



**INSTYTUT BADAWCZY
DRÓG I MOSTÓW**
ROAD AND BRIDGE
RESEARCH INSTITUTE

Wykorzystanie materiałów z recyklingu w nawierzchniach drogowych na przykładzie projektów badawczych

Dr hab. inż. Wojciech Bańkowski, prof. IBDiM

14.11.2024

1. Projekt badawczy: „Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu” (**RID I/6**, 2016-2018)
2. Projekt badawczy: „Destrukt: Innowacyjna technologia mieszanek mineralno-asfaltowych z zastosowaniem materiału z recyklingu nawierzchni asfaltowej” (**InnGA**, 2015-2018)
3. Projekt badawczy: „Opracowanie wytycznych powtórnego wykorzystania destruktu asfaltowego z warstw SMA do nowych warstw ściernalnych układanych w tej samej technologii”, (RID II, **rSMA²**, 2023-2025)
4. Inne projekty finansowane i własne

Budownictwo i Architektura 15(1) (2016) 157-167

Wykorzystanie destruktu asfaltowego – konieczność i innowacja

**Wojciech Bańkowski¹, Dariusz Sybilski¹, Jan Król², Karol Kowalski²,
Piotr Radziszewski², Piotr Skorek³**

¹ *Instytut Badawczy Dróg i Mostów, email: wbankowski@ibdim.edu.pl, d.sybilski@ibdim.edu.pl*

² *Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska, e-mail: j.krol@il.pw.edu.pl,
k.kowalski@il.pw.edu.pl, p.radziszewski@il.pw.edu.pl*

³ *Budimex S.A., e-mail: piotr.skorek@budimex.pl*

Główne cele projektu

1. Opracowanie wszechstronnej technologii i warunków wtórnego stosowania **materiałów uzyskanych z rozbiórki** istniejących nawierzchni drogowych **asfaltowych lub betonowych**
2. Opracowanie technologii i metod stosowania **materiałów odpadowych** z szerokiego spektrum **przemysłu chemicznego, włókienniczego, górnictwa, hutnictwa**
3. **Wspieranie ochrony środowiska naturalnego** przez zmniejszenie zużycia nowych materiałów naturalnych oraz promowanie technologii energooszczędnych poprzez stosowanie mieszanek **na zimno i ciepło**.

1. Rozpoznanie i analiza wykorzystania materiałów pochodzących z recyklingu w typowych rozwiązaniach konstrukcyjnych dróg

Cel: określenie dostępnych zasobów poszczególnych materiałów wtórnych pod względem ilości i rodzaju oraz ich obecnego i potencjalnego zakresu stosowania w budownictwie drogowym

Zrealizowane zadania badawcze:

- **przegląd przepisów prawnych** dotyczących stosowania odpadów przemysłowych budowlanych i komunalnych w budownictwie,
- identyfikacja **głównych rodzajów materiałów wtórnych** (z innych dziedzin przemysłowych), w tym przydatnych do stosowania w drogownictwie,
- **analiza doświadczeń krajowych i zagranicznych** w zakresie wykorzystania materiałów pochodzących z recyklingu,
- **analiza możliwości zastosowania** materiałów z recyklingu w budowie dróg (nasypy, roboty ziemne, warstwy konstrukcyjne – podbudowy, itd.)
- **badania ankietowe** wśród inwestorów/zarządców dróg, wykonawców robót drogowych, producentów/sprzedawców materiałów wtórnych, ekspertów w dziedzinie budownictwa drogowego



1. Rozpoznanie i analiza wykorzystania materiałów pochodzących z recyklingu w typowych rozwiązaniach konstrukcyjnych dróg

Największy potencjał do recyklingu:

- odpady budowlane – w postaci destruktu asfaltowego oraz gruzu różnego pochodzenia,
- odpady elektrowniane i ciepłownicze – w postaci popiołów,
- odpady hutnicze – w postaci żużli,
- odpady powęglowe – w postaci łupków,
- odpady gumowe z rozdrobnionych zużytych opon samochodowych.



Tablica 6.1 Określenie przydatności do budowy warstw konstrukcyjnych innych elementów dróg odpadów budowlanych

Rodzaj materiału wtórnego	Warstwa konstrukcyjna nawierzchni / element budowli drogowej						
	Górne warstwy nawierzchni z mieszanek mineralno-asfaltowych	Warstwy nawierzchni z betonu cementowego	Dolne warstwy nawierzchni	Warstwy ulepszonego podłoża	Nasypy	Elementy odwodnienia	Umocnienia skarp
Destrukt asfaltowy	3+	1	3	3	1	1	1
Destrukt smołowy	0	0	2+	0	0	0	0
Gruz betonowy	1	3	3+	3+	2	2	2
Gruz ceglany	0	1	2	2	2	1	1
Przekruszony materiał kamienny	2	2	3+	2	2	2	2
Gruz budowlany mieszany	0	0	2	2	2+	0	0

- 0 materiał całkowicie nieprzydatny

- 1 materiał o potencjalnie możliwym zastosowaniu – konieczne są dalsze badania

- 2 materiał przydatny w ograniczonym zakresie

- 3 materiał o bardzo dużej przydatności

„+” zalecane zastosowania danego materiału

Tablica 6.2 Określenie przydatności do budowy warstw konstrukcyjnych innych elementów dróg odpadów elektroinwazyjnych i ciepłowniczych

Rodzaj materiału wtórnego	Warstwa konstrukcyjna nawierzchni / element budowli drogowej						
	Górne warstwy nawierzchni z mieszanek mineralno-asfaltowych	Warstwy nawierzchni z betonu cementowego	Dolne warstwy nawierzchni	Warstwy ulepszonego podłoża	Nasypy	Elementy odwodnienia	Umocnienia skarp
Popioły lotne tradycyjne	2 ¹⁾	2 ²⁾	3	3+	2	0	0
Mieszany popiołowo-żużłowe tradycyjne	0	1	3+	3+	3	0	0
Popioły lotne z fluidalnego spalania	2 ¹⁾	2 ²⁾	3	3+	2	0	0
Mieszany popiołowo-żużłowe z fluidalnego spalania	0	1	3	3+	3	0	0
Popioły lotne zawierające produkty odświeżania spalin	2 ¹⁾	2 ²⁾	3	3+	3	0	0
Mieszany popiołowo-żużłowe zawierające produkty odświeżania spalin	0	1	3	3+	3+	0	0

- 0 materiał całkowicie nieprzydatny

- 1 materiał o potencjalnie możliwym zastosowaniu – konieczne są dalsze badania

- 2 materiał przydatny w ograniczonym zakresie

- 3 materiał o bardzo dużej przydatności

„+” zalecane zastosowania danego materiału

¹⁾ - jako wypełniacz zgodny do mieszanek mineralno-asfaltowych

²⁾ - jako dodatek do spów

Tablica 6.3 Określenie przydatności do budowy warstw konstrukcyjnych innych elementów dróg odpadów hutniczych

Rodzaj materiału wtórnego	Warstwa konstrukcyjna nawierzchni / element budowli drogowej						
	Górne warstwy nawierzchni z mieszanek mineralno-asfaltowych	Warstwy nawierzchni z betonu cementowego	Dolne warstwy nawierzchni	Warstwy ulepszonego podłoża	Nasypy	Elementy odwodnienia	Umocnienia skarp
Żużel wielkopieczowy granulowany	0	0	1	3	2	0	2
Żużel wielkopieczowy kawałkowy	2	2	3+	3	3	2	2
Żużel stalowniczy	3+	2	3	3	3	2	2
Żużel pomiedziowy	3+	2	3	3	3	2	2
Żużel ponikłowy	0	0	3+	3+	2	0	2
Żużel pocynkowy i poolowowy	0	0	2	2	2	0	2

- 0 materiał całkowicie nieprzydatny

- 1 materiał o potencjalnie możliwym zastosowaniu – konieczne są dalsze badania

- 2 materiał przydatny w ograniczonym zakresie

- 3 materiał o bardzo dużej przydatności

„+” zalecane zastosowania danego materiału

Tablica 6.4 Określenie przydatności do budowy warstw konstrukcyjnych innych elementów dróg odpadów powęglowych

Rodzaj materiału wtórnego	Warstwa konstrukcyjna nawierzchni / element budowli drogowej						
	Górne warstwy nawierzchni z mieszanek mineralno-asfaltowych	Warstwy nawierzchni z betonu cementowego	Dolne warstwy nawierzchni	Warstwy ulepszonego podłoża	Nasypy	Elementy odwodnienia	Umocnienia skarp
Łupki przywęglowe nieprzealone	0	0	1	2	2	0	1
Łupki przywęglowe przealone	0	0	2	3	3	1	2
Skąła rozdrobniona z hałd	0	0	2	3	3	1	2

- 0 materiał całkowicie nieprzydatny

- 1 materiał o potencjalnie możliwym zastosowaniu – konieczne są dalsze badania

- 2 materiał przydatny w ograniczonym zakresie

- 3 materiał o bardzo dużej przydatności

„+” zalecane zastosowania danego materiału



2. Recykling na gorąco

RECYKLING NA GORĄCO

Przygotowanie zaleceń technologicznych w zakresie recyklingu na gorąco, które umożliwią praktyczne wdrożenie tej technologii w Polsce przy zachowaniu odpowiedniej trwałości nawierzchni.

Wykonawcy: IBDiM i Politechnika Gdańska

Zakres prac:

1. Studia literatury
2. Badania laboratoryjne
3. Opracowanie zaleceń

2. Recykling na gorąco – studia lit.

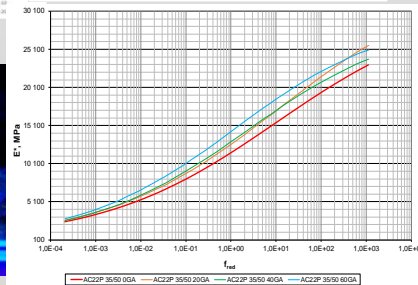
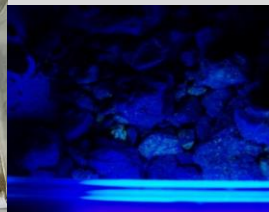
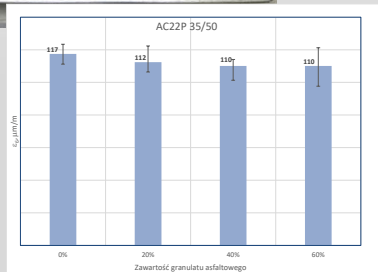
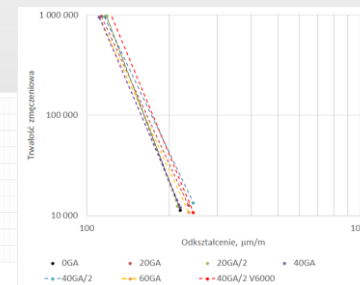
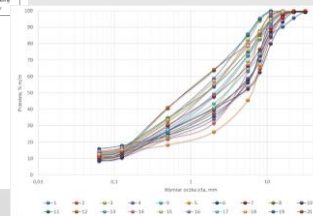
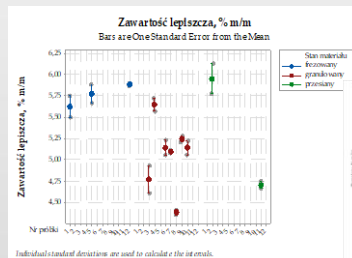


Główne wnioski ze studiów literatury:

- Stosowanie granulatu asfaltowego (GA) do betonu asfaltowego **do warstwy podbudowy i wiążącej jest powszechne**
- Stosowanie do innych mieszanek lub do warstwy **ścieralnej jest możliwe, ale ograniczone**
- Rzeczywiste zawartości GA są z reguły niższe niż dopuszczalne, jednak przeciętna zawartość systematycznie wzrasta
- Istotne są zagadnienia związane z **pozyskaniem destruktu i jego przetworzeniem**
- Czynniki technologiczne mające wpływ na możliwość zwiększenia zawartości GA w MMA
- Czynniki mające wpływ na rozwój recyklingu na gorąco: **działania administracyjne**, długofalowa **polityka sprzyjająca opłacalności** recyklingu na gorąco, działania edukacyjne, badania właściwości mm-a, w których zastosowano granulaty, systematyczne gromadzenie ich wyników oraz - na ich podstawie - **okresowa weryfikacja zasad**, dotyczących praktycznego stosowania granulatu

2. Recykling na gorąco – badania

- Badania granulatów i destruktyw asfaltowych
- Badania właściwości asfaltów odzyskanych
- Projektowanie mieszanek z granulatem asfaltowym AC11S, AC16W i AC22P (zawartość granulatu 20 do 60%)
- Badania zaawansowane (funkcjonalne)



2. Recykling na gorąco – badania



Główne wnioski badań:

- Analizowane materiały (GA/DA) były zróżnicowane w zakresie składu, uziarnienia, właściwości asfaltu
- W zakresie przeprowadzonych **badania kruszywa** charakteryzowały się dobrymi właściwościami potwierdzając ich przydatność do MMA – pełne badania tylko w razie konieczności
- W zakresie lepiszcza asfaltowego istotnym czynnikiem jest **zawartość asfaltu w GA/DA oraz jego właściwości**
- Istotnym parametrem jest tzw. **wskaźnik zastąpienia**, który jednocześnie zależy od zawartości GA jak i zawartości asfaltu rozpuszczalnego w GA i decyduje o właściwościach mieszaniny asfaltu starego i świeżego oraz maksymalnej zawartości GA.
- W projektowaniu „teoretycznym” w zakresie wymagań uziarnienia dla MMA zasadniczo łatwe jest wprowadzanie GA w ilości do 40-50%, a nawet większej do 60-80%
- Głównymi czynnikami, które „utrudniają” projektowanie wg uziarnienia jest zawartość frakcji do 0,063mm i **wskaźnik zastąpienia. Ostatecznie o możliwej ilości GA będą decydowały właściwości fizyczne i mechaniczne MMA**
- Istotna jest **rola badań funkcjonalnych**, które potwierdziły dobre właściwości MMA z GA w zakresie trwałości zmęczeniowej, odporności niskotemperaturowej, sztywności

2. Recykling na gorąco – badania

Główne wnioski badań cd:

- **w zakresie ITSR nie stwierdzono problemów** ze spełnieniem wymagań, jednak nie ustalono stałej zależności,
- dodatek granulatu na **wpływ na odporność na koleinowanie**, może prowadzić do poprawy w tym zakresie,
- dodatek granulatu na **wpływ na odporność na zmęczenie**, jednak różnice są bardzo małe
- w zakresie **odporności na pękanie** w niskiej temperaturze GA może zwiększyć temperaturę pęknięcia w zakresie do 2-3°C
- wpływ granulatu **widoczny jest w badaniu modułu zespolonego**
- **jest możliwe wyprodukowanie MMA z dodatkiem GA przy spełnieniu wymagań jak dla mieszanek ze świeżych materiałów.**

2. Recykling na gorąco – rezultaty

Podstawowe rezultaty realizacji zadania :

1. Wytyczne **w zakresie pozyskania** oraz **oceny przydatności granulatu** asfaltowego.
2. **Zalecenia w zakresie produkcji** mm-a z granulem na otaczarkach cyklicznych.
3. Wytyczne cząstkowe **w zakresie wymagań i projektowania** mm-a z granulem asfaltowym.

3. Recykling na ciepło

Cele:

Identyfikacja **dotyków stosowanych w technologii WMA** o korzystnym działaniu z punktu widzenia **właściwości odświeżających lepiszcza** z destruktu,

Opracowanie **zaleceń** w zakresie stosowania **technologii na ciepło** do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych **z destruktem**.

Realizowane zadania badawcze:

Zaprojektowano mieszanki mineralno-asfaltowe typu: SMA, AC, AC-WMS do warstw ścieralnej, wiążącej i podbudowy zawierających granulat asfaltowy w ilości 10-50%

Ocena wpływu dotyków WMA różnego typu i pochodzenia na właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych z destruktem asfaltowym produkowanych w technologii na ciepło (**parafiny Fischera-Tropsha, dodatek chemiczny, dodatek zeolitu, dodatek pochodzenia roślinnego**) – zagęszczalność, IT-CY, ITSR, koleinowanie

Określenie **wpływu dotyków WMA na odświeżanie lepiszczy** z destruktu asfaltowego



3. Recykling na ciepło - wnioski

- **największy wpływ na zmianę właściwości lepiszcza** wykazuje dodatek pochodzenia roślinnego (zmniejszenie sztywności lepiszcza),
- dotatki w postaci parafin F-T nie mogą być traktowane jako środki odświeżające z uwagi na powodowane przez nie usztywnienie lepiszcza. Z uwagi na ryzyko przesztynienia lepiszcza dodatki z tej grupy nie powinny być stosowane do mieszanek zawierających destrukty z twardym lepiszczem.
- w przypadku zeolitów oraz środków chemicznych obniżających napięcie powierzchniowe nie stwierdzono znaczącego wpływu na właściwości modyfikowanego nimi lepiszcza.
- dotatek pochodzenia roślinnego może być traktowany jako środek odnawiający właściwości lepiszcza poprzez jego upłynnienie, należy mieć jednak na uwadze, że nadmierne upłynnienie lepiszcza **może spowodować problemy z odpornością mieszanki na deformacje trwałe.**
- **Rezultat:** Zalecenia stosowania technologii na ciepło do mieszanek mineralno-asfaltowych z dodatkiem granulatu asfaltowego produkowanych w tradycyjnej wytwórni



Cel:

Przygotowanie zaleceń technologicznych w zakresie stosowania, projektowania i wykonawstwa recyklingu głębokiego na zimno w technologii MCE.

Wykonawca:

Politechnika Gdańska

oraz

Instytut Badawczy Dróg i Mostów

Zakres prac:

Studia literatury

Badania laboratoryjne

Opracowanie zaleceń

17

4. MIESZANKI MINERALNO-CEMENTOWO-EMUSYJNE (MCE) - badania

- badania mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych pod kątem oceny ich sztywności oraz podatności na spękania i zmęczenia.
- różne proporcje składników
- wpływ rodzaju kruszywa drobnego (łamana, niełamane)
- wpływ rodzaju cementu (wolno i normalnie wiążący)
- wpływ zawartości emulsji i cementu na sztywność



18

4. MIESZANKI MINERALNO-CEMENTOWO-EMUSYJNE (MCE) - rezultaty

1. Opracowanie wytycznych do optymalnego wyboru technologii recyklingu głębokiego na zimno z wykorzystaniem emulsji i cementu.
2. Opracowanie zasad projektowania nawierzchni z wykorzystaniem warstw z mieszanek (MCE).
3. Optymalizacja projektowania, wykonania oraz wbudowywania mieszanek (MCE).
4. Zastosowanie mieszanek MCE do zagospodarowywania granulatu asfaltowego zanieczyszczonego smołą.

5. Wykorzystanie materiałów z recyklingu w mieszankach mineralno-asfaltowych na zimno i na półciepło z asfaltem spienionym

Cele:

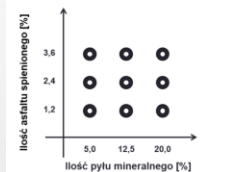
- Opracowanie **wytycznych stosowania materiałów** z recyklingu w technologii wytwarzania mieszanek metodą **na zimno i na półciepło z asfaltem spienionym**.
- Opracowanie procedur projektowania oraz warunków wytwarzania mieszanek mineralno-asfaltowych w technologii na zimno i na półciepło z asfaltem spienionym.

Zakres:

- **Mieszanki mineralno-cementowe z asfaltem spienionym MCAS** do podbudów drogowych
- **Mieszanki mineralno-asfaltowe na półciepło z asfaltem spienionym HWMA** do warstwy wiążącej podbudowy z betonu cementowego
- Studia literatury
- Badania laboratoryjne



Zastosowanie materiałów odpadowych w mieszankach na zimno MCAS



	RA [%]	RAP [%]	RC [%]	VA [%]	FB [%]	CEMENT
	"D"	"K"	"A"	"C"		
MCAS-1		20		80		
MCAS-2		40		60	const.	const.
MCAS-3		60		40	(2,5 %)	(2,0 %)
MCAS-4		80		20		

RA – kruszywo z recyklingu
 RAP – destruk asfaltowy VA – nowe kruszywo
 RC – destruk betonowy FB – asfalt spieniony

1. Badanie właściwości fizycznych i mechanicznych
2. Określenie oddziaływania czynników atmosferycznych
3. Ocena właściwości reologicznych
4. Badanie propagacji pęknięć
5. Ocena trwałości zmęczeniowej w układzie badawczym ITT

Badania właściwości reologicznych asfaltów drogowych z dodatkiem środków organicznych oraz badania cech fizycznych piany asfaltowej

Asfalty bazowe:	
- Lotos 35/50, Lotos 50/70	+ Wetfix BE: 0,3%, 0,6%, 0,9%
- Orlen 35/50, Orlen 50/70	+ Teramin 14: 0,3%, 0,6%, 0,9%
	+ Sasobit: 1,5%, 2,5%, 3,5%

Badania właściwości podstawowych lepkości:

- penetracja w 25°C
- temperatura mięknienia P₁₀
- temperatura lamliwości wg Fraassa

Badania lepkości w reometrze bezpośredniego ścinania (DSR):

Temperatury: 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°C.
Częstotliwości: 0,1 Hz – 10 Hz

Badania parametrów piany asfaltowej:

Zawartość wody spieniającej:

- 1,5% - 3,5%

Dodatki:

- Wetfix BE: 0,3% - 0,9%
- Teramin 14: 0,3% - 0,9%
- Sasobit: 1,5% - 3,5%

• ekspansja piany asfaltowej

• czas poftrawiania piany asfaltowej

obliczone parametry:

- temperaturowy zakres elastyczności
- indeks penetracji

• G* min przy $f = 1.59$ Hz

• krzywe wiążące zespolonego modułu ścinania G*

5. Wykorzystanie materiałów z recyklingu w mieszankach mineralno-asfaltowych na zimno i na półciepło z asfaltem spienionym

Wybrane wnioski:

- W MCAS i HWMA możliwe stosowanie materiałów odpadowych tj. pyły mineralne, destrukty asfaltowy (RAP), destrukty betonowy, kruszywo recyklowane z podbudowy niezwiązanej (RA)
- RAP można stosować do podbudowy MCAS w ilościach 20-80% do KR1-4, Mieszanki MCAS z kruszywem recyklowanym RA rekomendowane są do KR1-2
- Jest możliwe zastosowanie MCAS do wyższych kategorii ruchu pod warunkiem zmian w katalogu typowych konstrukcji oraz nałożeniem dodatkowych wymagań dla mieszanki
- Dodatki mają istotny wpływ na pienistość asfaltu oraz uzyskanie w efekcie mieszanki HWMA o zadanych właściwościach
- **Odporność na koleinowanie HWMA poprawia dodatek wosku F-T i wapno hydratyzowane**
- Jest możliwość dodania wstępnie podgrzanego GA do HWMA na poziomie 50%, konieczne opracowanie procedur w tym zakresie.

6. Recykling nawierzchni betonowych

Cel:

Badania nad możliwością wykorzystania **materiałów z recyklingu nawierzchni betonowych** w warstwach nawierzchni drogowych

Zakres:

- Studia literatury
- **Badania laboratoryjne** destruktu betonowego z rozkruszenia in-situ oraz w kruszarkach i ocena przydatności
- Opracowanie **kryteriów oceny nośności na podstawie FWD** w zakresie modułów warstw nawierzchni betonowych i identyfikacji współczynnika współpracy przy szczelinach
- Opracowanie **wytycznych wykorzystania materiałów z recyklingu nawierzchni betonowych**

Zakład Dróg i Lotnisk - Politechnika Wroclawska



Politechnika Wroclawska

Politechnika Wroclawska

Zadanie 6: Recykling nawierzchni betonowych Zakład Dróg i Lotnisk - Politechnika Wroclawska

PRZYDATNOŚĆ DO WARSTW NIEZWIĄZANYCH



Badana czecha	Norma	Jednostka	Wymagania wg WT4				
			F1	F2	Wymagalne parametryczne	Podobliwa graniczna	
Skapowita (B1)145	PN EN 12097-2:2002	[%]	44,4	32,2	LA ₂ ***	LA ₂ ***	
16/21,5	PN EN 12097-4:2013	[%]	0,062/4	5,1	8,2	WA ₂ **	WA ₂
			4/8	5,0	6,7		
			8/16	4,8	5,3		
16/21,5			4,6	5,8			
Wrocławskimi	PN EN 12097-4:2002	[%]			F20 kruszywa	F20 kruszywa	
			4/8	4,56	6,76	1 kruszywa	1 kruszywa
			8/16	4,47	5,90		
16/21,5			2,55	4,48			

*Badanie mrozoodporności jest wymagane tylko dla kruszywa o nasiąkliwości powyżej 2%
**Nie dotyczy podłoża słabszego wg WT4
*** LA₂ dla K5 i powyżej wg WT4

Politechnika Wroclawska

Zadanie 6: Recykling nawierzchni betonowych Zakład Dróg i Lotnisk - Politechnika Wroclawska

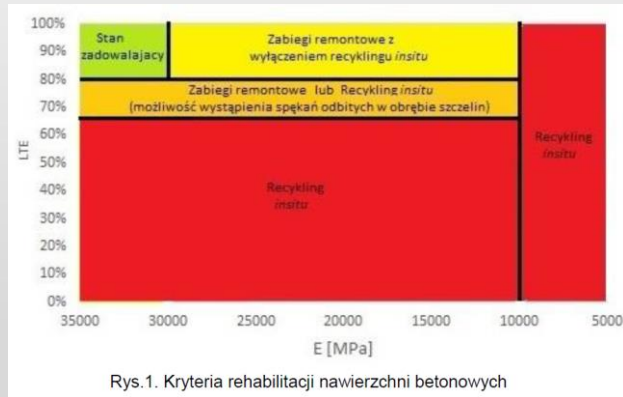
PRZYDATNOŚĆ DO WARSTW ZWIĄZANYCH SPOIWIAMI



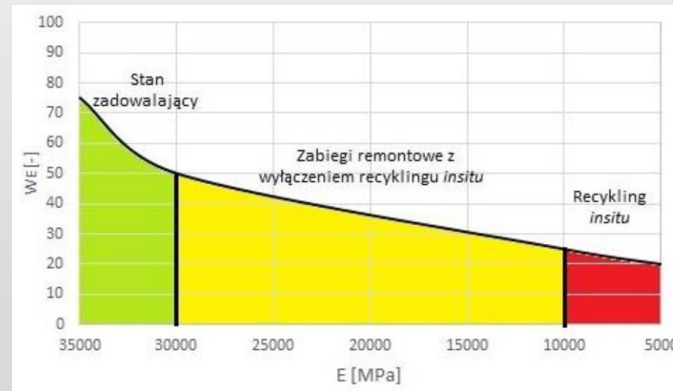

6. Recykling nawierzchni betonowych

Wybrane wnioski:

- Destrukt z betonu konstrukcyjnego generalnie ma gorsze parametry od destruktu z betonu drogowego (wytrzymałość, nasiąkliwość, mrozodporność)
- Określono kryteria rehabilitacji nawierzchni betonowych



Rys.1. Kryteria rehabilitacji nawierzchni betonowych



6. Recykling nawierzchni betonowych

Wybrane wnioski:

- **Materiał z recyklingu *in situ*** dopuszcza się do wykorzystania jako **warstwy niezwiązane** podbudowy (zasadnicze i pomocnicze), przed wykonaniem nakładki wzmacniającej z warstw MMA lub betonu cementowego.
- **Materiał z recyklingu po przetworzeniu w kruszarce** może być stosowany w:
 - Warstwa niezwiązanych – podbudowa pomocnicza i warstwa mrozoochronna, podbudowa pomocnicza, warstwa odsączająca,
 - Budowie i umacnianiu skarp nasypów
 - Warstwy związane cementem lub grunty stabilizowane cementem,
 - Warstwach MCE
- (w każdym przypadku podane są wymagania i warunki stosowania)
- **Rezultat: Wytyczne wykorzystania materiałów z recyklingu nawierzchni betonowych**



Pozostałe zadania projektu RID I/6

7. Recykling materiałów odpadowych z przemysłu hutniczego, stalowego, włókienniczego etc.

Instytut Badawczy Dróg i Mostów – filia Wrocław
Instytut Nowych Syntez Chemicznych (INSCH)
ITB Moratex
Politechnika Świętokrzyska

8. Opracowanie procedur oceny bezpieczeństwa środowiskowego dla strumieni odpadów przydatnych do budowy dróg (m.in. testy ekotoksykologiczne z zastosowaniem skorupiaków

Instytut Ochrony Środowiska (IOŚ-PIB)
Instytut Badawczy Dróg i Mostów (IBDiM)
Instytut Nowych Syntez Chemicznych (INSCH)

9. Kalkulacja efektów ekonomicznych

Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad



O urzędzie **Co robimy** Aktualności Oddziały Załatw sprawę Kontakt

[🏠](#) > [Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad](#) > [Co robimy](#) > [Dla wykonawców i podwykonawców](#) > [Dokumenty techniczne](#) > [Wytyczne projektów RID](#)
> [Recykling](#)

 **Załącznik nr 9.2.1. Wytyczne pozyskania i oceny przydatności destruktu i granulatu asfaltowego do recyklingu na gorąco w otaczarkach**

Załącznik_921.pdf 0.78MB

 **Załącznik nr 9.2.2. Zalecenia w zakresie produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych z granulatem asfaltowym w otaczarkach o działaniu cyklicznym**

Załącznik_922_.pdf 0.98MB

 **Załącznik nr 9.2.3. Wytyczne cząstkowe w zakresie wymagań i projektowania mieszanek mineralno-asfaltowych z granulatem asfaltowym produkowanym na gorąco**

Załącznik_923_.pdf 0.74MB

 **Załącznik nr 9.4.1. Wytyczne stosowania technologii recyklingu głębokiego na zimno z wykorzystaniem emulsji i cementu wraz z zasadami projektowania nawierzchni z wykorzystaniem warstw z mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej (MCE)**

Załącznik_941.pdf 0.44MB

 **Załącznik nr 9.4.2. Instrukcja projektowania i wbudowania mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych (MCE)**

Załącznik_942.pdf 1.00MB

 **Załącznik nr 9.4.3. Zalecenia bezpiecznego stosowania destruktu asfaltowego ze smołą w warstwach wykonanych w technologii mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych MCE**

Załącznik_943.pdf 0.36MB

 **Załącznik nr 9.6. Wytyczne wykorzystania materiałów pochodzących z recyklingu nawierzchni betonowych**

Załącznik_96.pdf 1.22MB

„Destrukt: Innowacyjna technologia mieszanek mineralno-asfaltowych z zastosowaniem materiału z recyklingu nawierzchni asfaltowej”

→ Finansowanie ze środków NCBiR

→ Realizacja 2015-2018

→ Konsorcjum:

→ Instytut Badawczy Dróg i Mostów (lider)

→ Politechnika Warszawska, Zespół Technologii Materiałów i Nawierzchni Drogowych

→ BUDIMEX S.A



INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



Narodowe Centrum
Badań i Rozwoju

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



DOTACJE NA INNOWACJE



INSTYTUT BADAWCZY
DRÓG I MOSTÓW
ROAD AND BRIDGE
RESEARCH INSTITUTE

budimex



Projekt InnGA

Cel projektu:

opracowanie metod projektowania, badania i stosowania mieszanek mineralno-asfaltowych (MMA), które zawierają w swoim składzie możliwie największą ilość granulatu asfaltowego (GA)

Projekt badawczy InnGA

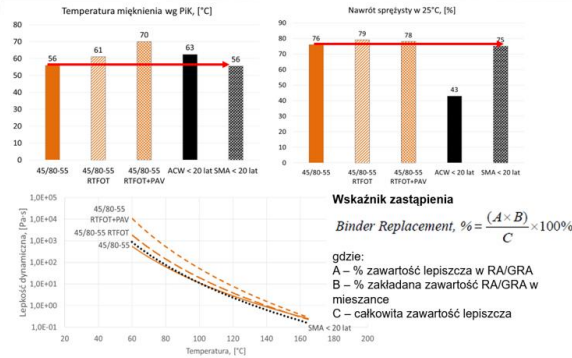
Wybrane problemy i zadania badawcze

- **Analiza rynku** pod względem dostępności destruktu/granulatu
 - ankieta, studia literatury i analizy danych z innych krajów
 - Wskazanie barier i ograniczeń
- **Badania** pozyskanego **destruktu** o różnym pochodzeniu (warstwa) i wieku
- **Ocena skuteczności dodatków** odnawiających oraz miękkich asfaltów na właściwości asfaltu
- **Badania właściwości** lepkosprężystych **mieszanek** mineralno-asfaltowych referencyjnych i z granulatem
- Badania mma nad **określeniem maksymalnej** ilości granulatu (>30%) z uwzględnieniem stosowania dodatków regenerujących i asfaltów miękkich

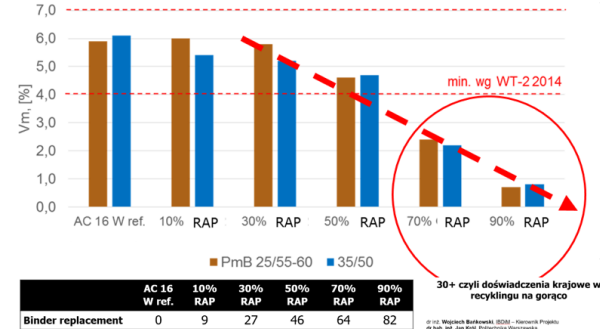
Wybrane problemy i zadania badawcze (cd.)

- Ocena podatności na starzenie krótkoterminowe (technologiczne) i długoterminowe (eksploatacyjne) mma z granulatem
- Próby technologiczne
- Wykonanie **odcinka prototypowego**
- **Opracowanie dokumentacji technicznej**, wytycznych do stosowania mieszanek mineralno-asfaltowych z zastosowaniem destruktu asfaltowego dla pracowników firmy

Badania asfaltu

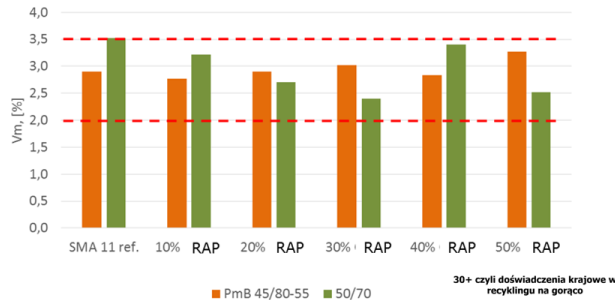


Projektowanie AC16W z GA



Binder replacement	AC 16 W ref.	10% RAP	30% RAP	50% RAP	70% RAP	90% RAP
	0	9	27	46	64	82

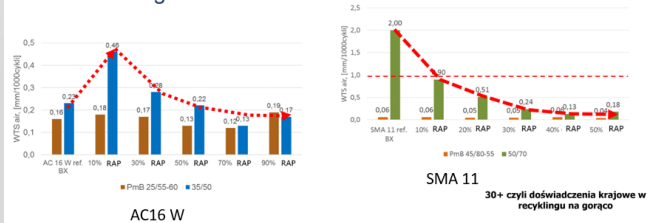
Projektowanie SMA 11 z GA



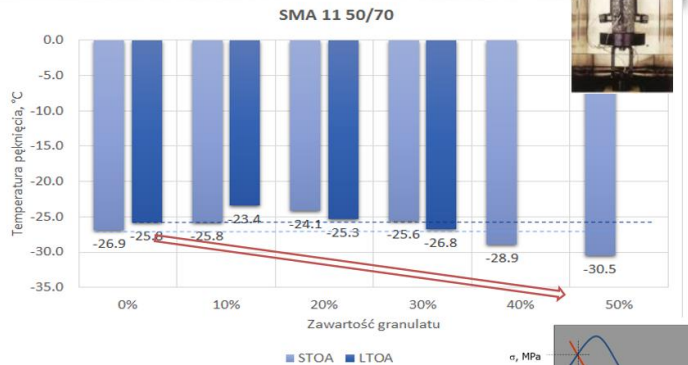
Binder replacement	SMA 11 ref.	10% RAP	20% RAP	30% RAP	40% RAP	50% RAP
	0	9	18	27	36	45

Odporność na koleinowanie

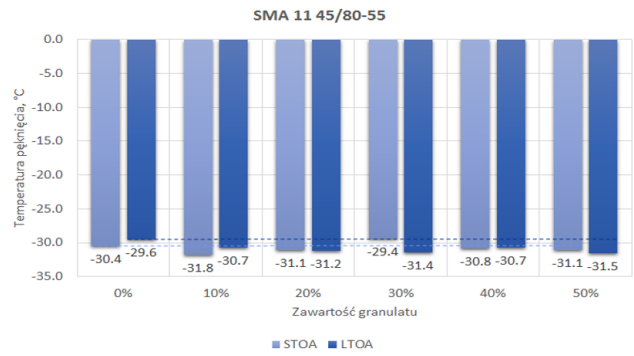
Obserwacje z projektowania: widoczna jest tendencja wzrostu odporności na koleinowanie wraz ze wzrostem zawartości granulatu



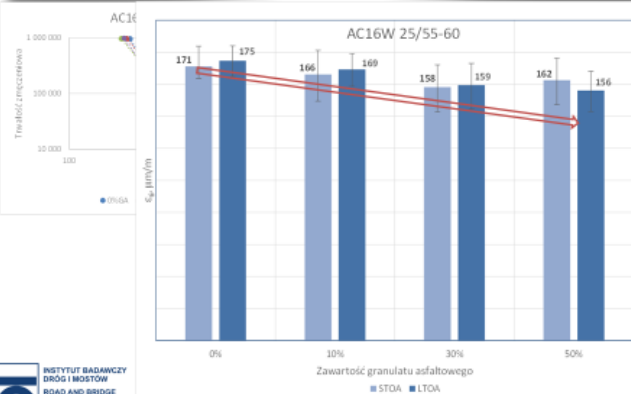
Odporność na pękanie niskotemperaturowe



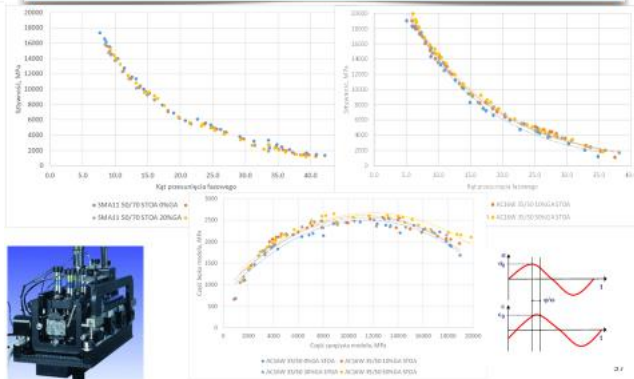
Odporność na pękanie niskotemperaturowe



Trwałość zmęczeniowa



Zespolony moduł sztywności



Wdrożenie

Odcinki testowe



Wdrożenie

Odcinki testowe.



Ul. Kielecka – długość odcinka 440 m, szerokość 7,0 m.

- AC 11 S PMB 45/80-55 KR 3-4 – 15% GRA.
- AC 16 W PMB 25/55-60 KR 3-4 – 50% GRA.
- AC 22 P 35/50 KR 3-7 – 50% GRA.

30+ czyli doświadczona jazdowa w recyklingu na gorąco



Wdrożenie

Odcinki testowe.

→ F



DK 78 – długość odcinka 1000 m, szerokość 2 x 3,5 m

- SMA 11 PMB 45/80-55 KR 3-7 – 30% GRA.
- AC WMS 16 PMB 25/55-60 KR 3-7 – 50% GRA.

30+ czyli doświadczona jazdowa w recyklingu na gorąco



- **Uziarnienie GA** jest głównym czynnikiem ograniczającym możliwość wprowadzenia do mieszanek jego większych ilości powyżej 50-70%.
- Zbyt duża zawartości **frakcji wypełniaczowej oraz kruszywa drobnego** bardzo ogranicza możliwości zaprojektowania mieszanek o odpowiedniej zawartości wolnych przestrzeni.
- **Możliwe jest zastosowanie GA** do mieszanek przeznaczonych na **warstwę ścieralną**. W przypadku mieszanki SMA konieczne jest zastosowanie materiału odzyskanego pochodzącego z frezowania selektywnego warstwy ścieralnej SMA. **SMA z 30 % udziałem GA** to mieszanka niczym nie odbiegająca od mieszanek SMA bez udziału GA.
- W przypadku **mieszanek AC o ciągłym uziarnieniu** do warstwy wiążącej i podbudowy możliwe jest zastosowanie **do 50% GA** pochodzącego z frezowania niższych warstw nawierzchni asfaltowych.

Podsumowanie InnGA

- Technologia recyklingu na gorąco umożliwia zastosowanie 50% GA w mieszankach AC i AC WMS bez pogorszenia ich właściwości w zakresie trwałości zmęczeniowej, odporności niskotemperaturowej, sztywności
- Widoczny jest wpływ asfaltu modyfikowanego z GA na właściwości MMA i wartość „**binder replacement**”
- Destrukt/granulat pozyskiwany z istniejących dróg klasy A, S, GP ... jest **pełnowartościowym składnikiem mieszanek mineralno-asfaltowych**.
- Analizy mechanistyczne trwałości konstrukcji pozwalają pozytywnie ocenić przydatność MMA z GA do zastosowania w typowych konstrukcjach nawierzchni podatnych
- Jest możliwe zaprojektowanie mieszanek mineralno-asfaltowych spełniających wymagania WT-2 2014 z jednoczesnym przekroczeniem maksymalnej dopuszczalnej zawartości GA.
- Obowiązujące **Wymagania Techniczne** WT-2 nie uwzględniają specyfiki dodawania GA „metodą na gorąco”. **Konieczna jest nowelizacja** Wymagań Technicznych uwzględniających zwiększony udział GA w MMA.



**INSTYTUT BADAWCZY
DRÓG I MOSTÓW**
ROAD AND BRIDGE
RESEARCH INSTITUTE

Opracowanie wytycznych powtórnego wykorzystania destruktu asfaltowego z warstw SMA do nowych warstw ścieralnych układanych w tej samej technologii

Projekt rSMA²

2023-2025

Projekt rSMA2



Konkurs RID II

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

Skład konsorcjum naukowego

Instytut Badawczy Dróg i Mostów (lider)

Dr hab. inż. Wojciech Bańkowski, prof. IBDiM

Zadania 3-5-7

Politechnika Gdańska

Dr hab. inż. Piotr Jaskuła, prof. PG

Zadania 1-4

Politechnika Warszawska

Dr inż. Adam Liphardt

Zadania 2-6

Analiza istniejących wytycznych oraz literatury dotyczących postępowania z destruktem asfaltowym z warstw ściernalnych SMA oraz jego powtórnego użycia w wykonaniu warstw ściernalnych tego samego rodzaju

Cel główny:

Przegląd stanu wiedzy zakresie recyklingu SMA (bez technologii pozyskania i przetwarzania – zad. 2)

Literatura

- Zebrano ponad **300** pozycji (2003-2023) – artykuły, raporty badawcze, specyfikacje
 - Ostatecznie wykorzystano **150** pozycji z zebranych zasobów:
 - Scopus, Web of Science, Science
 - Techniczne raporty z USA (DOT, FHWA uczelnie) i EU (projekty i uczelnie)
 - Materiały konferencyjne
 - Specyfikacje Techniczne

Wybrane wnioski

- Recykling warstw ściernalnych SMA nie jest powszechnie stosowany – ograniczenia i specyfika:
 - wymagania, starzenie, stosunkowo małe ilości, wysoka lepkość asfaltu, głównie PMB
 - do SMA tylko granulaty SMA
- BR zależy od uziarnienia, typu i właściwości asfaltu, zdolności do wymieszania z nowym asfaltem
- Środki odmładzające przy zwiększonym BR wydają się niezbędne, ważna jest trwałość w czasie, korzystne stosowanie środków na bazie polimerów, dobór pod względem kompatybilności i ilości
- Konieczna kontrola właściwości niskotemperaturowych i odporności na koleinowanie, ew. zmęczenia
- Ważna jest technologia produkcji, recykling na miejscu jest zbyt ryzykowny
- Istnieje możliwość projektowania i wykonywania SMA z granulatem do 30%. Większe zawartości wymagają korzystnych właściwości granulatu, jego frakcjonowania oraz dostępności odpowiedniej technologii produkcji



➤ Studia literatury krajowej i zagranicznej

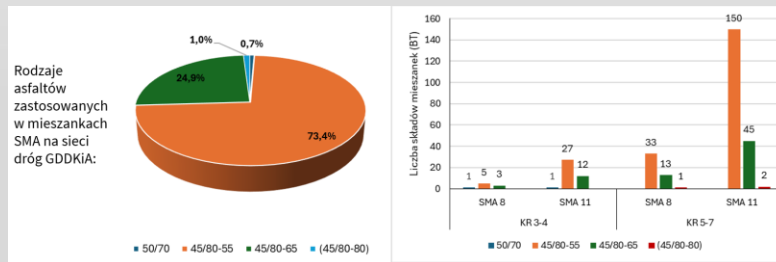
- Kwerenda baz publikacyjnych: Taylor&Francis, MDPI, Science Direct – artykuły naukowe
- Inne zasoby internetowe, w tym portale organizacji branżowych – raporty z badań, publikacje branżowe
- Przeanalizowano łącznie 46 źródeł w tym: 24 artykuły naukowe, 22 raporty i publikacje branżowe
- Analiza przeprowadzono z podziałem na 5 zagadnień:

- rozpoznanie odcinków
- frezowanie
- przesiewanie
- granulacja
- przechowywanie



➤ Analiza doświadczeń GDDKiA i firm wykonawczych

- sformułowano 31 pytań w 5 grupach tematycznych:
- uzyskano kompletne odpowiedzi od 5 firm wykonawczych o ogólnokrajowym zasięgu działania
- ocena wytycznych opracowanych w ramach projektu RID-I-06
- analiza właściwości mieszank SMA wbudowanych na sieci dróg krajowych
- wybór odcinków dróg do pozyskania destruktyw z warstw SMA



Cele zadania 3:

1. Weryfikacja planu badań w zadaniach 4-6
2. Opracowanie projektu wytycznych

Projekt (draft) wytycznych

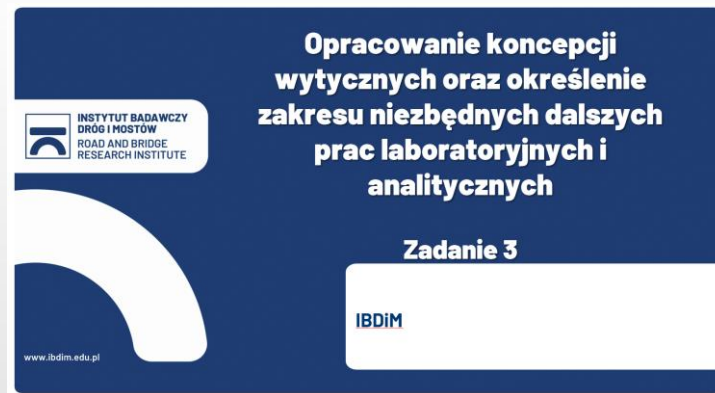
Jeden dokument, projekt 38 stron

Aktualnie dokument jest po II turze uzgodnień z GDDKiA

Dokument będzie uzupełniany i korygowany po fazie badawczej

Podstawa:

1. Przegląd stanu wiedzy w zadaniu 1 i 2
2. Badania ankietowe w zakresie recyklingu
3. Uwagi do wytycznych RID I/6
4. Odpowiedzi z GDDKiA i od Wykonawców
5. Wytyczne 9.2.1-9.2.3 (RID I/6)



**Opracowanie koncepcji
wytycznych oraz określenie
zakresu niezbędnych dalszych
prac laboratoryjnych i
analizy**

Zadanie 3

IBDIM

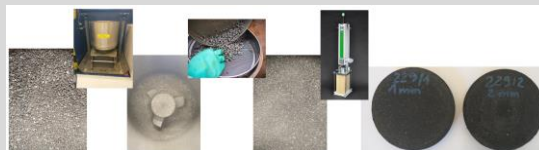
www.ibdim.edu.pl

INSTYTUT BADAWCZY
DRÓG I MOSTÓW
ROAD AND BRIDGE
RESEARCH INSTITUTE

1.	PRZEDMIOT I ZAKRES STOSOWANIA	5
2.	SPECYFIKA RECYKLINGU MIESZANEK SMA	6
3.	PODSTAWOWE DEFINICJE	7
4.	FREZOWANIE, PRZYGOTOWANIE ORAZ SKŁADOWANIE DESTRUKTU	9
4.1.	FREZOWANIE SELEKTYWNE WARSTW SMA	9
4.2.	FRAKCJONOWANIE I PRZESIEWANIE	14
4.3.	GRANULOWANIE	15
4.4.	SKŁADOWANIE	18
5.	BADANIA I OCENA DESTRUKTU ASFALTOWEGO	20
5.1.	WPROWADZENIE	20
5.2.	LICZBA I SPOSÓB POBRANIA PRÓBEK DESTRUKTU ASFALTOWEGO	21
5.3.	METODY BADAŃ I WYMAGANIA	22
5.4.	DEKLARACJA WŁAŚCIWOŚCI GRANULATU ASFALTOWEGO	24
6.	PROJEKTOWANIE MIESZANEK SMA Z GRANULATEM ASFALTOWYM	26
6.1.	ZASADY OGÓLNE	26
6.2.	ZAKRES STOSOWANIA GRANULATU ASFALTOWEGO W MIESZANKACH SMA	26
6.3.	PROJEKTOWANIE SKŁADU MIESZANEK MINERALNO-ASFALTOWYCH SMA Z GRANULATEM ASFALTOWYM	28
6.4.	OCENA WŁAŚCIWOŚCI MIESZANEK MINERALNO-ASFALTOWYCH SMA Z GRANULATEM ASFALTOWYM	31
7.	TECHNOLOGIA PRODUKCJI I UKŁADANIA MIESZANEK SMA Z GRANULATEM ASFALTOWYM	33
7.1.	ZASADY OGÓLNE	33
7.2.	METODA DOZOWANIA GRANULATU NA ZIMNO	34
7.3.	METODA DOZOWANIA GRANULATU NA GORĄCO	35

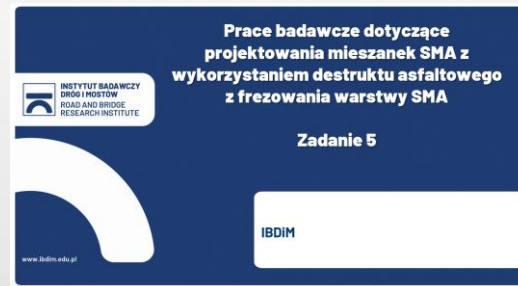
Prace badawcze związane z określeniem procedur niezbędnych do oceny jakości i sposobu przetworzenia destruktu asfaltowego z warstwy ścieralnej SMA

- 1) **Wybór mieszank SMA oraz destruktu SMA** powstałego w wyniku frezowania warstwy ścieralnej wykonanej z mieszank typu SMA, do przeprowadzenia badań laboratoryjnych.
- 2) **Określenie składu i podstawowych właściwości** mieszank SMA oraz destruktu po frezowaniu.
- 3) **Badania asfaltu** uzyskanego z ekstrakcji wybranych destruktu asfaltowych.
- 4) **Badanie kruszywa** uzyskanego w wyniku ekstrakcji destruktu asfaltowego oraz po ekstrakcji rdzeni pobranych z warstwy ścieralnej z SMA.
- 5) **Badania próbek zaprawy asfaltowej** wydzielonej z pobranych próbek destruktu asfaltowego oraz badania próbek mieszanin zaprawy wydzielonej z destruktu asfaltowego z nowymi składnikami (asfalt i drobne frakcje mineralne) dla dwóch ustalonych wartości wskaźnika zastąpienia lepiszcza BR.
- 6) **Analiza** uzyskanych wyników oraz określenie zależności pomiędzy wynikami poszczególnych badań.
- 7) **Wybór procedur badawczych** rekomendowanych do stosowania w wytycznych oraz procedur badawczych uzupełniających.



Cele zadania 5:

1. Prace badawcze dotyczące **projektowania mieszanek SMA** z wykorzystaniem granulatu asfaltowego z frezowania warstwy SMA
 - Badania w zakresie stosowania środków odświeżających, stabilizatora, środków adhezyjnych
 - Projektowanie składów mieszanek o różnej zawartości GRA
 - Badania rozszerzone MMA (TSRST, SCB, ITS, moduł zespolony, skurcz termiczny)
2. Zalecenia i wymagania w zakresie projektowania do wykorzystania w Wytycznych
3. Składy mieszanek do wykorzystania w zadaniu 6



Etapy realizacji zadania 5

- 5.1 Badania **materiałów składowych** (kruszywa i asfalty) do mieszanek SMA
- 5.2 Charakterystyka **właściwości granulatów asfaltowych** (skład, uziarnienie, zawartość lepiszcza, właściwości asfaltu odzyskanego)
- 5.3 Analiza właściwości mieszanin asfaltu świeżego i odzyskanego oraz ocena wpływu odświeżaczy na asfalty odzyskane
- 5.4 **Zaprojektowanie składów mieszanek SMA** w różnych wariantach składu i uziarnienia
- 5.5 Ocena potrzeby stosowania **środków adhezyjnych i stabilizatora**
- 5.6 Ocena **funkcjonalna** właściwości mieszanek SMA
- 5.7 Analiza wyników

REALIZACJA ETAP 5.2 - Charakterystyka właściwości granulatów asfaltowych (skład, uziarnienie, zawartość lepiszcza, właściwości asfaltu odzyskanego)

MATERIAŁY DO BADAŃ:

- (GRA_11_A1) Granulat asfaltowy – 22,4 GRA 0/11 pochodzący z frezowania SMA11, autostrada A1 (SKANSKA, 2007, Modbit 80B, Gabro, Braszowice)
- (GRA_11_S7) Granulat asfaltowy – 22,4 GRA 0/11 pochodzący z frezowania SMA11, droga S7
- (GRA_8_CH) Granulat asfaltowy – GRA 0/8 pochodzący z frezowania SMA8, ul. Chodecka W-wa (gabro/bazalt, PMB 45/80-55, rok 2010, Bilfinger)
- Asfalty odzyskane z granulatów asfaltowych GRA_11_A1, GRA_11_S7, GRA_8_CH

ZAKRES

- Wyznaczenie krzywej uziarnienia granulatów (tzw. czarna krzywa).
- Określenie składu granulatów (zawartość lepiszcza, uziarnienie kruszywa (tzw. biała krzywa)).
- Badania asfaltów odzyskanych z granulatów w zakresie: penetracji, temperatury mięknięcia, temperatury łamliwości Fraassa, nawrotu sprężystego oraz badaniom reologicznym MSCR.

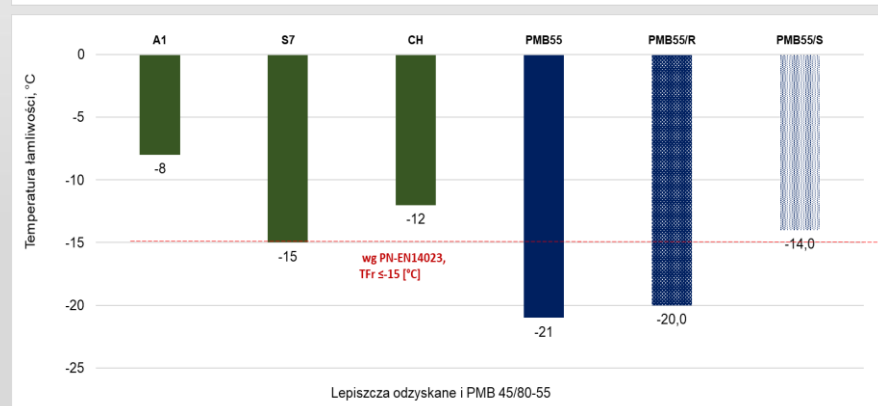
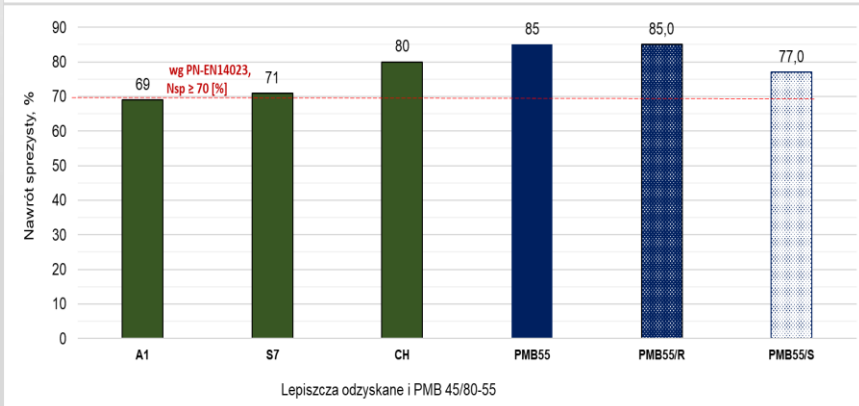
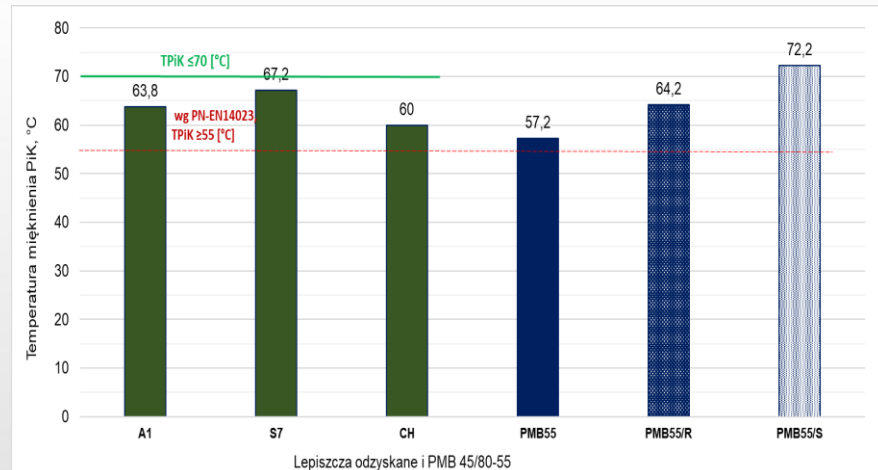
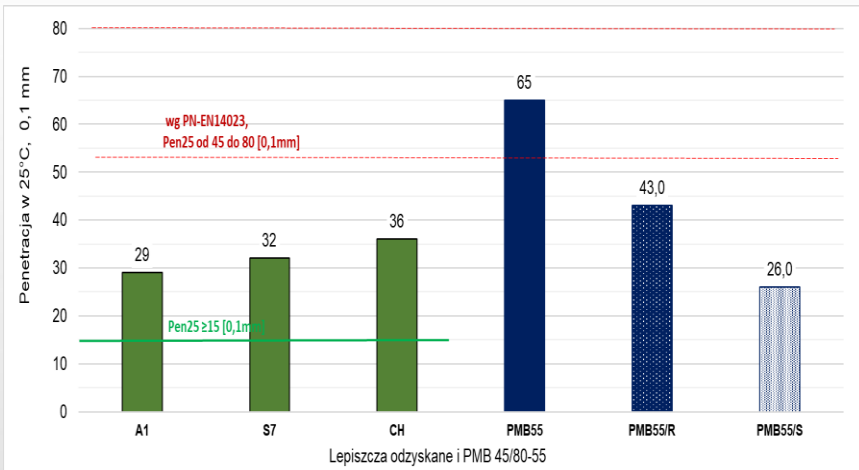
REALIZACJA ETAP 5.2 – Charakterystyka właściwości granulatów asfaltowych (skład, uziarnienie, zawartość lepiszcza, właściwości asfaltu odzyskanego)

Właściwości asfaltów odzyskanych z granulatów asfaltowych A1, S7, CH

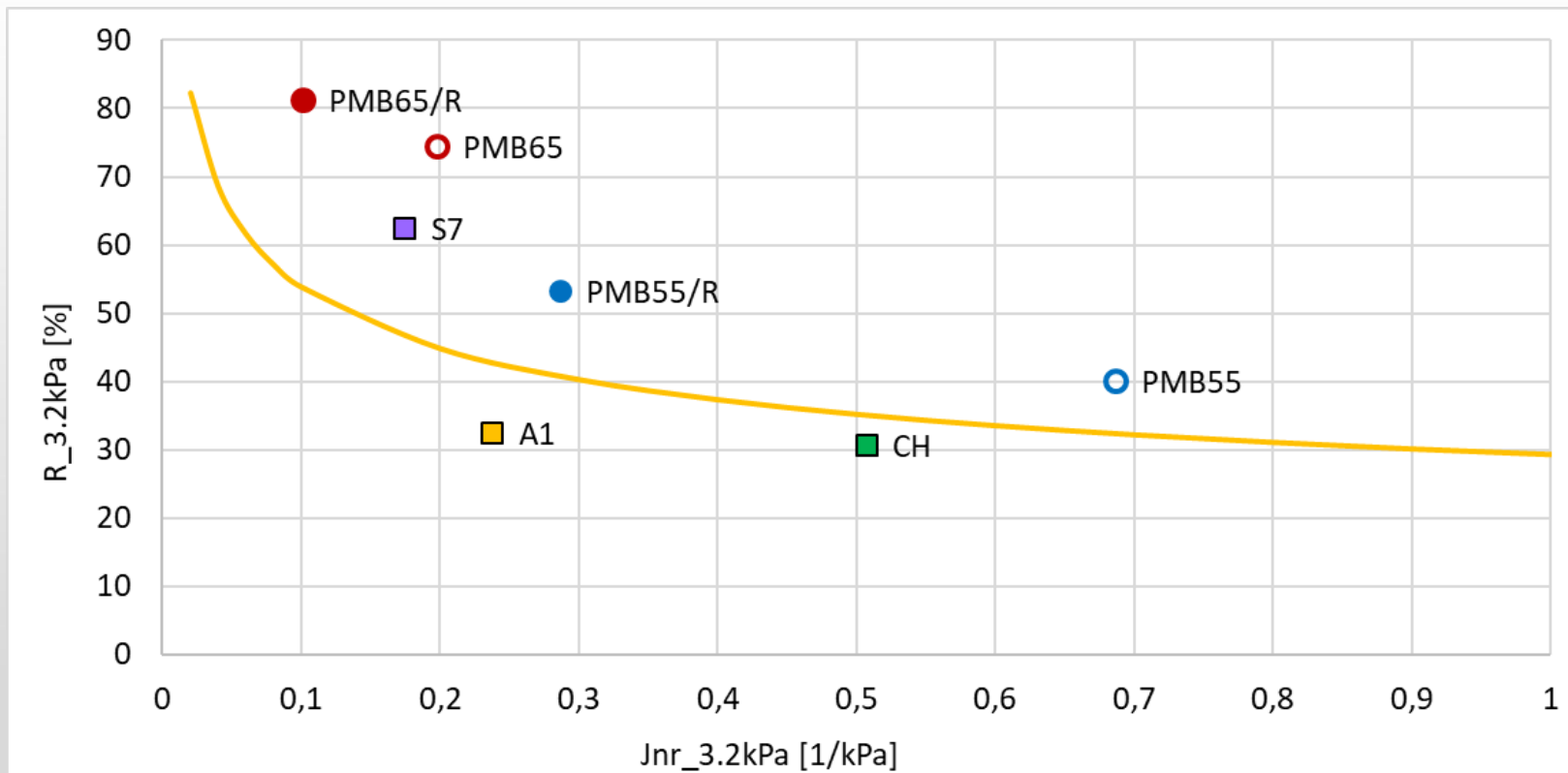
Właściwość	Asfalt odzyskany z granulatu asfaltowego			Wymagania wg PN-EN 14023 wobec	
	GRA_11_A1	GRA_11_S7	GRA_8_CH	PMB 45/80-55	PMB 45/80-65
	A1	S7	CH		
Penetracja w temperaturze 25°C, 0,1 mm	29	32	36	45-80	45-80
Temperatura mięknięcia PIK, °C	63,8	67,2	60	≥55	≥65
Temperatura łamliwości Fraassa, °C	-8	-15	-12	≤-15	≤-15
Nawrót sprężysty w 25°C, %	69	71	80	≥70	≥80

S_{70} , P_{15} – Warunki spełnione

Porównanie właściwości asfaltów odzyskanych do PMB 45/80-55



5.2 MSCR



5.3 Właściwości mieszanin asfaltu świeżego i odzyskanego oraz ocena wpływu odświeżaczy na asfalty odzyskane

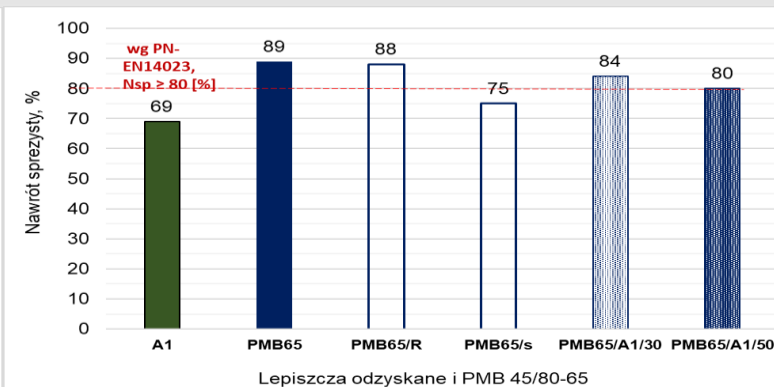
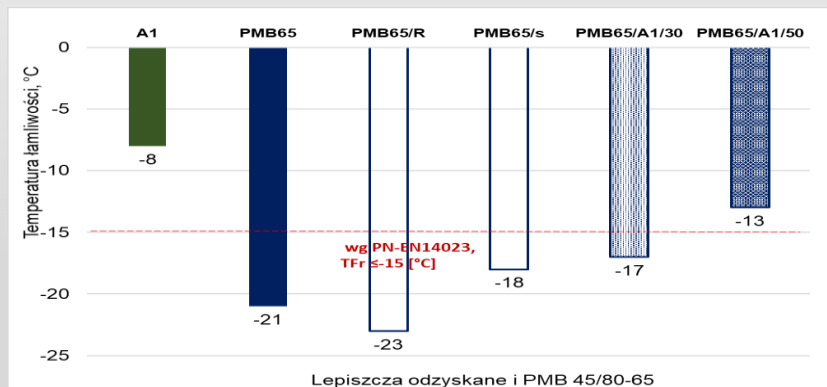
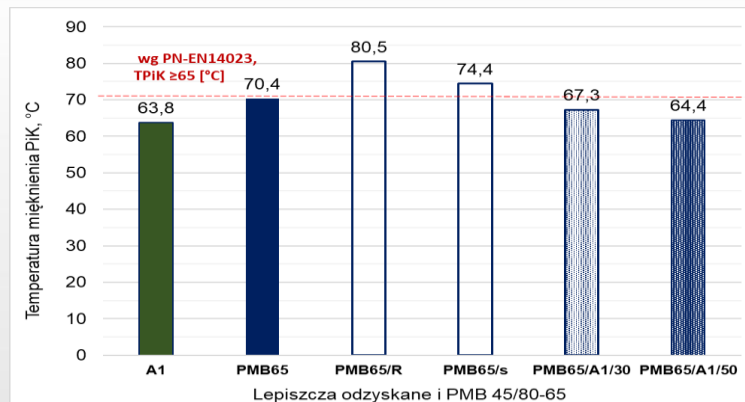
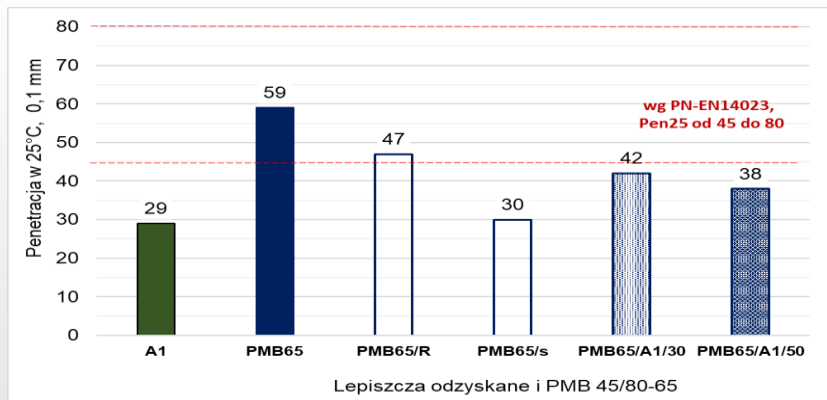
1. Ocena potrzeby stosowania "ODŚWIEŻACZY"

- Wykonanie mieszanin asfaltów odzyskanych (GRA_11_A1) z asfaltami świeżymi (PMB55 i PMB65) przy BR=30 i 50%.
- Badania mieszanin (penetracji, temperatury mięknięcia, łamliwości Fraassa, nawrotu sprężystego oraz badanie MSCR)
- Odniesienie wyników do wymagań postawionych w normie PN-EN 14023 oraz ocena MSCR

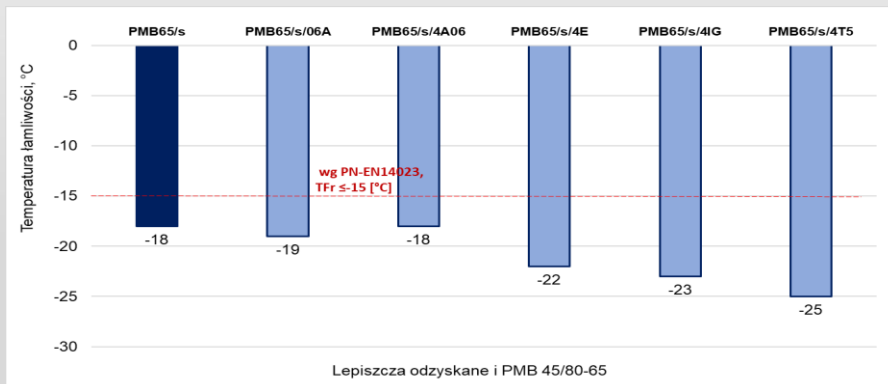
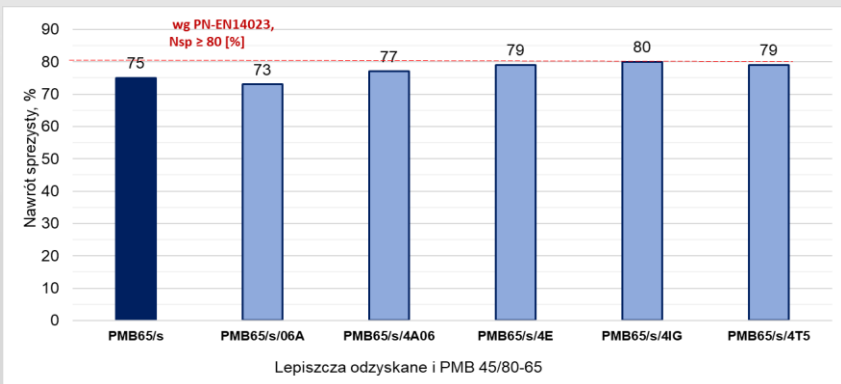
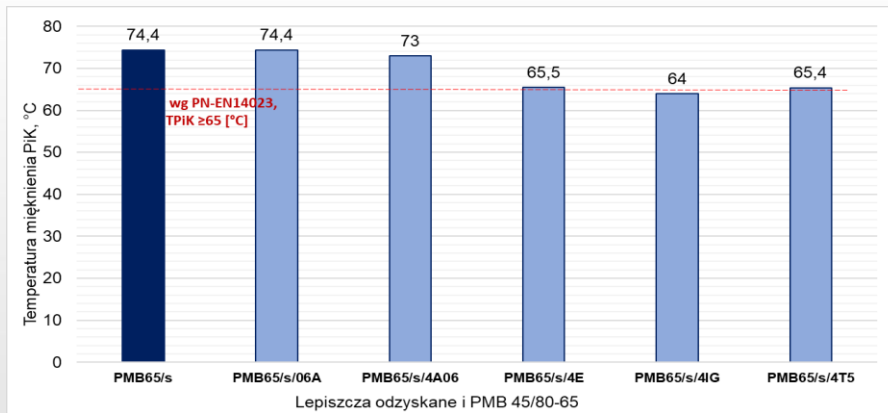
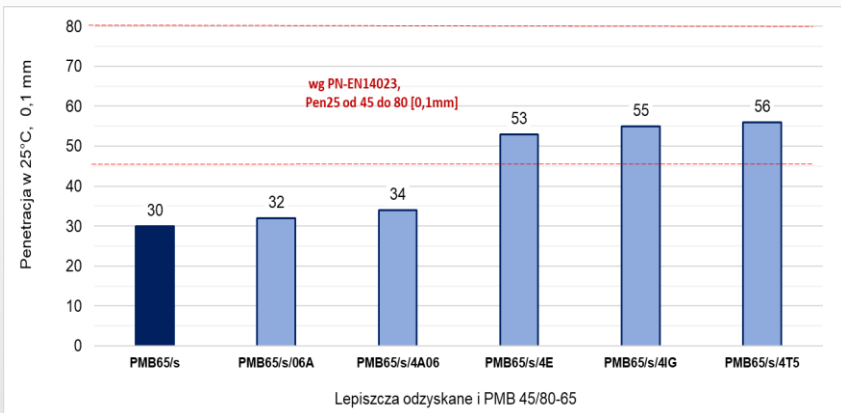
2. Ocena skuteczności działania "ODŚWIEŻACZY"

- Dodanie do postarzonego asfaltu (PMB55 i PMB65 po RTFOT+PAV) min. 4 różnych odświeżaczy
- Wykonanie i ocena badań (penetracji, temperatury mięknięcia, temperatury łamliwości, nawrotu sprężystego oraz MSCR)

Ocena potrzeby stosowania "ODŚWIEŻACZY" (PMB 45/80-65)



Ocena skuteczności działania "ODŚWIEŻACZY" (PMB 45/80-65)



REALIZACJA ETAP 5.4 - Zaprojektowanie składów mieszanek SMA w różnych wariantach składu i uziarnienia - przykład (wyniki częściowe) - jedna z trzech mieszanek SMA

Mieszanka SMA 8 PMB 45/80-65 (GRA_CH)

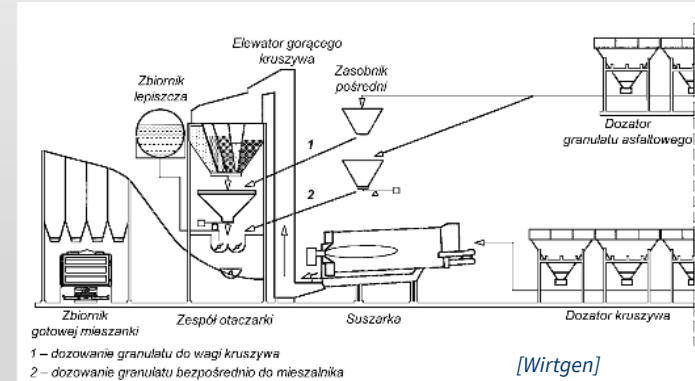
		SMA8 PMB 45/80-65											
		BR=0%		BR=0%		BR=0%		BR=30%		BR=50%			
		6.90%	7.10%	6.90%	7.1%	7.00%	7.20%	6.9%	7.1%	6.9%	7.1%	7.0%	7%
mieszanka mineralna	mw	10	10	10	10	9	9	5	5	2	2	3	2
	0/2	9	9	9	9	14	14	6	6	2	2	2	4
	2/5	29	29	29	29	17	17	9	9	4	4	4	0
	4/8	52	52	52	52	60	60	45	45	36	35	35	37
	5/11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GRA	0	0	0	0	0	0	35	35	56	57	56	57
	Gęstość MM	2.767	2.767	2.767	2.767	2.768	2.768	2.810	2.810	2.836	2.837	2.835	2.837
mieszanka mineralno-asfaltowa	Bmin'	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.8	6.8	6.7	6.7	6.7	6.7
	B	6.9	7.1	6.9	7.1	7.00	7.2	6.9	7.1	6.9	7.1	7.0	7.0
	mw	9.3	9.3	9.31	9.3	8.4	8.4	4.8	4.8	1.9	1.9	2.9	1.9
	0/2	8.4	8.4	8.4	8.4	13.0	13.0	5.7	5.7	1.9	1.9	1.9	3.9
	2/5	27.0	26.9	27.0	26.9	15.8	15.8	8.6	8.6	3.9	3.9	3.9	0.0
	4/8	48.4	48.3	48.4	48.3	55.8	55.7	42.8	42.8	34.8	33.7	33.8	35.7
	5/11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	GRA	0	0	0.0	0	0	0	33.3	33.3	54	55	54	55
	Gęst. Obj.	-	-	2.379	2.377	2.407	2.405	2.450	2.418	2.447	2.447	2.447	2.458
	Gęstość	-	-	2.480	2.473	2.461	2.462	2.522	2.504	2.544	2.547	2.544	2.548
	Wolna przestrzeń	-	-	4.1	3.9	2.2	2.3	2.9	3.4	3.8	3.9	3.8	3.5
	BR	-	-	-	-	0.0	0.0	31	30	50	50	49	50
	PEN	-	-	-	-	59.0	-	51	-	-	-	-	46
	PIK	-	-	-	-	70.4	-	67	-	-	-	-	65
	ITSw	-	-	-	-	794	-	887	-	-	-	-	1055
	ITSd	-	-	-	-	823	-	898	-	-	-	-	1149
ITSR	-	-	-	-	96.5	-	98.8	-	-	-	-	91.8	
PRDair	-	-	-	-	5.2	-	4.7	-	-	-	-	6.9	
WTSair	-	-	-	-	0.06	-	0.09	-	-	-	-	0.09	
spływność	-	-	-	-	0.145	-	0.125	-	-	-	-	0.125	
TSRST	-	-	-	-	-33.7*	-	-30.7	-	-	-	-	-30.9	



Zadanie 6 realizowane przez Politechnikę Warszawską:

Prace badawcze związane z określeniem technologii produkcji mieszanki SMA z wykorzystaniem destruktu z warstwy SMA

Dozowanie gorąco/ciepło/zimno, dodatki WMA, kolejność dozowania, aktywacja lepiszcza, max. BR ze względu na technologię dozowania





- Cel – ocena w jakim stopniu lepiszcze z granulatu asfaltowego bierze udział w procesie mieszania w zależności od przyjętych warunków technologicznych
- Zmienne niezależne:
 - 3 granulaty asfaltowe (SMA 11 – A1, S7; SMA 8 – ul. Chodecka)
 - uziarnienie granulatu - dwie frakcje (0/8, 8/22)
 - 3 temperatury dozowania granulatu (25 °C, 80 °C, 135 °C)
 - 3 poziomy wilgotności (0 %, 2 %, 4 %)
- Pozostałe parametry badania:
 - jedno kruszywo świeże dozowane w stałej temperaturze
 - jeden czas mieszania (40s)
 - proporcje mieszanki (50% kruszywo świeże/50% granulaty asfaltowe)

łącznie
56
układów

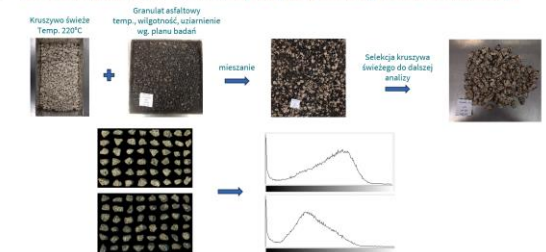


Wynik:
stopień pokrycia kruszywa
świeżego lepiszczem z destruktu



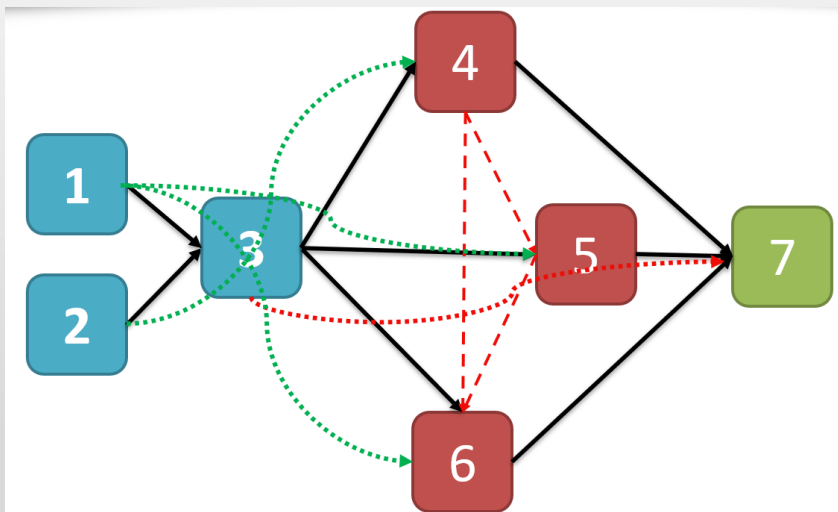
stopień aktywacji lepiszcza




➤ Ocena stopnia aktywacji i redystrybucji lepiszcza z granulatu asfaltowego



Zadanie 7:

Opracowanie wytycznych technicznych projektowania i wykonywania warstwy ścieralnej SMA z zastosowaniem destruktu pochodzącego z warstwy SMA



	Konkurs RID II
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.:	
Wytyczne techniczne projektowania i wykonywania warstwy ścieralnej SMA z zastosowaniem destruktu pochodzącego z warstwy SMA	
Tytuł przedmiotu umowy:	
Opracowanie wytycznych powtórzonego wykorzystania destruktu asfaltowego z warstw SMA do nowych warstw ścieralnych układanych w tej samej technologii	
Akronim Projektu: rSMA2	
Numer umowy: RID2/0009/2022	
Lider i Współwykonawcy: Instytut Badawczy Dróg i Mostów (Lider) Politechnika Gdańska Politechnika Warszawska	
Kierownik Projektu: dr hab. inż. Wojciech Bańkowski	
Data rozpoczęcia: 15.09.2023	
Data zakończenia: 15.03.2025	
	

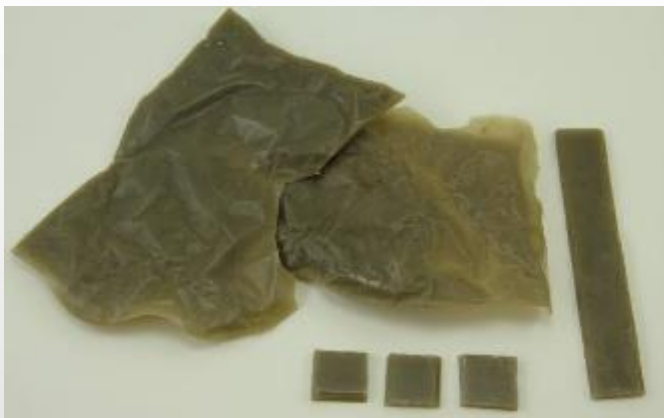
PROJEKT POIR:

„Opracowanie synergicznej technologii przetwarzania odpadów polimerowych na komponenty asfaltów”

Realizowanego w latach 2018-2023 we współpracy z firmą **Green Park VI Sp. z o. o.** która, zajmuje się prowadzeniem **badań rozwojowych nad technologiami recyklingu i przetwarzania odpadów.**

Głównym nurtem prac jest zagospodarowanie tworzyw sztucznych znajdujących się na składowiskach, dla których ze względu na wysoki poziom zanieczyszczeń, nie ma skutecznego sposobu przetwarzania.

Ocena wpływu dodatków z przetworzonych tworzyw sztucznych na właściwości asfaltów drogowych



Przykładowe
dodatki:
przetworzone
odpady



Asfalty drogowe



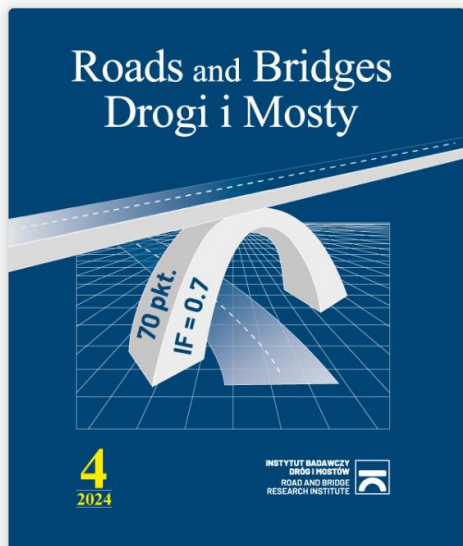
Inne projekty i współpraca:

Wykorzystanie granulatu gumowego z opon samochodowych (2023)

Mieszanki niezwiązane na bazie destruktu betonowego i asfaltowego (2023-2025) – środki własne


Beton asfaltowo-cementowy z granulatem gumowym (2024)
współpraca z dr J. Kukiełką, Politechnika Lubelska, środki własne

www.rabdim.edu.pl



Tom 23 Nr 4 (2024)

Opublikowane: 2024-11-12



KONFERENCJA
Nowoczesne nawierzchnie drogowe
Recykling w konstrukcjach nawierzchni drogowych

Warszawa, 18 października 2023

MRP'23

REJESTRACJA!



MRP'25

www.ibdim.edu.pl

Dziękuję za uwagę



**INSTYTUT BADAWCZY
DRÓG I MOSTÓW**
ROAD AND BRIDGE
RESEARCH INSTITUTE

Wojciech Bańkowski
wbankowski@ibdim.edu.pl