza i jego parametrów

Rodzaj oznaczenia	Metodyka badań	Wartość
Zawartość lepiszcza, %	PN-EN 12697-1 PN-EN 12697-3	3,95 ± 0,12
Penetracja w 25°C, ×0,1 mm	PN-EN 1426	19,2 ± 1,80
Temperatura mięknięcia wg PiK, °C	PN-EN 1427	72,6 ± 3,67
Gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej, Mg/m ³	PN-EN 12697-5, metoda A w wodzie	2,68 ± 0,09
Gęstość objętościowa mieszanki mineralno-asfaltowej, Mg/m ³	PN-EN 12697-6, metoda B	2,48 ± 0,05
Zawartość wolnej przestrzeni w mieszanke mineralno-asfaltowej, %	PN-EN 12697-8	7,5 ± 0,4



Rys. 13. Uziarnienie mieszanki mineralnej pozyskanej z granulatu asfaltowego

Uzyskane wyniki z analizy sitowej klasyfikują mieszankę mineralno-asfaltową jako warstwę podbudowy z betonu

asfaltowego o uziarnieniu do 25 mm, o strukturze częściowo zamkniętej lub zamkniętej (wg PN-S-96022:1974). Stosunkowo niska zawartość frakcji wypełniaczowej oraz wysoka zawartość wolnej przestrzeni, ukierunkowują mieszankę bliżej struktury częściowo zamkniętej. Jako lepsze zastosowano prawdopodobnie asfalt D35 (wg PN-65/C-96170).

Dodatkowe badania pozwoliły oszacować właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej ze względu na jej parametry wytrzymałościowe, tj. odporność na deformacje trwałe, sztywność oraz trwałość zmęczeniową (tab. 3).

Tabela 3. Wyniki z oznaczenia właściwości betonu asfaltowego o uziarnieniu do 25 mm

Rodzaj oznaczenia		Wartość
Odporność na deformacje trwałe, PN-EN 12697-22, 60°C, 10000 cykli	WTS _{AIR} [mm/10 ³ cykli]	0,04
	PRD _{AIR} [%]	3,37
Sztywność, PN-EN 12697-26, 4PB-PR, 10°C, 10 Hz [MPa]		19457
Odporność na zmęczenie, PN-EN 12697-24, 4PB-PR, 10°C, 10Hz, ε ₁₁₅ [10 ⁶ cykli]		0,068

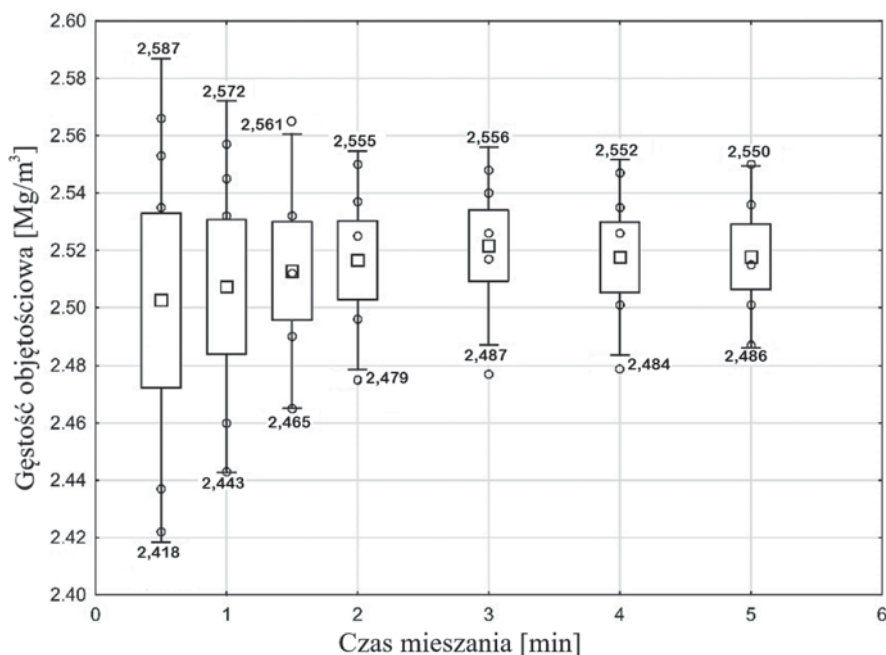
Właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej po modyfikacji

Badania obejmowały wpływ dodatku odświeżającego na zmianę cech fizyczno-wytrzymałościowych nowo uformowanych próbek. Celem porównania, oznaczenia wykonywano na próbkach granulatu bez dodatku i z udziałem koncentratu odświeżającego, w ilości 0,2%, 0,4% i 0,6% w stosunku do masy granulatu.

Wstępny etap prac wymagał określenia optymalnego czasu mieszania potrzebnego do uzyskania jednorodnej mieszanki mineralno-asfaltowej z udziałem imidazoliny smalcowej. Wyznaczono go na podstawie rozrzutów gęstości objętościowej próbek Marshalla formowanych w temperaturze 145°C, przy zróżnicowanym czasie mieszania (od 30 s do 5 min). Oznaczenie wykonano dla mieszanki z udziałem 0,6% koncentratu imidazolinowo-asfaltowego. Proces mieszania (wstępnie podgrzanego granulatu asfaltowego do temperatury 160±5°C) przeprowadzono w mieszalniku wyposażonym w system grzewczy z pełną kontrolą temperatury. Wyniki badań przedstawiono na rysunku 14.

W dalszym toku postępowania przyjęto, że mieszanka mineralno-asfaltowa bez dodatku i z udziałem imidazoliny smalcowej będzie mieszana przez 2 min w temperaturze 155–165°C. W przypadku tego czasu mieszania gęstość objętościowa była na ustabilizowanym poziomie (zarówno w zakresie wartości średniej, jak i rozrzutów). Ograniczenie czasu mieszania pozwoliło na zmniejszenie wpływu dodatkowego starzenia (technologicznego).

Właściwe badania obejmowały wyznaczenie gęstości i gęstości objętościowej, odporności na deformacje trwałe, sztywności, trwałości zmęczeniowej oraz wrażliwości na działanie wody. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 4 i na rysunkach 15–18.



Rys. 14. Wpływ czasu mieszania na gęstość objętościową granulatu z udziałem 0,6% koncentratu imidazolinowo-asfaltowego

Tabela 4. Wyniki z oznaczenia parametrów mieszanki mineralno-asfaltowej

Parametr	Zawartość koncentratu odświeżającego, [%] (m/m)			
	0	0,2	0,4	0,6
Zawartość lepiszcza [%] • w stosunku wagowym (m/m) • w stosunku objętościowym (vol/vol)	3,95 9,60	4,15 10,19	4,35 10,73	4,55 11,25
Gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej [Mg/m ³]	2,680	2,671	2,662	2,653
Gęstość objętościowa mieszanki mineralno-asfaltowej [Mg/m ³]	2,479	2,492	2,507	2,517
Zawartość wolnej przestrzeni w mieszance mineralno-asfaltowej [%]	7,49	6,69	5,81	5,14
Odporność na deformacje trwałe, metoda B w powietrzu, 60°C, 10000 cykli • WTS _{AIR} [mm/10 ³ cykli] • PRD _{AIR} [%]	0,04 3,4	0,16 6,9	0,32 11,8	0,44 20,5
Odporność na zmęczenie, 4 PB-PR, 10°C, 10 Hz, ϵ_{6-115}	67 705	496 321	794 043	1 382 106

Dodatek odświeżający wpływa pozytywnie na większość parametrów próbek uformowanych z granulatu asfaltowego. W przypadku cech fizycznych zaobserwowano wzrost gęstości objętościowej z 2,479 Mg/m³ (bez dodatku) do 2,517 Mg/m³ (przy 0,6% dodatku), co skutkowało zmianami w zawartości wolnej przestrzeni o ponad 30% (z poziomu 7,5% w próbkach bez dodatku do 5,1% przy 0,6% dodatku).

Wzrost zawartości lepiszcza (a tym samym i zmniejszenie wolnej przestrzeni) oraz zmiany w jego twardości (zmiękczenie) spowodowały wyraźny wzrost trwałości zmęczeniowej próbek, określonej w badaniu metodą belki czteropunktowo zginanej 4 PB-PR. Dla próbek bez dodatku ilości cykli, przy których odnotowano spadek początkowe-

go modułu sztywności o 50%, wyniosła ok. $0,07 \times 10^6$. Przy próbkach z udziałem 0,6% koncentratu imidazolinowo-asfaltowego trwałość wzrosła do poziomu $1,38 \times 10^6$ cykli, co gwarantuje takiej mieszance właściwe funkcjonowanie w nawierzchni.

Z innych cech wytrzymałościowych zaobserwowano wzrost odporności na działanie wody i mrozu ITS_R, którego wartość przy zawartości 0,6% dodatku wyniosła 83%. Było to przede wszystkim wynikiem zwiększenia wytrzymałości na rozciąganie pośrednie próbek poddawanych działaniu wody i mrozu (ITS_{p.mokre}). Wpływ na to miał wzrost zawartości lepiszcza, gęstości objętościowej próbek, ich podatności na zagęszczanie oraz spodziewana poprawa przyczepności lepiszcza do kruszywa mineralnego, spowodowana powierzchniową aktywnością imidazolin ().

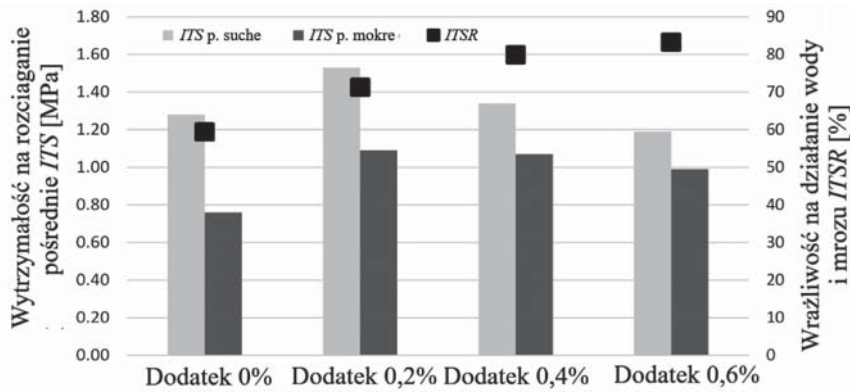
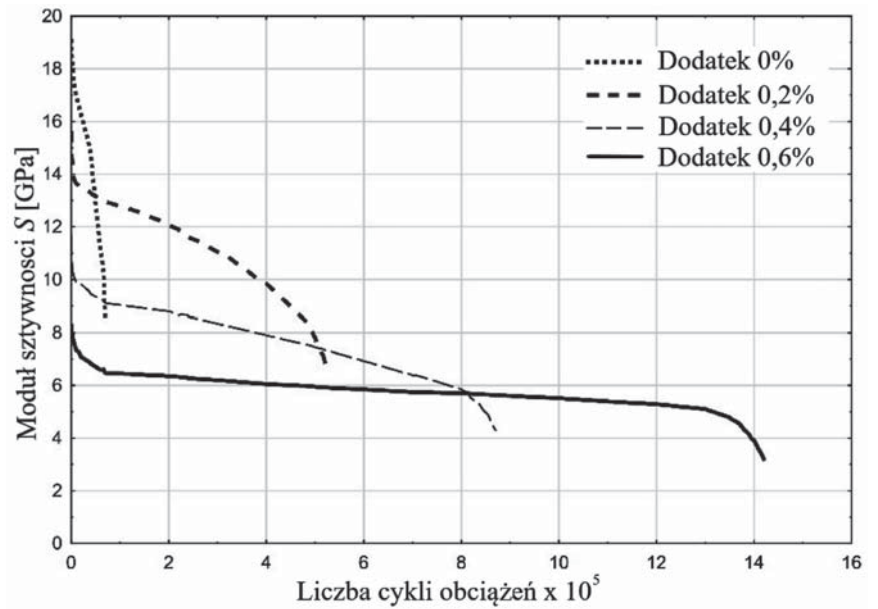
Zmianę parametrów próbek MMA uformowanych wyłącznie z granulatu asfaltowego w stosunku do tych z udziałem dodatku odświeżającego można zaobserwować w oparciu o wyniki modułu sztywności S (spadek z $19,5 \times 10^3$ MPa do $8,1 \times 10^3$ MPa), a szczególnie kąta przesunięcia fazowego δ (wzrost z 2,2° do 14,8°). Uzyskane wyniki badań świadczą o zwiększeniu cech plastycznych mieszanki.

Parametrem, który świadczy o zwiększeniu się cech plastycznych mieszank z udziałem odświeżacza imidazolinowo-asfaltowego jest podatność na deformacje lepkoplastyczne oznaczone w badaniu koleinowania. Uzyskane wyniki wskazują na wyraźny spadek odporności na deformacje trwałe wraz ze wzrostem dodatku, zarówno w przypadku PRD_{AIR} (wzrost z 3,4 do 20,5%), jak i WTS_{AIR} (wzrost z 0,04 do 0,44 mm/10³cykli).

Wnioski

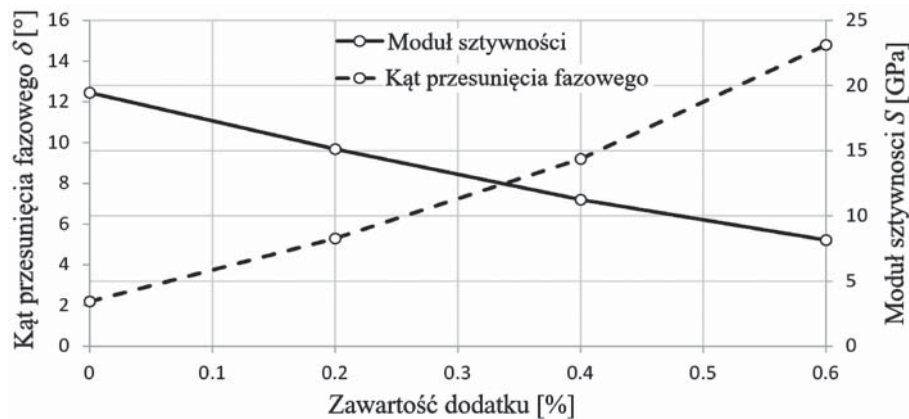
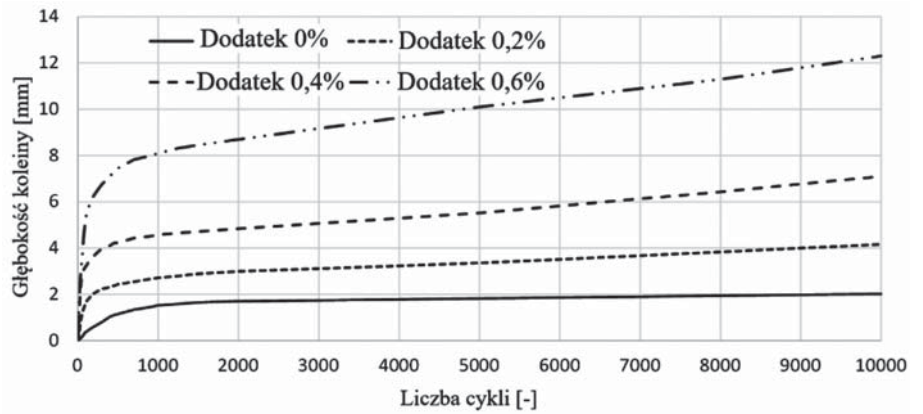
1. Przeprowadzone badania na granulacie asfaltowym z udziałem koncentratu imidazolinowo-asfaltowego wskazują, że może być on stosowany jako odświeżacz „starych” mieszank mineralno-asfaltowych w technologii na gorąco.
2. Szczególnie pozytywny wpływ dodatku imidazolinu smalcowej zaobserwowano przy oznaczaniu trwałości zmęczeniowej metodą 4 PB-PR, gdzie już dodatek odświeżacza w ilości 0,2% zwiększył odporność granulatu na zmęczenie ponad 7-krotnie.

Rys. 15. Wpływ dodatku odświeżającego na trwałość zmęczeniową próbek uformowanych z granulatu asfaltowego



Rys. 16. Wpływ dodatku odświeżającego na wytrzymałość w rozciąganiu pośrednim oraz wrażliwość na działanie wody próbek uformowanych z granulatu asfaltowego

Rys. 17. Wpływ dodatku odświeżającego na podatność do deformacji lepko-plastycznych w badaniu koleinowania próbek uformowanych z granulatu asfaltowego



Rys. 18. Wpływ dodatku odświeżającego na moduł sztywności i kąt przesunięcia fazowego próbek uformowanych z granulatu asfaltowego

3. Zwiększenie cech plastycznych granulatu asfaltowego zaobserwowano w badaniu sztywności – spadek modułu S , wzrost kąta przesunięcia fazowego δ .
4. Imidazolina smalcowa, charakteryzująca się powierzchnią aktywnością, która skutkuje poprawą adhezji lepiszcza do kruszywa, wpływa na wzrost odporności mieszanki na działanie wody.
5. Zastosowany koncentrat imidazolinowo-asfaltowy znacząco zwiększa podatność mieszanki na deformacje trwałe, co wymaga dalszych badań, związanych m.in. z możliwością wprowadzenia dodatkowego stabilizatora ograniczającego deformacje lepko-plastyczne w wysokich temperaturach.

Bibliografia

- [1] Babiak M., 2014. Poprawa odporności na starzenia asfaltów stosowanych w wyrobach hydroizolacyjnych. Rozprawa doktorska. Poznań 2014
- [2] Babiak M., Kosno J.: Imidazoliny jako modyfikatory asfaltów stosowanych do produkcji materiałów hydroizolacyjnych. 2016, Przemysł chemiczny. T. 95, Nr 4, doi: 10.15199/62.2016.4.21
- [3] Babiak M., Bilski M., Ratajczak M., Kosno J.: Wpływ modyfikatorów z przetworzonych tłuszczów na właściwości lepkosprężyste asfaltów. 2017, Materiały budowlane 8/2017
- [4] Bajpai D., Tyagi V.K.: Synthesis and characterization of imidazolium surfactants derived from tallow fatty acids and diethylenetriamine. Research Paper, vol. 110, 2008, p. 935-940.
- [5] Feng Z-G., Yu J-Y., Zhang H-L., Kuang D-L., Xue L-H.: Effect of ultraviolet aging on rheology, chemistry and morphology of ultraviolet absorber modified bitumen. Materials and Structures, 2012, p. 2-15.
- [6] James A.D., Steward D.: The use fatty amine derivatives to slow down the age-hardening process in bitumen. Proc. of International Symposium Chemistry of Bitumens, Roma, 1991, p. 671-684.
- [7] Judycki J., Steins M.: Badania mieszanek mineralno-asfaltowych o obniżonej temperaturze otaczania. Raport końcowy. GDDKiA, 2011
- [8] Kandal P.S., Chakraborty S.: Effect of asphalt film thickness on short and long-term aging of asphalt paving mixtures. Transportation research Record No. 1535, 1996, p. 83-96.
- [9] Kuang D-I, Yu J-Y., Feng Z-G, Chen H., Guan Y-S., Zhang Z.: Performance evaluation and preventive measures for aging of different bitumens. Construction and Building Materials, 2014, p. 209-213.
- [10] Linu M., Chaffin J.M., Davison R.R., Glover C.J., Bullin J.A.: Changes in Corbett Fraction Composition During Oxidation of Asphalt Fraction. Transportation Research Record, no. 1638, 1998, p. 40-46.
- [11] Lu, X.H., Isacsson, U.: Effect of ageing on bitumen chemistry and rheology. Construction and Building Materials. 16, 2002, pp. 15-22.
- [12] Mieczkowski P.: Możliwości zastosowania imidazoliny jako modyfikatora lepiszczy asfaltowych, Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury, Journal of Civil Engineering, Environment and Architecture, t. XXXIII, zeszyt 63 (nr 1/II/2016) styczeń-marzec, str. 267-274, doi: 10.7862/rb.2016.84
- [13] Mieczkowski P.: Imidazolina w funkcji odświeżacza lepiszczy asfaltowych – cz. I, Autostrady nr 4/2017
- [14] Mieczkowski P.: Imidazolina w funkcji odświeżacza lepiszczy asfaltowych – cz. II, Autostrady nr 5/2017
- [15] Mieczkowski P.: Imidazolina jako odświeżacz starych mieszanek mineralno-asfaltowych, Autostrady nr 7/2017
- [16] Piłat J., Radziszewski P.: Nawierzchnie asfaltowe. WKiŁ, Warszawa 2004.
- [17] Prosperi E., Bocci E.: A Review on Bitumen Aging and Rejuvenation Chemistry: Processes, Materials and Analyses. Sustainability, 2021, Volume 13, Issue 12, doi: 10.3390/su13126523
- [18] Stefańczyk B, Mieczkowski P.: Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wykonawstwo i badania. WKiŁ, Warszawa 2008.
- [19] Wu S., Pang L., Mo L., Qiu J., Zhu G., Xiao Y.: UV and thermal aging of pure bitumen-comparison between laboratory simulation and natural exposure aging. Road Materials and Pavement Design, 2011, p. 103-113.
- [20] Xu M., Zhang Y., Zhao P.: Long-term aging performance study of asphalt with different composition. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 631 (2021), doi: 10.1088/1755-1315/631/1/012050
- [21] Yut I., Zofka A.: Correlation between rheology and chemical composition of aged polymer-modified asphalts. Construction and Building Materials, 2014, p. 109-117.
- [22] Zhang X., Hoff I.: Comparative Study of Thermal-Oxidative Aging and Salt Solution Aging on Bitumen Performance. Materials, 2021, Volume 14, Issue 5, doi: 10.3390/ma14051174
- [23] <http://www.astecinc.com/products/drying-mixing/double-barrel-drum-dryer-mixer.html> (data dostępu: 06.03.2018 r.)

68. Krynicka Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN oraz Komitetu Nauki PZITB Gliwice, 24-28 września 2023 r.



Konferencja Krynicka 2023



Wydział Budownictwa
Politechniki Śląskiej

Tradycyjnie konferencja składać się będzie z dwóch części: problemowej i ogólnej. Myślą przewodnią części problemowej 68. edycji konferencji będą **Wyzwania budownictwa na terenach górniczych, pogórnicych i zdegradowanych**. To szeroki temat, obejmujący nie tylko zagadnienia projektowania i wykonawstwa budynków i budowli w takich warunkach, ale także zagrożenia wynikające ze specyfiki terenów poprzemysłowych lub zdegradowanych w wyniku sposobu ich użytkowania oraz sposoby i możliwości efektywnego i bezpiecznego sposobu ich wykorzystania.

Przedmiotem części ogólnej konferencji będą następujące problemy naukowe:
Budownictwo hydrotechniczne • Budownictwo ogólne • Fizyka budowli • Geotechnika • Inżynieria materiałów budowlanych
• Inżynieria przedsięwzięć budowlanych • Inżynieria komunikacyjna: drogi, koleje, mosty • Inżynieria środowiska
• Konstrukcje betonowe • Konstrukcje metalowe • Mechanika konstrukcji i materiałów • Niezawodność konstrukcji

Biuro Konferencji: mgr inż. Marzena Gaura, mgr Małgorzata Lach – Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa
<https://www.polsl.pl/rb/krynica-gliwice-2023>, e-mail: konferencjakrynicka2023@polsl.pl