

Instytut Badawczy Dróg i Mostów
Zakład Technologii Nawierzchni
Pracownia Technologii Nawierzchni

Sprawozdanie częściowe z pracy:

**„Weryfikacja i uaktualnienie metody badawczej wodoodporności z
cyklem zamrażania mieszanek mineralno-asfaltowych”**

Temat TN-255

ETAP I – Zadanie 1 i 2

Opracowali:

**Zespół Zakładu
Technologii Nawierzchni**
dr inż. Wojciech Bańkowski
mgr inż. Renata Horodecka
mgr inż. Dominika Maliszewska
mgr inż. Maciej Maliszewski
mgr inż. Andrzej Wróbel
inż. Krzysztof Mirski

Zatwierdził:

**Kierownik Zakładu
Technologii Nawierzchni**

prof. dr hab. inż. Dariusz Sybilski

Warszawa, listopad 2011

SPIS TREŚCI

1) Podstawa pracy.....	4
2) Cel pracy.....	4
3) Program pracy.....	4
4) Wstęp	5
5) Wybór kruszyw i lepiszczy	7
6) Wykonanie badań powinowactwa lepiszczy i kruszyw oraz dobór środków adhezyjnych	8
7) Zadanie 1C: Wybór laboratoriów uczestniczących w badaniach międzylaboratoryjnych	25
8) Zgromadzenie danych o stosowanym sprzęcie laboratoryjnym i stosowanych procedurach wykonania badania mrozoodporności w laboratoriach uczestniczących w badaniach międzylaboratoryjnych	27
9) Przygotowanie mieszanek mineralno-asfaltowych do badań:.....	29
10) Wstępna analiza wyników badań.....	30
11) Określenie koniecznych poprawek w procedurze badawczej wg WT-2 2010 31	
12) Analiza zasobu danych archiwalnych IBDiM TN	33
13) Analiza różnicy między metodami badawczymi wg AASHTO T283-89 a obecną procedurą badawczą wg WT-2 2010 (wg PN-EN 12697-12 z cyklem zamrażania wg AASHTO T283-89).....	39
14) Podsumowanie.....	51

1) Podstawa pracy

Niniejsze sprawozdanie jest sprawozdaniem częściowym z realizacji Etapu I pracy zleconej przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad. Praca nosiła tytuł „Weryfikacja i uaktualnienie metody badawczej wodoodporności z cyklem zamrażania mieszanek mineralno-asfaltowych”. Praca została wykonana na podstawie umowy nr 3101/2011 z dnia 18.11.2011 r. zawartej pomiędzy Generalną Dyрекcją Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA) a Instytutem Badawczym Dróg i Mostów (IBDiM). Pracy nadano symbol IBDiM „TN-255”.

2) Cel pracy

Wdrożona wcześniej metoda badawcza wodoodporności z cyklem zamrażania mieszanek mineralno-asfaltowych według normy AASHTO T283-89 do normy PN-S-96025 została zastąpiona w WT-2 nową procedurą z uwzględnieniem normy PN-EN 12697-12. Nowa procedura badawcza w wielu laboratoriach wykazała znaczne problemy podczas wykonania badań. Stwierdzono duże rozrzuty powtarzalności i odtwarzalności wyników badań. Celem podjęcia tematu jest wykonanie badań międzylaboratoryjnych, weryfikacja metody z jej ewentualnymi zmianami oraz uwzględnieniem badania powinowactwa lepiszcza asfaltowego i kruszywa. Zweryfikowane będą także wymagania wodoodporności mieszanek mineralno-asfaltowych w WT-2.

3) Program pracy

Program pracy stanowiący załącznik 1 do umowy nr 3101/2011 na wykonanie pracy badawczej pt. „Weryfikacja i uaktualnienie metody badawczej wodoodporności z cyklem zamrażania mieszanek mineralno-asfaltowych” obejmował trzy etapy. Pierwszy etap został zrealizowany w 2011 roku, a drugi i trzeci zostały zaplanowane do realizacji odpowiednio w 2012 i 2013 roku. Całą pracę podzielono dodatkowo na 8 zadań. Szczegółowy zakres prac w każdym zadaniu przedstawiono poniżej:

Etap I, Zadanie 1 Przygotowanie i przeprowadzenie pierwszej serii badań międzylaboratoryjnych według obecnej procedury w WT-2 2010

Zadanie 1A: Wybór kruszyw i lepiszczy (asfaltów i polimeroasfaltów)

Zadanie 1B: Wykonanie badań powinowactwa lepiszczy i kruszyw oraz dobór środków adhezyjnych

Zadanie 1C: Wybór laboratoriów uczestniczących w badaniach międzylaboratoryjnych.

Zadanie 1D: Zgromadzenie danych o stosowanym sprzęcie laboratoryjnym i stosowanych procedurach wykonania badania mrozoodporności w laboratoriach uczestniczących w badaniach międzylaboratoryjnych.

Zadanie 1E: Przygotowanie mieszanek mineralno-asfaltowych do badań: opracowanie recept, przekazanie recept i materiałów do mieszanek mineralno-asfaltowych z IBDiM do laboratoriów

Zakłada się, że w pierwszej serii badań międzylaboratoryjnych wybrane będą dwie mieszanki mineralno-asfaltowe o różnym składzie i z różnych materiałów, np. SMA z PMB, kruszywem kwaśnym i środkiem adhezyjnym oraz beton asfaltowy do warstwy wiążącej z asfaltem i bez środka adhezyjnego

Zadanie 1F: Analiza wyników badań, określenie powtarzalności i odtwarzalności, określenie przyczyn ewentualnych znacznych rozrzutów wyników badań w poszczególnych laboratoriach i pomiędzy laboratoriami.

Zadanie 1G: Określenie koniecznych poprawek w procedurze badawczej wg WT-2 2010

Zadanie 1H: Analiza zasobu danych archiwalnych IBDiM TN

Zadanie 2: Analiza różnicy między metodami badawczymi wg AASHTO T283-89 a obecną procedurą badawczą wg WT-2 2010 (wg PN-EN 12697-12 z cyklem zamrażania wg AASHTO T283-89)

4) Wstęp

Na rynku występuje kilka procedur dotyczących badania wodoodporności, zgodnie z przybliżoną chronologią opracowania:

1. Norma AASHTO
2. Procedura 100% zgodna z AASHTO (procedura IBDiM, tłumaczenie AASHTO)
3. Procedura opracowana na Politechnice Gdańskiej
4. Zmodyfikowana procedura według AASHTO, dostosowana do wymagań normy PN-EN 12697-12:2006 (zgodna z WT-2 2008, 2x25 uderzeń, temperatura badania 15°C, cykl zamrażania zgodny z AASHTO)
5. Różne procedury badawcze z jednym cyklem zamrażania stosowane w laboratoriach drogowych
6. Procedura badawcza TPA Instytut Badań Technicznych Sp. z o. o.

7. Ujednolicona procedura według AASHTO, dostosowana do wymagań normy PN-EN 12697-12:2008 (zgodna z WT-2 2010, 2x35 uderzeń, temperatura badania 25°C, cykl zamrażania zgodny a AASHTO)

Przed wprowadzeniem Norm Europejskich na mieszanki mineralno-asfaltowe stosowano jedynie procedurę badawczą wodoodporności zgodnie z normą AASHTO T283-89. Procedura ta oryginalnie dotyczyła badania warstw ściernych. Procedura samymi warunkami badania nie różniła się znacząco od obecnie stosowanej, według WT-2 2010. Procedura normowa charakteryzowała się nieco bardziej uciążliwym sposobem przygotowania próbek. Stosowanie procedury wodoodporności do oceny mieszanek mineralno-asfaltowych nie było obligatoryjne, chyba że wymagała tego specyfikacja techniczna.

Obecnie producentów mieszanek mineralno-asfaltowych obowiązuje Europejski system oceny zgodności, który wymaga znakowania produkowanych mieszanek oznakowaniem CE. Przepisy wymagają od producentów przeprowadzenia badań typu, które obejmują między innymi obligatoryjne badanie wodoodporności. Wiele firm, które nie zdecydowały się powierzyć wykonania badań wodoodporności doświadczonym laboratoriom, miało do czynienia z procedurą po raz pierwszy.

W okresie przejściowym, czyli po opublikowaniu Norm Europejskich serii PN-EN 13108 oraz po opracowaniu Wymagań Technicznych WT-2 2008 Nawierzchnie Asfaltowe, na rynku panowała dowolność w stosowaniu procedury zamrażania. W WT-2 2008 jedynie występował zapis o konieczności stosowania cyklu zamrażania. Również norma PN-EN 12697-12:2006 nie precyzowała na czym polega procedura zamrażania, a jedynie dopuszczała jej przeprowadzenie. W związku z tym laboratoria drogowe wykonujące badania typu podchodziły do zagadnienia elastycznie i wprowadzały w procedurze badania wodoodporności etap zamrażania próbek. Nie była to jednak zunifikowana metoda dostępna dla wszystkich, trudno więc mówić o powtarzalności wyników badań.

Podczas gdy laboratoria drogowe stosowały różnorodne procedury badania wodoodporności, w IBDiM opracowano metodę badania zgodną z wymaganiami normy PN-EN 12697-12:2006 (w późniejszym czasie również zgodną z PN-EN 12697-12:2008) z zastosowaniem ujednoliconego cyklu zamrażania. Cykl zamrażania był bezpośrednio zaadaptowany z normy AASHTO. W celu zachowania zgodności procedury badania z Normą Europejską cykl zamrażania zastosowano po

procedurze sezonowania próbek według Normy Europejskiej. Cykl zamrażania według AASHTO to cykl zamrażania z tzw. rozmrażaniem szokowym. Szok termiczny następuje w momencie, gdy próbki o temperaturze -18°C umieszczane są w łaźni wodnej o temperaturze 60°C . IBDiM praktykuje tę procedurę od 2008 roku. Procedura ta uznana została za najbardziej niekorzystną dla badanych próbek.

Równocześnie prace nad procedurą badania odporności na działanie wody opracowała firma TPA Instytut Badań Technicznych.

W 2009 roku rozpoczęły się prace nad aktualizacją WT-2 2008. Podczas obrad grupy roboczej wypracowana została zuniifikowana metoda badawcza na określenie odporności na działanie wody, której zapisy zostały zamieszczone w formie załącznika do WT-2 2010. Po opublikowaniu zuniifikowanej procedury zaczęły napływać sygnały od laboratoriów drogowych o niemożności uzyskania wymaganych odporności na działanie wody. Sygnały te dotyczyły zarówno nowo projektowanych jak i już wcześniej badanych mieszanek mineralno-asfaltowych.

Aby rozpoznać problematykę zagadnienia oraz móc dokonać poprawnej analizy problemu opracowano ankietę, którą rozesłano do wybranych laboratoriów zaangażowanych w problematykę związaną z tym badaniem. Zdecydowano się na taką formę zbierania wstępnych informacji, gdyż doświadczenie pokazało, że jakakolwiek forma spotkania w celu omówienia problemu każdorazowo kończyła się fiaskiem.

5) Wybór kruszyw i lepiszczy

Do realizacji pracy wytypowano szereg najbardziej popularnych kopalń dostarczających kruszywo do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych. Zestawienie zamieszczono w tablicy 1. W tablicy 2 zestawiono również wytypowane asfalty do mieszanek mineralno-asfaltowych.

Tablica 1 Wybór kruszyw do tematu wodoodporności.

Rodzaj kruszywa	Kopalnia/Pochodzenie
Bazalt	PGP „Bazalt” S.A. w Wilkowie, złożo Krzeniów
Amfibolit	DSS, Kopalnia w Piławie Górnej
Granit	Colas – Kopalnia Rogoźnica,

	ewentualnie Berger Surowce – Kopalnia Granitu „Wieśnica”
Kwarcyt	Kopalnia Wiśniówka (Eurovia) *)
Melafir	Kopalnie Melafiru w Czarnym Borze, złoża Grzędy lub Borówne (montmorylonit)
Wapień	Kopalnia Wapieni „Wierzbica” lub Kopalnia Wapieni „Czatkowice” Miedzianka, Celiny,
Dolomit	KKSM Kopalnia Łaskowa Bukowno, Nowa Wioska, Radkowice
Gabro	Kopalnia Braszowice lub Słupiec,

Tablica 2 Wybór lepiszczy

Rodzaj lepiszcza	Producent
20/30	Lotos Asfalt
35/50	Lotos Asfalt
25/55-60	Lotos Asfalt
45/80-55	Lotos Asfalt

6) Wykonanie badań powinowactwa lepiszczy i kruszyw oraz dobór środków adhezyjnych

Zakres pracy przewidywał sprawdzenie przyczepności asfaltów - asfaltu drogowego 35/50 oraz asfaltu modyfikowanego 45/80-55 do wybranych kruszyw: żwiru kruszonego, gysu amfibolitowego, gysu granitowego, gysu dolomitowego oraz gysu bazaltowego. Badania wykonano według PN-EN 12697-11 metodą butelkową (A). Badania przeprowadzono z zastosowaniem środka adhezyjnego i bez. Zastosowano dwa rodzaje środka adhezyjnego: Wetfix BE i PE-31. Wykonano następujące warianty badań:

- Wariant I żwir kruszony z asfaltem 35/50 bez środka adhezyjnego,
- Wariant II żwir kruszony z asfaltem 35/50 z dodatkiem Wetfixu BE,
- Wariant III żwir kruszony z asfaltem 45/80-55 bez środka adhezyjnego,

- Wariant IV żwir kruszony z asfaltem 45/80-55 z dodatkiem Wetfixu BE,
- Wariant V dolomit z asfaltem 35/50 bez środka adhezyjnego,
- Wariant VI dolomit z asfaltem 35/50 z dodatkiem Wetfixu BE,
- Wariant VII dolomit z asfaltem 45/80-55 bez środka adhezyjnego,
- Wariant VIII dolomit z asfaltem 45/80-55 z dodatkiem Wetfixu BE,
- Wariant IX bazalt z asfaltem 35/50 bez środka adhezyjnego,
- Wariant X bazalt z asfaltem 35/50 z dodatkiem Wetfixu BE,
- Wariant XI bazalt z asfaltem 45/80-55 bez środka adhezyjnego,
- Wariant XII bazalt z asfaltem 45/80-55 z dodatkiem Wetfixu BE,
- Wariant XIII granit z asfaltem 35/50 bez środka adhezyjnego,
- Wariant XIV granit z asfaltem 35/50 z dodatkiem Wetfixu BE,
- Wariant XV granit z asfaltem 45/80-55 bez środka adhezyjnego,
- Wariant XVI granit z asfaltem 45/80-55 z dodatkiem Wetfixu BE,
- Wariant XVII amfibolit bez środka adhezyjnego,
- Wariant XVIII amfibolit z dodatkiem Wetfixu BE (0,3%),
- Wariant XIX amfibolit z dodatkiem PE-31 (0,3%).

Badanie przyczepności lepiszcza asfaltowego do kruszywa przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN 12697-11 pt. Mieszanki mineralno-asfaltowe – Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco, Część 11: Określenie powiązania pomiędzy kruszywem i asfaltem. W tym przypadku wykorzystano metodę obracanej butelki opisaną w części A normy. Do badania pobrano reprezentatywną próbkę kruszywa o masie 510 g. Zgodnie z normą dla takiej ilości kruszywa potrzebna jest próbka lepiszcza o masie równej $16 \pm 0,2$ g. Kruszywo, lepiszcze i miska mieszalnika są oddzielnie ogrzewane do temperatury o 25 °C wyższej od temperatury referencyjnej ustalonej dla danej mieszanki zgodnie z normą EN 12697-35. Kruszywo i lepiszcze są mieszane ręcznie w misce mieszalnika aż do osiągnięcia 100 % otoczenia kruszywa lepiszczem. Przygotowany do badania materiał jest przechowywany przez 12-64 h w temperaturze 20 ± 5 °C, rozłożony na płaskiej powierzchni, pokrytej silikonem, w taki sposób aby uniemożliwić sklejenie się ziaren. Przy przeprowadzaniu właściwego badania zadaje się prędkość obrotową butelki jako 60 obr/min ± 10 %. Na początku badania temperatura wody destylowanej, którą napełniona jest butelka w 50 % ma temperaturę 5 ± 2 °C. Jako, że temperatura, w jakiej wykonuje się badanie, należy do przedziału 15-25 °C, to temperatura ta stopniowo rośnie, aż do osiągnięcia temperatury badania. Pierwszą ocenę wzrokową

pokrycia kruszywa przeprowadza się po 6 h \pm 15 min, zaś kolejne po 24 h, 48 h i 72 h. Każda wzrokowa ocena pokrycia asfaltem jest przeprowadzana niezależnie przez dwóch operatorów. Na każdym etapie obliczana jest średnia wartość z wyników uzyskanych przez każdego operatora z trzech porcji próbek (trzech butelek) w zaokrągleniu do 5 %.

Wyniki badań podzielono według przebadanych kruszyw. W ramach jednego kruszywa przedstawione są po cztery warianty badań dwa asfalty (drogowy o modyfikowany) oraz bez i z dodatkiem środka adhezyjnego.

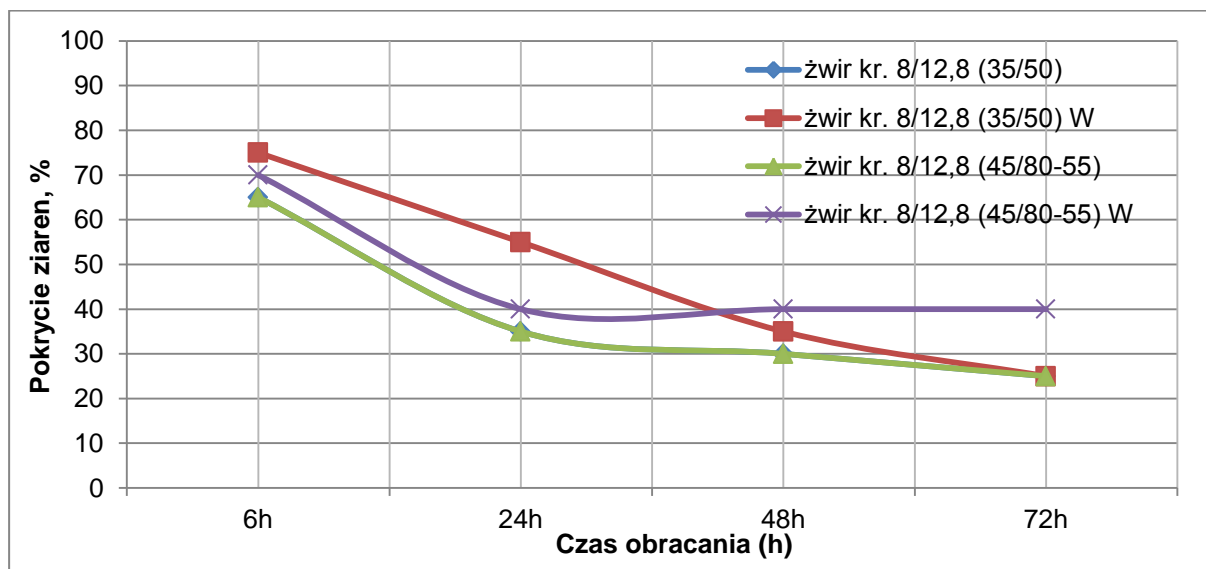
Wyniki badań wykonanych ze żwirem kruszonym frakcji 8/11 mm oraz asfaltami: drogowym 35/50 i modyfikowany 45/80-55. Ponadto próbki zostały dodatkowo zróżnicowane poprzez dodanie lub brak środka adhezyjnego. W tablicach 3 i 4 oraz na rysunkach 1-3 zestawiono wyniki badań.

Tablica 3 Wyniki oznaczenia przyczepności asfaltu 35/50 do żwiru kruszonego (wartości średnie wg PN- EN 12697-11 zaokrąglenie do 5%) – frakcja 8/11 mm

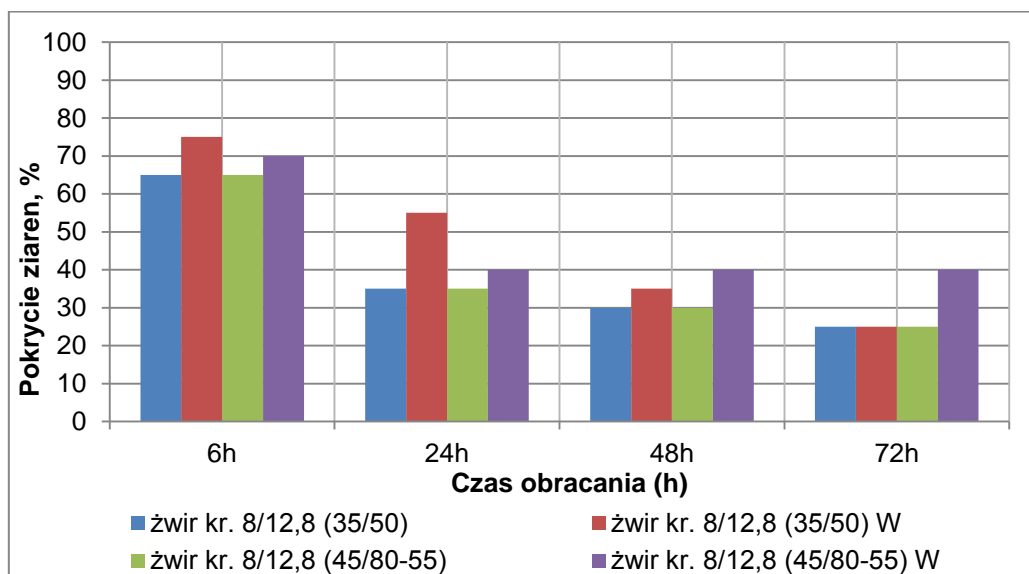
Fracja 8/11 mm	Wariant I (bez dodatku)				Wariant II (0,3% Wetfix BE)			
	6h	24h	48h	72h	6h	24h	48h	72h
OPERATOR I	65	35	30	25	70	60	35	25
	65	40	30	25	75	55	35	25
	65	35	30	20	75	55	35	25
ŚREDNIA I	65	37	30	23	73	57	35	25
OPERATOR II	65	35	30	25	70	60	35	25
	65	40	30	25	75	55	35	25
	65	35	30	20	75	55	35	25
ŚREDNIA II	65	37	30	23	73	57	35	25
ŚREDNIA I, II	65	37	30	23	73	57	35	25
ŚREDNIA wg PN	65	35	30	25	75	55	35	25

Tablica 4 Wyniki oznaczenia przyczepności asfaltu 45/80-55 do żwiru kruszonego (wartości średnie wg PN- EN 12697-11 zaokrąglenie do 5%) – frakcja 8/11 mm

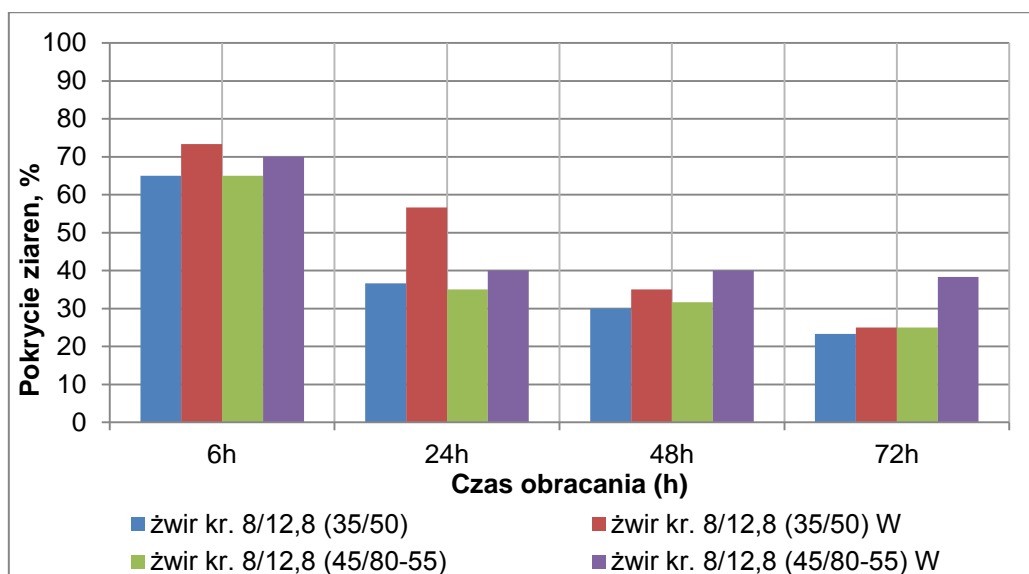
Frakcja 8/11 mm	Wariant III (bez dodatku)				Wariant IV (0,3% Wetfix BE)			
	6h	24h	48h	72h	6h	24h	48h	72h
OPERATOR I	65	35	35	25	70	40	40	40
	65	35	30	25	70	40	40	35
	65	35	30	25	70	40	40	40
ŚREDNIA I	65	35	32	25	70	40	40	38
OPERATOR II	65	35	35	25	70	40	40	40
	65	35	30	25	70	40	40	35
	65	35	30	25	70	40	40	40
ŚREDNIA II	65	35	32	25	70	40	40	38
ŚREDNIA I, II	65	35	32	25	70	40	40	38
ŚREDNIA wg PN	65	35	30	25	70	40	40	40



Rysunek 1 Zmiana w czasie przyczepność asfaltów do kruszywa (żwiru kruszonego) - (wartości średnie obliczone wg PN-EN 12697-11)



Rysunek 2 Porównanie przyczepność asfaltów do kruszywa (żwiru kruszonego) - (wartości średnie wg PN) podczas kolejnych oznaczeń



Rysunek 3 Porównanie przyczepność asfaltów do kruszywa (żwiru kruszonego) - (wartości średnie rzeczywiste) podczas kolejnych oznaczeń

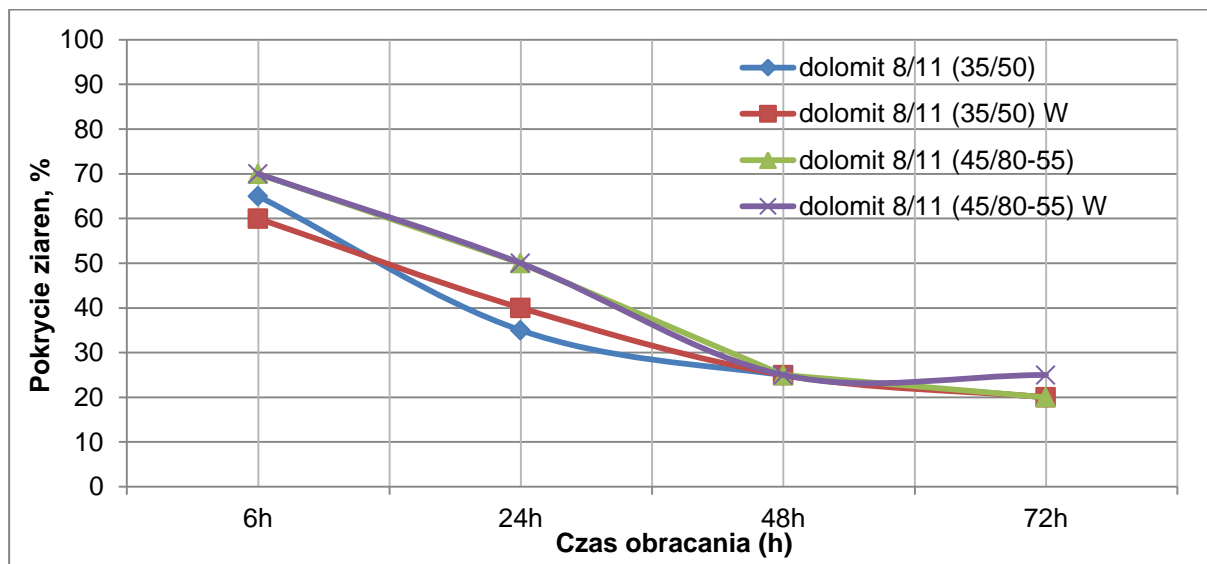
Wyniki badań wykonanych na kruszywie dolomitowym frakcji 8/11 mm oraz asfaltami: drogowym 35/50 i modyfikowany 45/80-55. Ponadto próbki zostały dodatkowo zróżnicowane poprzez dodanie lub brak środka adhezyjnego. W tablicach 5 i 6 oraz na rysunkach 4 – 6 zestawiono wyniki badań.

Tablica 5 Wyniki oznaczenia przyczepności asfaltu 35/50 do kruszywa dolomitowego (wartości średnie wg PN- EN 12697-11 zaokrąglenie do 5%) – frakcja 8/11 mm.

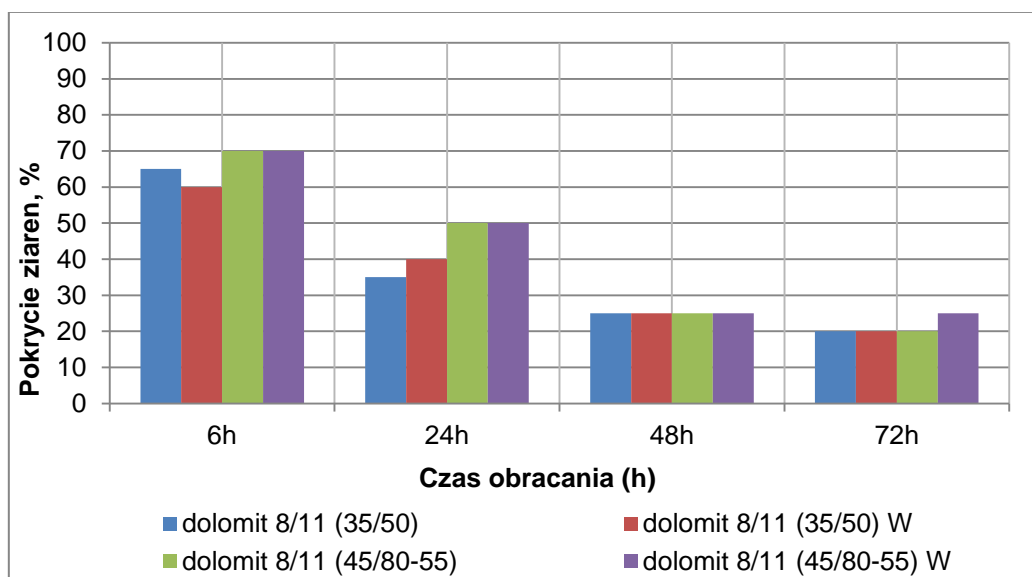
Frakcja 8/11 mm	Wariant V (bez dodatku)				Wariant VI (0,3% Wetfix BE)			
	6h	24h	48h	72h	6h	24h	48h	72h
OPERATOR I	65	35	25	20	60	40	25	20
	65	35	25	20	60	40	25	20
	65	35	30	20	60	40	25	20
ŚREDNIA I	65	35	27	20	60	40	25	20
OPERATOR II	65	35	25	15	60	40	25	15
	65	35	25	15	60	40	25	15
	60	35	30	15	60	40	25	15
ŚREDNIA II	63	35	27	15	60	40	25	15
ŚREDNIA I, II	64	35	27	18	60	40	25	18
ŚREDNIA wg PN	65	35	25	20	60	40	25	20

Tablica 6 Wyniki oznaczenia przyczepności asfaltu 45/80-55 do kruszywa dolomitowego (wartości średnie wg PN- EN 12697-11 zaokrąglenie do 5%) – frakcja 8/11 mm

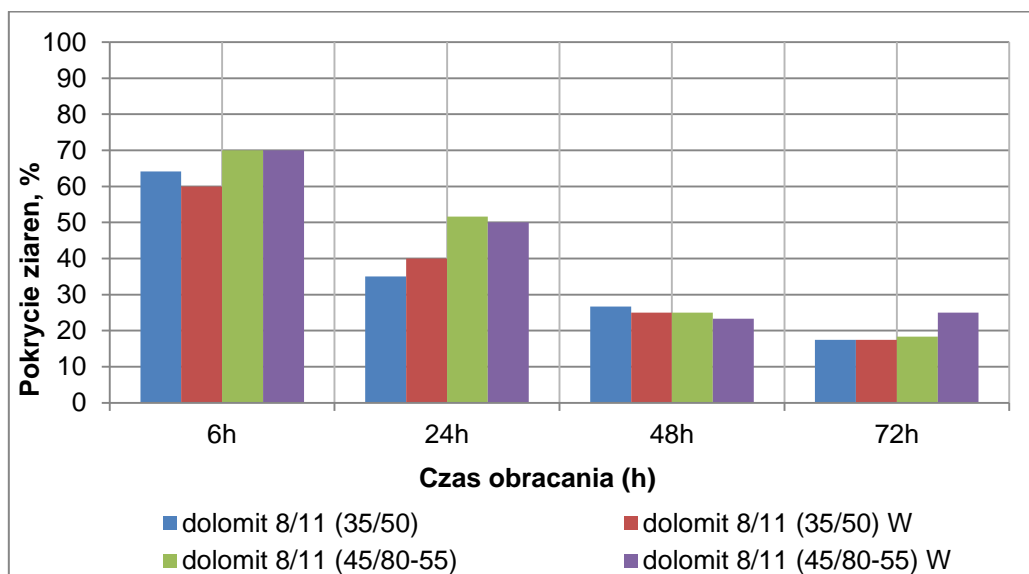
Frakcja 8/11 mm	Wariant VII (bez dodatku)				Wariant VIII (0,3% Wetfix BE)			
	6h	24h	48h	72h	6h	24h	48h	72h
OPERATOR I	70	55	25	15	70	45	20	25
	70	50	25	20	70	50	25	25
	70	50	25	20	70	55	25	30
ŚREDNIA I	70	52	25	18	70	50	23	27
OPERATOR II	70	55	25	15	70	45	20	20
	70	50	25	20	70	50	25	25
	70	50	25	20	70	55	25	25
ŚREDNIA II	70	52	25	18	70	50	23	23
ŚREDNIA I, II	70	52	25	18	70	50	23	25
ŚREDNIA wg PN	70	50	25	20	70	50	25	25



Rysunek 4 Zmiana w czasie przyczepność asfaltów do kruszywa dolomitowego - (wartości średnie obliczone wg PN-EN 12697-11)



Rysunek 5 Porównanie przyczepność asfaltów do kruszywa dolomitowego - (wartości średnie wg PN) podczas kolejnych oznaczeń



Rysunek 6 Porównanie przyczepność asfaltów do kruszywa dolomitowego- (wartości średnie rzeczywiste) podczas kolejnych oznaczeń

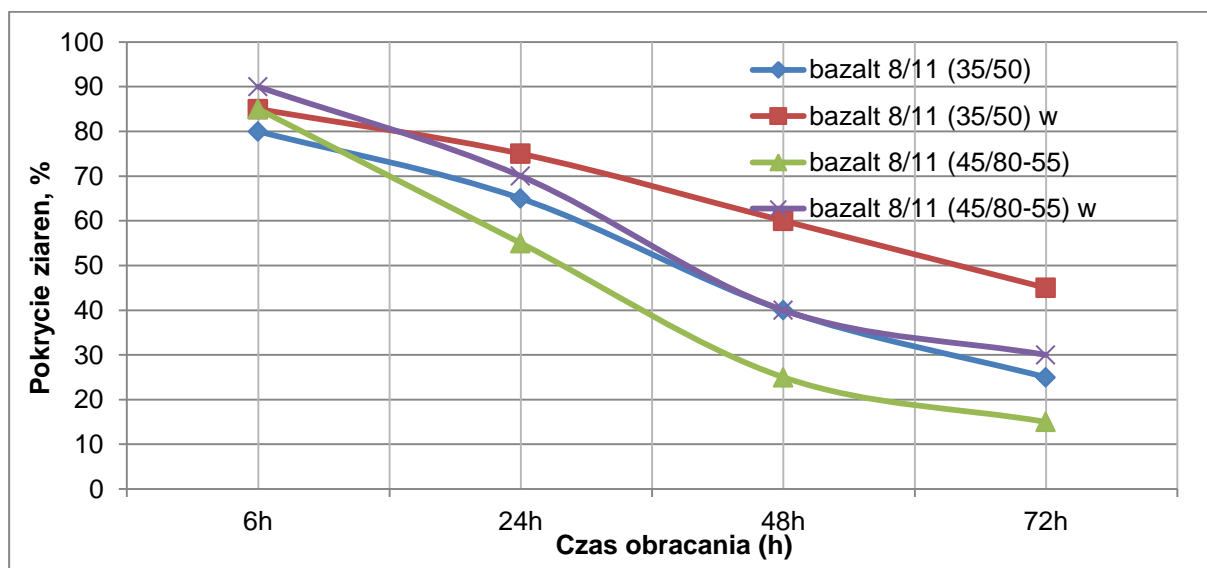
Wyniki badań wykonanych na kruszywie bazaltowym frakcji 8/11 mm oraz asfaltami: drogowym 35/50 i modyfikowany 45/80-55. Ponadto próbki zostały dodatkowo zróżnicowane poprzez dodanie lub brak środka adhezyjnego. W tablicach 7 i 8 oraz na rysunkach 7 – 9 zestawiono wyniki badań.

Tablica 7 Wyniki oznaczenia przyczepności asfaltu 35/50 do kruszywa bazaltowego (wartości średnie wg PN- EN 12697-11 zaokrąglenie do 5%) – frakcja 8/11 mm

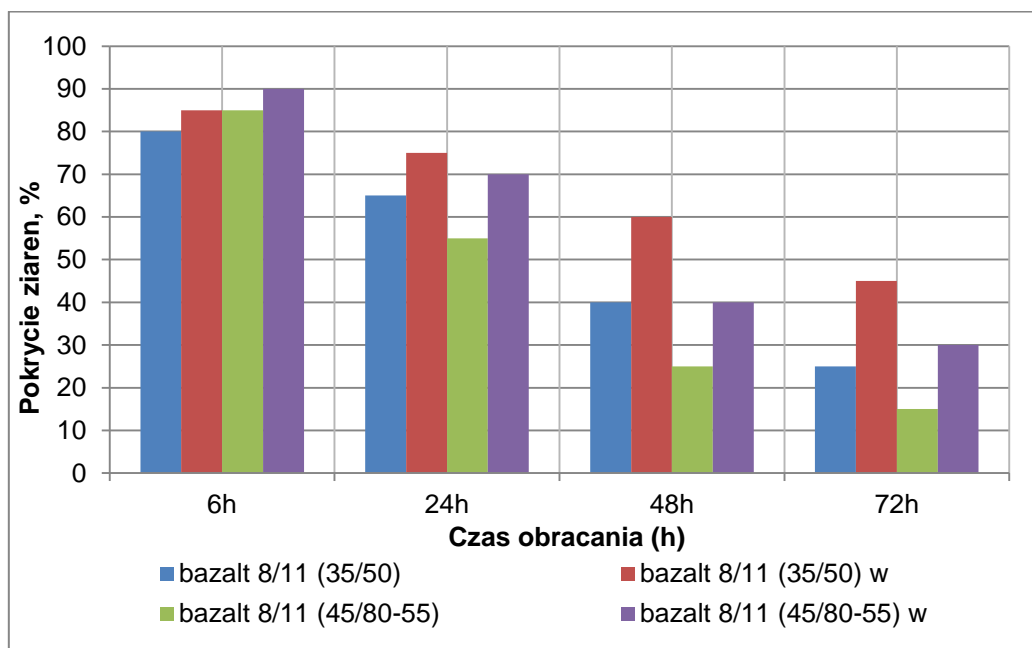
Frakcja 8/11 mm	Wariant IX (bez dodatku)				Wariant X (0,3% Wetfix BE)			
	6h	24h	48h	72h	6h	24h	48h	72h
OPERATOR I	85	65	45	25	85	75	60	40
	80	65	40	25	85	75	60	45
	80	60	40	20	85	75	60	45
ŚREDNIA I	82	63	42	23	85	75	60	43
OPERATOR II	85	65	45	25	85	75	60	40
	80	65	40	25	85	75	60	45
	80	60	40	20	85	75	60	45
ŚREDNIA II	82	63	42	23	85	75	60	43
ŚREDNIA I, II	82	63	42	23	85	75	60	43
ŚREDNIA wg PN	80	65	40	25	85	75	60	45

Tablica 8 Wyniki oznaczenia przyczepności asfaltu 45/80-55 do kruszywa bazaltowego (wartości średnie wg PN- EN 12697-11 zaokrąglenie do 5%) – frakcja 8/11 mm

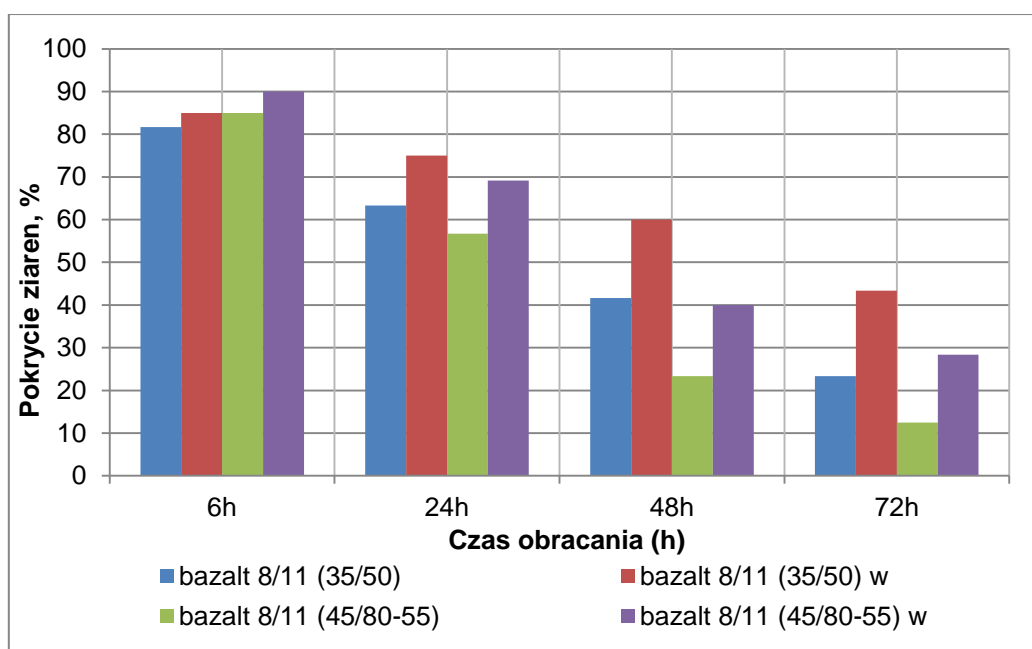
Frakcja 8/11 mm	Wariant XI (bez dodatku)				Wariant XII (0,3% Wetfix BE)			
	6h	24h	48h	72h	6h	24h	48h	72h
OPERATOR I	85	60	20	10	90	65	35	25
	85	60	25	15	90	70	40	30
	85	50	25		90	70	45	30
ŚREDNIA I	85	57	23	13	90	68	40	28
OPERATOR II	85	60	20	10	90	70	35	25
	85	60	25	15	90	70	40	30
	85	50	25		90	70	45	30
ŚREDNIA II	85	57	23	13	90	70	40	28
ŚREDNIA I, II	85	57	23	13	90	69	40	28
ŚREDNIA wg PN	85	55	25	15	90	70	40	30



Rysunek 7 Zmiana w czasie przyczepność asfaltów do kruszywa bazaltowego - (wartości średnie obliczone wg PN-EN 12697-11)



Rysunek 8 Porównanie przyczepność asfaltów do kruszywa bazaltowego - (wartości średnie wg PN) podczas kolejnych oznaczeń



Rysunek 9 Porównanie przyczepność asfaltów do kruszywa bazaltowego- (wartości średnie rzeczywiste) podczas kolejnych oznaczeń

Wyniki badań wykonanych na kruszywie granitowym frakcji 8/11 mm oraz asfaltami: drogowym 35/50 i modyfikowany 45/80-55. Ponadto próbki zostały

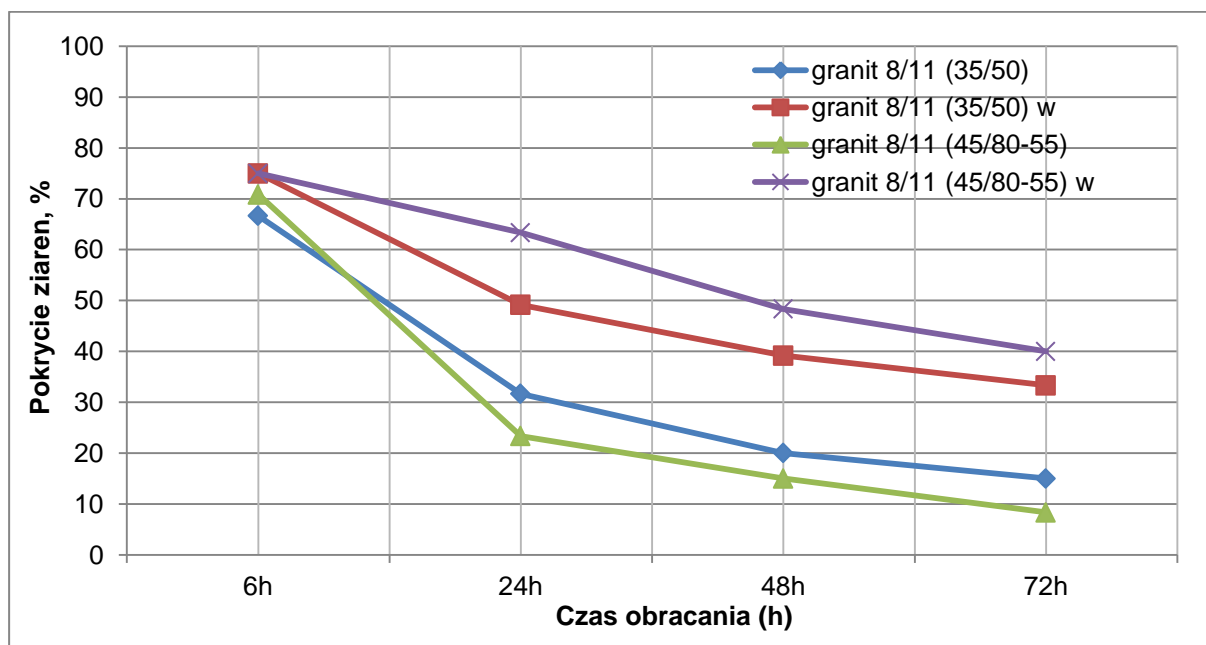
dotatkowo zróżnicowane poprzez dodanie lub brak środka adhezyjnego. W tablicach 9 i 10 oraz na rysunkach 10 – 12 zestawiono wyniki badań.

Tablica 9 Wyniki oznaczenia przyczepności asfaltu 35/50 do kruszywa granitowego (wartości średnie wg PN- EN 12697-11 zaokrąglenie do 5%) – frakcja 8/11 mm

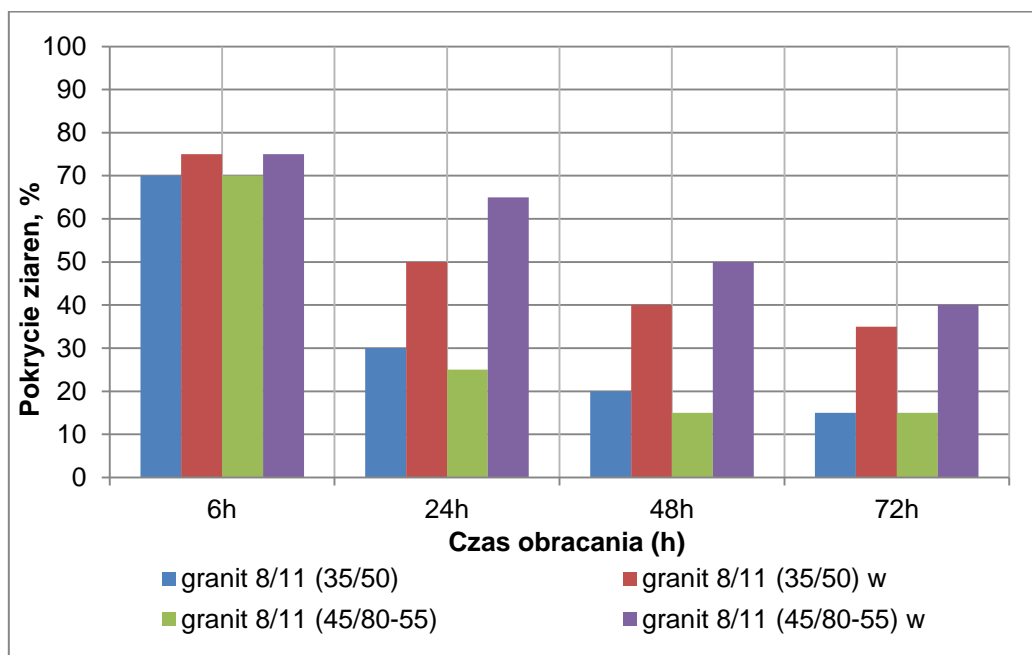
Frakcja 8/11 mm	Wariant XIII (bez dodatku)				Wariant XIV (0,3% Wetfix BE)			
	6h	24h	48h	72h	6h	24h	48h	72h
OPERATOR I	70	30	20	15	75	45	40	30
	65	35	20	15	75	50	40	35
	65	30	20	15	75	50	35	35
ŚREDNIA I	67	32	20	15	75	48	38	33
OPERATOR II	70	30	20	15	75	50	40	30
	65	35	20	15	75	50	40	35
	65	30	20	15	75	50	40	35
ŚREDNIA II	67	32	20	15	75	50	40	33
ŚREDNIA I, II	67	32	20	15	75	49	39	33
ŚREDNIA wg PN	70	30	20	15	75	50	40	35

Tablica 10 Wyniki oznaczenia przyczepności asfaltu 45/80-55 do kruszywa granitowego (wartości średnie wg PN- EN 12697-11 zaokrąglenie do 5%) – frakcja 8/11 mm

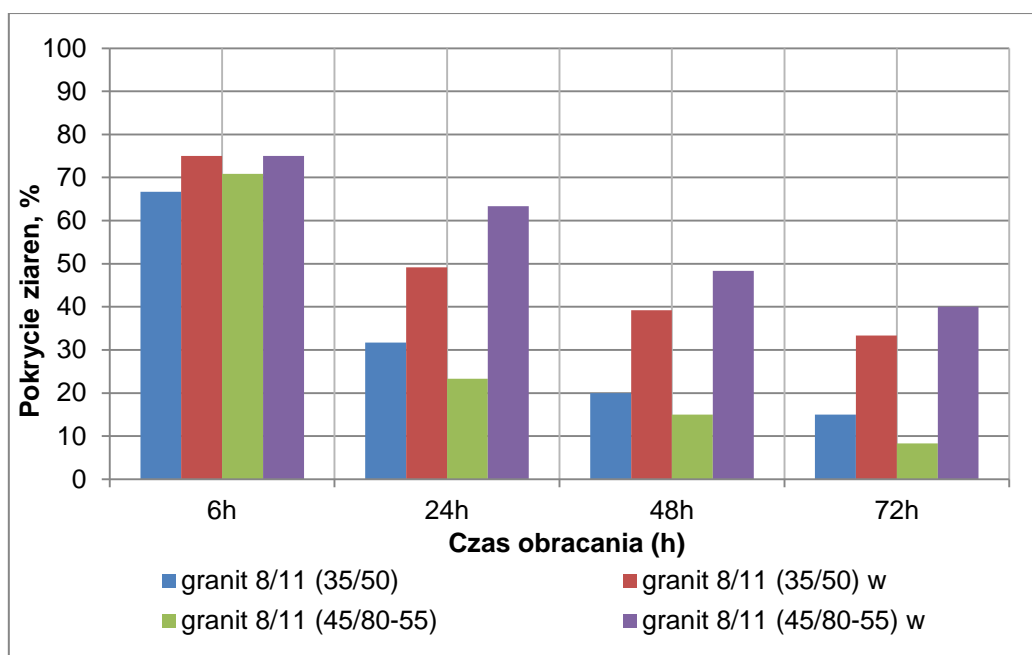
Frakcja 8/11 mm	Wariant XV (bez dodatku)				Wariant XVI (0,3% Wetfix BE)			
	6h	24h	48h	72h	6h	24h	48h	72h
OPERATOR I	70	25	20	10	75	60	45	35
	70	25	15	10	75	65	50	40
	70	25	15	5	75	65	50	45
ŚREDNIA I	70	25	17	8	75	63	48	40
OPERATOR II	75	25	15	10	75	60	45	35
	70	25	15	10	75	65	50	40
	70	15	10	5	75	65	50	45
ŚREDNIA II	72	22	13	8	75	63	48	40
ŚREDNIA I, II	71	23	15	8	75	63	48	40
ŚREDNIA wg PN	70	25	15	15	75	65	50	40



Rysunek 10 Zmiana w czasie przyczepność asfaltów do kruszywa granitowego - (wartości średnie obliczone wg PN-EN 12697-11)



Rysunek 11 Porównanie przyczepność asfaltów do kruszywa granitowego - (wartości średnie wg PN) podczas kolejnych oznaczeń



Rysunek 12 Porównanie przyczepność asfaltów do kruszywa granitowego- (wartości średnie rzeczywiste) podczas kolejnych oznaczeń

W badaniach zastosowano kruszywo amfibolitowe frakcji 5/8 mm i 8/11 mm oraz asfalt modyfikowany 45/80-55 z Rafinerii Lotos Asfalt. W tablicach 11-13 oraz na rysunkach 13-14 zestawiono wyniki badań.

Tablica 11 Wyniki oznaczenia przyczepności asfaltu do kruszywa (wartości średnie wg PN- EN 12697-11 zaokrąglenie do 5%) – frakcja 5/8 mm

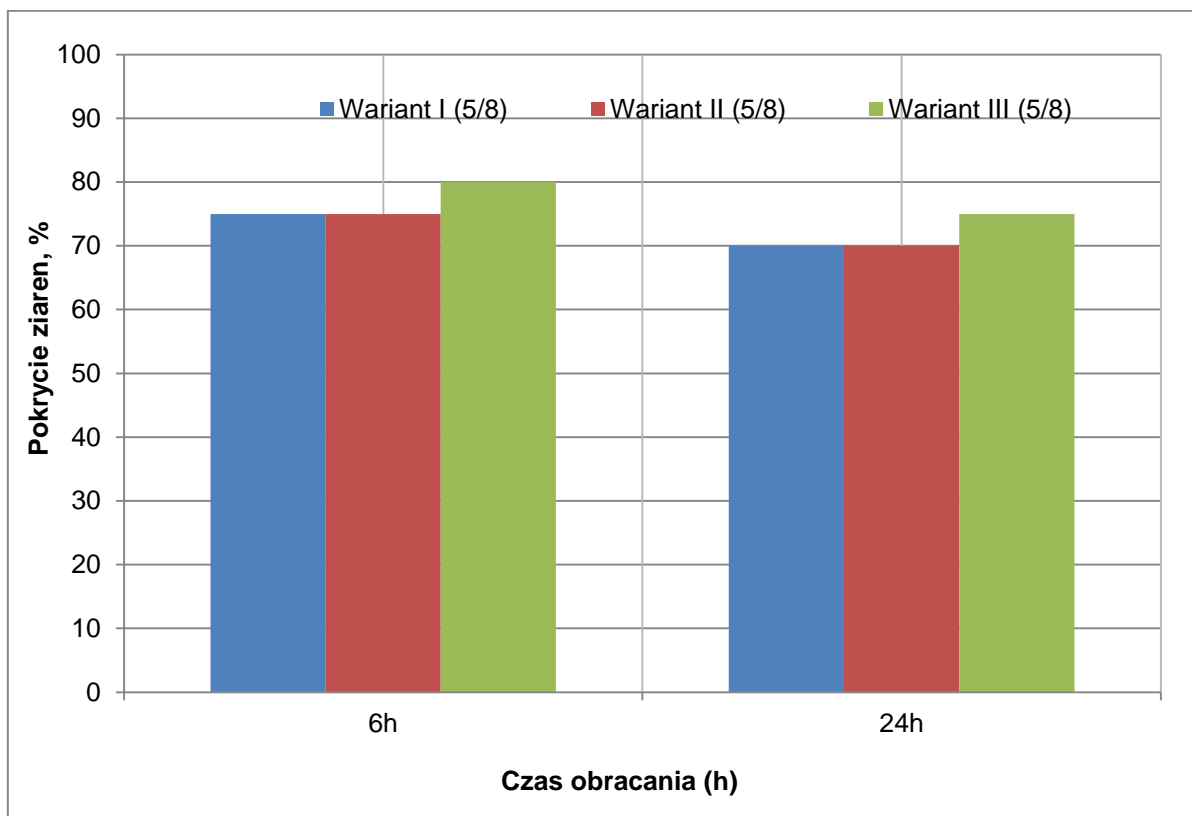
Frakcja 5/8 mm	Wariant I (bez dodatku)		Wariant II (0,3% Wetfix BE)		Wariant III (0,3% PE-31)	
	6h	24h	6h	24h	6h	24h
OPERATOR I	75	70	75	70	80	75
	75	70	75	70	80	75
	75	70	75	70	80	75
ŚREDNIA I	75	70	75	70	80	75
OPERATOR II	75	70	75	70	80	75
	75	70	75	70	80	75
	75	70	75	70	80	75
ŚREDNIA II	75	70	75	70	80	75
ŚREDNIA I, II	75	70	75	70	80	75

Tablica 12 Wyniki oznaczenia przyczepności asfaltu do kruszywa (wartości średnie wg PN- EN 12697-11 zaokrąglenie do 5%) – frakcja 8/11 mm

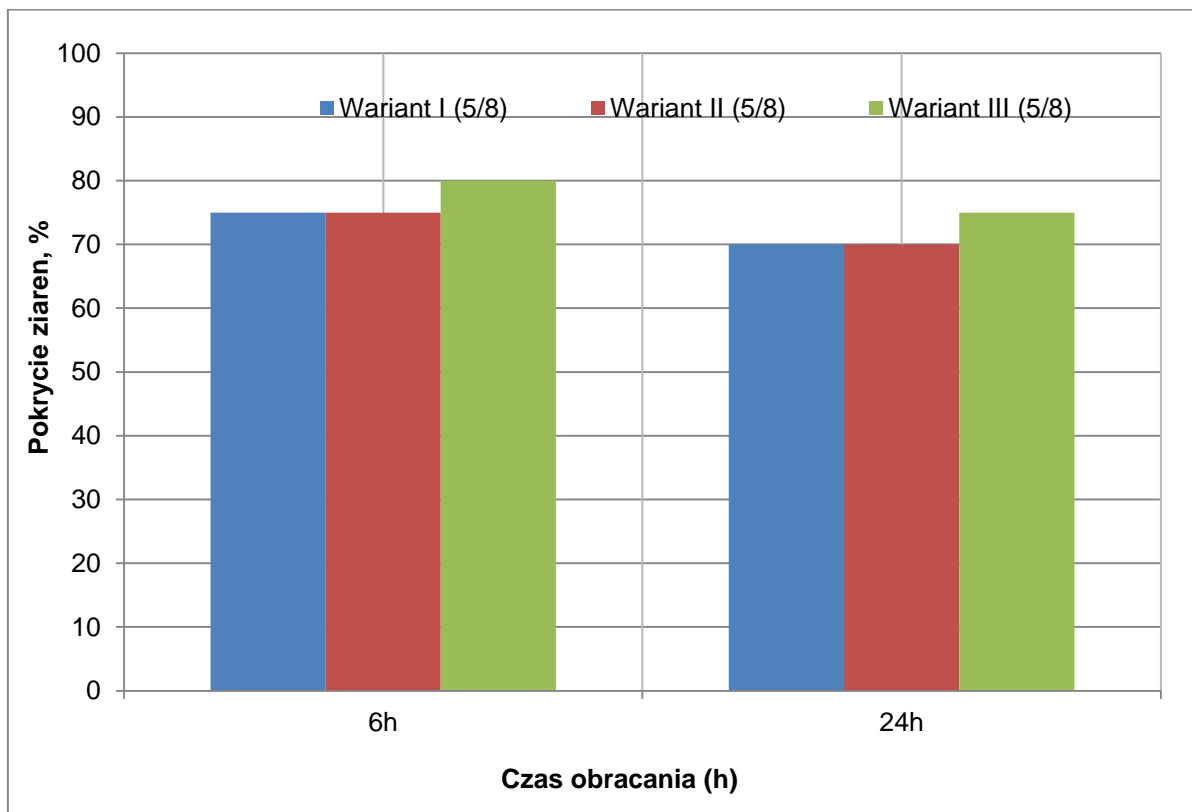
Frakcja 8/11 mm	Wariant I (bez dodatku)		Wariant II (0,3% Wetfix BE)		Wariant III (0,3% PE-31)	
	6h	24h	6h	24h	6h	24h
OPERATOR I	75	60	80	70	80	75
	75	60	80	70	80	70
	75	60	80	70	80	70
ŚREDNIA I	75	60	80	70	80	72
OPERATOR II	80	60	80	70	80	75
	80	60	80	70	80	70
	80	60	80	70	80	70
ŚREDNIA II	80	60	80	70	80	72
ŚREDNIA I, II	80	60	80	70	80	70

**Tablica 13 Wyniki oznaczenia przyczepności asfaltu do kruszywa
(wartości średnie – bez zaokrąglenia)**

	Wariant I (bez dodatku)		Wariant II (0,3% Wetfix BE)		Wariant III (0,3% PE-31)	
	6h	24h	6h	24h	6h	24h
Fracja 5/8						
ŚREDNIA I	75	70	75	70	80	75
ŚREDNIA II	75	70	75	70	80	75
ŚREDNIA I, II	75	70	75	70	80	75
Fracja 5/8						
ŚREDNIA I	75	60	80	70	80	72
ŚREDNIA II	80	60	80	70	80	72
ŚREDNIA I, II	78	60	80	70	80	72



Rysunek 13 Przyczepność asfaltu do kruszywa (wartości średnie – bez zaokrąglenia)



Rysunek 14 Przyczepność asfaltu do kruszywa (wartości średnie wg PN-EN 12697-11 zaokrąglone do 5%)

Przyczepność po 6 h kształtuje się na poziomach:

- **żwir kruszony** – 65 - 70% (nie zaobserwowano różnic wynikających z rodzaju lepiszcza oraz zastosowania środka adhezyjnego do asfaltu modyfikowanego, dodanie środka do asfaltu drogowego zwiększyło przyczepność o ok. 10%);

- **kruszywo dolomitowe** – 60-70 % (nie zaobserwowano wpływu dodania środka adhezyjnego, natomiast przyczepność asfaltu modyfikowanego była wyższa o 5 – 10% w stosunku do asfaltu zwykłego);

- **kruszywo bazaltowe** – 80 - 90%, (przy zmianie lepiszcza z drogowego na modyfikowane oraz dodanie środka adhezyjnego zwiększyły przyczepność o 5%);

- **kruszywo granitowe** – 70 – 75% (nie zaobserwowano różnic wynikających z rodzaju lepiszcza, natomiast dodanie środka adhezyjnego w obu przypadkach (asfaltu drogowego i modyfikowanego) podwyższyło przyczepność o 5%.);

- **kruszywo amfibolitowe** – 80 – 75% (nie zaobserwowano różnic wynikających z dodania środka adhezyjnego i jego rodzaju);

Kolejny pomiar wykonany po 24 godzinach wykazał, że przyczepność kształtowała się następujących poziomach:

- **żwir kruszony** – 35 - 55% (przy zastosowaniu asfaltu drogowego, dodanie środka adhezyjnego podniosło przyczepność o 20%, w przypadku kruszyw wymieszanych z asfaltem modyfikowanym, dodanie środka adhezyjnego zwiększyło przyczepność o 5%, zmiana samego lepiszcza z drogowego na modyfikowany nie wpłynęła na przyczepność);

- **kruszywo dolomitowe** – 35-50%, (przyczepność asfaltu modyfikowanego była wyższa o 15 – 20%, dodanie środka adhezyjnego zwiększyło nieznacznie przyczepność jedynie w przypadku asfaltu drogowego);

- **kruszywo bazaltowe** – 55 - 75%, (przyczepność asfaltu modyfikowanego była niższa o 5-10% w stosunku do asfaltu drogowego, natomiast dodanie środka adhezyjnego zwiększyło przyczepność o 10-15%);

- **kruszywo granitowe** – 25 – 65% (nie zaobserwowano jednoznacznych różnic wynikających z rodzaju dodanego lepiszcza, natomiast dodanie środka adhezyjnego znacznie podniosło przyczepność o 20-40%);

- **kruszywo amfibolitowe** – 60 – 70% (środek adhezyjny poprawia przyczepność o około 10%).

7) Wybór laboratoriów uczestniczących w badaniach międzylaboratoryjnych

Do współpracy w ramach realizacji tematu zaproponowano grupę laboratoriów drogowych czynnie uczestniczących w dyskusjach na temat badania wodoodporności. Wśród wybranych laboratoriów znalazły się laboratoria drogowe GDDKiA, laboratoria zlokalizowane przy uczelniach technicznych, laboratoria drogowe firm produkujących mieszanki mineralno-asfaltowe oraz laboratoria drogowe niezależne. Część spośród wybranych laboratoriów posiadała akredytację Polskiego Centrum Akredytacji na badanie wodoodporności. Listę laboratoriów przedstawiono w tablicy 14

Tablica 14 Wstępna lista laboratoriów wytypowanych do współpracy w ramach tematu TN-255

Lp.	Laboratoria GDDKiA
1	Laboratorium Drogowe GDDKiA Oddział w Białymstoku
2	Laboratorium Drogowe GDDKiA Oddział w Bydgoszczy
3	Laboratorium Drogowe GDDKiA Oddział w Gdańsku
4	Laboratorium Drogowe GDDKiA Oddział w Katowicach
5	Laboratorium Drogowe GDDKiA Oddział w Kielcach
6	Laboratorium Drogowe GDDKiA Oddział w Krakowie
7	Laboratorium Drogowe GDDKiA Oddział w Lublinie
8	Laboratorium Drogowe GDDKiA Oddział w Łodzi
9	Laboratorium Drogowe GDDKiA Oddział w Olsztynie
10	Laboratorium Drogowe GDDKiA Oddział w Opolu
11	Laboratorium Drogowe GDDKiA Oddział w Poznaniu
12	Laboratorium Drogowe GDDKiA Oddział w Rzeszowie
13	Laboratorium Drogowe GDDKiA Oddział w Szczecinie
14	Laboratorium Drogowe GDDKiA Oddział w Warszawie
15	Laboratorium Drogowe GDDKiA Oddział we Wrocławiu
16	Laboratorium Drogowe GDDKiA Oddział w Zielonej Górze
Laboratoria Uczelni Technicznych / Instytutów / Niezależne	
20	Instytut Badawczy Dróg i Mostów Pracownia Technologii Nawierzchni
21	Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych Zakład Lotniskowy
22	Katedra Dróg i Lotnisk Instytut Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej
23	Laboratorium Drogowe Wojciech Bogacki

24	Politechnika Gdańska Wydział Inżynierii Lądowej Laboratorium Badawcze
25	TPA Instytut Badań Technicznych Sp. z o.o.
26	Zakład Dróg i Mostów Politechnika Warszawska
Laboratoria drogowe wykonawców	
27	Bilfinger Berger Budownictwo S.A.
28	BUDIMEX S.A.
29	EUROVIA Polska S.A.
30	Laboratorium Warmińsko-Mazurskie Przedsiębiorstwo Drogowe Sp. z o. o.
31	Masfalt Sp. z o. o.
32	Mostostal Warszawa S.A.
33	Mota-Engil Central Europe S.A.
34	Poldim S.A.
35	Polimex-Mostostal S.A.
36	Przedsiębiorstwo Budowy Dróg i Mostów Sp. z o.o Centralne Laboratorium Drogowe
37	SKANSKA S.A.

8) Zgromadzenie danych o stosowanym sprzęcie laboratoryjnym i stosowanych procedurach wykonania badania mrozoodporności w laboratoriach uczestniczących w badaniach międzylaboratoryjnych

Jednym z zasadniczych problemów dotyczących badania wodoodporności jest występowanie znacznych rozrzutów wyników badań. Rozrzuty występują zarówno w powtarzalności, jak i odtwarzalności metody badawczej. Norma PN-EN 12697-12 określa powtarzalność na poziomie 15 %, a odtwarzalność na poziomie 23 %.

W ramach pracy rozpoczęto rozpoznanie występowania znacznych rozrzutów wyników badań wykonanych według procedury badawczej stosowanej w Polsce. W tym celu sformułowano ankietę, której zakres obejmuje podstawowe informacje o laboratorium, szczegółowe informacje o wyposażeniu związanym z badaniem wodoodporności oraz szczegóły stosowanej procedury badawczej (nie zawarte w ogólnie przyjętej procedurze badawczej). Ankieta w szczególności obejmuje następujące zagadnienia dotyczące informacji ogólnych o laboratorium:

- Ile osób związanych z badaniami mm-a zatrudnia laboratorium
- Staż pracy osób przeprowadzających badania laboratoryjne (w tym mm-a)

- Czy laboratorium wykonywało przed 2008 rokiem badania wodoodporność wg AASHTO T283-89
- Ile badań odporności na działanie wody wg PN-EN 12697-12 z cyklem zamrażania lub bez wykonało laboratorium
- Czy laboratorium miało problemy z uzyskaniem wystarczającej powtarzalności wyników własnych badań wrażliwości na działanie wody przed opublikowaniem WT-2 2010?
- Czy laboratorium miało problemy z uzyskaniem wystarczającej powtarzalności wyników własnych badań wrażliwości na działanie wody wg procedury WT-2 2010?
- Czy laboratorium miało problemy z uzyskaniem odtwarzalności wyników badań przy porównaniu z wynikami uzyskanymi w innym laboratorium przed opublikowaniem WT-2 2010?
- Czy laboratorium miało problemy z uzyskaniem odtwarzalności wyników badań przy porównaniu z wynikami uzyskanymi w innym laboratorium wg WT-2 2010?
- Czy laboratorium posiada akredytację na badanie odporności na działanie wody według PN-EN 12697-12:2008?

Druga część ankiety dotyczy informacji o wyposażeniu pomiarowym i badawczym stosowanym do badania wodoodporności:

- Do przygotowania mm-a do badań wodoodporności wykorzystywane jest:
 - mieszanie ręczne, pojedyncza porcja na próbkę Marshalla
 - mieszanie mechaniczne, pojedyncza porcja na próbkę Marshalla
 - mieszanie mechaniczne, większa porcja mm-a, z której wydzielane są porcje na próbki Marshalla
- Do zagęszczenia próbek Marshalla do badania wodoodporności stosowany jest ubijak (producent, rok produkcji, zgodny z Normą Europejską):
- Do termostatowania próbek z zestawu „suchego” wykorzystywany jest (producent, zakres pomiarowy, rok produkcji):
 - czy urządzenie jest wzorcowane/sprawdzone
- Do termostatowania próbek z zestawu „mokrego” wykorzystywany jest (producent, zakres pomiarowy, rok produkcji)
 - naczynie z wodą wstawione do komory termostatycznej powietrznej
 - łaźnia typu Marshalla
 - łaźnia typu Marshalla z układem chłodzącym
 - większa łaźnia termostatyczna z układem chłodzenia i grzania
 - inne (jakie) czy urządzenie jest wzorcowane/sprawdzone

- Do nasączenia próbek stosowana jest komora próżniowa (producent, zakres pomiarowy, rok produkcji):
 - czy urządzenie jest wzorcowane/sprawdzone
- Do badania wykorzystywana jest prasa wytrzymałościowa (producent, zakres pomiarowy, rok produkcji):
 - czy urządzenie jest wzorcowane/sprawdzone

Ostatnia część ankiety dotyczy opisu procedury badawczej wodoodporności z cyklem zamrażania stosowanej przez laboratorium przed opublikowaniem WT-2 2010.

Po otrzymaniu wypełnionych ankiet zostaną one przeanalizowane pod kątem zgodności z Normą i procedurą badawczą według WT-2 2010.

9) Przygotowanie mieszanek mineralno-asfaltowych do badań:

Do wstępnych badań przeznaczono dwie mieszanki mineralno-asfaltowe. SMA z grysami gabro oraz beton asfaltowy o wysokim module sztywności AC WMS 16 z grysami wapiennymi i grysem melafirowym. Skład tych mieszanek przedstawiono w tablicy 15 i 16.

Tablica 15 Recepta AC WMS 16

Lp.	Składniki	Mieszanka mineralna % m/m	Mieszanka mineralno-asfaltowa % m/m
1	Grys melafirowy 11/16 [mm]	5,0	4,8
2	Grys wapienny 8/16 [mm]	35,0	33,2
3	Grys wapienny 2/8 [mm]	20,0	19,0
4	Krusz drobne granul. 0/4 [mm]	22,0	20,9
5	Piasek łamany 0/2 [mm]	17,0	16,1
6	Mączka wapienna	1,0	1,0
7	Asfalt 20/30	-	5,0
	Razem	100,00	100,00

Wetfix BE 0,3 % m/m mma

Tablica 16 Recepta SMA 8

Lp.	Składniki	Mieszanka mineralna	Mieszanka mineralno-asfaltowa
-----	-----------	---------------------	-------------------------------

		% m/m	% m/m
1	Grys gablo 4/8 [mm]	68,0	63,5
2	Grys gablo 2/5 [mm]	10,0	9,3
3	Piasek łam. 0/2 [mm]	11,0	10,3
4	Mączka wapienna	11,0	10,3
5	Asfalt PMB 45/80-65	-	6,6
	Razem	100,00	100,00

Środek adhezyjny Wetfix BE 0,3 % m/m asfaltu

Włókna celulozowe Viatop 0,5 % m/m mma

W laboratorium zgromadzono wymagane materiały i po otrzymaniu deklaracji przystąpienia laboratoriów do badań rozpocznie się wysyłka próbek do badań.

Dodatkowo zostaną przeprowadzone w laboratorium IBDiM badania mieszanki SMA z dodatkiem kilku środków adhezyjnych w celu porównania ich efektywności:

- Wetfix BE
- Iterlene 400 s1 lub 400 I
- Iterlene PE-31
- Teramin.

10) Wstępna analiza wyników badań

Analizę powtarzalności i odtwarzalności wyników badań można rozpocząć od źródła, czyli normy. Norma 12697-12 informuje, że na razie nie zebrano danych dotyczących precyzji. Jednocześnie norma podaje wyniki badań porównawczych przeprowadzonych w Stanach Zjednoczonych Ameryki. Badania te przeprowadzono przy użyciu podobnej aparatury i w tej samej temperaturze badawczej. Odchylenie standardowe wskaźnika wytrzymałości na rozciąganie pośrednio uzyskane ze wszystkich laboratoriów biorących udział w porównaniu wyniosło 8 %. Maksymalna dopuszczalna różnica pomiędzy wynikami z dwóch laboratoriów wynosiła 23 %. Na podstawie tych danych oszacowano, że powtarzalność wynosi ok. 15 %, a odtwarzalność ok. 23 %.

Szacowanie niepewności pomiaru przeprowadzono również w IBDiM na podstawie wyników prowadzonych badań. Przykładowo podczas przeprowadzania badań międzystanowiskowych uzyskano średnią wartość 104 %. Odchylenie standardowe z czterech niezależnych oznaczeń wyniosło 7,2 %. Przy wskaźniku rozszerzenia $k = 2$ uzyskano niepewność pomiaru na poziomie 14,4 % przy poziomie

ufności 95 %. Wartość ta mieściła się zatem w granicy powtarzalności według normy. W miarę realizacji kolejnych etapów pracy dane o powtarzalności będą aktualizowane.

Przyczyny rozrzutów i ewentualnych znacznych przekroczeń granic powtarzalności i odtwarzalności zostaną przeanalizowane wraz z postępowaniem porównań międzylaboratoryjnych oraz napływaniem ankiet dotyczących wyposażenia badawczego i procedury badawczej.

11) Określenie koniecznych poprawek w procedurze badawczej wg WT-2 2010

Dokonano analizy procedury badawczej według WT-2 2010. Ze wstępnej analizy można wyciągnąć następujące wnioski:

- procedura badawcza według WT-2 2010 jest najostrzejszą procedurą z dotychczas stosowanych
- doprecyzowania wymaga rodzaj stosowanego wyposażenia laboratoryjnego
- doprecyzowania wymaga procedura w zakresie ilości i podziału populacji próbek przygotowanych w ubijaku Marshalla na zestaw „suchy” i „mokry”
- należy doprecyzować wymagania wobec mieszanek mineralno-asfaltowych do poszczególnych warstw

Surowość procedury według WT-2 2010 polega na połączeniu najniekorzystniejszych warunków kondycjonowania próbek według PN-EN 12697-12:2008 oraz AASHTO T 283/89. Szczegóły podano w rozdz. 13). W ramach niniejszej pracy przeanalizowane będą wyniki badań według poszczególnych metod i oceniony będzie rzeczywisty wpływ „niekorzystnych” warunków kondycjonowania na wyniki badań.

Już ze wstępnej analizy wymagań odnośnie wyposażenia badawczego biorącego udział w procesach kondycjonowania próbek wynika, że możliwa jest duża dowolność wyboru. I niestety jest to również pole do popełniania błędów. Przykładowo do kondycjonowania próbek można stosować zarówno komorę ciepłą, jak i łaźnię wodną. Na etapie kondycjonowania osiągnane są temperatury rzędu 40 °C, 60 °C, czyli możliwe do uzyskania przy pomocy typowej łaźni Marshalla. Problem powstaje w momencie, gdy należy uzyskać temperaturę wody 25 °C. Typowa łaźnia Marshalla umożliwia nastawienie takiej wartości, jednak zgodnie z instrukcją zakres pracy urządzenia rozpoczyna się od temperatury większej o 15 °C od temperatury otoczenia, w którym znajduje się łaźnia. To oznacza w praktyce, że do uzyskania stabilnej temperatury 25 °C w typowej łaźni Marshalla temperatura

otoczenia powinna wynosić maksymalnie 10 °C. Dodatkowo, jeśli w łaźni wodnej z wodą ustabilizowaną na 25 °C umieścimy kilka lub kilkanaście próbek o temperaturze 60 °C, uzyskanie temperatury 25 °C może okazać się niemożliwe w krótkim czasie bez stosowania dodatkowych zabiegów. Należy pamiętać, że nie wszystkie laboratoria wyposażone są w stosowne łaźnie termostatyczne wyposażone zarówno w układ chłodzenia jak i grzania. Szczegółowa analiza wyposażenia laboratoriów będzie możliwa po otrzymaniu ankiet.

Po wnikliwszej analizie doświadczeń praktycznych ze stosowania procedury wynika, że występują dowolności jej interpretacji. Przykładowo procedura narzuca przygotowanie minimum sześciu próbek. Ze wstępnego wywiadu wynika, że większość laboratoriów przygotowuje co najmniej osiem a nawet 10 próbek na jedną mieszankę. Część laboratoriów dokonuje analizy gęstości objętościowej, a następnie odrzuca próbki o skrajnych wynikach. Inne laboratoria stosują zasadę, że do badań nie odrzucają żadnych próbek, a odrzucenie wartości odstających następuje przy końcowej analizie wyników wytrzymałości na rozciąganie pośrednie.

Wybór próbek do „zestawu mokrego” i „zestawu suchego” podyktowany jest koniecznością uzyskania odchyłek średnich gęstości objętościowych nie większych niż 15 kg/m³. Tutaj również występuje pewna dowolność wyboru próbek do obu zestawów, gdyż można dobierać próbki tak, aby minimalizować różnicę między średnimi gęstościami objętościowymi z obu zestawów lub wręcz przeciwnie, maksymalizować tę różnicę.

We wstępnej analizie nie można pominąć bardzo istotnego elementu, czyli wymagań. Wymagania zostały zapisane w formie przedziałów dopuszczalnych wartości, np. $\geq 90\%$, $\geq 80\%$ lub $\geq 70\%$. Nierzadko dochodzi do sytuacji, w której dwa laboratoria kontrolujące konkretną mieszankę mineralno-asfaltową plasują się po przeciwnej stronie wymagania. Niestety jedno laboratorium potwierdza a drugie zaprzecza zgodności. Sam poziom wymagań został ustalony na podstawie badań weryfikacyjnych mieszanek mineralno-asfaltowych do różnych warstw i różnych kategorii ruchu. Ale jak na razie brak jest dowodów na to, że mieszanka do warstwy ścieralnej o wyniku wodoodporności nieco poniżej 90 % nie będzie równie trwała warstwa o wyniku wodoodporności nieco powyżej 90 %. Dyskusja staje się bezpodstawną w momencie przytoczenia granicy powtarzalności metody (o odtwarzalności nie wspominając). Wstępnie proponuje się aby, śladem naszych południowych sąsiadów Słowaków, zredukować o 10 % wymagania wobec

poszczególnych warstw. Propozycją na szybko może być uwzględnienie w obecnie obowiązujących wymaganiach podstawowej statystyki i zapisanie wymagań w formie np. $\geq 90\%$ (z dopuszczalną odchyłką -10%) itd.

Do pełnej oceny stosowności przyjętych wymagań proponuje się

12) Analiza zasobu danych archiwalnych IBDiM TN

W tabelicy 17 zestawiono dane archiwalne IBDiM dotyczące uzyskanych wyników badań ITSR z ostatniego okresu. Zawarto informacje na temat rodzaju badanej mieszanki, zastosowanych kruszyw, metody badania oraz wyniku ITSR.

Tablica 17 Wyniki badań archiwalnych IBDiM

Numer recepty	Rodzaj mieszanki	Rodzaj materiałów	Metoda badania	Wynik ITSR, %
TN/08/1	ACWMS 11 (KR3- KR6)	Mączka wap.	WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008 (badanie w 15 °C, jeden cykl zamrażania)	96,7
		Granit 0/2		
		Bazalt 2/5		
		Bazalt 5/8		
		Bazalt 8/11		
		MODBIT 30B		
TN/08/1A		Mączka wap.		91,0
		Granit 0/2		
		Bazalt 2/5		
		Bazalt 5/8		
		Bazalt 8/11		
TN/08/2	ACWMS 16 (KR3- KR6)	Asfalt 20/30	WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008 (badanie w 15 °C, jeden cykl zamrażania)	95,2
		Mączka wap.		
		Granit 0/2		
		Bazalt 2/5		
		Bazalt 5/8		
		Bazalt 8/11		
		Bazalt 11/16		
MODBIT 30B				
TN/08/2A		Mączka wap.		85,9
		Granit 0/2		
		Bazalt 2/5		
		Bazalt 5/8		

Numer recepty	Rodzaj mieszanki	Rodzaj materiałów	Metoda badania	Wynik ITSR, %
TN/08/2AA		Bazalt 8/11		72,7
		Bazalt 11/16		
		Asfalt 20/30		
		Mączka wap.		
		Amfibolit 0/2		
		Amfibolit 2/5		
		Amfibolit 5/8		
		Amfibolit 8/11		
		Amfibolit 11/16		
		Asfalt 20/30		
TN/09/2B		Mączka wap.		85,9
		Granit 0/2		
		Bazalt 2/5		
		Bazalt 5/8		
		Bazalt 8/11		
		Bazalt 11/16		
		Asfalt 20/30		
TN/08/3		Mączka wap.	WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008 (badanie w 15 °C, jeden cykl zamrażania)	86,4
		Granit 0/2		
		Bazalt 2/5		
		Bazalt 5/8		
		Bazalt 8/11		
		Bazalt 11/16		
		MODBIT 30B		
TN/08/A	AC 16 P (KR3- KR6)	Mączka wap.		86,8
		Granit 0/2		
		Bazalt 2/5		
		Bazalt 5/8		
		Bazalt 8/11		
		Bazalt 11/16		
		MODBIT 30B		
TN/08/3A		Mączka wap.	WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008 (badanie w 15 °C, jeden cykl zamrażania)	92,3
		Granit 0/2		
		Bazalt 2/5		
		Bazalt 5/8		

Numer recepty	Rodzaj mieszanki	Rodzaj materiałów	Metoda badania	Wynik ITSR, %
TN/08/3B		Bazalt 8/11	WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008 (badanie w 15 °C, jeden cykl zamrażania)	83,0
		Bazalt 11/16		
		Asfalt 35/50		
		Mączka wap.		
		Granit 0/2		
		Bazalt 2/5		
		Bazalt 5/8		
		Bazalt 8/11		
		Bazalt 11/16		
		Asfalt 50/70		
TN/08/4	AC 22 P (KR3- KR6)	Mączka wap.	WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008 (badanie w 15 °C, jeden cykl zamrażania)	73,3
		Granit 0/2		
		Bazalt 2/5		
		Bazalt 5/8		
		Bazalt 8/11		
		Bazalt 11/16		
		Bazalt 16/22		
		MODBIT 30B		
TN/08/4A	AC 22 P (KR3- KR6)	Mączka wap.	WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008 (badanie w 15 °C, jeden cykl zamrażania)	82,7
		Granit 0/2		
		Bazalt 2/5		
		Bazalt 5/8		
		Bazalt 8/11		
		Bazalt 11/16		
		Bazalt 16/22		
TN/08/4B	AC 22 P (KR3- KR6)	Mączka wap.	WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008 (badanie w 15 °C, jeden cykl zamrażania)	85,4
		Granit 0/2		
		Bazalt 2/5		
		Bazalt 5/8		
		Bazalt 8/11		
		Bazalt 11/16		
		Bazalt 16/22		
TN/R2		Mączka wap.		81,7
		Kwarcyt 0/2		
		Wapień		

Numer recepty	Rodzaj mieszanki	Rodzaj materiałów	Metoda badania	Wynik ITSR, %
TN/R3		Amfibolit 2/5		70,4
		Amfibolit 5/8		
		Asfalt 35/50		
		Mączka wap.		
		Kwarcyt 0/2		
		Wapień		
		Asfalt 35/50		
TN/08/5		Mączka wap.	WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008 (badanie w 15 °C, jeden cykl zamrażania)	96,0
Granit 0/2				
Bazalt 2/5				
Bazalt 5/8				
Bazalt 8/11				
Bazalt 11/16				
MODBIT 30B				
TN/08/5A	AC 16 W (KR3-6)	Mączka wap.	WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008 (badanie w 15 °C, jeden cykl zamrażania)	89,9
Granit 0/2				
Bazalt 2/5				
Bazalt 5/8				
Bazalt 8/11				
Bazalt 11/16				
Asfalt 35/50				
TN/08/5B		Mączka wap.	WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008 (badanie w 15 °C, jeden cykl zamrażania)	96,2
Granit 0/2				
Bazalt 2/5				
Bazalt 5/8				
Bazalt 8/11				
Bazalt 11/16				
Asfalt 50/70				
TN/08/6	AC 16 W (KR3-6)	Mączka wap.	WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008 (badanie w 15 °C, jeden cykl zamrażania)	88,4
Granit 0/2				
Bazalt 2/5				
Bazalt 5/8				
Bazalt 8/11				

Numer recepty	Rodzaj mieszanki	Rodzaj materiałów	Metoda badania	Wynik ITSR, %
TN/08/6A		Bazalt 11/16	WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008 (badanie w 15 °C, jeden cykl zamrażania)	96,0
		Bazalt 16/22		
		MODBIT 30B		
		Mączka wap.		
		Granit 0/2		
		Bazalt 2/5		
		Bazalt 5/8		
		Bazalt 8/11		
		Bazalt 11/16		
		Bazalt 16/22		
TN/08/6B		Asfalt 35/50	WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008 (badanie w 15 °C, jeden cykl zamrażania)	89,3
		Mączka wap.		
		Granit 0/2		
		Bazalt 2/5		
		Bazalt 5/8		
		Bazalt 8/11		
		Bazalt 11/16		
		Bazalt 16/22		
TN/R4	AC 16 W (KR3-6)	Asfalt 50/70	WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008 (badanie w 15 °C, jeden cykl zamrażania)	69,9
		Mączka wap.		
		Kwarcyt 0/2		
		Wapień 2/8		
		Wapień 8/16		
		Amfibolit 11/16		
TN/R5	AC 16 W (KR3-6)	Asfalt 35/50	WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008 (badanie w 15 °C, jeden cykl zamrażania)	93,0
		Mączka wap.		
		Kwarcyt 0/2		
		Wapień 8/16		
		Amfibolit 2/5		
		Amfibolit 5/8		

Numer recepty	Rodzaj mieszanki	Rodzaj materiałów	Metoda badania	Wynik ITSR, %
		Amfibolit 11/16		
		Asfalt 35/50		
TN/R6	AC 22 W (KR3-6)	Mączka wap.		78,9
		Kwarcyt 0/2		
		Wapień 2/8		
		Wapień 8/16		
		Wapień 16/22		
		Amfibolit 11/16		
		25/55-60		
TN/R7	AC 22 W (KR3-6)	Mączka wap.	WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008 (badanie w 15 °C, jeden cykl zamrażania)	76,5
		Kwarcyt 0/2		
		Wapień 8/16		
		Wapień 16/22		
		Amfibolit 2/5		
		Amfibolit 5/8		
		25/55-60		
TN/09/7A	SMA 11 (KR5-6)	Mączka wap.	WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008 (badanie w 15 °C, jeden cykl zamrażania)	90,5
		Amfibolit 0/2		
		Amfibolit 2/5		
		Amfibolit 5/8		
		Amfibolit 8/11		
		Modbit 80B		
TN/09/7B		Mączka wap.		99,9
		Granit 0/2		
		Bazalt 2/5		
		Bazalt 5/8		
		Bazalt 8/11		
		Modbit 80B		
TN/09/9A	SMA 8 (KR5-6)	Mączka wap.	WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe – 2008 (badanie w 15 °C, jeden cykl zamrażania)	81,8
		Amfibolit 0/2		
		Amfibolit 5/8		
		Modbit 80B		
TN/09/9B		Mączka wap.		92,2
		Granit 0/2		

Numer recepty	Rodzaj mieszanki	Rodzaj materiałów	Metoda badania	Wynik ITSR, %
TN/R1	AC 11 S	Bazalt 2/5		100,4
		Bazalt 5/8		
		Modbit 80B		
		Mączka wap.		
		Kwarcyt 0/2		
		Amfibolit		
		45/80-55		

Można pokusić się o wstępną analizę wyników przeprowadzonych badań. Z definicji na kruszywie bazaltowym nie uzyskano niżej wartości niż 80 %, bez względu na badaną mieszankę. Z reguły wynik ok. 100 % jest standardem. Uwagi te dotyczą również mieszanki kruszywa bazaltowego i innego. Nie ma tu znaczenia przeznaczenie mieszanki mineralno-asfaltowej. Po środku stawki plasują się recepty opracowane na kruszywach amfibolitowych oraz kwarcytowych. Najniższe wyniki uzyskiwane są na kruszywach wapiennych lub wapiennych w połączeniu z amfibolitem bądź kwarcytem.

13) Analiza różnicy między metodami badawczymi wg AASHTO T283-89 a obecną procedurą badawczą wg WT-2 2010 (wg PN-EN 12697-12 z cyklem zamrażania wg AASHTO T283-89)

13.1) Procedura według WT-2 2010 na określanie odporności próbek mieszanek mineralno-asfaltowych na działanie wody i mrozu

Instrukcja ta została opracowana na podstawie norm: PN-EN 12697-12:2008 Mieszanki mineralno-asfaltowe - Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco - Część 12: Określanie wrażliwości próbek asfaltowych na wodę oraz AASHTO T283-89 „Resistance of Compacted Bituminous Mixture to Moisture Induced Damage” (procedura zamrażania) i norm serii PN-EN 12697.

Zestaw próbek dzieli się na dwie równe części i kondycjonuje. Połowę próbek przechowuje się w temperaturze pokojowej, bez dodatkowego kondycjonowania (tzw. „zestaw suchy”). Drugą połowę próbek (tzw. „zestaw mokry”) kondycjonuje się w wodzie, w podwyższonej temperaturze, a następnie zamraża i ponownie kondycjonuje w wodzie. Po kondycjonowaniu określana jest wytrzymałość na

rozciąganie pośrednie wszystkich próbek zgodnie z normą PN-EN 12697-23. Następnie określa się wyrażony procentowo stosunek wytrzymałości na rozciąganie pośrednie uzyskanych na próbkach z „zestawu mokrego” do wytrzymałości próbek z „zestawu suchego”.

Do przeprowadzenia badania wymagany jest odpowiedni sprzęt. Operator (laborant) przed rozpoczęciem badania powinien sprawdzić, czy sprzęt laboratoryjny wykorzystywany przy badaniu zaopatrzone jest w aktualne świadectwa wzorcowania, ewentualnie sprawdzić go zgodnie z procedurą sprawdzania (gdy wzorcowanie nie jest możliwe). Do określenia odporności na działanie wody i mrozu wymagana jest prasa wytrzymałościowa typu Marshalla, zgodna z normą PN-EN 12697-34 i przystawka do badania wytrzymałości na rozciąganie pośrednie (średnica próbek 100 mm lub 150 mm). Dodatkowo potrzebna jest aparatura próżniowa (pompa, próżniomierz itp.), za pomocą której możliwe jest uzyskanie w zbiorniku próżniowym (komorze, suszarce próżniowej, itp.), ciśnienia bezwzględnego $(6,7 \pm 0,3)$ kPa w ciągu (10 ± 1) minut i utrzymania takiego ciśnienia w czasie (30 ± 5) minut, zbiornik próżniowy (komora, suszarka próżniowa, itp.) z perforowaną półką umieszczoną na dnie zbiornika. Do kondycjonowania próbek wykorzystywana jest łaźnia wodna z kontrolą termostatyczną, w której można utrzymać temperaturę kondycjonowania (25 ± 2) °C, (40 ± 1) °C i (60 ± 1) °C w otoczeniu próbki. Łaźnia powinna być wyposażona w perforowaną półkę umieszczoną na podkładkach na dnie łaźni, a pojemność łaźni powinna być taka, aby górne powierzchnie przechowywanych próbek znajdowały się co najmniej 20 mm poniżej poziomu wody. Opcjonalnie można użyć komory termoizolacyjnej z kontrolą termostatyczną, w której można utrzymać temperaturę (25 ± 2) °C w otoczeniu próbki. W cyklu zamrażania wykorzystywana jest komora chłodnicza, w której można utrzymać temperaturę w (-18 ± 3) °C. Pozostałe wyposażenie to waga oraz inny sprzęt potrzebny do określenia gęstości objętościowej zgodnie z normą PN-EN 12697-6, suwmiarka lub inne urządzenie do określenia wymiarów próbki zgodnie z normą PN-EN 12697-29, woda destylowana, strzykawka z podziałką (lub inne urządzenie) umożliwiające dozowanie (10 ± 1) ml wody, torebki plastikowe dopasowane do wielkości pojedynczej próbki, folia typu „stretch”.

Do określenia odporności na działanie wody i mrozu należy przygotować co najmniej sześć próbek cylindrycznych. Próbki powinny być symetryczne i o równych

bokach. Próbkki powinny być o średnicy (100 ± 3) mm, (150 ± 3) mm lub (160 ± 3) mm. W próbkach o średnicy (100 ± 3) mm kruszywo w mieszance mineralno-asfaltowej nie powinno być większe niż 22,4 mm. Próbkki w kształcie walca powinny być wykonane w warunkach laboratoryjnych zgodnie z normą PN-EN 12697-30, PN-EN 12697-31 lub PN-EN 12697-32. Płyty, z których zostaną odwiercone próbkki walcowe, powinny być wykonane zgodnie z normą PN-EN 12697-33, natomiast próbkki z nawierzchni powinny być odwiercone zgodnie z PN-EN 12697-27.

Próbkki powinny być zagęszczane do poziomu oczekiwanego po wbudowaniu. Typ próbkki, średnicę oraz energię zagęszczenia należy dobrać odpowiednio do badanej mieszanki mineralno-asfaltowej. Gęstość objętościową odpowiadająca gęstości objętościowej uzyskiwanej w warunkach polowych można uzyskać stosując następujące poziomy energii zagęszczenia:

- zagęszczanie w prasie żyratorowej (PN-EN 12697-31): 40 obrotów,
- zagęszczanie przez ubijanie (PN-EN 12697-30): 2 x 35 uderzeń,
- zagęszczanie wibracyjne (PN-EN 12697-32): (80 ± 5) sekund,
- zagęszczanie urządzeniem wałującym (PN-EN 12697-33): 12 przejść (procedura zagęszczenia oponą pneumatyczną).

Po wykonaniu próbek, należy określić wymiary i gęstość objętościową według PN-EN 12697-29 i PN-EN 12697-6. Zestaw próbek należy podzielić na dwie równe części: „zestaw mokry” i „zestaw suchy”, o zbliżonych średnich wysokościach i gęstościach objętościowych. Różnica między średnimi wysokościami nie powinna być większa niż 5 mm. Różnica między średnimi gęstościami objętościowymi nie powinna być większa niż 15 kg/m^3 .

Próbkki należy przygotować w możliwie krótkim czasie, nie dłuższym niż jeden tydzień. Należy zapewnić co najmniej 16 godzinne pielęgnowanie próbek przed rozpoczęciem procedury kondycjonowania, polegające na przechowywaniu próbek z obu zestawów na płaskiej powierzchni w temperaturze pokojowej $(20\pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$.

Kondycjonowanie próbek z „zestawu suchego” polega na przechowaniu ich na płaskiej powierzchni w temperaturze pokojowej $(20\pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$. Kondycjonowanie próbek z „zestawu mokrego” rozpoczyna się od umieszczenia ich na perforowanej półce w zbiorniku próżniowym (komorze, suszarce próżniowej, itp.) wypełnionym wodą destylowaną o temperaturze $(20\pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$. Górne powierzchnie próbek po zanurzeniu powinny znajdować się co najmniej 20 mm poniżej poziomu wody. Uruchomić

aparaturę próżniową i uzyskać ciśnienie bezwzględne ($6,7 \pm 0,3$) kPa w ciągu (10 ± 1) minut ($6,7$ kPa odpowiada w przybliżeniu 50 mm Hg). Aby uniknąć uszkodzenia próbki, ciśnienie należy obniżać powoli i równomiernie. Utrzymywać zadane ciśnienie przez okres (30 ± 5) minut, a następnie podwyższać powoli i równomiernie do poziomu ciśnienia atmosferycznego. Pozostawić próbki zanurzone w wodzie na kolejne (30 ± 5) minut. Po wyjęciu z wody zmierzyć wymiary próbek zgodnie z normą PN-EN 12697-29 i obliczyć objętość próbek. Należy odrzucić próbki, które zwiększyły swoją objętość o więcej niż 2% .

Umieścić próbki z „zestawu mokrego” w łaźni wodnej o temperaturze (40 ± 1) °C na okres od 68 do 72 godzin. Temperatura kondycjonowania próbek w wodzie powinna zostać obniżona do (30 ± 1) °C, jeżeli zastosowano asfalt rodzaju 100/150 lub miękniejszy zgodnie z normą EN 1426.

Po wyjęciu z łaźni wodnej, unikając nadmiernego ociekania wody, próbki ściśle owinąć folią typu „stretch”. Każdą owiniętą próbkę umieścić w torbie plastikowej zawierającej (10 ± 1) ml wody (odmierzonej przy użyciu strzykawki lub innego urządzenia) i szczelnie zamknąć. Plastikowe torby z próbkami umieścić w komorze chłodniczej w temperaturze (-18 ± 3) °C i przechowywać przez minimum 16 godzin, licząc czas od momentu, gdy zamrażarka z próbkami osiągnie tą temperaturę.

Po wyjęciu próbek z zamrażarki umieścić je w łaźni z wodą o temperaturze (60 ± 1) °C. Wkrótce po umieszczeniu próbek w łaźni wodnej i rozmrożeniu opakowania, wyjąć je z plastikowej torebki i zdjąć z nich folię typu „stretch” najszybciej, jak to jest możliwe i ponownie umieścić w łaźni wodnej. Próbki przechowywać w łaźni wodnej przez (24 ± 1) h, licząc od momentu pierwszego włożenia do łaźni po przechowywaniu w komorze chłodniczej.

Doprowadzić oba zestawy próbek do temperatury badania (25 ± 2) °C. Próbki z „zestawu suchego” termostatować w warunkach powietrzno-suchych (w łaźni wodnej, ale izolowane od wody torebką z cienkiej folii, lub w komorze powietrznej). Próbki z „zestawu mokrego” termostatować w wodzie (w łaźni wodnej lub w szczelnej, miękkiej plastikowej torebce wypełnionej wodą lub wodoszczelnym naczyniu wypełnionym wodą, wstawionym do komory powietrznej).

Próbki o średnicy mniejszej niż 150 mm przechowywać w łaźni wodnej lub w komorze powietrznej przez co najmniej 2 godziny, natomiast próbki o średnicy 150 mm i większej przez co najmniej 4 godziny. W przypadku korzystania z komory

powietrznej należy razem z próbkami umieścić dodatkową próbkę z wprowadzonym w nią czujnikiem temperatury.

Osuszyć mokre próbki ręcznikiem i określić wytrzymałość próbek na rozciąganie pośrednie według PN-EN 12697-23. Badanie powinno być przeprowadzone w ciągu 1 minuty od wyciągnięcia próbki z wody.

Obliczyć wskaźnik wytrzymałości na rozciąganie pośrednie ITSR według poniższego wzoru:

$$ITSR = 100 \times \frac{ITS_w}{ITS_d}$$

w którym:

- ITSR wskaźnik wytrzymałości próbki na rozciąganie pośrednie, w procentach (%),
- ITS_w średnia wytrzymałość oznaczona dla grupy próbek mokrych, zaokrąglona liczby całkowitej, wyrażona w (kPa)
- ITS_d średnia wytrzymałość wyznaczona dla grupy próbek suchych, zaokrąglona do liczby całkowitej, wyrażona w (kPa).

13.2) Procedura według AASHTO “Standard Method of Test for Resistance of Compacted Bituminous Mixture to Moisture Induced Damage” (AASHTO T 283-89)

Metoda opisuje sposób przygotowania próbek w laboratorium oraz zmianę wytrzymałości na rozciąganie pośrednie po zanurzeniu i kondycjonowaniu próbek laboratoryjnych w wodzie. Metoda ta ma na celu ocenę długoterminowej odporności na odmywanie lepiszcza z ziaren kruszywa w mieszance mineralno-asfaltowej oraz ocenę płynnych środków poprawiających adhezję lepiszcza asfaltowego lub sypkich materiałów dodawanych do mieszanki mineralnej.

Powołane Normy AASHTO:

T 166	Bulk Specific Gravity of Compacted Bituminous Mixtures
T 167	Compressive Strength of Bituminous Mixtures
T 168	Sampling Bituminous Paving Mixtures
T 209	Maximum Specific Gravity of Bituminous Paving Mixtures
T 245	Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus
T 246	Resistance to Deformation and Cohesion of Bituminous Mixtures by Means of Hveem Apparatus

T 247 Preparation of Test Specimens of Bituminous Mixtures by Means of California Kneading Compactor

T 269 Percent Air Voids in Compacted Dense and Open Bituminous Paving Mixtures

M 156 Requirements for Mixing Plants for Hot-Mixed, Hot-Laid Bituminous Paving Mixtures

Powołane normy ASTM:

D 3387 Test for Compaction and Shear Properties of Bituminous Mixtures by Means of the U.S. Corps of Engineers Gyratory Testing Machine (GTM)

D 3549 Test for Thickness or Height of Compacted Bituminous Paving Mixture Specimens

ZNACZENIE METODY I ZASTOSOWANIE

Zgodnie z informacjami zawartymi we wstępie, niniejsza metoda ma na celu ocenę wpływu zanurzenia i przyspieszonego kondycjonowania w wodzie przygotowanych laboratoryjnie próbek z mm-a. Metodę tą można stosować do badania próbek laboratoryjnych na etapie projektowania recepty, do oceny mieszanki mineralno-asfaltowej produkowanej na wytwórni oraz do oceny odwiertów pobranych z nawierzchni asfaltowej bez względu na okres eksploatacji.

Obliczenia są wykonywane poprzez porównanie wytrzymałości na rozciąganie pośrednie próbek kondycjonowanych do próbek suchych.

STRESZCZENIE METODY

Zbadać próbki pochodzące z każdej możliwej metody mieszania, tj. czysta mieszanka asfaltowa, mieszanka asfaltowa z dodatkiem środka adhezyjnego oraz kruszywo wymieszane z wapnem hydratyzowanym (Uwaga 1).

Każdy zestaw próbek dzielony jest na podzestawy. Pierwszy podzestaw jest badany w warunkach suchych. Drugi podzestaw poddawany jest działaniu próżni, po nim następuje cykl zamrażania i rozmrażania w ciepłej wodzie i na końcu badanie. Obliczenia przeprowadzane są na pozostałej wytrzymałości zestawu mokrego i wytrzymałości zestawu suchego.

Uwaga 1: Zaleca się przygotowanie dwóch dodatkowych próbek, które posłużą do ustalenia poziomu nasączenia próbek w próżni, jak podano w rozdziale 9.3.

APARATURA

- aparatura umożliwiająca przygotowanie i zagęszczenie próbek zgodnie z jedną z metod AASHTO: T 245 i T 247, lub ASTM D 3387
- komora próżniowa, najlepiej typu D wg ASTM D2041 i pompa próżniowa lub pompa wodna wg ASTM D 2041 zawierające manometr lub wskaźnik próżni

- waga oraz łaźnia wodna wg AASHTO T 166
- łaźnia wodna mogąca utrzymać temperaturę (60 ± 1 °C)
- zamrażarka utrzymująca temperaturę (-18 ± 3 °C)
- zapas cienkiej folii do zawijania próbek, wytrzymałe woreczki foliowe do umieszczania próbek oraz taśma klejąca
- cylinder miarowy o pojemności 10 ml
- aluminiowe tace o powierzchni ok. 488 – 625 cm² i głębokości ok. 2,5 cm
- suszarka z termoobiegiem utrzymująca temperaturę (60 ± 1 °C)
- siłownik i pierścień dynamometryczny zgodny z AASHTO T 245 lub prasa wytrzymałościowa mechaniczna lub hydrauliczna wg AASHTO T 167 umożliwiająca kontrolę prędkości posuwu tłoka (wymagane 50,8 mm/min)
- szczęki badawcze – stalowe z wklęsłą powierzchnią badawczą o promieniu dostosowanym do nominalnej średnicy próbki. W przypadku próbek o średnicy 102 mm szerokość szczęki powinna wynosić 12,7 mm a w przypadku próbek o średnicy 152,4 mm szerokość szczęk powinna wynosić 19,05 mm. Długość szczęk badawczych nie powinna być mniejsza niż wysokość próbki. Krawędź szczęk powinna być zaokrąglona.

PPRZYGOTOWANIE PRÓBEK BADAWCZYCH

Typowo stosowane są próbki o średnicy 102 mm i o wysokości 63,5 mm. Można stosować inne wymiary próbek jeśli w badanej mieszance występuje ziarno kruszywa większe od 25,4 mm i/lub nie jest dopuszczone jego wykruszanie.

Po wymieszaniu zarób należy umieścić na aluminiowej tacy według powyższego opisu i schłodzić do temperatury otoczenia przez $2 \pm 0,5$ godziny. Następnie mieszankę należy sezonować w suszarce o temperaturze (60 °C) przez 16 godzin. Jeśli półki suszarki nie są perforowane należy umieścić dystanse umożliwiające cyrkulację powietrza pod tacą.

Po sezonowaniu mieszanki należy umieścić ją w suszarce o temperaturze (135 °C) na dwie godziny przed zagęszczaniem. Mieszankę należy zagęszczać do uzyskania zawartości wolnej przestrzeni $7 \pm 1,0$ % (v/v) lub do poziomu zawartości wolnej przestrzeni uzyskiwanego w wykonanej warstwie. Zawartość wolnej przestrzeni reguluje się poprzez zmianę liczby uderzeń według AASHTO T 245, bądź poprzez zmianę nacisku zagęszczarki, ilości przemieszczeń lub obciążenia poziomującego lub kombinację według AASHTO T 247; bądź poprzez zmianę ilości obrotów prasy zgodnie z ASTM D 3387. Dokładną procedurę należy ustalić eksperymentalnie dla każdej mieszanki mineralno-asfaltowej przed zagęszczaniem

zestawu próbek badawczych. Próbki po rozformowaniu należy przechowywać przez 72 do 96 godzin w temperaturze pokojowej.

PRZYGOTOWANIE ODWIERTÓW BADAWCZYCH

Wybrać lokalizację na wykonanej nawierzchni i odwiertić próbki. Powinno się pobrać minimum 6 próbek na każdy zestaw badawczy. Z odwiertów wydzielić właściwe warstwy za pomocą piły lub innego odpowiedniego narzędzia. Do zbadania próbki przechowywać w temperaturze pokojowej.

OCENA PRÓBEK BADAWCZYCH I WYDZIELANIE PODZESTAWÓW BADAWCZYCH

Określić teoretyczną gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej według AASHTO T 209. Określić grubość próbek wg ASTM D 3549. Określić gęstość objętościową zagęszczonych próbek zgodnie z AASHTO T 166. Wyznaczyć objętość próbek w centymetrach sześciennych. Obliczyć zawartość wolnej przestrzeni wg AASHTO T 269. Podzielić zestaw próbek na dwa podzestawy składające się z trzech próbek w taki sposób, aby średnie zawartość wolnych przestrzeni były w przybliżeniu równe.

KONDYCJONOWANIE PRÓBEK BADAWCZYCH

Pierwszy zestaw próbek będzie badany w stanie suchym, a drugi będzie badany po procesie sezonowania. Próbki z zestawu suchego będą przechowywane w temperaturze pokojowej do czasu badania. Następnie próbki należy zawinąć w wytrzymałe, wodoszczelne woreczki foliowe, umieścić w łaźni wodnej w temperaturze (25 °C) na minimum 2 godziny i zbadać zgodnie z dalszym opisem badania.

Drugi zestaw (mokry) należy sezonować w sposób następujący:

- umieścić próbki w komorze próżniowej tak aby nie dotykały bezpośrednio dna zbiornika. Wypełnić kontener wodą destylowaną o temperaturze pokojowej tak aby górny poziom wody znajdował się minimum 2,5 cm powyżej powierzchni próbek. Zastosować częściową próżnię (od 10 do 26 mmHg, czyli od 1,3 do 3,5 kPa) przez okres od 5 do 10 minut. Doprowadzić próbki do ciśnienia atmosferycznego i pozostawić zanurzone w wodzie przez okres od 5 do 10 minut.

Określić gęstość objętościową według AASHTO T 166. Porównać gęstości objętościowe w stanie powierzchniowo suchym próbek przed i po nasączeniu. Obliczyć objętość zaabsorbowanej wody. Określić stopień nasączenia próbek wodą poprzez porównanie objętości wchłoniętej wody do objętości wolnych przestrzeni określonych przed procesem nasączenia. Jeśli objętość wody zawiera się między 55 % a 80 % objętości powietrza, przejść do dalszej procedury. Jeśli okaże się, że

nasączenie wodą jest poniżej 55 %, powtórzyć procedurę nasączenia przy użyciu większej próżni, dłuższego czasu nasączenia. Jeśli nasączenie próbek jest większe niż 80 % oznacza to, że próbka została zniszczona i należy ją odrzucić. W tym wypadku powtórzyć procedurę nasączenia przy użyciu mniejszej próżni i/lub krótszego czasu nasączenia.

Po prawidłowym przeprowadzeniu procedury nasączenia owinąć nasączone próbki cienką folią. Umieścić każdą z zawiniętych próbek w woreczku foliowym zawierającym 10 ml wody i woreczek zabezpieczyć.

Umieścić woreczek z próbką w zamrażarce o temperaturze (18 ± 3 °C) na minimum 16 godzin. Po wyjęciu z zamrażarki próbki umieścić w łaźni wodnej o temperaturze (60 ± 1 °C) na 24 ± 1 godzinę. Jak tylko będzie to możliwe wyjąć próbkę z worka i rozwinąć folię. Po 24 ± 1 godzinach w łaźni wodnej o temperaturze 60 °C próbki przełożyć do łaźni wodnej wytermostatowanej na ($25 \pm 0,5$ °C) na okres 2 ± 1 godzin. Może być konieczne dodanie lodu w celu niedoprowadzenia do wzrostu temperatury powyżej 25 °C. Wymagane jest aby temperatura w łaźni wodnej powróciła do poziomu 25 °C w czasie nie dłuższym niż 15 minut. Przeprowadzić badanie zgodnie z procedurą.

UWAGA 2: Można zastosować alternatywną metodę z pominięciem akapitu dotyczącego nasączenia wodą i mrożenia. Będzie to procedura z pominięciem kondycjonowania w mrozie.

PROCEDURA BADANIA

Oznaczyć wytrzymałość na rozciąganie pośrednie próbek z zestawu suchego i mokrego w temperaturze 25 °C. Wyjąć próbkę z łaźni wodnej o temperaturze 25 °C i umieścić w szczękach badawczych prasy wytrzymałościowej. Należy zwrócić uwagę, aby obciążenie było przykładane wzdłuż średnicy próbki, jak to przedstawiono w Tabelicy. Obciążyć próbkę obciążeniem o stałej prędkości 50,8 mm/min.

UWAGA 3: Do oceny nawierzchni uszkodzonej lub charakteryzującej się wykruszeniami temperaturę kondycjonowania należy obniżyć do 13 °C.

Jeśli do badania wykorzystano stalowe listwy obciążające należy zanotować maksymalną uzyskaną siłę i kontynuować badanie do uzyskania pionowego pęknięcia próbki. Wyjąć próbkę z maszyny i ocenić rodzaj pęknięcia. Sprawdzić powierzchnię przełomu pod względem występowania zniszczeń adhezyjnych i zapisać wynik oceny.

Jeśli nie wykorzystywano listew obciążających zatrzymać badanie jak tylko zostanie osiągnięta maksymalna siła ściskająca. Zanotować maksymalną siłę ściskającą. Wyjąć próbkę, zmierzyć i zapisać wielkość spłaszczenia powierzchni (krawędzi) w zaokrągleniu do 0,254 mm. Spłaszczenie powierzchni może być łatwiejsze do pomiaru jeśli bokiem kredy oznaczy się tą płaszczyznę. Po oznaczeniu spłaszczenia, umieścić ponownie badaną próbkę w prasie wytrzymałościowej i kontynuować badanie do momentu pojawienia się pionowego pęknięcia na próbce. Wyjąć próbkę z maszyny i ocenić rodzaj pęknięcia. Sprawdzić powierzchnię przelomu pod względem występowania zniszczeń adhezyjnych i zapisać wynik oceny.

OBLICZENIA

Jeśli stosowane były stalowe listwy obciążające, wytrzymałość na rozciąganie pośrednie należy obliczyć następująco:

$$S_t = (2 P) / (\pi t D)$$

w którym:

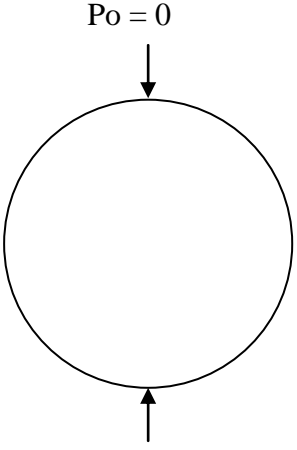
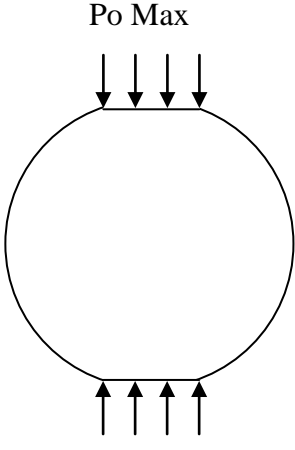
S_t = wytrzymałość na rozciąganie, kPa

P = maksymalna siła, kN

t = wysokość próbki, mm, i

D = średnica próbki, mm.

Tablica 18 Maksymalna naprężenie rozciągające (S10) dla indeksu obciążenia 10 000 lb, przy próbce o średnicy 4", długości 1 cala

Szerokość spłaszczonej powierzchni, w calach	Maksymalne naprężenie rozciągające, S10, PSI
0,0	1640
0,1	1629
0,2	1619
0,3	1606
0,4	1595
0,5	1571
0,6	1540
0,7	1508
0,8	1470
0,9	1438
1,0	1405
	
Widok początkowy próbki	Końcowy wygląd próbki po osiągnięciu Po Max

Jeśli nie zastosowano listew obciążających, to należy obliczyć wytrzymałość na rozciąganie próbki o średnicy 4" według następującego wzoru:

$$S_t = (S10 P) / (10\ 000 t)$$

w którym:

S_t = siła rozciągająca, psi, S10 = maksymalne obciążenie rozciągające odpowiadające szerokości spłaszczonej powierzchni, zgodnie z tablicą x.

P = maksymalna siła, w funtach, and

t = grubość próbki, w calach.

Wyniki wyrazić w postaci indeksu wyrażającego odporność mieszanki mineralno-asfaltowej na wodę jako wskaźnik pierwotnej wytrzymałości, która pozostała po cyklu zamrażania i kondycjonowania w ciepłej wodzie. Obliczenia przeprowadzić według wzoru:

Wskaźnik Wytrzymałości na rozciąganie pośrednie (TSR) = $S2 / S1$

w którym,

S1= średnia wytrzymałość próbek z zestawu suchego, i

S2= średnia wytrzymałość próbek z zestawu kondycjonowanego.

13.3) Porównanie metod:

Z analizy wynika, że metody różnią się od siebie na każdym etapie.

1) Etap przygotowania próbek

Podejście amerykańskie jest takie, że próbki należy przygotować tak, aby uzyskać zawartość wolnych przestrzeni na poziomie 6-8% v/v lub na poziomie oczekiwanym po wykonaniu nawierzchni. z kolei podejście europejskie jest takie, że należy każdorazowo zastosować ustaloną energię zagęszczania, bez względu na uzyskany rezultat zawartości wolnej przestrzeni lub, jak w przypadku metody amerykańskiej, uzyskać zawartość wolnej przestrzeni oczekiwaną po wbudowaniu. Nie biorąc pod uwagę drugiego wariantu obu metod, czyli zawartości wolnej przestrzeni oczekiwanej po wbudowaniu, są to zupełnie odmienne podejścia.

2) Podział na zestawy

W metodzie amerykańskiej dąży się do zminimalizowania różnicy między średnimi gęstościami objętościowymi zestawu suchego i mokrego. W metodzie europejskiej dopuszczone jest 15 kg/m³ różnicy między średnimi gęstościami objętościowymi.

3) Etap kondycjonowania

Przy metodzie amerykańskiej ocenia się stopień nasycenia próbek kondycjonowanych wodą i procedurę nasycania powtarza się do uzyskania zgodności z wymaganiami nasycenia. W metodzie europejskiej oceniane jest jedynie czy próbka nie zwiększyła nadmiernie swojej objętości po nasączeniu. Nie jest natomiast kontrolowana próżnia, ani stopień nasycenia próbek wodą. Próżnia w metodzie amerykańskiej jest niższa bo wynosi od 1,3 do 3,5 kPa a w metodzie europejskiej od 6,5 do 7,0 kPa.

W metodzie amerykańskiej próbki po nasączeniu próżniowym trafiają bezpośrednio do zamrażarki, a potem są rozmrażane przez 24 godziny w 60°C. W przypadku metody europejskiej z cyklem mrożenia wg WT-2 2010 dochodzi cały cykl kondycjonowania w wodzie w 40 °C przed procedurą mrożenia i trzymania w ciepłej wodzie. Z tego względu metoda wg WT-2 2010 jest ostrzejsza niż metoda wg AASHTO.

4) Etap badania

Ten etap jest porównywalny w przypadku obydwu procedur.

14) Podsumowanie

Na podstawie prac przeprowadzonych w ramach pierwszego sprawozdania można wysnuć kilka wniosków. Po pierwsze problem z badaniem odporności mieszanek mineralno-asfaltowych na działanie wody i mrozu występuje i jest istotny. Procedura badawcza według WT-2 2010 oceniana i zaaprobowana przez grupę roboczą, pomimo intensywnych prac nad nią, nie wyczerpuje możliwości popełnienia błędów prowadzących do znacznych odchyłek badań. Błędy mogą powstawać w następstwie pewnej dowolności postępowania w ramach procedury. Dowolność dotyczy zarówno etapu przygotowania próbek (sposobu) i ich ilości, jak i etapu kondycjonowania i stosowanego przy tym wyposażenia pomocniczego. Dopiero procedura przeprowadzania samego badania daje mniejszą dowolność i tym samym mniejsze pole do popełnienia błędów i odstępstw.

Procedura zgodna z WT-2 2010 jest swoim zakresem zgodna zarówno z Normą Europejską PN-EN 12697-12:2008, jak i po części w kwestii sezonowania próbek, zgodna również z normą amerykańską AASHTO T 283/89. Dalsza analiza wyników badań realizowanych w ramach pracy badawczej obydwoma metodami być może pozwoli na wypracowanie lepszej procedury, pozwalającej na uzyskanie mniejszych odchyłek wyników badań.

Analiza przeprowadzonej ankiety wśród wybranych laboratoriów drogowych umożliwi wnikliwsze rozpoznanie problemu występowania dużych odchyłek wyników badań ITSR pomiędzy laboratoriami. W kolejnych etapach pracy podjęte będą działania mające na celu ograniczenie występowania znaczących rozrzutów wyników badań. Jedną z możliwości realizacji tego celu będzie maksymalne doprecyzowanie

całej procedury, analiza możliwości eliminacji niektórych etapów, wybór właściwego wyposażenia badawczego.

Ważną kwestią jest sprawa wymagań. Obecny poziom wynosi $\geq 90\%$, $\geq 80\%$ i $\geq 70\%$ i zależy od przeznaczenia warstwy asfaltowej. Dyskusyjna pozostaje sprawa wymaganych granic w świetle oszacowanej niepewności pomiaru, wynoszącej ok. 15% oraz odtwarzalności metody na poziomie 23%. Oznacza to, że dużą ignorancją byłoby przykładowo odrzucanie mieszanki mineralno-asfaltowej, wobec której wymaganie postawiono na poziomie 80% a przy wyniku 75% została odrzucona. Proponuje się zatem już na tym etapie pracy wprowadzenie liberalizacji zapisów odnośnie wymagań zaproponowanych w WT-2 2010. Liberalizację tą można zrealizować np. poprzez pozostanie nieobojętnym na dane statystyczne i dopuszczenie odchyłki od wymagań in minus. Przykładowo zapis w formie $\geq 80\%$ (-10%) dawałby już pewien poziom dopuszczalnych odchyłeń.