

## Załącznik nr 9.2.3



Projekt realizowany w ramach Wspólnego Przedsięwzięcia RID,  
finansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju  
oraz Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad

**Przedmiot umowy pt.:**

**Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu**

**Tytuł przedmiotu umowy:**

**Wytyczne cząstkowe w zakresie wymagań i projektowania  
mieszanek mineralno-asfaltowych z granulatem asfaltowym  
produkowanych na gorąco**

Akronim Projektu:	OT1-1A/IBDiM-PG-PW-PWr-PŚk-IOŚ-PIB-PIB-INSCH-ITB MORATEX
Numer umowy:	Nr DZP/RID-I-06/1/NCBR/2016
Lider i Współwykonawcy:	Instytut Badawczy Dróg i Mostów (Lider) Politechnika Gdańska Politechnika Warszawska Politechnika Wroclawska Politechnika Świętokrzyska Instytut Ochrony Środowiska – PIB Instytut Nowych Syntez Chemicznych Instytut Technologii Bezpieczeństwa "MORATEX"
Kierownik Projektu:	prof. dr hab. inż. Dariusz Sybilski
Data rozpoczęcia:	01.02.2016
Data zakończenia:	30.04.2018

Opracowano w ramach zadania 2 pt.: "Recykling na gorąco"  
realizowanego przez:

**Zakład Technologii Nawierzchni  
Instytutu Badawczego Dróg i Mostów**

03-302 Warszawa, ul. Instytutowa 1  
tel. +48 22 390 01 07, fax +48 22 814 50 28  
[ibdim@ibdim.edu.pl](mailto:ibdim@ibdim.edu.pl)

oraz

**Katedrę Inżynierii Drogowej i Transportowej  
Politechniki Gdańskiej**

Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska  
80-233 Gdańsk, ul. Narutowicza 11  
tel.: 58 3471347, fax: 58 3471097  
[sekretariat.kid@wilis.pg.gda.pl](mailto:sekretariat.kid@wilis.pg.gda.pl)

**Kierownik zadania:**

dr inż. Wojciech Bańkowski  
(Instytut Badawczy Dróg i Mostów)

**Opracowali:**

dr inż. Jacek Alenowicz  
dr inż. Bohdan Dołżycki  
dr inż. Piotr Jaskuła  
(Politechnika Gdańska)

Wersja z dnia 2 kwietnia 2019

## **SPIS TREŚCI**

1. Przedmiot i zakres stosowania.....	4
2. Podstawowe definicje .....	5
3. Zakres stosowania granulatu asfaltowego w mieszankach mineralno-asfaltowych produkowanych na gorąco .....	8
4. Zasady oraz zakres badań i oceny granulatu asfaltowego do projektowania składu mieszanek mineralno-asfaltowych z zawartością granulatu .....	11
5. Ogólne zasady projektowania składu mieszanek mineralno-asfaltowych z zawartością granulatu asfaltowego .....	14
6. Ocena właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych z zawartością granulatu asfaltowego .....	15
7. Uwagi końcowe do wytycznych i zaleceń dotyczących recyklingu na gorąco w otaczarkach.....	18
8. Normy i literatura związana.....	19

## **1. PRZEDMIOT I ZAKRES STOSOWANIA**

- 1.1. Niniejsze wytyczne powstały w ramach projektu RID I/6 pt. „Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu” w wyniku realizacji zadania 2 „Recykling na gorąco”.
- 1.2. Przedmiotem wytycznych są zalecenia i wymagania dotyczące:
  - zakresu stosowania granulatu asfaltowego w mieszankach mineralno-asfaltowych produkowanych na gorąco oraz w warstwach asfaltowych nawierzchni drogowych,
  - ogólnych zasad badań i oceny granulatu asfaltowego niezbędnych do projektowania składu mieszanek mineralno-asfaltowych z zawartością granulatu,
  - przygotowania granulatu asfaltowego do wykonania próbek mieszanek mineralno-asfaltowych do badań,
  - ogólnych zasad projektowania składu mieszanek mineralno-asfaltowych z zawartością granulatu asfaltowego,
  - oceny właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych z zawartością granulatu asfaltowego.
- 1.3. W wytycznych wykorzystano informacje z instrukcji, wytycznych, norm i poradników zagranicznych, dotyczących recyklingu na gorąco w otaczarkach, wytycznych i norm obowiązujących w Polsce oraz wnioski z dotychczasowych doświadczeń praktycznych w Polsce i za granicą.
- 1.4. Zwraca się uwagę, że w czasie realizacji programu RID i opracowania wytycznych została zmieniona treść normy EN-13108-8 „Destrukt asfaltowy”. Zmiany objęły między innymi wprowadzenie nowej i zmianę treści dotychczasowych definicji. W chwili publikacji niniejszych wytycznych obowiązująca norma PN-EN-13108-8:2016 pozostaje w wersji angielskiej i nie jest przetłumaczona na język polski.
- 1.5. Definicje stosowane w wytycznych, podane w rozdziale 2 w punktach 2.1, 2.2 i 2.3 są zgodne z angielskim tekstem zaktualizowanej normy PN-EN 13108-8:2016. Przypisano im pojęcia „destrukt asfaltowy”, „destrukt asfaltowy kwalifikowany” i „granulat asfaltowy”, kierując się ukształtowanym na przestrzeni lat rozumieniem terminów „destrukt asfaltowy” i „granulat asfaltowy” w polskiej praktyce budowy dróg.

1.6. Celem wytycznych jest przedstawienie:

- zaleceń i ograniczeń, dotyczących stosowania granulatu asfaltowego w różnych typach mieszanek mineralno-asfaltowych, produkowanych na gorąco,
- minimalnego zakresu badań granulatu asfaltowego do projektowania składu mieszanek mineralno-asfaltowych z granulatem asfaltowym, produkowanych na gorąco,
- ogólnych zasad obowiązujących podczas projektowania składu mieszanek mineralno-asfaltowych z granulatem asfaltowym, produkowanych na gorąco.

1.7. Zalecenia i zasady, dotyczące wykorzystania granulatu asfaltowego w produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco przedstawiono również w następujących, innych dokumentach, opracowanych w ramach projektu RID I/6 pt. „Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu” w wyniku realizacji zadania 2 „Recykling na gorąco”:

- „Wytyczne pozyskania i oceny przydatności destruktu i granulatu asfaltowego do recyklingu na gorąco w otaczarkach”,
- „Zalecenia w zakresie produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych z granulatem asfaltowym w otaczarkach cyklicznych”.

Niniejszy dokument oraz pozostałe wymienione dokumenty należy rozpatrywać łącznie.

## 2. PODSTAWOWE DEFINICJE

2.1. **Destrukt asfaltowy** (*ang. site-won asphalt*) - materiał przeznaczony do recyklingu, w postaci sfrezowanych warstw asfaltowych lub płyt zerwanych z nawierzchni asfaltowej lub mieszanki mineralno-asfaltowej odrzuconej albo będącej nadwyżką produkcji.

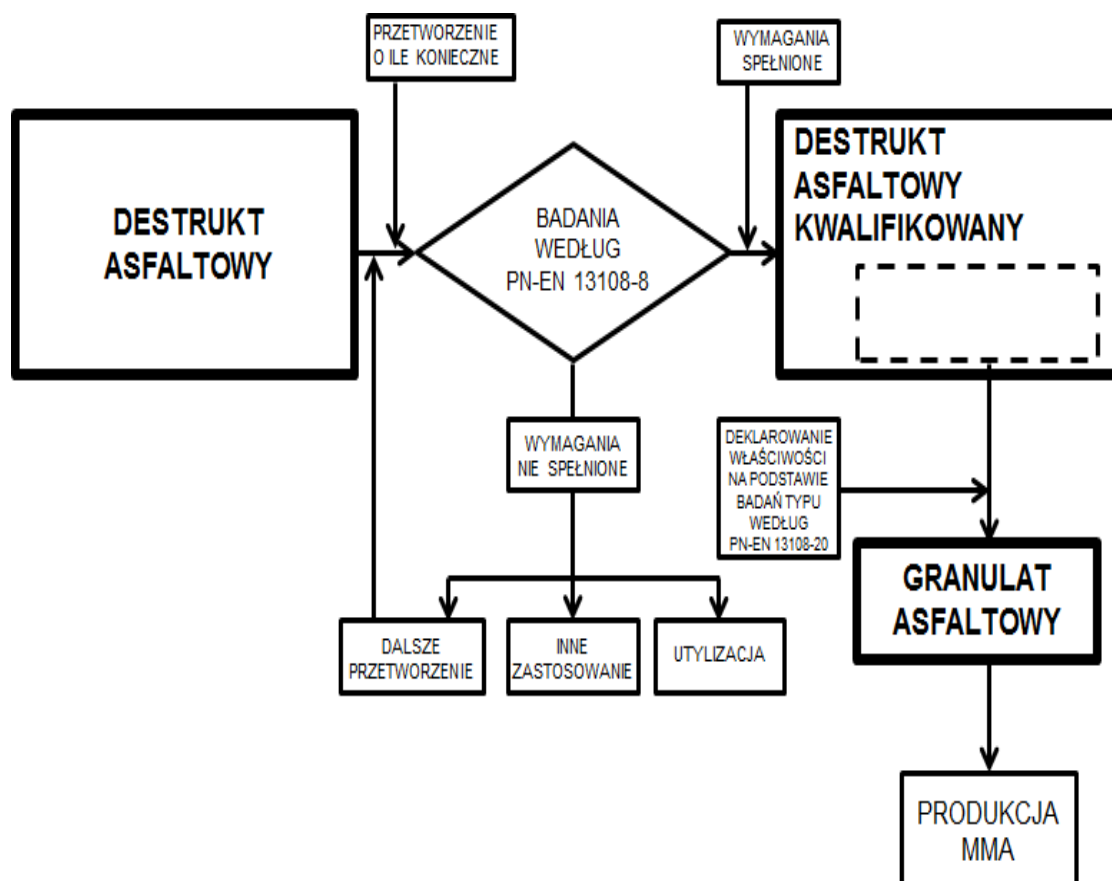
*Uwaga: Materiały te wymagają oceny i często przetworzenia zanim będą przydatne do zastosowania jako składnik mieszanki mineralno-asfaltowej.*

2.2. **Destrukt asfaltowy kwalifikowany** (*ang. reclaimed asphalt RA*) – przetworzony destrukt asfaltowy, przydatny i gotowy do zastosowania jako materiał składowy mieszanki mineralno-asfaltowej, po przeprowadzeniu badań, oceny i klasyfikacji zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 13108-8.

*Uwaga: Przetworzenie może obejmować jedną lub więcej z następujących czynności: frezowanie, kruszenie, przesiewanie (frakcjonowanie), mieszanie, itd.*

- 2.3. **Granulat asfaltowy** (ang. *feedstock of reclaimed asphalt*) - pewna ilość destruktu asfaltowego kwalifikowanego, o sklasyfikowanych/deklarowanych właściwościach, przydatnego i gotowego do zastosowania jako materiał składowy w produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej.

*Uwaga 1: Schemat procesu oceny i kwalifikacji materiału przeznaczonego do recyklingu na gorąco przedstawiono na rysunku 1.*



Rysunek 1. Schemat procesu oceny i kwalifikacji materiału przeznaczonego do recyklingu na gorąco

*Uwaga 2: Materiałem przeznaczonym do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych jest granulat asfaltowy. Destrukt asfaltowy klasyfikowany staje się granulatem asfaltowym z chwilą gdy zostanie przeznaczony do produkcji konkretnej mieszanki mineralno-asfaltowej, po zadeklarowaniu właściwości zgodnie z normą PN-EN 13108-20:2016.*

- 2.4. **Specjalny destruktu (granulat) asfaltowy** – destruktu lub granulat asfaltowy o specjalnym przeznaczeniu lub pochodzący z warstw nawierzchni o wyjątkowych właściwościach (na przykład: zawierających kruszywa o wysokim współczynniku PSV lub asfalt modyfikowany albo wykonanych z mieszanki SMA), którego oddzielne pozyskanie i składowanie jest uzasadnione względami technicznymi lub ekonomicznymi.

- 2.5. **Frezowanie selektywne** – oddzielne frezowanie poszczególnych asfaltowych warstw nawierzchni lub pakietu asfaltowych warstw nawierzchni w celu zwiększenia jednorodności pozyskiwanego destruktu asfaltowego lub pozyskania specjalnego destruktu asfaltowego.
- 2.6. **Fracjonowanie** – podział destruktu asfaltowego na grupy frakcji w celu ułatwienia projektowania składu mieszanek mineralno-asfaltowych, zwiększenia jego zawartości w mieszance mineralno-asfaltowej lub usunięcia nadmiaru drobnych frakcji.  
*Uwaga: najczęściej wystarczający jest podział na dwie grupy frakcji.*
- 2.7. **Metoda dozowania granulatu asfaltowego na zimno** – metoda produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej, w której podawany do produkcji granulatu asfaltowy jest zimny (ma temperaturę otoczenia). Rozpad granulatu asfaltowego na poszczególne składniki w czasie produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej jest wynikiem działania ciepła, pobranego w procesie mieszania od nowego kruszywa, ogrzanego do wyższej temperatury, niż ma to miejsce w przypadku produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej, składającej się w całości z nowych kruszyw. Niekiedy ten sposób podawania granulatu asfaltowego jest też nazywany metodą „przepływu ciepła”.
- 2.8. **Metoda dozowania granulatu asfaltowego na gorąco** – metoda produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej, w której stosuje się dodatkowy bęben, będący elementem otaczarki o działaniu cyklicznym, który pozwala na ogrzanie granulatu asfaltowego, przed połączeniem go z nowymi składnikami w czasie produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej. Niekiedy ten sposób podawania granulatu asfaltowego jest też nazywany metodą „czarnego bębna” lub metodą „równoległego bębna”.  
*Uwaga: Ogrzanie granulatu asfaltowego przed połączeniem z nowymi składnikami ma również miejsce w przypadku stosowania niektórych otaczarek bębnowych o mieszaniu ciągłym”.*
- 2.9. **Wskaźnik zastąpienia lepiszcza BR** – udział starego lepiszcza, zawartego w granulacie asfaltowym, w całości lepiszcza w mieszance mineralno-asfaltowej, obliczany według następującego wzoru:

$$BR = (a \times b)/c$$

gdzie:

BR – wskaźnik zastąpienia lepiszcza (*ang. Binder Replacement*) [% (m/m)],

a – zawartość lepiszcza rozpuszczalnego w granulacie asfaltowym [% (m/m)],

b – udział granulatu asfaltowego w mieszance mineralno-asfaltowej [% (m/m)],

c – całkowita zawartość lepiszcza rozpuszczalnego w mieszance mineralno-asfaltowej [% (m/m)].

- 2.10. **Środek recyklujący** – produkt węglowodorowy, o właściwościach fizycznych i chemicznych odpowiednio dobranych w celu regeneracji asfaltu zawartego w granulacie asfaltowym, zapewniający uzyskanie mieszaniny starego i nowego lepiszcza o właściwościach zgodnych z wymaganiami w odniesieniu do rodzaju lepiszcza właściwego dla mieszanki mineralno-asfaltowej. Stosowane są również określenia - środek odmładzający i środek odświeżający.

### 3. ZAKRES STOSOWANIA GRANULATU ASFALTOWEGO W MIESZANKACH MINERALNO-ASFALTOWYCH PRODUKOWANYCH NA GORĄCO

- 3.1. Zakres stosowania granulatu asfaltowego w mieszankach mineralno-asfaltowych, produkowanych na gorąco, zależy od następujących czynników:
- pochodzenia granulatu asfaltowego,
  - jakości granulatu asfaltowego, a w szczególności właściwości lepiszcza, właściwości kruszywa i jednorodności granulatu,
  - typu mieszanki mineralno-asfaltowej i jej przeznaczenia,
  - rodzaju nowego lepiszcza,
  - technologii stosowanej do recyklingu na gorąco (konstrukcji otaczarki).
- 3.2. Dopuszczalne procentowe zawartości granulatu asfaltowego w betonach asfaltowych (AC) i betonach asfaltowych o wysokim module sztywności (AC WMS), określone maksymalną wartością wskaźnika zastąpienia lepiszcza BR, wyrażoną w procentach, podano w tabeli 3.1.

Tabela 3.1. Dopuszczalne wartości wskaźnika zastąpienia lepiszcza BR, wyrażonego w procentach, w odniesieniu do betonów asfaltowych AC i AC WMS

Typ betonu asfaltowego	Dopuszczalna wartość wskaźnika zastąpienia lepiszcza BR [%] w przypadku dozowania granulatu asfaltowego w otaczarce metodą	
	na zimno	na gorąco
AC P	20	40 (50 <sup>1,3</sup> )
AC W	20	30 (40 <sup>1,3</sup> )
AC S	0	20 <sup>1) 2)</sup>
AC WMS	20 <sup>3)</sup>	30 <sup>3)</sup> (40 <sup>1,3</sup> )

<sup>1)</sup> Na zasadzie indywidualnego dopuszczenia przez Zamawiającego po przeprowadzeniu badań dodatkowych wg tabel 6.1 lub 6.2.

<sup>2)</sup> Tylko w przypadku ruchu kategorii od KR1 do KR4

<sup>3)</sup> Pod warunkiem uwzględnienia czynników określonych w p. 3.3 i 3.4.

Wartości podane w tabeli 3.1 obowiązują przy założeniu zastosowania w projektowanej mieszance mineralno-asfaltowej oraz w granulacie asfaltowym



- asfaltów drogowych. W przypadku stosowania asfaltów modyfikowanych dopuszczalną wartość wskaźnika zastąpienia lepiszcza BR należy określić indywidualnie, z uwzględnieniem treści punktów 3.10 i 3.11, przy czym nie może być ona większa od wartości podanych w tabeli 3.1.
- 3.3. W przypadku stosowania w betonie asfaltowym lepiszcza charakteryzującego się podwyższoną lepkością w standardowych temperaturach technologicznych lub stwierdzenia zaawansowanego procesu starzenia i/lub wysokiej lepkości lepiszcza zawartego w granulacie asfaltowym należy wziąć pod uwagę zagrożenie niewystarczającym wzajemnym wymieszaniem takich lepiszczy w procesie produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej. Sytuacja taka może wystąpić w szczególności w przypadku mieszanek AC WMS oraz betonów asfaltowych zawierających lepiszcze modyfikowane (jako nowe lepiszcze i w granulacie asfaltowym).
  - 3.4. Ponieważ dodatek granulatu asfaltowego może wywrzeć niekorzystny wpływ na odporność mieszanek mineralno-asfaltowych na spękania niskotemperaturowe, należy w przypadku mieszanek AC P i AC W o podwyższonej wartości wskaźnika BR, odpowiednio do 50% i 40% przy dozowaniu granulatu asfaltowego metodą na gorąco, mieszanek AC S oraz mieszanek AC WMS do warstwy wiążącej przeprowadzić badania służące ocenie odporności tych mieszanek na spękania niskotemperaturowe (tabele 6.1. i 6.2.).
  - 3.5. Stosowanie granulatu asfaltowego w mieszankach SMA może nastąpić na zasadzie indywidualnego dopuszczenia, po przeprowadzeniu dodatkowych badań mieszanki SMA określonych w tabeli 6.1. lub 6.2. W mieszankach SMA dopuszcza się zastosowanie jedynie granulatu pochodzącego z warstw wykonanych z mieszanki SMA (specjalny granulát asfaltowy pochodzący z selektywnego frezowania).
  - 3.6. Wymaga się, aby w przypadku mieszanek SMA, w których wartość wskaźnika zastąpienia lepiszcza BR wynosi ponad 10%, dozowanie granulatu asfaltowego odbywało się metodą na gorąco.
  - 3.7. Nie dopuszcza się stosowania granulatu asfaltowego w asfaltach porowatych (PA) oraz mieszankach BBTM. Nie dopuszcza się stosowania granulatu asfaltowego w asfalcie lanym (MA), za wyjątkiem asfaltu lanego stosowanego do napraw cząstkowych nawierzchni.
  - 3.8. W każdej sytuacji o dopuszczeniu do zastosowania konkretnego granulatu asfaltowego w mieszance mineralno-asfaltowej, przewidywanej do wykonania konkretnej warstwy nawierzchni, decydują właściwości lepiszcza i kruszywa,

zawartych w granulacie. Zasady oraz zakres badań i oceny granulatu asfaltowego przedstawiono w punkcie 4.

- 3.9. Ogólne zalecenia dotyczące wykorzystania granulatu asfaltowego, związane z jego pochodzeniem oraz przeznaczeniem mieszanki mineralno-asfaltowej, przedstawiono w tabeli 3.2.

Tabela 3.2. Ogólne zasady wykorzystania granulatu asfaltowego ze względu na jego pochodzenie oraz przeznaczenie mieszanki mineralno-asfaltowej

Pochodzenie granulatu	Przeznaczenie mm-a z granulatem					
	AC P	AC W	AC S	AC WMS P	AC WMS W	SMA
AC P	Tak	Możliwe	Nie	Możliwe	Możliwe	Nie
AC W	Tak	Tak	Nie	Możliwe	Możliwe	Nie
AC S	Tak	Tak	Tak	Możliwe	Możliwe	Nie
AC WMS P	Możliwe	Możliwe	Nie	Tak	Możliwe	Nie
AC WMS W	Możliwe	Możliwe	Nie	Możliwe	Tak	Nie
SMA	Możliwe	Możliwe	Możliwe	Możliwe	Możliwe	Tak

Uwaga: **Tak** – struktura mieszanki mineralnej i rodzaj standardowo stosowanych lepiszczy nie stanowią przeszkody w zastosowaniu granulatu  
**Możliwe** – struktura mieszanki mineralnej lub rodzaj standardowo stosowanych lepiszczy mogą stanowić przeszkodę w zastosowaniu granulatu  
**Nie** - struktura mieszanki mineralnej lub rodzaj standardowo stosowanych lepiszczy stanowią przeszkodę w zastosowaniu granulatu

- 3.10. Jeżeli w projektowanej mieszance mineralno-asfaltowej przewidziano użycie asfaltu modyfikowanego, zastosowanie granulatu asfaltowego może nastąpić na zasadzie indywidualnego dopuszczenia. Dopuszcza się zastosowanie jedynie granulatu asfaltowego zawierającego asfalt modyfikowany (specjalny granulak asfaltowy pochodzący z selektywnego frezowania), po ocenie nawrotu sprężystego połączonych lepiszczy. Minimalna wartość nawrotu sprężystego wynosi 50%. Ponadto należy wziąć pod uwagę możliwość wystąpienia trudności w wymieszaniu starego i nowego asfaltu, w procesie produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej (p. 3.3).
- 3.11. Jeżeli granulak asfaltowy zawiera asfalt modyfikowany i w projektowanej mieszance mineralno-asfaltowej przewidziano użycie zwykłego asfaltu drogowego, zastosowanie granulatu asfaltowego może nastąpić na zasadzie indywidualnego dopuszczenia, po ocenie możliwości wymieszania starego i nowego asfaltu w procesie produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej oraz ocenie właściwości powstałego lepiszcza.

#### **4. ZASADY ORAZ ZAKRES BADAŃ I OCENY GRANULATU ASFALTOWEGO DO PROJEKTOWANIA SKŁADU MIESZANEK MINERALNO-ASFALTOWYCH Z ZAWARTOŚCIĄ GRANULATU**

- 4.1. Szczegółowe zasady badań i oceny destruktu asfaltowego kwalifikowanego oraz granulatu asfaltowego podano w punkcie 8 osobnego opracowania „Wytyczne pozyskania i oceny przydatności destruktu i granulatu asfaltowego do recyklingu na gorąco w otaczarkach” [15].
- 4.2. Należy zapewnić uzyskanie wiarygodnych informacji, dotyczących właściwości granulatu asfaltowego, koniecznych do prawidłowego zaprojektowania mieszanki mineralno-asfaltowej, spełniającej wymagania wynikające z jej przeznaczenia.
- 4.3. Ocena granulatu asfaltowego w zakresie wynikającym z normy PN-EN 13108-8 wymaga określenia następujących właściwości:
- zawartość materiałów obcych,
  - maksymalna wielkość kawałków materiału,
  - typ i zawartość asfaltu,
  - uziarnienie kruszywa,
  - właściwości asfaltu,
- Część uzyskanych w ten sposób informacji jest wykorzystana w projektowaniu mieszanki mineralno-asfaltowej z zastosowaniem granulatu asfaltowego. Ponadto zaprojektowanie mieszanki mineralno-asfaltowej wymaga oceny jednorodności granulatu asfaltowego oraz przeprowadzenia dalszych badań w zakresie wymaganym w Badaniach Typu według normy PN-EN 13108-20, na przykład określenia gęstości kruszywa.
- 4.4. Właściwości lepiszcza asfaltowego oraz kruszywa, które powstaną z połączenia starych i nowych składników, muszą spełniać wymagania stawiane tym materiałom, ze względu na typ i przeznaczenie mieszanki mineralno-asfaltowej
- 4.5. Zakres badań zależy od przewidywanej zawartości granulatu asfaltowego w projektowanej mieszance mineralno-asfaltowej oraz dostępnej informacji, dotyczącej pochodzenia granulatu, jego jednorodności, właściwości zawartego w nim kruszywa i rodzaju użytego lepiszcza, na przykład na podstawie dokumentacji wykonawczej nawierzchni, z której pozyskano granulaty asfaltowy.
- 4.6. Dopuszcza się deklarowanie właściwości kruszywa mineralnego w granulacie asfaltowym na podstawie zadeklarowanego, wcześniejszego zastosowania. W przypadku braku możliwości takiego zadeklarowania jakości kruszywa w

granulacie oraz wątpliwości co do właściwości fizycznych lub mechanicznych należy przeprowadzić badania kruszywa w koniecznym zakresie.

4.7. Zawartość granulatu asfaltowego w mieszance mineralno-asfaltowej jest określona przez wskaźnik zastąpienia lepiszcza BR. Definicję wskaźnika zastąpienia lepiszcza podano w p. 2.9. W punkcie 4.8 podano przykłady obliczeniowe obrazujące zależność pomiędzy udziałem granulatu asfaltowego w mieszance mineralno-asfaltowej i wskaźnikiem zastąpienia lepiszcza BR.

4.8. Przykład 1: Określenie wskaźnika zastąpienia lepiszcza BR w przypadku ustalonego procentowego udziału granulatu asfaltowego w mieszance mineralno-asfaltowej. Dane:

- zawartość lepiszcza w granulacie asfaltowym (a) – 4,5 %
- udział granulatu asfaltowego w mieszance mineralno-asfaltowej (b) – 20%
- całkowita zawartość lepiszcza w mieszance mineralno-asfaltowej (c) – 4,0%

$$BR = (a \times b)/c = (4,5 \times 20)/4,0 = 22,5\%$$

W analizowanym przypadku zastosowanie granulatu asfaltowego w ilości 20% masy mieszanki mineralno-asfaltowej jest równoznaczne z tym, że 22,5% lepiszcza będzie stanowiło lepiszcze z granulatu (tj. 0,9%) a 77,5% będzie stanowiło nowe lepiszcze (tj. 3,1%).

Przykład 2: Określenie procentowego udziału granulatu asfaltowego w mieszance mineralno-asfaltowej w przypadku ustalonej wartości wskaźnika zastąpienia lepiszcza BR. Dane:

- zawartość lepiszcza w granulacie asfaltowym (a) – 5,0 %
- ustalona wartość wskaźnika zastąpienia lepiszcza (BR) – 30%
- całkowita zawartość lepiszcza w mieszance mineralno-asfaltowej (c) – 4,0%

$$b = (BR \times c)/a = (30 \times 4,0)/5,0 = 24\%$$

W analizowanym przypadku uzyskanie ustalonej wartości wskaźnika zastąpienia lepiszcza BR = 30% wymaga zastosowania granulatu asfaltowego w ilości 24% masy mieszanki mineralno-asfaltowej. Wówczas 30% lepiszcza będzie stanowiło lepiszcze z granulatu (tj. 1,2%) a 70% będzie stanowiło nowe lepiszcze (tj. 2,8%).

4.9. Zakres badań lepiszcza zawartego w granulacie asfaltowym i oceny wynikowego lepiszcza zależy od wartości wskaźnika BR, przyjętej do projektowania składu mieszanki mineralno-asfaltowej. W niniejszych wytycznych przyjęto dwa zakresy wartości wskaźnika BR:

- Do 15%,
- Ponad 15%.

Informacje dotyczące minimalnego zakresu badań do oceny właściwości wynikowego lepiszcza, w każdym z powyższych przypadków, podano w punktach 4.10, 4.11 i 4.12.

- 4.10. Jeżeli założona wartość wskaźnika BR wynosi do 15% wystarczające jest określenie penetracji lub temperatury mięknięcia lepiszcza wyekstrahowanego z granulatu i sprawdzenie czy są spełnione minimalne wymagania, to znaczy czy granulatu asfaltowemu można przypisać kategorię S<sub>70</sub> ze względu na temperaturę mięknięcia lub kategorię P<sub>15</sub> ze względu na penetrację. Jako nowe lepiszcze należy zastosować takie lepiszcze, jakie byłoby użyte w przypadku mieszanki mineralno-asfaltowej bez granulatu asfaltowego.

Ponadto, biorąc pod uwagę pochodzenie granulatu asfaltowego (rodzaj mieszanki mineralno-asfaltowej, czas eksploatacji nawierzchni, ew. dane archiwalne) oraz stosowaną technologię recyklingu w otaczarce należy ocenić czy istnieje zagrożenie, że lepiszcze powstałe z połączenia nowego i starego lepiszcza nie będzie spełniało wymagań pod względem jakości (jednorodność, rodzaj, właściwości), w odniesieniu do projektowanej mieszanki mineralno-asfaltowej. W takim przypadku należy dodatkowo określić penetrację lub temperaturę mięknięcia mieszaniny lepiszczy zgodnie z zasadami określonymi w punktach 5.4 oraz 5.5.

- 4.11. Jeżeli założona wartość wskaźnika BR wynosi ponad 15% wówczas należy określić penetrację i temperaturę mięknięcia lepiszcza wyekstrahowanego z granulatu i sprawdzić czy są spełnione minimalne wymagania, to znaczy czy granulatu asfaltowemu można przypisać kategorię S<sub>70</sub> ze względu na temperaturę mięknięcia oraz kategorię P<sub>15</sub> ze względu na penetrację, a ponadto należy określić penetrację i temperaturę mięknięcia mieszaniny lepiszczy zgodnie z zasadami określonymi w punktach 5.4 i 5.5 w celu potwierdzenia rodzaju nowego lepiszcza.

- 4.12. W uzasadnionych przypadkach może być konieczne sprawdzenie właściwości mieszaniny starego i nowego lepiszcza w szerszym zakresie niż określono w p. 4.11. Dotyczy to w szczególności sytuacji gdy stare i nowe lepiszcze różnią się istotnie pod względem rodzaju i właściwości, kiedy przewidziano zastosowanie środków recyklujących oraz gdy założony wskaźnik zastąpienia lepiszcza wynosi 30% lub więcej. Zakres rozszerzonych badań w wymienionych przypadkach należy określić indywidualnie.

## 5. OGÓLNE ZASADY PROJEKTOWANIA SKŁADU MIESZANEK MINERALNO-ASFALTOWYCH Z ZAWARTOŚCIĄ GRANULATU ASFALTOWEGO

- 5.1. Uziarnienie mieszanki mineralno-asfaltowej z zawartością granulatu asfaltowego należy projektować na ogólnych zasadach, przyjmując udział kruszywa zawartego w granulacie, wynikający z przyjętej wartości wskaźnika zastąpienia lepiszcza BR. Uziarnienie mieszanki mineralnej, powstałej z połączenia nowych kruszyw i kruszywa zawartego w granulacie musi spełniać wymagania w zakresie uziarnienia w odniesieniu do projektowanej mieszanki mineralno-asfaltowej.
- 5.2. W przypadku trudności ze spełnieniem wymagań dotyczących uziarnienia mieszanki z kruszywem pochodzącym z granulatu, należy rozważyć frakcjonowanie granulatu lub zmniejszenie jego udziału w mieszance mineralno-asfaltowej.
- 5.3. Ilość nowego lepiszcza należy określić z uwzględnieniem zawartości lepiszcza asfaltowego w granulacie asfaltowym i założonej wartości wskaźnika zastąpienia lepiszcza BR. Przyjmuje się pełne wymieszanie starego i nowego lepiszcza i zastąpienie nowego lepiszcza w takiej proporcji, jaka wynika z wartości BR – na przykład w przypadku wartości BR równej 25% i całkowitej zawartości lepiszcza w mieszance mineralno-asfaltowej 4,4% nowe lepiszcze będzie stanowiło 3,3% a stare 1,1% (m/m w stosunku do mm-a).
- 5.4. W celu określenia penetracji mieszaniny starego i nowego lepiszcza, należy korzystać z zależności (5.1):

$$a \lg \text{pen}_1 + b \lg \text{pen}_2 = (a + b) \lg \text{pen}_{\text{mix}} \quad (5.1)$$

gdzie:

$\text{pen}_{\text{mix}}$  – obliczona penetracja lepiszcza w mieszance zawierającej granulatu,

$\text{pen}_1$  – penetracja lepiszcza odzyskanego z granulatu, 0,1 mm

$\text{pen}_2$  – penetracja nowego lepiszcza, 0,1 mm

a i b – proporcje wagowe lepiszcza: z granulatu asfaltowego (a) i nowego lepiszcza (b) w mieszaninie,  $a + b = 1$

Zależność (5.1) jest słuszna w przypadku jednorodnego wymieszania starego i nowego lepiszcza oraz gdy obydwa są asfaltami drogowymi.

- 5.5. W celu określenia temperatury mięknięcia mieszaniny starego i nowego lepiszcza, należy korzystać z zależności (5.2):

$$T_{R\&Bmix} = a \times T_{R\&B1} + b \times T_{R\&B2} \quad (5.2)$$

gdzie:

$T_{R\&Bmix}$  – obliczona temperatura mięknięcia lepiszcza w mieszance zawierającej granulata,

$T_{R\&B1}$  – temperatura mięknięcia lepiszcza odzyskanego z granulatu, °C

$T_{R\&B2}$  – temperatura mięknięcia nowego lepiszcza, °C

a i b – proporcje wagowe lepiszcza: z granulatu asfaltowego (a) i nowego lepiszcza (b) w mieszaninie,  $a + b = 1$ .

Zależność (5.2) jest słuszna w przypadku jednorodnego wymieszania starego i nowego lepiszcza oraz gdy obydwa są asfaltami drogowymi.

- 5.6. W przypadku stosowania jako nowego lepiszcza asfaltu modyfikowanego należy zbadać nawrót sprężysty, penetrację oraz temperaturę mięknięcia PiK asfaltu wyekstrahowanego z mieszanki mineralno-asfaltowej z granulatem asfaltowym. Należy stosować specjalny granulata asfaltowy, zawierający asfalt modyfikowany (p. 3.10).
- 5.7. Zaprojektowaną mieszankę mineralno-asfaltową z granulatem asfaltowym należy poddać badaniom i ocenić właściwości w zakresie wynikającym z punktów 3 oraz 6.
- 5.8. Dopuszcza się walidację produkcyjną jako metodę oceny parametrów mieszanki mineralno-asfaltowej z granulatem asfaltowym na etapie BT.

## **6. OCENA WŁAŚCIWOŚCI MIESZANEK MINERALNO-ASFALTOWYCH Z ZAWARTOŚCIĄ GRANULATU ASFALTOWEGO**

- 6.1. Mieszanki mineralno-asfaltowe zawierające granulata asfaltowy muszą mieć właściwości odpowiadające ich rodzajowi oraz przeznaczeniu, zgodnie z wymaganiami, które mają zastosowanie.
- 6.2. W trakcie przygotowywania mieszanek mineralno-asfaltowych w laboratorium należy tak przeprowadzić proces mieszania składników, aby granulata asfaltowy rozpadł się na poszczególne składniki i wymieszał z nowym kruszywem i asfaltem. Należy odpowiednio wydłużyć czas mieszania mieszanki mineralno-asfaltowej z granulatem, w stosunku do mieszanki mineralno-asfaltowej wykonanej w całości z nowych składników.

- 6.3. W przypadku stosowania w procesie produkcyjnym metody dozowania granulatu na zimno należy, podczas wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej w laboratorium, stosować granulát o temperaturze otoczenia.
- 6.4. W przypadku stosowania w procesie produkcyjnym metody dozowania granulatu na gorąco należy w laboratorium, przed wymieszaniem z nowymi składnikami, przechowywać granulát w temperaturze 110°C (± 5°C) , przez okres 2,5 ± 0,5 godziny. Nowe kruszywa należy ogrzewać do wyższej temperatury, jeżeli zawartość granulatu przekracza 20%. W przypadku zawartości granulatu ponad 20% temperaturę należy skorygować według następującej zależności:

$$T_{FA} = (100 \times T_{TLMT-p} \times T_{RA}) / (100-p)$$

gdzie:

$T_{FA}$  – temperatura, do której należy ogrzać nowe kruszywo

$T_{TLMT}$ - wymagana temperatura mieszanki mineralno-asfaltowej po wymieszaniu w laboratorium

$T_{RA}$  - temperatura granulatu asfaltowego

p - zawartość granulatu (%)

- 6.5. Jeżeli konieczne jest suszenie granulatu, należy je przeprowadzić w temperaturze 50°C (± 10°C), w warstwie o niewielkiej grubości, do uzyskania stałej masy.
- 6.6. Mieszanie oraz zagęszczanie mieszanek mineralno-asfaltowych powinno odbywać się w temperaturach odpowiadających rodzajowi asfaltu wynikowego powstałego po wymieszaniu asfaltu zawartego w granulacie asfaltowym z asfaltem dodanym do mieszanki mineralno-asfaltowej (jest to najczęściej rodzaj asfaltu wymagany w projektowanej mieszance mineralno-asfaltowej).
- 6.7. W przypadku badań mieszanek mineralno-asfaltowych, wymagających starzenia, należy badaną mieszankę mineralno-asfaltową poddać procesowi starzenia tak jak mieszankę mineralno-asfaltową bez dodatku granulatu asfaltowego.
- 6.8. Zakres badań mieszanek mineralno-asfaltowych z granulatem dla ruchu KR1-KR2 określono w tabeli 6.1, a dla ruchu KR3-KR7 w tabeli 6.2. W tabelach podano badania podstawowe, według stosowanych obecnie wymagań oraz badania dodatkowe, wymagane w specjalnych przypadkach np. stosowania asfaltów modyfikowanych, mieszanek AC WMS W lub zwiększonej wartości wskaźnika zastąpienia lepizsza BR (wskazano w tabeli 3.1).



Tabela 6.1. Zakres badań mieszanek mineralno-asfaltowych z granulatem dla ruchu KR1-KR2

Rodzaj badań	Zagęszczanie próbek	AC	SMA
Badania podstawowe			
Zawartość wolnych przestrzeni w próbkach Marshalla, PN-EN 12697-8 p.4	PN-EN 13108-20, C.1.3. (2x50 uderzeń)	TAK	TAK
Zawartość wolnych przestrzeni wypełnionych asfaltem w próbkach Marshalla, PN-EN 12697-8 p.5	PN-EN 13108-20, C.1.3. (2x50 uderzeń)	TAK	-
Zawartość wolnych przestrzeni w mieszance mineralnej w próbkach Marshalla, PN-EN 12697-8 p.5	PN-EN 13108-20, C.1.3. (2x50 uderzeń)	TAK	-
Odporność na działanie wody, PN-EN 12697-12, kondycjonowanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w 25°C	PN-EN 13108-20 C.1.1. (2x35 uderzeń)	TAK	TAK
Badania dodatkowe wymagane w sytuacjach określonych w punktach 3.3, 3.4, 3.5, 3.10 i 3.11			
Ocena podstawowych właściwości asfaltu odzyskanego z mieszanki mineralno-asfaltowej zawierającej granulát wg PN-EN 12697-3: badanie penetracji wg PN-EN 1426 oraz badanie temperatury mięknięcia PiK wg PN-EN 1427		TAK	TAK

Tabela 6.2. Zakres badań mieszanek mineralno-asfaltowych z granulatem dla ruchu KR3-KR7

Rodzaj badań	Formowanie próbek	AC WMS	AC, SMA
Badania podstawowe			
Zawartość wolnych przestrzeni w próbkach Marshalla, PN-EN 12697-8 p.4	PN-EN 13108-20, Dla AC i AC WMS: C.1.3. (2x75 uderzeń) Dla SMA: C.1.2. (2x50 uderzeń)	TAK	TAK
Odporność na deformacje trwałe, PN-EN 12697-22 metoda B w powietrzu, 10 000 cykli, 60°C	PN-EN 13108-20, C.1.20. wałowanie, $P_{98} \div P_{100}$	TAK*	TAK
Odporność na deformacje trwałe, PN-EN 12697-22, aparat duży, 30 000 cykli, 60°C	PN-EN 13108-20, C.1.20. wałowanie, $P_{98} \div P_{100}$	TAK*	-
Odporność na działanie wody, PN-EN 12697-12, kondycjonowanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w 25°C	PN-EN 13108-20 C.1.1. (2x35 uderzeń)	TAK	TAK
Sztywność wg PN-EN 12697-26, 4PB-PR, temperatura 10°C, częstotliwość 10Hz, amplituda odkształcenia $\epsilon_{6-50}$	PN-EN 13108-20 C.1.20 (wałowanie) $P_{98}-P_{100}$	TAK	-
Odporność na zmęczenie wg PN-EN 12697-24, 4PB-PR, temperatura 10°C, częstotliwość 10Hz,	PN-EN 13108-20 C.1.20 (wałowanie) $P_{98}-P_{100}$	TAK	-
Badania dodatkowe wymagane w sytuacjach określonych w punktach 3.3, 3.4, 3.5, 3.10 i 3.11			
Odporność na spękania niskotemperaturowe, PN-EN 12697-46, pkt 8,2	PN-EN 13108-20 C.1.20. (wałowanie) $P_{98}-P_{100}$	TAK	TAK
Propagacja pęknięcia w badaniu zginania próbki półwałcowej, PN-EN 12697-44, badanie w 0°C	PN-EN 13108-20 C.1.18 (prasa żyratorowa) $P_{98}-P_{100}$	TAK	TAK

\*- do wyboru, jedna z metod oceny odporności na deformacje trwałe AC WMS

- 6.9. W przypadku braku w stosowanych obecnie wymaganiach kryteriów w odniesieniu do wyników badania, należy deklarować wartość oraz oceniać ją w oparciu o dotychczasowe doświadczenia lub porównywać wynik z wartością uzyskaną dla równoważnej mieszanki mineralno-asfaltowej bez granulatu asfaltowego. Różnice w wynikach dla mieszanki mineralno-asfaltowej z granulatem asfaltowym i dla mieszanki mineralno-asfaltowej bez granulatu nie powinny wynosić więcej niż 15%.
- 6.10. W czasie produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej z granulatem asfaltowym dopuszcza się wahania wartości wskaźnika zastąpienia lepizcza BR, wynikające ze zmienności zawartości lepizcza w granulacie asfaltowym, o ile zmienność zawartości lepizcza mieści się w granicach akceptowanych na podstawie oceny jednorodności granulatu asfaltowego.

## **7. UWAGI KOŃCOWE DO WYTYCZNYCH I ZALECEŃ DOTYCZĄCYCH RECYKLINGU NA GORĄCO W OTACZARKACH**

- 7.1. Granulat asfaltowy jest materiałem w pełni przydatnym do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych. Technologię produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej z granulatem asfaltowym należy dostosować do jego właściwości i planowanej procentowej zawartości w mieszance.
- 7.2. Pozyskiwany destruktu asfaltowy nie jest odpadem. Według definicji Ustawy [20] odpad to „każda substancja lub przedmiot, których posiadacz pozbywa się, zamierza się pozbyć lub do których pozbycia się jest obowiązany”. Destrukt asfaltowy jest pozyskiwany z zamiarem powtórnego wykorzystania w procesie recyklingu. Za odpad może być ewentualnie uznana jedynie znikoma część pozyskanego destruktu asfaltowego, której właściwości, określone na podstawie badań, nie umożliwiają wykorzystania w recyklingu na gorąco w otaczarkach ani w jakiegokolwiek innej formie w budowie dróg.
- 7.3. W odniesieniu do destruktu asfaltowego, z którego zostaje otrzymany granulat asfaltowy do recyklingu na gorąco w otaczarkach, stosuje się pojęcie ponownego użycia – „działania polegającego na wykorzystaniu produktów lub części produktów niebędących odpadami ponownie do tego samego celu, do którego były przeznaczone” [20].
- 7.4. Zaleca się prowadzenie długofalowej i zrównoważonej gospodarki destruktem asfaltowym i granulatem asfaltowym, aby w sposób racjonalny i ekonomicznie uzasadniony stosować ten materiał do poszczególnych mieszanek mineralno-asfaltowych.

- 7.5. W przypadku jeżeli dostępna ilość granulatu asfaltowego, jest mniejsza niż zapotrzebowanie wynikające z założonej wartości wskaźnika zastąpienia lepiszcza BR w mieszance mineralno-asfaltowej, zaleca się zredukowanie wartości wskaźnika BR w produkowanej mieszance. W ten sposób zostanie zużyta całość granulatu asfaltowego, natomiast zapewniona będzie lepsza jednorodność wyprodukowanej mieszanki mineralno-asfaltowej
- 7.6. Wymagania w odniesieniu do składników mieszanki mineralno-asfaltowej, zawierającej granulaty asfaltowe oraz do gotowej mieszanki są identyczne jak w przypadku analogicznej pod względem typu i przeznaczenia mieszanki mineralno-asfaltowej, wykonanej w całości z nowych składników.

## **8. NORMY I LITERATURA ZWIĄZANA**

- [1]. WT-2 2014 część I. Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania Techniczne. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Warszawa 2014.
- [2]. PN-EN 12697-1 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 1: Zawartość lepiszcza rozpuszczalnego”.
- [3]. PN-EN 12697-3 „Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 3: Odzyskiwanie asfaltu. Wyparka obrotowa”.
- [4]. PN-EN 12697-8 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 8: Oznaczanie zawartości wolnej przestrzeni
- [5]. PN-EN 12697-12 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badania mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 12: Określanie wrażliwości próbek asfaltowych na wodę.
- [6]. PN-EN 12697-22 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 22: Koleinowanie.
- [7]. PN-EN 12697-24 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 24: Odporność na zmęczenie
- [8]. PN-EN 12697-26 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 26: Sztywność.
- [9]. PN-EN 12697-35:2016-5, Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań. Część 35: Mieszanie laboratoryjne.
- [10]. PN-EN 12697-44 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 44: Propagacja pęknięcia w badaniu zginania próbki półwałcowej.
- [11]. PN-EN 12697-46 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 46: Pękanie niskotemperaturowe i właściwości w badaniach osiowego rozciągania.

- [12]. PN-EN 13108-8:2016 Destrukt asfaltowy.
- [13]. PN-EN 13108-20:2016 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania. Część 20: Badanie typu.
- [14]. A Manual for Design of Hot Mix Asphalt with Commentary, NCHRP Report 673, Transportation Research Board, USA, 2011
- [15]. Wytyczne pozyskania i oceny przydatności destruktu i granulatu asfaltowego do recyklingu na gorąco w otaczarkach., RID I/6 pt. „Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu” w wyniku realizacji zadania 2 „Recykling na gorąco”, 2018.
- [16]. Zalecenia w zakresie produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych z granulatem asfaltowym w otaczarkach cyklicznych, RID I/6 pt. „Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu” w wyniku realizacji zadania 2 „Recykling na gorąco”, 2018.
- [17]. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 o odpadach, Dz. U. 2013 poz. 21