



ROBERT JURCZAK

Zachodniopomorski
Uniwersytet Technologiczny
w Szczecinie
robert.jurczak@zut.edu.pl
ORCID: 0000-0003-3149-7497

Granulat asfaltowy – przykład zastosowania na drodze ekspresowej S3

Wśród wykonawców nawierzchni asfaltowych dróg szybkiego ruchu w województwie zachodniopomorskim widoczna jest wyraźna tendencja do wykorzystywania granulatu asfaltowego w produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych. Stopień wykorzystania jest jednak zróżnicowany – wiele zależy od dostępności odpowiedniej jakości destruktu, z którego powstaje granulak. Należy przypomnieć, że według obowiązujących Wymagań Technicznych WT-2 z 2014 r. [1], stanowiących załącznik do Zarządzenia nr 54 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 18.11.2014 r., granulak asfaltowy można stosować w ograniczonej ilości tylko do warstw wiążących oraz podbudów. Można go dodać do mieszanki mineralno-asfaltowej wytwarzanej na zimno lub na gorąco. W metodzie na zimno dopuszcza się stosowanie dodatku granulatu asfaltowego w ilości nie większej niż 20% w stosunku do mieszanki mineralno-asfaltowej, natomiast w metodzie na gorąco – do 30%. Zdaniem wielu ekspertów istnieje możliwość dozowania granulatu w większej niż obecnie dopuszczalnej ilości [2], tzn. nawet 50%. Warto przypomnieć, że istnieją również technologie pozwalające wykorzystać w 100% materiał z istniejących warstw nawierzchni [3]. Taką technologią jest technologia remixingu (w tym remixingu plus), która może stanowić doskonałe uzupełnienie dodawania granulatu metodą na zimno lub na gorąco.

Obecnie przepisy krajowe nie pozwalają również na użycie granulatu w mieszankach mineralno-asfaltowych przeznaczonych do warstw ścieralnych. W innych krajach, np. w Niemczech, od wielu lat możliwe jest stosowanie granulatu do wszystkich warstw, również do warstwy ścieralnej [4]. Mimo że dodatek granulatu w ograniczonej ilości nie wpływa niekorzystnie na właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych [5, 6], to według autora warto nie zmieniać jeszcze przepisów w omawianym zakresie. Wyjątkiem mogą być odcinki doświadczalne.

Przełom w większym wykorzystaniu granulatu asfaltowego zdaniem autora nastąpił po zakończeniu dwóch projektów badawczych pt. „Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu” i „Destrukt: Innowacyjna technologia mieszanek mineralno-asfaltowych z zastosowaniem materiału z recyklingu nawierzchni asfaltowej”. Pierwszy z projektów zrealizowano w ramach Wspólnego Przedsięwzięcia Rozwój Innowacji Drogowych (RID), a drugi w ramach programu „INNOTECH” w ścieżce programowej In-Tech. W ramach projektu RID opracowano wytyczne i zalecenia dotyczące recyklingu na gorąco [7–9].

Oddane na wiosnę br. do ruchu dwa odcinki drogi ekspresowej S3 w województwie zachodniopomorskim to pierwsze konstrukcje nawierzchni, w których stosowano dodatek granulatu asfaltowego w warstwie podbudowy i wiążącej. Pierwszy oddany do eksploatacji odcinek od miejscowości Brzozowa do Miękowa o długości 22,4 km to zupełnie nowy dwujezdniowy fragment drogi ekspresowej S3. Połączył zakończone w latach 2011–2012 obwodnice Miękowa oraz Trzszyna, Parlówka i Ostroń. Natomiast drugi z wymienionych odcinek od Miękowa do Rzęśnicy o długości 19 km dostosowano do współczesnych parametrów drogi ekspresowej. W obu przypadkach wykonawcą robót była firma Budimex.

W artykule przedstawiono właściwości betonów asfaltowych wytworzonych z dodatkiem granulatu asfaltowego, który dozowano metodą na zimno. Jest to najprostszy sposób dodawania granulatu do mieszanki mineralno-asfaltowej, który nie wymaga znaczących modyfikacji instalacji [10]. Odważony granulak podawany za pomocą przenośnika taśmowego trafia bezpośrednio do mieszalnika otaczarki. Mając na uwadze, że granulak jest z reguły wilgotny i jego ogrzanie następuje poprzez kontakt z gorącym kruszywem, istotną sprawą jest wymóg, że temperatura kruszywa musi być wyższa niż przy produkcji mieszanki bez granulatu. Ważna jest również instalacja do odprowadzania pary wodnej, która pojawia się w mieszalniku i pochodzi z wilgotnego granulatu rozgrzanego wskutek kontaktu z gorącym kruszywem.

Ocena jednorodności granulatu asfaltowego

Próbki granulatu asfaltowego do badań pobrano z hałdy znajdującej się na placu składowym Wytwórni Mieszanek Bitumicznych (WMB) w Kartlewie (fot. 1). Destrukt asfaltowy, z którego wytworzono granulak, pochodził z selektywnego frezowania odcinka drogi krajowej S3 w województwie zachodniopomorskim.

Z uwagi na charakter wykonywanych przez autora badań, tj. weryfikację przyjętych założeń na etapie zatwierdzania przedłożonych recept mieszanek mineralno-asfaltowych zawierających granulak asfaltowy, pobrano do badań jedynie minimalną liczbę próbek wynoszącą pięć. Uziarnienie mieszanki kruszywa oraz ilość lepiszcza określono zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 13108-8:2016 [11].

Do oceny jednorodności granulatu asfaltowego wykorzystano wymagania ujęte w WT-2 z 2014 r. Według [1] jednorodność granulatu asfaltowego ocenia się na podstawie rozstępu procentowego udziału w granulacie: kruszywa drobnego, grubego i pyłów oraz zawartości lepiszcza, a także rozstę-

Fot. 1. WMB w Kartlewie (po lewej) i hałda granulatu na placu (po prawej)



pu wyników pomiarów temperatury mięknięcia lepiscza odzyskanego z granulatu asfaltowego. Następnie obliczono dopuszczalną ilość granulatu Z_{RA} , którą można wprowadzić do mieszanki mineralno-asfaltowej według wzoru (1) przedstawionego w pracy [2]:

$$Z_{RA} = \frac{Z_{max} \cdot T_{roz}}{T_{roz} + a_i} \quad (1)$$

w którym:

Z_{max} – zakładany maksymalny udział granulatu w masie mieszanki mineralno-asfaltowej [% (m/m)],

T_{roz} – dopuszczalny rozstęp wyników badania właściwości,

a_i – rozstęp wyników badania właściwości.

Właściwości granulatu asfaltowego wraz z obliczonymi rozstępami wyników badań podano w tabeli 1.

W wyniku ekstrakcji granulatu asfaltowego stwierdzono, że badany granulatu zawiera średnio 4,1% asfaltu rozpuszczalnego. Natomiast analiza sitowa kruszywa odzyskanego z granulatu asfaltowego wykazała, że maksymalna wielkość kawałków wynosi 22,4 mm. Z kolei w składzie mieszanki kruszywa stwierdzono maksymalne średnice ziarna poniżej 16 mm. Destrukt ten oznaczono jako 22 GRA 0/16 (fot. 2).

W badanym granulacie nie stwierdzono materiałów obcych, a więc spełnia wymagania kategorii FM_{1/0,1}. Rozstępy wyników badanego granulatu (tabela 1) mieszczą się w dopuszczalnych wartościach przewidzianych przez wytycz-



Fot. 2. Granulat asfaltowy 22 GRA 0/16 stosowany przy produkcji mieszank mineralno-asfaltowych

ne WT-2 z 2014 r. [1], co świadczy o jego jednorodności. Średnia temperatura mięknięcia asfaltu odzyskanego wynosi 65,4°C i jest mniejsza od 70°C. Ponadto żaden pojedynczy wynik pomiaru temperatury mięknięcia nie przekraczał 77°C. W związku z powyższym można było granulatu zaklasyfikować do kategorii S₇₀. Uzyskane wyniki potwierdziły, że oceniany granulatu może być wykorzystany do wytwarzania mieszank mineralno-asfaltowych przeznaczonych zarówno do warstwy podbudowy, jak i do warstwy wiążącej.

W tabeli 2 przedstawiono natomiast wyniki obliczeń możliwej maksymalnej zawartości granulatu asfaltowego w mieszance mineralno-asfaltowej przy założonym 20% (m/m) maksymalnym udziale granulatu Z_{max} i dopuszczalnym rozstępem wyników badań właściwości granulatu asfaltowego ustalonym w WT-2 z 2014 r. [1]. Jednocześnie założona wartość Z_{max} równa 20% (m/m) jest dopuszczalną wartością dodatku granulatu asfaltowego w metodzie na zimno na drogach krajowych.

Tabela 1. Rozstęp wyników badań właściwości granulatu asfaltowego 22 GRA 0/16

Właściwość	Jednostka	Średni wynik	Odchylenie standardowe	Rozstęp wyników a_i
Temperatura mięknięcia lepiscza odzyskanego	°C	65,4	2,0	5,6
Zawartość lepiscza	% (m/m)	4,1	0,2	0,6
Kruszywo o uziarnieniu poniżej 0,063 mm	% (m/m)	9,1	0,8	2,0
Kruszywo o uziarnieniu od 0,063 do 2 mm	% (m/m)	28,8	2,9	6,6
Kruszywo o uziarnieniu powyżej 2 mm	% (m/m)	64,5	2,9	7,3

Tabela 2. Dopuszczalny rozstęp wyników badań właściwości granulatu asfaltowego wg WT-2 [1] i obliczona możliwa, największa zawartość granulatu asfaltowego w mieszance mineralno-asfaltowej

Właściwość	Warstwa wiążąca		Warstwa podbudowy	
	dop. rozstęp wyników badań (T_{roz}) wg [1]	Z_{RA} , [%m/m]	dop. rozstęp wyników badań (T_{roz}) wg [1]	Z_{RA} , [%m/m]
Temperatura mięknięcia lepiszcza odzyskanego, [°C]	8,0	11,8	8,0	11,8
Zawartość lepiszcza, [% (m/m)]	1,0	12,5	1,2	13,3
Kruszywo o uziarnieniu poniżej 0,063 mm, [% (m/m)]	6,0	15,0	10,0	16,7
Kruszywo o uziarnieniu od 0,063 do 2 mm, [% (m/m)]	16,0	14,2	16,0	14,2
Kruszywo o uziarnieniu powyżej 2 mm, [% (m/m)]	16,0	13,7	18,0	14,2

Analiza danych przedstawionych w tabeli 2 wykazała, że w zależności od uwzględnianej właściwości możliwa ilość granulatu asfaltowego Z_{RA} , którą można dodać do mieszanki mineralno-asfaltowej przeznaczonej do warstwy wiążącej mieści się w przedziale 11,8–15,0% (m/m), a w przypadku warstwy podbudowy asfaltowej – niewiele więcej 11,8–16,7% (m/m). W analizowanym przypadku najmniejsza wartość Z_{RA} do warstwy wiążącej i podbudowy wynosi 11,8% (m/m). Oznacza to, że nieco większe ilości granulatu asfaltowego można stosować do mieszanek mineralno-asfaltowych przyjmując tylko dopuszczalne wg [1] rozstępy wyników.

Z kolei w wytycznych [7–9] wprowadzono wskaźnik zastąpienia lepiszcza BR. Determinuje on ilość stosowanego granulatu w mieszankach mineralno-asfaltowych i jest obliczany według następującego wzoru (2):

$$BR = \frac{a \cdot b}{c} \quad (2)$$

w którym:

- a – zawartość lepiszcza w granulacie asfaltowym [% (m/m)],
- b – udział granulatu asfaltowego w mieszance mineralno-asfaltowej [% (m/m)],
- c – całkowita zawartość lepiszcza w mieszance mineralno-asfaltowej [% (m/m)].

Dopuszczalna wartość wskaźnika zastąpienia lepiszcza BR wg [9] w przypadku dozowania granulatu asfaltowego w otaczarkę metodą na zimno zarówno w przypadku mieszanki przeznaczonej do warstwy wiążącej, jak i podbudowy wynosi 20%.

Badania mieszanek mineralno-asfaltowych z granulatem asfaltowym

Do warstwy wiążącej i podbudowy nawierzchni drogi ekspresowej S3 na obu odcinkach przyjęto mieszankę mineralno-asfaltową typu beton asfaltowy, w której jako lepisz-

cze zastosowano asfalt drogowy 35/50. W przypadku obydwu betonów asfaltowych użyto jednakowego kruszywa mineralnego. Kruszywo drobne i grube pochodziło z kopalni granitu Siedlimowice, a wypełniacz wapienny z firmy Nordkalk. W celu poprawy przyczepności lepiszcza do kruszywa dodawano środek adhezyjny Wetfix BE w ilości 0,5% w stosunku do masy asfaltu.

Betony asfaltowe przeznaczone do badań zaprojektowano na zgodność z wymaganiami WT-2 z 2014 r. [1], z przeznaczeniem do kategorii ruchu KR5-7. Całkowita zawartość asfaltu drogowego w betonie przeznaczonym do warstwy wiążącej wynosiła 4,6%, natomiast w przypadku betonu do warstwy podbudowy 4,1%. Minimalna zawartość asfaltu B_{min} dla mieszanki AC 16W wynosi 4,6%, a dla mieszanki AC 22P wynosi 4,0%. W obu betonach asfaltowych (do warstwy wiążącej i podbudowy) zastosowano dodatek granulatu asfaltowego w ilości odpowiednio 15% i 18% w stosunku do mieszanki mineralnej.

W ramach zaplanowanych badań wykonano następujące oznaczenia:

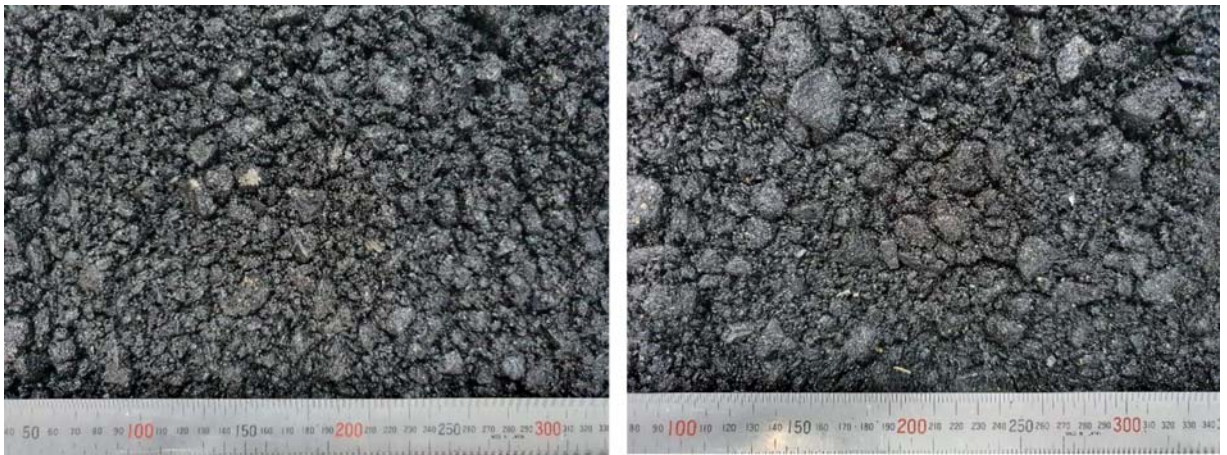
- gęstości mieszanki mineralno-asfaltowej zgodnie z normą PN-EN 12697-5:2010/AC:2012 [12],
- gęstości objętościowej mieszanki mineralno-asfaltowej (metoda B) zgodnie z normą PN-EN 12697-6:2012 [13],
- zawartości wolnej przestrzeni według normy PN-EN 12697-8:2005 [14],
- odporności na deformacje trwałe (metoda B w powietrzu, mały koleinomierz) zgodnie z normą PN-EN 12697-22:2008 [15],
- odporności na działanie wody i mrozu zgodnie z normą PN-EN 12697-12:2018-08 [16] i WT-2 2014 [1] (przechowywanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w 25°C).

Wszystkie próbki przeznaczone do badania zawartości wolnej przestrzeni zagęszczano ubijakiem Marshalla stosując po 75 uderzeń na każdą stronę próbki cylindrycznej. Z kolei próbki do badań wrażliwości na działanie wody przygotowano stosując 35 uderzeń na stronę. Temperatura zagęszczenia mieszanki wynosiła $140 \pm 5^\circ\text{C}$. Natomiast próbki przeznaczone do badań odporności na deformacje trwałe zagęszczano przez wałowanie. Ze względu na fakt, że mieszanki do badań pobierano na wytwórni, nie poddawano ich kondycjonowaniu wg procedury opisanej w załączniku 2 [1] odzwierciedlającego efekt starzenia krótkoterminowego oraz absorpcji asfaltu przez kruszywo.

Wyniki badań badanych betonów asfaltowych z dodatkiem granulatu asfaltowego 22 GRA 0/16 przedstawiono w tabeli 3 i 4.

Zawartość wolnych przestrzeni w próbkach Marshalla betonu asfaltowego przeznaczonego do warstwy wiążącej wynosiła 5,3%, a w przypadku betonu przeznaczonego do podbudowy była wyższa i wynosiła 6,7%. W obu przypad-

Fot. 3. Wygląd próbki betonu asfaltowego AC 16 w (po lewej) i AC 22P (po prawej) pobranej do badań na wytwórni mieszanek w Kartlewie



kach zawartość wolnych przestrzeni mieści się w dopuszczalnym przedziale (4,0–7,0%).

Według [1], które są podstawą przy projektowaniu mieszanek mineralno-asfaltowych na drogach krajowych, wymaganymi parametrami w zakresie odporności na deformacje trwałe w przypadku betonu asfaltowego są: wskaźnik przyrostu koleiny WTS_{AIR} i proporcjonalna głębokość koleiny PRD_{AIR} . Wskaźnik przyrostu koleiny WTS_{AIR} dla mieszanki AC 16W nie powinien być większy niż 0,10 mm na 1000 cykli, a dla mieszanki AC 22P nie większy niż 0,15 mm na 1000 cykli. W zakresie proporcjonalnej głębokości koleiny dopuszczalne wartości wynoszą 5,0% odpowiednio dla mieszanki AC 16W i 7,0% dla mieszanki AC 22P. Z porównania uzyskanych wy-

ników badań wynika, że badane betony asfaltowe spełniają z dużym zapasem wymagania odporności na deformacje trwałe. Na podstawie wyników badań wrażliwości betonu asfaltowego na działanie wody i mrozu można stwierdzić, że oba badane betony asfaltowe charakteryzują się wskaźnikiem ITSR wyższym (84% i 72%) niż przyjęta jego minimalna wymagana wartość, równa 80% dla warstwy wiążącej i 70% dla podbudowy. Wskaźnik zastąpienia lepiszcza BR w obu przypadkach był mniejszy niż dopuszczalna wg [9] w metodzie na zimno wartość.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych z granulatem asfaltowym sformułowano następujące wnioski:

1. Przeprowadzona ocena jednorodności granulatu asfaltowego składowanego na placu WMB w Kartlewie wykazała, że jest jednorodny i może być stosowany do mieszanek mineralno-asfaltowych przeznaczonych do warstwy wiążącej i podbudowy nowych nawierzchni dróg.
2. Badane betony asfaltowe AC 16W i AC 22P zawierające granulaty asfaltowe, który dozowano metodą na zimno w ilości odpowiednio 15% i 18% w stosunku do mieszanki mineralnej, spełniają wszystkie wymagania określone w WT-2 z 2014 r.

Tabela 3. Wyniki badań betonu asfaltowego AC 22P 35/50 z dodatkiem granulatu asfaltowego

Właściwość	Jednostka	Wynik	Wymagania wg [1]
Gęstość	[Mg/m ³]	2,514	–
Gęstość objętościowa	[Mg/m ³]	2,345	–
Zawartość wolnych przestrzeni	[%]	6,7	V_{min} 4,0 V_{max} 7,0
Odporność na działanie wody i mrozu	[%]	72	ITSR ₇₀
Odporność na deformacje trwałe: • WTS_{AIR} • PRD_{AIR}	[mm/10 ³] [%]	0,05 3,5	WTS_{AIR} 0,15 PRD_{AIR} 7,0
Wskaźnik zastąpienia lepiszcza BR	[%]	14,8	–

Tabela 4. Wyniki badań betonu asfaltowego AC 16W 35/50 z dodatkiem granulatu asfaltowego

Właściwość	Jednostka	Wynik	Wymagania wg [1]
Gęstość	[Mg/m ³]	2,453	–
Gęstość objętościowa	[Mg/m ³]	2,324	–
Zawartość wolnych przestrzeni	[%]	5,3	V_{min} 4,0 V_{max} 7,0
Odporność na działanie wody i mrozu	[%]	84	ITSR ₈₀
Odporność na deformacje trwałe: • WTS_{AIR} • PRD_{AIR}	[mm/10 ³] [%]	0,04 2,8	WTS_{AIR} 0,10 PRD_{AIR} 5,0
Wskaźnik zastąpienia lepiszcza BR	[%]	17,8	–

Oprócz przedstawionych wyników badań również bieżąca kontrola jakości materiałów, prowadzona przez laboratorium GDDKiA w Szczecinie, nie wykazała w trakcie wbudowywania badanych mieszanek mineralno-asfaltowych problemów ze składem i zagęszczeniem. Można w związku z tym stwierdzić, że przy prawidłowym zaprojektowaniu, odpowiednim zakresie badań laboratoryjnych, a następnie starannym wytworzeniu i wbudowaniu mieszanki mineralno-asfaltowej z dodatkiem granulatu asfaltowego można uzyskać nawierzchnię o wysokich parametrach użytkowych.

Bibliografia

- [1] Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. WT-2 2014 – część I. Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania Techniczne. GDD-KiA, Warszawa 2014.
- [2] Król J., Włodarski P., Jackowski Ł.: *Właściwości mieszank mineralno-asfaltowych ze zwiększoną ilością granulatu asfaltowego*. „Drogownictwo”, rok LXIX, nr 11, 2014, s. 373–379.
- [3] Jurczak R.: *Remixing (remixing plus) alternatywą dla recyklingu w otaczarkach*. „Magazyn Autostrady”, nr 3, 2021, s. 81–85.
- [4] Michalski W., Danowski M.: *Granulat asfaltowy – czy jesteśmy przygotowani do jego powszechnego użycia?* „Nawierzchnie asfaltowe”, nr 1, 2014, s. 16–23.
- [5] Jurczak R., Gaj N.: *Wrażliwość betonu asfaltowego z dodatkiem granulatu asfaltowego na działanie wody*. „Magazyn Autostrady”, nr 7, 2017, s. 56–58.
- [6] Koźlerek P.: *Granulat asfaltowy jako pełnowartościowy składnik mieszanki mineralno-asfaltowej*. „Budownictwo i Architektura”, tom 13, nr 4, 2014, s. 145–152.
- [7] Załącznik nr 9.2.1. Wytyczne pozyskania i oceny przydatności destruktu i granulatu asfaltowego do recyklingu na gorąco w otaczarkach. Projekt RID-I-06 Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu, 2019.
- [8] Załącznik nr 9.2.2. Zalecenia w zakresie produkcji mieszank mineralno-asfaltowych z granulatem asfaltowym w otaczarkach o działaniu cyklicznym. Projekt RID-I-06 Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu, 2019.
- [9] Załącznik nr 9.2.3. Wytyczne cząstkowe w zakresie wymagań i projektowania mieszank mineralno-asfaltowych z granulatem asfaltowym produkowanym na gorąco. Projekt RID-I-06 Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu, 2019.
- [10] Styk S., Strugała I.: *Poradnik stosowania destruktu asfaltowego*. Makrum 2018.
- [11] PN-EN 13108-8:2016 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania – Część 8: Destrukt asfaltowy.
- [12] PN-EN 12697-5:2010/AC: 2012 Mieszanki mineralno-asfaltowe – Metody badań mieszank mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 5: Oznaczanie gęstości.
- [13] PN-EN 12697-6:2012 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszank mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 6: Oznaczanie gęstości objętościowej próbek mieszanki mineralno-asfaltowej.
- [14] PN-EN 12697-8:2005 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszank mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 8: Oznaczanie zawartości wolnej przestrzeni.
- [15] PN-EN 12697-22:2008 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszank mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 22: Koleinowanie.
- [16] PN-EN 12697-12:2018-08 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszank mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 12: Określanie wrażliwości na wodę próbek mineralno-asfaltowych.