

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 II – Zadanie 3, 4, 5 i 6

Opracowali:

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

Zatwierdził:

**Kierownik Zakładu
Technologii Nawierzchni**

prof. dr hab. inż. Dariusz Sybilski

Warszawa, październik 2012

SPIS TREŚCI

1. Podstawa pracy.....	3
2. Cel pracy.....	3
3. Program pracy.....	3
4. Wybór materiałów do przygotowania recept	4
5. Wykonanie badań powinowactwa lepiszczy i kruszyw.....	9
6. Analiza ankiet przysłanych przez laboratoria	26
7. Projekty recept	32
8. Wyniki badań międzylaboratoryjnych wodoodporności	47
9. Wyniki badań wodoodporności – porównanie metod badawczych	54
10. Wyniki badań wodoodporności – porównanie różnych mieszanek	56
11. Wyniki badań funkcjonalnych.....	77
12. Zweryfikowana procedura laboratoryjna	84
13. Druga tura badań międzylaboratoryjnych	88
14. Analiza wymagań	88
15. Podsumowanie etapu pracy.....	90

Załącznik 1 Dokumentacja dotycząca zastosowanych materiałów

Załącznik 2 Ankiety wypełnione przez laboratoria

1. Podstawa pracy

Niniejsze sprawozdanie jest sprawozdaniem częściowym z realizacji Etapu II 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 [1] do normy PN-S-96025 [2] 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 etap został zrealizowany w 2012 roku a trzeci został zaplanowany do realizacji w 2013 roku. Całą pracę podzielono na 8 zadań. Szczegółowy zakres prac kończonych w 2012 r. przedstawiono poniżej:

Etap II, Zadanie 3: Wykonanie badań laboratoryjnych mrozoodporności z cyklem zamrażania wg AASHTO T283-89 i procedurą wg WT-2 2010

Zadanie 3A: Wybór kruszyw, lepiszczy i środków adhezyjnych

Wybrane będą kruszywa kwaśne i zasadowe o różnym powinowactwie z asfaltem oraz środki adhezyjne o różnej charakterystyce chemicznej

Zadanie 3B: Wykonanie badań powinowactwa lepiszczy i kruszyw bez i ze środkiem adhezyjnym wg PN-EN 12697-11 metoda A [3]

Zastosowane będą kruszywa kwaśne i zasadowe (bazalt, gabbro, amfibolit, dolomit, wapień, granit, melafir, kwarcyt) oraz środki adhezyjne poliamidowe, polifosforowe, wapno hydratyzowane. Wyniki badań powinowactwa będą wykorzystane w analizie wpływu powinowactwa na wodoodporność mieszanki mineralno-asfaltowej.

Zadanie 3C: Opracowanie recept mieszanek mineralno-asfaltowych

Opracowane będą recepty mieszanek SMA11 (4 mieszanki), AC16W (4 mieszanki) i AC22P (4 mieszanki)

Zadanie 3D: Wykonanie badań wodoodporności z cyklem zamrażania dwiema metodami wg AASHTO T283-89 i WT-2 2010 z uwzględnieniem badania pęcznienia próbek mieszanek oraz z badaniem stopnia nasycenia próbek wodą

Zadanie 3E: Wykonanie badań wodoodporności z cyklem zamrażania metodą WT-2 2010 z uwzględnieniem ciśnienia 6,7 kPa lub wg AASHTO T283-89 od 34 do 88 kPa z uwzględnieniem badania pęcznienia próbek mieszanek oraz z badaniem stopnia nasycenia próbek wodą

Zadanie 3F: Analiza wyników badań

Zadanie 4: Walidacja wymagań wodoodporności poprzez zastosowanie badań funkcjonalnych mieszanek (moduł sztywności, odporność na pękanie niskotemperaturowe TSRST, koleinowanie, zmęczenie)

Zadanie 5: Opracowanie zweryfikowanej procedury metody badań laboratoryjnych mrozoodporności z cyklem zamrażania

Uwaga: zakłada się, że nowa procedura oparta będzie na normie PN-EN 12697 z cyklem zamrażania z niezbędnymi zmianami

Zadanie 6: Przygotowanie i przeprowadzenie drugiej serii badań międzylaboratoryjnych według nowej procedury

4. Wybór materiałów do przygotowania recept

Materiały składowe zgromadzone w celu realizacji pracy stanowiły:

- A - Kruszywa
- B - Lapiszcza
- C - Środki adhezyjne
- D - Dodatki (Arbocel ZZ8/1)

Do realizacji kolejnego etapu pracy wytypowano szereg najbardziej popularnych kopalń dostarczających kruszywo do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych. Szczegółowe zestawienie wybranych kruszyw ze wskazaniem ich pochodzenia zamieszczono w tablicy 1. W tablicy 2 zestawiono asfalty wytypowane do zastosowania w mieszkankach mineralno-asfaltowych opracowywanych na potrzeby niniejszej pracy. Wszystkie wybrane asfalty pochodziły z jednej rafinerii. W tablicy 3 zestawiono wybrane środki adhezyjne.

Tablica 1 Wybrane rodzaje kruszyw oraz ich pochodzenie

Lp.	Rodzaj kruszywa	Kopalnia/Pochodzenie
1	Amfibolit	DSS, Kopalnia w Piławie Górnej
2	Bazalt	PGP „Bazalt” S.A. w Wilkowie, złoża Krzeniów
3	Dolomit	KKSM Kopalnia „Radkowice”
4	Gabro	Kopalnia Braszowice lub Słupiec,
5	Melafir	Kopalnie Melafiru w Czarnym Borze, złoża Grzędy
6	Wapień	Kopalnia Wapieni „Miedzianka”
7	Kwarcyt	Kopalnia Surowców Mineralnych „KOSMIN”, Wrocław
8	Granit	Kopalnia Granitu Strzelin

Tablica 2 Wybrane lepiszcza

Lp.	Rodzaj lepiszcza	Producent
1	Asfalt drogowy 20/30	Lotos Asfalt
2	Asfalt drogowy 35/50	Lotos Asfalt
3	Asfalt drogowy 50/70	Lotos Asfalt
4	Asfalt modyfikowany 45/80-65	Lotos Asfalt
5	Asfalt modyfikowany 45/80-55	Lotos Asfalt

Tablica 3 Wybrane środki adhezyjne

Lp.	Nazwa środka adhezyjnego	Producent
1	Iterlene IN/400-L	Iterchimica
2	AD-HERE	F.H. METRO SP.J,
3	Wetfix BE	Akzo Nobel
4	Teramin 14	ICSO Chemical Production
5	PE-31	Iterlene
6	Wapno hydratyzowane	Lhoist Polska Sp. z o.o.

4.1 Kruszywa

W laboratorium IBDiM wykonano analizy sitowe wybranych kruszyw (tablice 4-10). Tablice zawierają pełne informacje na temat kruszyw przeznaczonych do wykonania projektów poszczególnych mieszanek mineralno asfaltowych w tym również uziarnienie mączki wapiennej.

Tablica 4 Uziarnienie materiałów mineralnych - BAZALT

Wymiar oczek sita # [mm]	Bazalt 0/2 mm % (m/m)	Bazalt 2/5 mm % (m/m)	Bazalt 5/8 mm % (m/m)	Bazalt 8/11 mm % (m/m)
16	0	0	0	0
11,2	0	0	0	6,7
8	0	0	3,3	76,4
5	0	6,4	71,9	15,7
2	8,88	91,2	24,3	1
0,125	76,71	2,1	0,3	0
0,063	5,14	0,1	0,1	0
<0,063	9,27	0,2	0,1	0,2
Łącznie	100	100	100	100

Tablica 5 Uziarnienie materiałów mineralnych - GABRO

Wymiar oczek sita # [mm]	Gabro 0/2 mm	Gabro 2/5 mm	Gabro 5/8 mm	Gabro 8/11 mm
	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)
11,2	0	0	0	4,7
8	0	0	7,2	65,3
5	0	2,2	59	25,2
2	12,8	91	31,1	3,3
0,5	50	5,5	0,5	0,1
0,125	20,3	0,1	0,2	0,1
0,063	6,8	0,1	0,2	0,1
<0,063	10,1	1,1	1,8	1,2
Łącznie	100	100	100	100

Tablica 6 Uziarnienie materiałów mineralnych - DOLOMIT

Wymiar oczek sita # [mm]	Dolomit 0/2 mm	Dolomit 2/8 mm	Dolomit 8/12 mm	Dolomit 11/16 mm	Dolomit 16/22 mm
	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)
22,4	0	0	0	0	21,9
16	0	0	0	0,5	71,9
11,2	0	0	22	45,9	5,1
8	0	8,5	69,4	49,2	0,1
5	0	32	7,2	3,2	0
2	12,6	54,2	0,3	0,1	0
0,5	42,4	2,5	0	0	0
0,125	21,2	0,4	0,1	0	0
0,063	8	0,3	0,1	0	0,1
<0,063	15,8	2,1	0,9	1,1	0,9
Łącznie	100	100	100	100	100

Tablica 7 Uziarnienie materiałów mineralnych - AMFIBOLIT

Wymiar oczek sita # [mm]	Amfibolit 0/2 mm	Amfibolit 2/5 mm	Amfibolit 5/8 mm	Amfibolit 8/11 mm	Amfibolit 11/16 mm
	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)
16	0	0	0	0	6,5
11,2	0	0	0	14,9	80,6
8	0	0	13,9	73	11,4
5	0	7,9	80,7	11,6	0,3
2	9,6	89,7	4,8	0,2	0
0,5	42,6	1,5	0	0	0
0,125	21	0	0	0	0,1
0,063	7,8	0	0	0	0,1
<0,063	19	0,9	0,6	0,3	1,0
Łącznie	100	100	100	100	100

Tablica 8 Uziarnienie materiałów mineralnych - WAPIEŃ

Wymiar oczek sita # [mm]	Mączka wapienna	Wapień 0/2 mm	Wapień 2/8 mm	Wapień 8/16 mm	Wapień 16/22 mm
	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)
22,4	0	0	0	0	6,9
16	0	0	0	2,3	77,5
11,2	0	0	0	35	14,1
8	0	0	2,8	45,1	0,7
5	0	0	28,3	13,9	0,1
2	0	3,7	66	1,9	0
0,5	0	60,7	1,2	0,1	0
0,125	3	31,7	0,2	0,1	0
0,063	14,1	1,5	0,1	0	0
<0,063	82,9	2,4	1,4	1,6	0,7
Łącznie	100	100	100	100	100

Tablica 9 Uziarnienie materiałów mineralnych - MELAFIR

Wymiar oczek sita # [mm]	Melafir 0/2 mm	Melafir 2/5 mm	Melafir 5/8 mm	Melafir 8/11 mm	Melafir 11/16 mm	Melafir 16/22 mm
	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)
22,4	0	0	0	0	0	6,4
16	0	0	0	0	2,3	89,1
11,2	0	0	0	12,3	79,4	4,1
8	0	0	5,9	71,3	17,4	0
5	0	8,4	75,5	15,5	0,3	0
2	12,9	83,2	17,4	0,3	0,2	0
0,5	53,5	5,5	0,1	0	0	0
0,125	19,1	0,8	0,1	0	0	0
0,063	3,8	0,2	0,1	0,1	0	0
<0,063	10,7	1,9	0,9	0,5	0,4	0,4
	100	100	100	100	100	100

Tablica 10 Uziarnienie materiałów mineralnych - KWARCYT

Wymiar oczek sita # [mm]	Kwarcyt 0/2 mm	Kwarcyt 2/5 mm	Kwarcyt 5/8 mm	Kwarcyt 8/11 mm	Kwarcyt 11/16 mm
	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)	% (m/m)
22,4	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	4,30
11,2	0	0	0	2,40	93,20
8	0	0	0,50	86,70	1,90
5	0	0,60	96,20	9,90	0,10
2	0,3	97,20	2,00	0,10	0
0,5	59,2	1,90	0	0	0
0,125	31,8	0	0	0	0
0,063	5,0	0	0	0	0
<0,063	3,7	0,30	1,30	0,80	0,50
	100	100	100	100	100

Analizy sitowe granitu są w trakcie badań.

4.2 Lepiszcza

W tablicy 11 zestawiono podstawowe właściwości wykorzystywanych w pracy asfaltów. Kolorem szarym zostały zaznaczone asfalty zastosowane do przygotowania próbek do badań porównawczych.

Tablica 11 Zbadane właściwości lepiszczy

Rodzaj asfaltu, Właściwość	Asfalt drogowy			Asfalt modyfikowany	
	20/30	35/50	50/70	45/80-55	45/80-65
Penetracja w temperaturze 25°C, obciążenie 100g, czas obciążenia 5s, 0,1 mm	24	41	61	50	57
Temperatura mięknięcia PiK, °C	63,4	54,6	49,4	58,2	71,8
Temperatura łamliwości wg Fraassa, °C	-15	-17	-18	-17	-22

4.3 Recepty

Projekt mieszanek mineralno-asfaltowych wykonano wg WT-2 2010 [4]. Szczegółowe składy MMA oraz ich podstawowe parametry, przedstawiono w pkt. 7 niniejszego opracowania. Tablica 12 zawiera zestawienie oznakowania badanych MMA.

Tablica 12 Oznakowanie mieszanek mineralno-asfaltowych

Lp.	Rodzaj MMA	Rodzaj kruszywa	Rodzaj asfaltu	Środek adhezyjny					
				WETFIX BE (W)	Teramin 14 (T)	AD-HERE (A)	INTERLENE IN/400L (I)	PE-31 (P)	Wapno hydratyzowane (WH)
1	SMA11S	BAZALT (B)	45/80-55	B/W	B/T	B/A	B/I	B/P	B/WH
2		GABRO (G)		G/W	G/T	G/A	G/I	G/P	G/WH
3		GRANIT (GR)		GR/W	GR/T	GR/A	GR/I	GR/P	GR/WH
4	AC16W	DOLOMIT (D)	50/70	D/W	D/T	D/A	D/I	D/P	D/WH
5		AMFIBOLIT (A)		A/W	A/T	A/A	A/I	A/P	A/WH
6		KWARCYT (K)		K/W	K/T	K/A	K/I	K/P	K/WH
7	AC22P	WAPIEŃ (W)	35/50	W/W	W/T	W/A	W/I	W/P	W/WH
8		MELAFIR (M)		M/W	M/T	M/A	M/I	M/P	M/WH

5. Wykonanie badań powinowactwa lepiszczy i kruszyw

Zakres pracy przewidywał sprawdzenie przyczepności asfaltów drogowych 35/50, 50/70 i 45/80-55 do wybranych kruszyw: amfibolitu, bazaltu, dolomitu, gabra, melafiru, wapienia, kwarcytu i granitu. Badania wykonano według PN-EN 12697-11 [3] metodą butelkową (A). Badania przeprowadzono z zastosowaniem różnych środków adhezyjnych oraz bez dodatku środka adhezyjnego w celach porównawczych. Zastosowano 5 rodzajów płynnego środka adhezyjnego: Wetfix BE, Teramin 14, Ad-here, Interlene IN/400L i PE-31. Jako sypki środek adhezyjny zastosowano wapno hydratyzowane. Badania powinowactwa lepiszcza z kruszywem zostało zgodnie z planem przeprowadzone dla par lepiszczy i kruszyw uwzględnionych w receptach do badań ITSr.

Wykonano 56 wariantów z zakresu badań przyczepności, tj.: bazalt, gabra, granit, dolomit, amfibolit, kwarcyt, wapień, melafir razy 6 środków adhezyjnych i w każdym przypadku wariant bez środka adhezyjnego (tablica 13).

Zawartość środka adhezyjnego stanowiła 0,3% w stosunku do asfaltu, natomiast wapno hydratyzowane zastosowano w ilości 1,5% w stosunku do MMA. Ocenę przeprowadzono po 6h i 24h.

Tablica 13 Przyczepność - Metoda butelkowa

Symbol mieszanki									
Asfalt:		45/80-55			50/70			35/50	
Kruszywo:		BAZALT	GABRO	GRANIT	DOLOMIT	AMFIBOLIT	KWARCYT	WAPIEŃ	MELAFIR
Bez środka adhezyjnego		B	G	GR	D	A	K	W	M
Środki adhezyjne	WETFIX BE	B/W	G/W	GR/W	D/W	A/W	K/W	W/W	M/W
	Teramin 14	B/T	G/T	GR/T	D/T	A/T	K/T	W/T	M/T
	AD-HERE	B/A	G/A	GR/A	D/A	A/A	K/A	W/A	M/A
	INTERLE-NE IN/400L	B/I	G/I	GR/I	D/I	A/I	K/I	W/I	M/I
	PE-31	B/P	G/P	GR/P	D/P	A/P	K/P	W/P	M/P
	Wapno hydratyzowane	B/WH	G/WH	GR/WH	D/WH	A/WH	K/WH	W/WH	M/WH

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 (Fot. 1). Badanie polega na ocenie, w normowych przedziałach, stopnia „odmytej” powierzchni ziaren kruszywa, które na początku są w całości powleczone asfaltem. 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 [5]. 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 $20 \pm 5^\circ\text{C}$, rozłożony na płaskiej powierzchni, pokrytej silikonem, w taki sposób aby uniemożliwić sklejenie się ziaren. Przy przeprowadzaniu właściwego badania zadaje się prędkość obrotową butelki jako $60 \text{ obr/min} \pm 10\%$. Na początku badania temperatura wody destylowanej, którą napełniona jest butelka w 50 % ma temperaturę $5 \pm 2^\circ\text{C}$. Jako, że temperatura, w jakiej wykonuje się badanie, należy do przedziału $15-25^\circ\text{C}$, to temperatura ta stopniowo rośnie, aż do osiągnięcia temperatury badania. Pierwszą ocenę wzrokową pokrycia kruszywa przeprowadza się po $6 \text{ h} \pm 15 \text{ min}$, 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 %.

W tablicach 14-20 oraz na rysunkach 1-7 przedstawiono wyniki badań przyczepności.



Fot 1. Urządzenie do obracania butelek

Tablica 14 Przyczepność asfaltu 45/80-55 do kruszywa BAZALT

Składniki	BAZALT 8/11 (45/80-55)		BAZALT 8/11 (45/80-55)		BAZALT 8/11 (45/80-55)		BAZALT 8/11 (45/80-55)		BAZALT 8/11 (45/80-55)		BAZALT 8/11 (45/80-55)		BAZALT 8/11 (45/80-55)	
Środek adhezyjny:	wyjściowy B		0,3% Wetfix BE w stosunku do asfaltu		0,3% TERAMIN w stosunku do asfaltu		0,3% AD-HERE w stosunku do asfaltu		0,3% Interlene w stosunku do as- faltu		0,3% PE-31w stosunku do asfaltu		1,5% Wapno w stosunku do MMA	
Symbol	B		B/W		B/T		B/A		B/I		B/P		B/WH	
Ocena po	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h
OPERATOR I Pokrycie ziaren, %	85	60	90	65	75	55	65	45	75	35	70	35	70	30
	85	60	90	70	70	55	70	45	70	35	65	35	70	25
	85	50	90	70	70	55	70	45	70	35	65	35	65	25
ŚREDNIA I	85	57	90	68	72	55	68	45	72	35	67	35	68	27
OPERATOR II Pokrycie ziaren, %	70	60	90	70	75	55	65	45	75	35	70	35	70	30
	90	60	90	70	70	55	70	45	70	35	65	35	70	25
	85	50	90	70	70	55	70	45	70	35	65	35	70	25
ŚREDNIA II	82	57	90	70	72	55	68	45	72	35	67	35	70	27
ŚREDNIA I, II	83	57	90	69	72	55	68	45	72	35	67	35	69	27
ŚREDNIA I, II wg PN-EN	85	55	90	70	70	55	70	45	70	35	65	35	70	25

Tablica 15 Przyczepność asfaltu 45/80-55 do kruszywa GABRO

Składniki	GABRO 8/11 (45/80-55)		GABRO 8/11 (45/80-55)		GABRO 8/11 (45/80-55)		GABRO 8/11 (45/80-55)		GABRO 8/11 (45/80-55)		GABRO 8/11 (45/80-55)		GABRO 8/11 (45/80-55)	
Środek adhezyjny:	wyjściowy G		0,3% Wetfix BE w stosunku do asfaltu		0,3% TERAMIN w stosunku do asfaltu		0,3% AD-HERE w stosunku do asfaltu		0,3% Interlene w stosunku do asfaltu		0,3% PE-31w stosunku do asfaltu		1,5% Wapno w stosunku do MMA	
Symbol	G		G/W		G/T		G/A		G/I		G/P		G/WH	
Ocena po	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h
OPERATOR I Pokrycie ziaren, %	60	15	80	35	65	25	60	25	50	5	65	30	55	5
	60	10	75	35	65	25	65	25	55	5	70	35	60	10
	60	15	75	35	65	25	65	25	55	5	65	30	55	10
ŚREDNIA I	60	13	77	35	65	25	63	25	53	5	67	32	57	8
OPERATOR II Pokrycie ziaren, %	60	15	80	35	65	25	60	25	50	5	65	30	55	5
	60	10	80	35	65	25	65	25	55	5	70	30	60	10
	60	15	75	35	65	25	65	25	55	5	65	30	55	10
ŚREDNIA II	60	13	78	35	65	25	63	25	53	5	67	30	57	8
ŚREDNIA I, II	60	13	78	35	65	25	63	25	53	5	67	31	57	8
ŚREDNIA I, II wg PN-EN	60	15	80	35	65	25	65	25	55	5	65	30	55	10

Tablica 16 Przyczepność asfaltu 50/70 do kruszywa DOLOMIT

Składniki	DOLOMIT 8/11 (50/70)		DOLOMIT 8/11 (50/70)		DOLOMIT 8/11 (50/70)		DOLOMIT 8/11 (50/70)		DOLOMIT 8/11 (50/70)		DOLOMIT 8/11 (50/70)		DOLOMIT 8/11 (50/70)	
Środek adhezyjny:	wyjściowy D		0,3% Wetfix BE w stosunku do asfaltu		0,3% TERAMIN w stosunku do asfaltu		0,3% AD-HERE w stosunku do asfaltu		0,3% Interlene w stosunku do asfaltu		0,3% PE-31w stosunku do asfaltu		1,5% Wapno w stosunku do MMA	
Symbol	D		D/W		D/T		D/A		D/I		D/P		D/WH	
Ocena po	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h
OPERATOR I Pokrycie ziaren, %	70	30	65	25	65	30	70	35	70	40	70	45	65	35
	70	30	60	30	65	35	65	40	65	40	70	40	65	35
	70	30	65	25	60	35	65	40	65	40	65	45	65	35
ŚREDNIA I	70	30	63	27	63	33	67	38	67	40	68	43	65	35
OPERATOR II Pokrycie ziaren, %	70	30	65	25	65	30	65	40	65	40	70	45	65	35
	70	30	65	30	65	35	65	40	60	40	70	40	65	35
	70	30	65	25	60	35	65	40	65	35	65	45	65	35
ŚREDNIA II	70	30	65	27	63	33	65	40	63	38	68	43	65	35
ŚREDNIA I, II	70	30	64	27	63	33	66	39	65	39	68	43	65	35
ŚREDNIA I, II wg PN-EN	70	30	65	25	65	35	65	40	65	40	70	45	65	35

Tablica 17 Przyczepność asfaltu 50/70 do kruszywa AMFIBOLIT

Składniki	AMFIBOLIT 8/11 (50/70)		AMFIBOLIT 8/11 (50/70)		AMFIBOLIT 8/11 (50/70)		AMFIBOLIT 8/11 (50/70)		AMFIBOLIT 8/11 (50/70)		AMFIBOLIT 8/11 (50/70)		AMFIBOLIT 8/11 (50/70)	
Środek adhezyjny:	wyjściowy A		0,3% Wetfix BE w stosunku do asfaltu		0,3% TERAMIN w stosunku do asfaltu		0,3% AD-HERE w stosunku do asfaltu		0,3% Interlene w stosunku do asfaltu		0,3% PE-31w stosunku do asfaltu		1,5% Wapno w stosunku do MMA	
Symbol	A		A/W		A/T		A/A		A/I		A/P		A/WH	
Ocena po	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h
OPERATOR I Pokrycie ziaren, %	70	25	80	65	75	60	75	60	80	55	70	45	65	20
	70	30	80	65	75	60	75	60	80	60	75	45	65	20
	70	30	80	60	75	60	75	60	80	55	75	45	65	15
ŚREDNIA I	70	28	80	63	75	60	75	60	80	57	73	45	65	18
OPERATOR II Pokrycie ziaren, %	70	25	80	65	75	60	75	60	80	55	70	45	65	20
	70	30	80	65	75	60	75	60	80	55	75	45	65	20
	70	30	80	60	75	60	75	60	80	55	75	45	65	15
ŚREDNIA II	70	28	80	63	75	60	75	60	80	55	73	45	65	18
ŚREDNIA I, II	70	28	80	63	75	60	75	60	80	56	73	45	65	18
ŚREDNIA I, II wg PN-EN	70	30	80	65	75	60	75	60	80	55	75	45	65	20

Tablica 18 Przyczepność asfaltu 45/80-55 do kruszywa WAPIEŃ

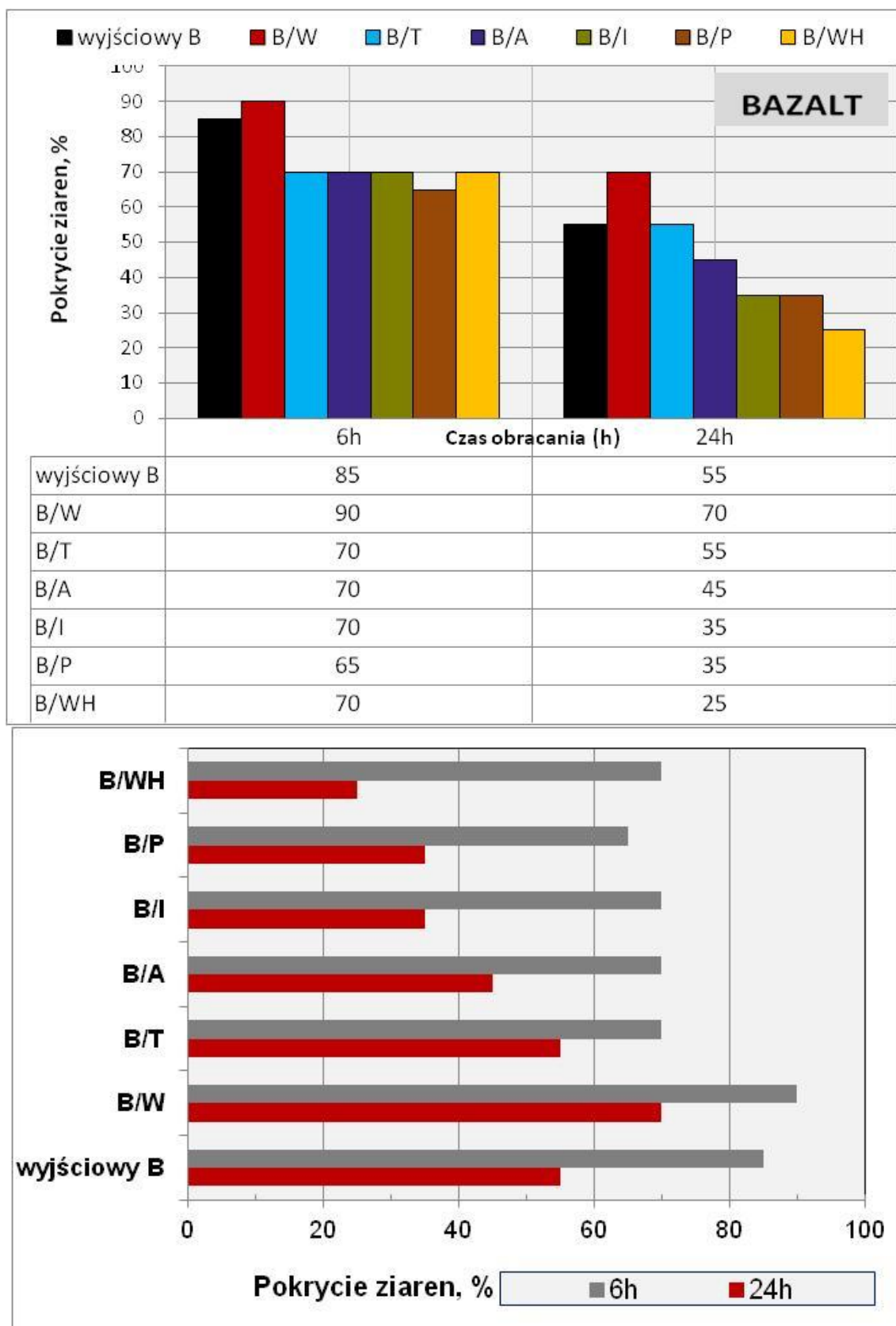
Składniki	WAPIEŃ 8/11 (35/50)		WAPIEŃ 8/11 (35/50)		WAPIEŃ 8/11 (35/50)		WAPIEŃ 8/11 (35/50)		WAPIEŃ 8/11 (35/50)		WAPIEŃ 8/11 (35/50)		WAPIEŃ 8/11 (35/50)	
Środek adhezyjny:	wyjściowy W		0,3% Wetfix BE w stosunku do asfaltu		0,3% TERAMIN w stosunku do asfaltu		0,3% AD-HERE w stosunku do asfaltu		0,3% Interlene w stosunku do asfaltu		0,3% PE-31w w stosunku do asfaltu		1,5% Wapno w stosunku do MMA	
Symbol	W		W/W		W/T		W/A		W/I		W/P		W/WH	
Ocena po	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h
OPERATOR I Pokrycie ziaren, %	70	45	70	50	65	50	70	55	70	45	70	50	70	40
	70	45	70	55	65	55	70	55	65	50	70	55	75	35
	70	45	70	55	65	55	70	50	70	50	70	55	75	40
ŚREDNIA I	70	45	70	53	65	53	70	53	68	48	70	53	73	38
OPERATOR II Pokrycie ziaren, %	70	45	70	50	65	50	70	55	70	45	70	55	70	40
	70	45	70	55	65	55	70	55	65	50	70	55	75	35
	70	45	70	55	65	55	70	50	70	50	70	55	75	40
ŚREDNIA II	70	45	70	53	65	53	70	53	68	48	70	55	73	38
ŚREDNIA I, II	70	45	70	53	65	53	70	53	68	48	70	54	73	38
ŚREDNIA I, II wg PN-EN	70	45	70	55	65	55	70	55	70	50	70	55	75	40

Tablica 19 Przyczepność asfaltu 45/80-55 do kruszywa MELAFIR

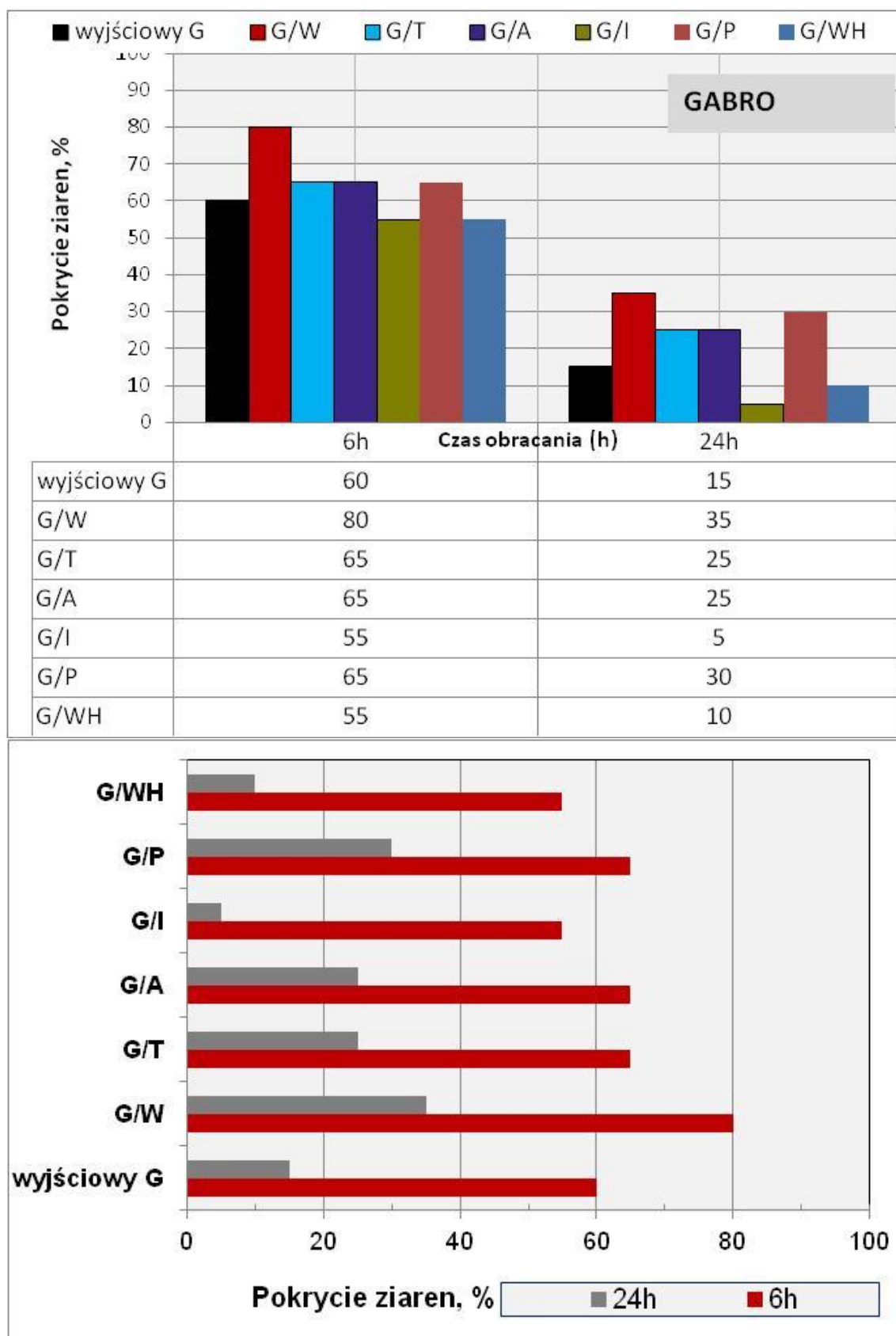
Składniki	MELAFIR 8/11 (35/50)		MELAFIR 8/11 (35/50)		MELAFIR 8/11 (35/50)		MELAFIR 8/11 (35/50)		MELAFIR 8/11 (35/50)		MELAFIR 8/11 (35/50)		MELAFIR 8/11 (35/50)	
Środek adhezyjny:	wyjściowy M		0,3% Wetfix BE w stosunku do asfaltu		0,3% TERAMIN w stosunku do asfaltu		0,3% AD-HERE w stosunku do asfaltu		0,3% Interlene w stosunku do asfaltu		0,3% PE-31w w stosunku do asfaltu		1,5% Wapno w stosunku do MMA	
Symbol	M		M/W		M/T		M/A		M/I		M/P		M/WH	
Ocena po	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h
OPERATOR I Pokrycie ziaren, %	40	0	65	25	65	25	60	25	60	15	65	25	65	0
	40	0	70	30	65	30	65	25	55	20	65	25	65	0
	40	0	65	30	65	30	60	25	60	15	65	25	60	0
ŚREDNIA I	40	0	67	28	65	28	62	25	58	17	65	25	63	0
OPERATOR II Pokrycie ziaren, %	40	0	65	25	65	25	60	25	60	15	65	20	65	0
	40	0	70	30	65	30	65	25	55	15	65	25	65	0
	40	0	65	30	65	30	60	25	60	20	65	25	65	0
ŚREDNIA II	40	0	67	28	65	28	62	25	58	17	65	23	65	0
ŚREDNIA I, II	40	0	67	28	65	28	62	25	58	17	65	24	64	0
ŚREDNIA I, II wg PN-EN	40	0	65	30	65	30	60	25	60	15	65	25	65	0

Tablica 20 Przyczepność asfaltu 50/70 do kruszywa KWARCYT

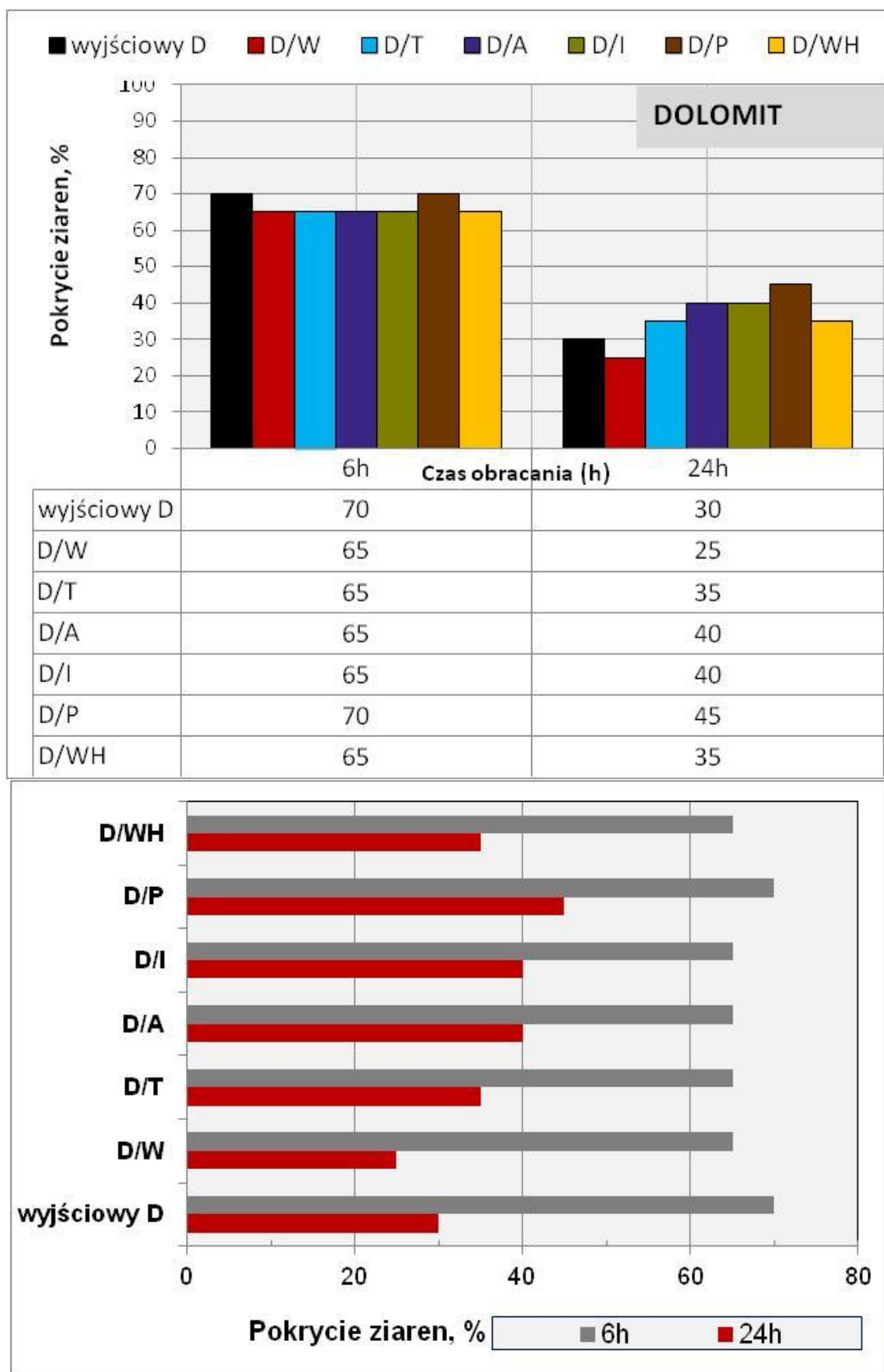
Składniki	KWARCYT 8/11 (50/70)		KWARCYT 8/11 (50/70)		KWARCYT 8/11 (50/70)		KWARCYT 8/11 (50/70)		KWARCYT 8/11 (50/70)		KWARCYT 8/11 (50/70)		KWARCYT 8/11 (50/70)	
Środek adhezyjny:	wyjściowy K		0,3% Wetfix BE w stosunku do asfaltu		0,3% TERAMIN w stosunku do asfaltu		0,3% AD-HERE w stosunku do asfaltu		0,3% Interlene w stosunku do asfaltu		0,3% PE-31w stosunku do asfaltu		1,5% Wapno w stosunku do MMA	
Symbol	K		K/W		K/T		K/A		K/I		K/P		K/WH	
Ocena po	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h	6h	24h
OPERATOR I Pokrycie ziaren, %	70	5	95	40	70	30	80	40	70	30	75	40	65	5
	70	5	80	35	70	30	75	45	65	30	70	45	65	0
	70	5	80	35	70	30	75	45	65	30	70	45	70	0
ŚREDNIA I	70	5	85	37	70	30	77	43	67	30	72	43	67	2
OPERATOR II Pokrycie ziaren, %	70	5	85	40	75	30	75	40	70	30	75	40	65	5
	70	5	80	35	70	30	75	45	65	30	70	45	65	0
	70	5	80	35	70	30	75	45	65	30	70	45	70	0
ŚREDNIA II	85	5	82	37	72	30	75	43	67	30	72	43	67	2
ŚREDNIA I, II	78	5	83	37	71	30	76	43	67	30	72	43	67	2
ŚREDNIA I, II wg PN-EN	70	5	85	35	70	30	75	45	65	30	70	45	65	0



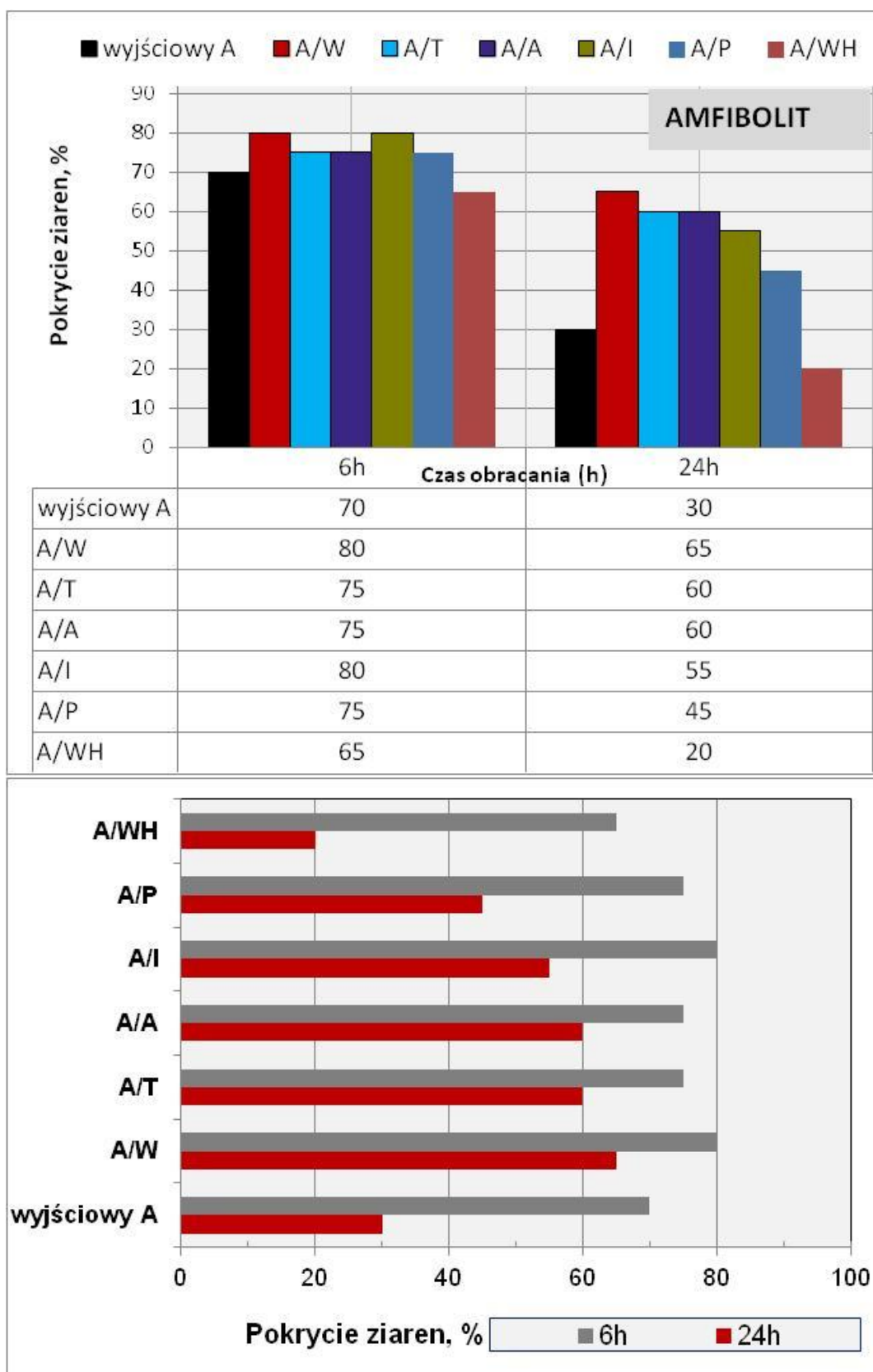
Rysunek 1 Przyczepność asfaltu do kruszywa - BAZALT



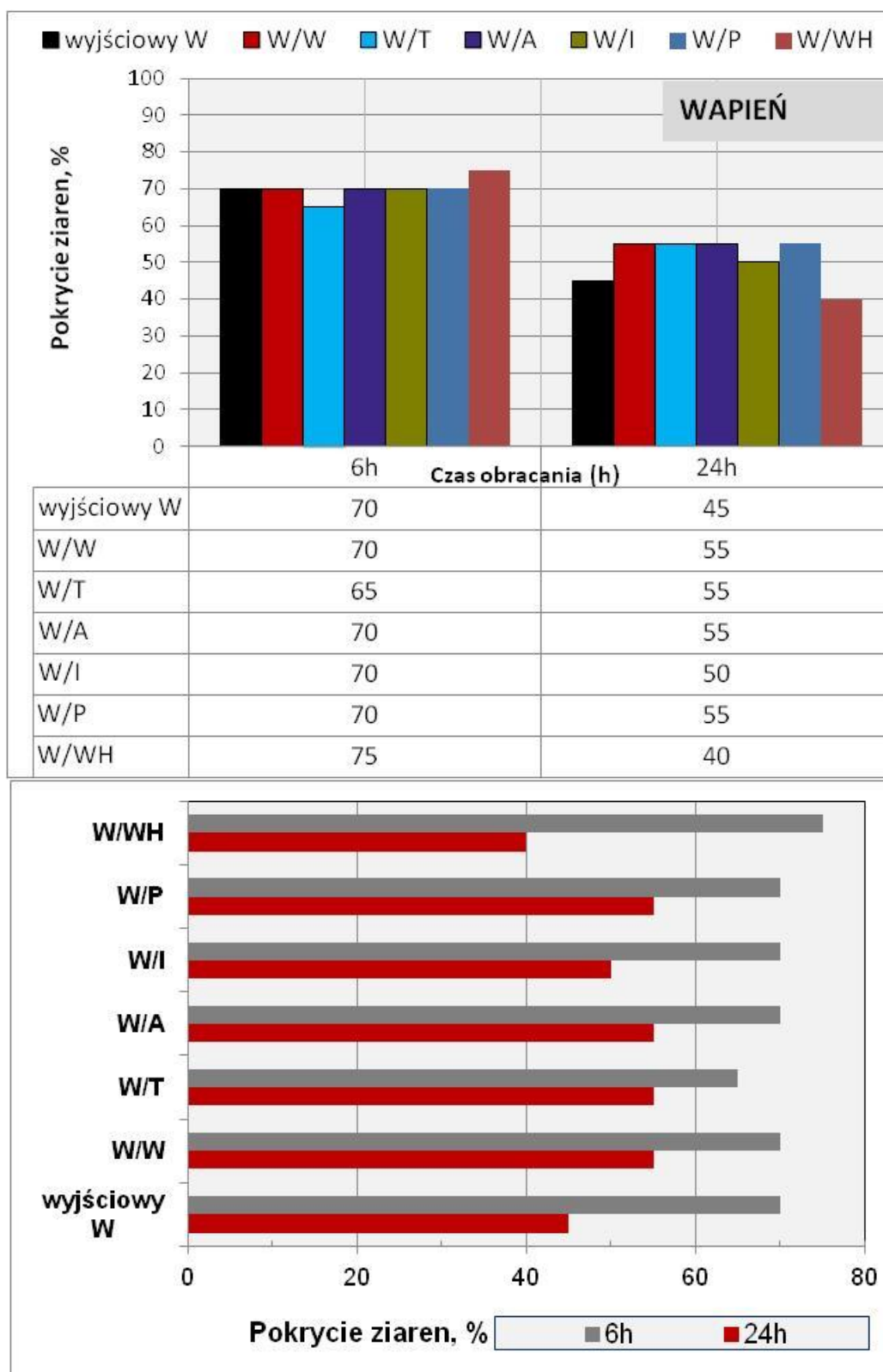
Rysunek 2 Przyczepność asfaltu do kruszywa - GABRO



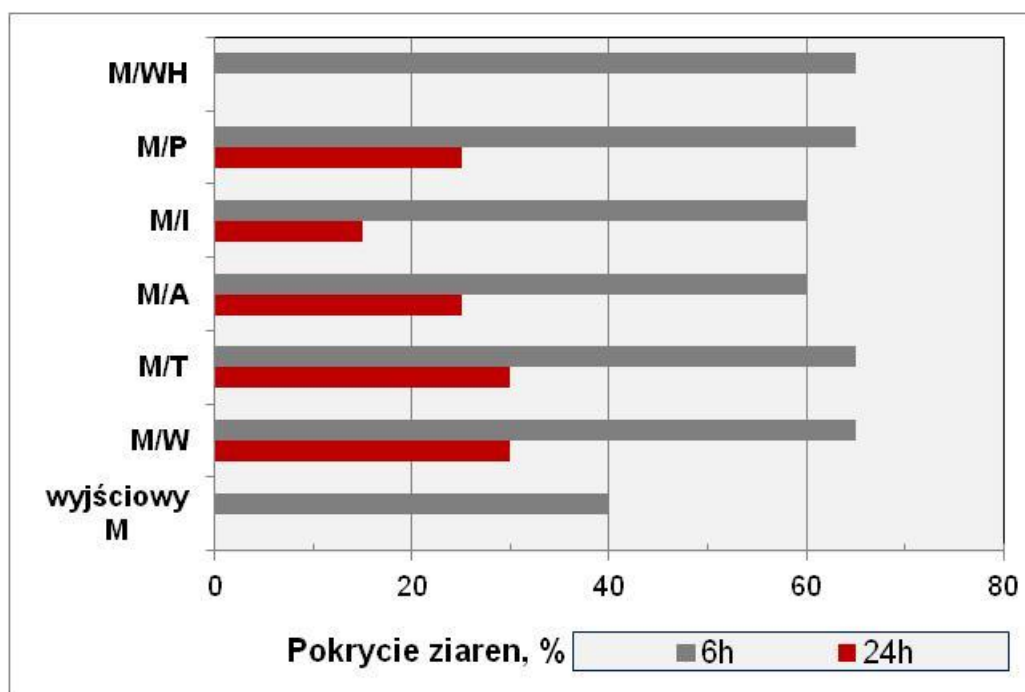
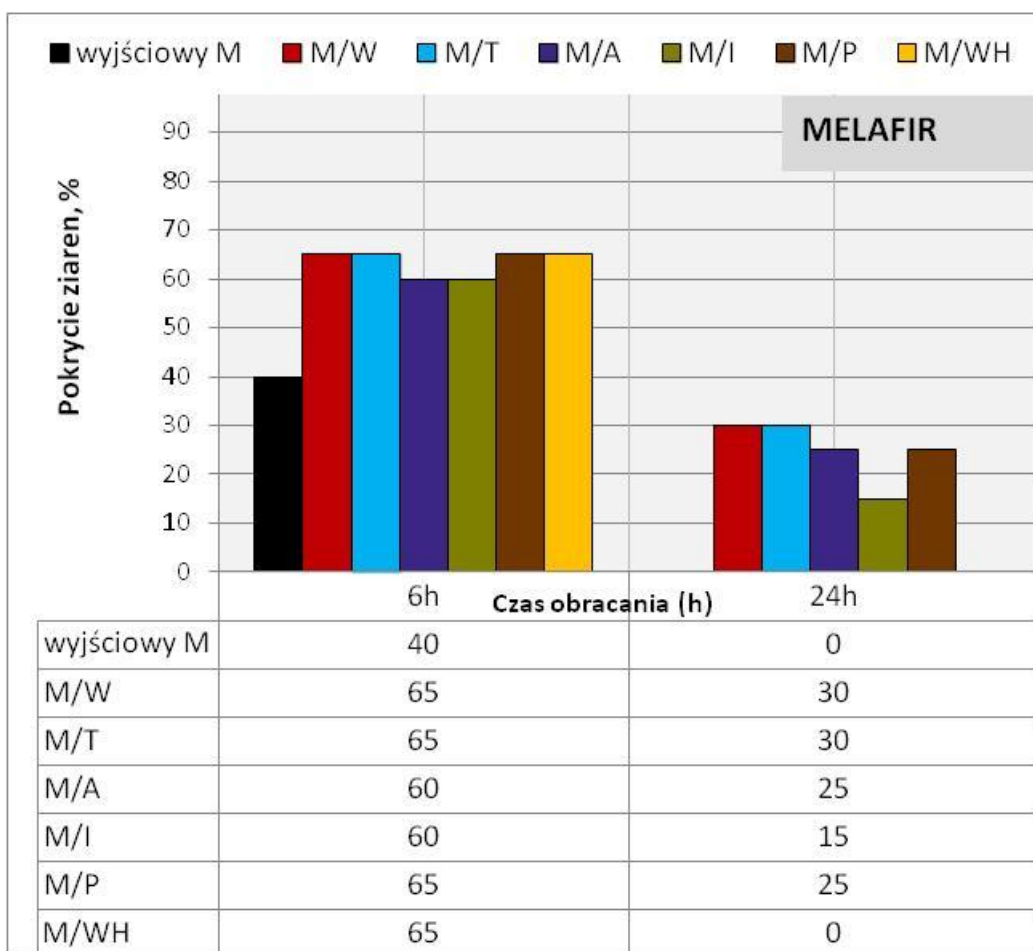
Rysunek 3 Przyczepność asfaltu do kruszywa - DOLOMIT



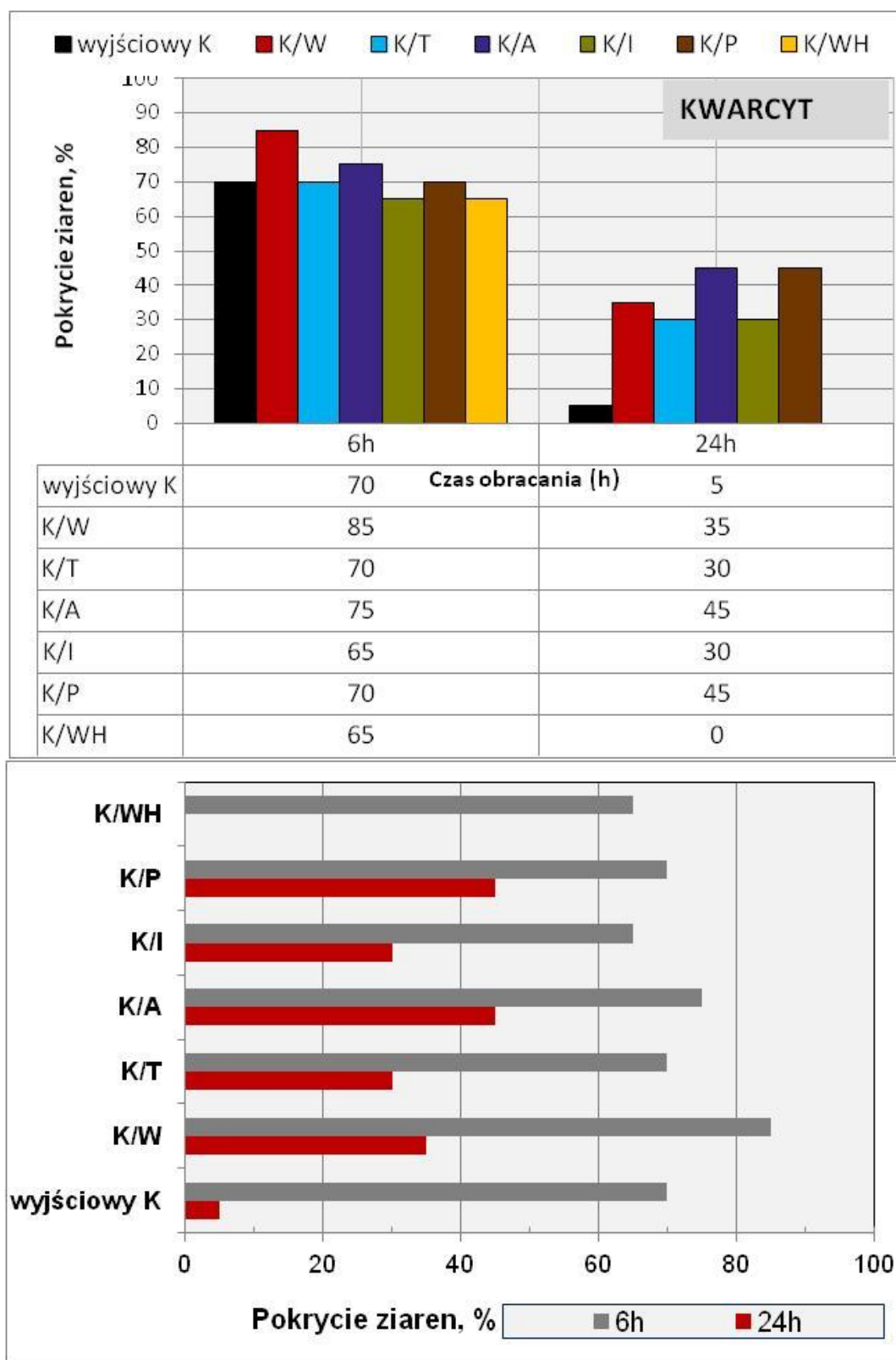
Rysunek 4 Przyczepność asfaltu do kruszywa - AMFIBOLIT



Rysunek 5 Przyczepność asfaltu do kruszywa - WAPIEŃ



Rysunek 6 Przyczepność asfaltu do kruszywa - MELAFIR



Rysunek 7 Przyczepność asfaltu do kruszywa - KWARCYT

6. Analiza ankiet przysłanych przez laboratoria

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.

Tablica 21 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.

22 laboratoria odpowiedziały na nadesłaną ankietę oraz zadeklarowały chęć wzięcia udziału w badaniach międzylaboratoryjnych. Do laboratoriów, które odpowiedziały w pierwszej kolejności wysłano próbki do przeprowadzenia pierwszej serii badań międzylaboratoryjnych. Pozostałe laboratoria otrzymają próbki w późniejszym terminie. W celu zapewnienia anonimowości nie podano jakie laboratoria wzięły udział w badaniach i odpowiedziały na ankietę.

Analiza ankiet

Nadesłane ankiety poddano analizie. Pierwsza grupa pytań miała charakter ogólny. Zadano następujące pytania i uzyskano następujące odpowiedzi:

1. Ile osób związanych z badaniami mm-a zatrudnia laboratorium

Laboratoria respondentów zatrudniają od 3 do 13 osób związanych z badaniami mm-a, a średnio po 6 osób.

2. Staż pracy osób przeprowadzających badania laboratoryjne (w tym mm-a)

W związku z dużym rozrzutem stażu pracy odpowiedzi podzielono na 3 grupy. Grupa A to staż do 2 lat, grupa B od 3 do 10 lat, a grupa C powyżej 10 lat. 5 laboratoriów zadeklarowało staż pracowników w grupie A i B, 10 laboratoriów w grupie A, B i C, 2 laboratoria w grupie A i C, 3 laboratoria w grupie B, 1 laboratorium w grupie B i C i 1 laboratorium w grupie C. Z analizy odpowiedzi wynika, że żadne laboratorium nie zatrudniało jedynie pracowników z grupy A. Pracownikom z grupy A każdorazowo towarzyszyli pracownicy starsi stażem – z grupy B lub grupy C.

3. Czy laboratorium wykonywało przed 2008 rokiem badania wodoodporności wg AASHTO T283-89

Tylko 4 laboratoria spośród ankietowanych wykonywały badania odporności na działanie wody i mrozu przed wejściem wymagań według WT-2 2008 i WT-2 2010. Pozostałe 18 laboratoriów nie miało doświadczeń z metodą AASHTO T283-89.

4. Ile badań odporności na działanie wody wg PN-EN 12697-12 z cyklem zamrażania lub bez wykonało laboratorium

Rozrzut deklarowanych ilości wykonanych badań wg PN-EN 12697-12 z cyklem zamrażania lub bez był znaczący. Najniżej punktowane laboratorium zadeklarowało 2 badania, a najwyżej punktowane 800 badań. Średnio laboratoria wykonały po ok. 140 badań, jednak mediana wykazała wartość 74 badań, co w sposób bardziej reprezentatywny oddaje średnie doświadczenie w wykonywaniu tego badania.

5. Czy laboratorium posiada akredytację na badanie odporność na działanie wody wg PN-EN 12697-12:2008

Trzy laboratoria biorące udział w ankiecie zadeklarowały posiadanie akredytacji.

Podsumowując ten etap ankiety można stwierdzić, że większość laboratoriów posiadała potencjalne zaplecze do wykonywania badania ITSR.

Następnie zadano serię pytań dotyczących problemów z badaniem ITSR.

6. Czy laboratorium miało problemy z uzyskaniem wystarczającej powtarzalności wyników własnych badań odporności na działanie wody przed opublikowaniem WT-2 2010?

Cztery laboratoria zadeklarowały, że miały kłopoty z powtarzalnością wyników badań zanim ukazała się ujednolicona procedura badania ITSR. Natomiast pozostałe laboratoria albo nie wykonywały tych badań, albo nie miały problemów z powtarzalnością.

7. Czy laboratorium miało problemy z uzyskaniem wystarczającej powtarzalności wyników badań odporności na działanie wody wg procedury WT-2 2010?

Na to pytanie 8 laboratoriów odpowiedziało twierdząco, a 14 albo przecząco, albo nie miało danych na ten temat.

8. Czy laboratorium miało problemy z uzyskaniem wystarczającej odtwarzalności wyników badań uzyskanych w innym laboratorium przed opublikowaniem WT-2 2010?

Tylko jedno laboratorium miało problem z odtwarzalnością wyników badań, natomiast pozostałe 11 nie miało problemu, a 10 laboratoriów nie miało informacji na ten temat.

Na podstawie powyższych odpowiedzi można wywnioskować, że wprowadzenie nowej procedury wg WT-2 2010 nie spowodowało zdecydowanego pogorszenia odtwarzalności / powtarzalności wyników badań. Przed opublikowaniem ujednoliconej procedury badania ITSR 18% ankietowanych miało problem z powtarzalnością wyników badań, a po wprowadzeniu procedury już 36 % ankietowanych zadeklarowało problem z uzyskaniem powtarzalności. Wśród laboratoriów bardzo doświadczonych w badaniu ITSR, czyli deklarujących ponad 100 wykonanych badań, 4 na 9 (prawie 50 %) ankietowanych odpowiedziało, że miało problem z powtarzalnością wyników badań, a 1 na 9 (ponad 10 %) z odtwarzalnością wyników badań.

Pytanie 9 dotyczyło obserwacji poczynionych przez laboratorium, odnośnie niektórych materiałów składowych i ich niekorzystnego wpływu na wynik ITSR.

W kwestii kruszywa 7 laboratoriów odpowiedziało, że nie poczyniło konkretnych obserwacji, że kruszywo ma wpływ na ITSR. Ale 15 laboratoriów było odmiennego zdania. Z tego dwa laboratoria potwierdziły ogólnie, że kruszywo ma wpływ, a pozostałe laboratoria wymieniły jako najbardziej problematyczne kruszywo wapienne (6 lab.), dolomitowe (3 lab.), ogólnie skały osadowe (2 lab.), kruszywo drobne (2 lab.), kruszywo o frakcji 0/4 (2 lab.), gąbry (1 lab.) i amfibolit (1. lab). Odnośnie wpływu asfaltu odpowiadano następująco. Dwanaście laboratoriów nie zaobserwowało wpływu asfaltu na ITSR. Pozostałe 10 poczyniło następujące obserwacje: 2 laboratoria zaobserwowały wpływ lepiszcza bez podania konkretnych stwierdzeń, 3 laboratoria wskazywały na wpływ ilości asfaltu, 5 laboratoriów uzyskiwało lepsze wyniki z lepiszczami

modyfikowanymi, 1 laboratorium uzyskiwało gorsze wyniki z asfaltami twardymi. Wpływu środka adhezyjnego na wynik badań ITSR nie zaobserwowało 15 laboratoriów, 3 laboratoria zadeklarowały taką obserwację, natomiast pozostałe laboratoria zadeklarowały wpływ środka adhezyjnego w przypadku niektórych kruszyw, inne zauważyło, że im mniej tego dodatku tym lepszy wynik, jeszcze inne laboratorium uznało wręcz przeciwnie, że całkowity brak lub za duża ilość pogarszają wynik, jeszcze inne zadeklarowało, że rodzaj i ilość ma wpływ na wynik ITSR. Cztery laboratoria zaobserwowały, że kombinacja tych wszystkich składników wpływa na wynik ITSR.

Kolejna grupa pytań dotyczyła stosowanego sprzętu oraz praktyk laboratoryjnych dotyczących realizacji wymagań i zapisów normy. Stwierdzono, że sprzęt jest różnorodny.

9. Do przygotowania mm-a do badań wodoodporności wykorzystywane jest:

Jako odpowiedź A przyjęto mieszanie ręczne, pojedyncza porcja na próbkę Marshalla, odpowiedź B dotyczyła mieszania mechanicznego, pojedynczej porcji na próbkę Marshalla, C dotyczyła mieszania mechanicznego, większej porcji mm-a, z której wydzielane są porcje na próbki Marshalla. Odpowiedzi z grupy A było 5, z grupy B nie było deklaracji, z grupy C było 17 odpowiedzi. Dodatkowo czterech respondentów zadeklarowało, że wykonują próbki z mieszanki mineralno-asfaltowej pobranej z wytwórni mas asfaltowych, a jeden respondent dodatkowo zadeklarował, że wykonuje badania na próbkach wykonanych przez zlecniodawcę.

10. Do zagęszczenia próbek Marshalla do badania wodoodporności stosowany jest ubijak (producent, rok produkcji, czy zgodny z Normą Europejską):

Wszystkie zadeklarowane ubijaki Marshalla były zgodne z Normą Europejską. Osiem ubijaków było produkcji niemieckiej, jedenaście produkcji polskiej, dwa angielskie i 1 włoski. W przypadku 16 ubijaków zadeklarowano sprawdzanie, a w przypadku 4 dodatkowo wzorcowanie. W przypadku 2 ubijaków nie deklarowano ani wzorcowania ani sprawdzenia.

11. Do termostatowania próbek z zestawu „suchego” wykorzystywany jest:

12. Do termostatowania próbek z zestawu „mokrego” wykorzystywany jest: (producent, zakres pomiarowy, rok produkcji)

Odpowiedzi na te pytania były zróżnicowane pod względem rodzaju sprzętu: suszarka, komora klimatyczna, łaźnia wodna, inkubator, duktylometr, oraz zakresu pracy urządzeń. Należy w tym miejscu zwrócić uwagę, że potencjalnie nie każde ze stosowanych urządzeń nadawało się do przedstawionego zastosowania. Przykładowo suszarka ma dolny zakres pracy od +5 °C (niemiecka nawet od +10 °C) ponad temperaturę otoczenia, cieplarka od +3 °C ponad temperaturę otoczenia. Łaźnie wodne nie wyposażone w system chłodzenia również nie będą właściwym rozwiązaniem, zwłaszcza jeśli potrzeba schłodzić dużą ilość próbek z wyższej temperatury do niższej w ograniczonym czasie. Typowy deklarowany dolny zakres pracy łaźni wodnej do próbek Marshalla wynosi +15 °C ponad temperaturę otoczenia, zatem aby poprawienie termostatować próbki z zestawu mokrego łaźnię należałoby eksploatować w temperaturze +10 °C, co jest nie praktyczne. Kolejnym potencjalnym źródłem błędu,

który ujawnił się na tym etapie analizy, jest stosowanie do termostatowania próbek z zestawu mokrego skrzynki wypełnionej wodą i wstawionej do komory termostatycznej lub suszarki wraz z próbkami z zestawu suchego. Proces parowania wody obniża jej temperaturę, i będzie ona niższa od temperatury otaczającego powietrza. Wprowadza to dodatkową składową błędów całkowitego.

13. Do nasączania próbek stosowana jest komora próżniowa:

Potencjalnie nie każda komora próżniowa spośród ankietowanych spełniła wymagania normy PN-EN 12697-12. W normie wymagane jest ciśnienie pozostałe w naczyniu po odciągnięciu powietrza. W niektórych ankietowanych komorach próżniowych deklarowano zakres podciśnienia, a nie ciśnienia pozostałego. Również dokładność urządzenia wskazującego ciśnienie nie jest bez znaczenia. Wymaganą w normie dokładność $\pm 0,3$ kPa można osiągnąć na miernikach ciśnienia typu pojemnościowego o dokładności 0,2 % odczytu bez względu na gaz. Jest to zatem obszar mogący generować rozrzuty w metodzie nasączania próbek wodą w obecności próżni.

14. Do badania wykorzystywana jest prasa wytrzymałościowa:

Stosowane są prasy wytrzymałościowe polskich i zagranicznych producentów o zakresie pracy do 30 kN, do 50 kN lub do 200 kN. 17 urządzeń posiadało wzorcowania a pozostałe 5 sprawdzenia.

Ostatnia grupa pytań dotyczyła procedury badawczej stosowanej przez laboratoria po ukazaniu się WT-2 2008 a przed ukazaniem się ujednoliconej procedury w WT-2 2010:

15. Przygotowanie próbek

16. Podział próbek na zestaw suchy i zestaw mokry

17. Pielęgnacja próbek z zestawu mokrego:

18. Pielęgnacja próbek z zestawu suchego:

19. Termostatowanie próbek bezpośrednio przed badaniem:

Z analizy odpowiedzi ankietowych wynika, że trzy laboratoria nie wykonywały badań ITSR przed opublikowaniem ujednoliconej procedury według WT-2 2010. Pozostałe 19 laboratoriów ma doświadczenie w badaniu odporności na działanie wody i mrozu poprzez różne wersje procedury. Procedura badania miała kilka postaci, od procedury opublikowanej przez IBDiM w ramach pracy dla GDDKiA z 2002 r. [6], poprzez różne modyfikacje procedury według normy PN-EN 12697-12:2008, a kończąc na procedurze według WT-2 2010, tylko ze zmienionymi temperaturami oraz sposobem przygotowania i wyboru próbek.

Na podstawie analizy odpowiedzi ankietowych w tablicy zestawiono możliwe różnice na poszczególnych etapach procedury badawczej ITSR z cyklem mrożenia.

Tablica 22 Analiza różnic metodologii wykonania badania ITSR z cyklem mrożenia (dla porównania pierwszy wiersz dotyczy WT-2 2010)

Przygotowanie próbek	Segregowanie próbek	Kolejność i etapy postępowania	Postępowanie z próbkami przed mrożeniem	Postępowanie z próbkami przed badaniem	Ilość próbek
Według WT-2 2010: Wg PN-EN 12697-30, 2x35 uderzeń	Według WT-2 2010: Różnica między średnimi gęstościami objętościowymi zestawu suchego i mokrego <15 kg/m ³	Według WT-2 2010: Nasączenie próżniowe – kondycjonowanie w 40°C – mrożenie – rozmrażanie w 60°C – badanie w 25°C	Według WT-2 2010: bez ociekania wody, folia stretch, woreczek foliowy z 10 ml wody	Według WT-2 2010: termostatowanie w 25 °C, min. 2 h przed badaniem, próbki suche w stanie suchym, próbki mokre w stanie mokrym	Według WT-2 2010: min. 6 próbek
Wg PN-EN 12697-30, 2x25 uderzeń	Minimalizacja różnicy między średnimi gęstościami objętościowymi zestawu suchego i mokrego	Nasączenie próżniowe – kondycjonowanie w 40°C – badanie w 15/25°C	Osuszenie próbki ściereczką, woreczek foliowy bez wody, oklejenie taśmą	termostatowanie w 15/25 °C, min. 3 h przed badaniem, próbki suche w stanie suchym, próbki mokre w stanie mokrym	8 próbek
Niezgodnie z PN-EN 12697-30 – z dżganiem nożem i/lub ze smarowaniem form gliceryną	Wybór na przemian pod względem gęstości objętościowej próbek z zestawu suchego i mokrego	Nasączenie próżniowe – kondycjonowanie w 40°C – mrożenie – rozmrażanie w temperaturze pokojowej – badanie w 15/25°C		termostatowanie w 15/25 °C, min. 4 h przed badaniem, próbki suche w stanie suchym, próbki mokre w stanie mokrym	12 próbek
	Niższa średnia gęstość objętościowa próbek z zestawu mokrego (gorsze wyniki ITSR)*	Nasączenie próżniowe – mrożenie – kondycjonowanie w 40°C – badanie w 15/25°C		termostatowanie w 15/25 °C, min. 4 h przed badaniem, próbki suche i mokre w stanie suchym	
	Wyższa średnia gęstość objętościowa próbek z zestawu mokrego (lepsze wyniki ITSR)*				

* reguła nie zawsze prawdziwa, ze względu na optimum ITSR przy różnej optymalnej zawartości wolnej przestrzeni

Z tablicy wynika, że istnieje wiele sposobów na oznaczenie tej samej cechy, jaką jest odporność (wrażliwość) na działanie wody i mrozu.

Podsumowując przeprowadzoną analizę poszczególne różnice wynikające ze zmian i modyfikacji w procedurze wydają się nie mieć znaczenia. Znaczenia jednak nabierają, jeśli nastąpi superpozycja błędów składowych wynikających z tych różnic. Z analizy wynika również, że nie tylko różnice w samej procedurze postępowania, ale również różnice sprzętowe bądź brak świadomości ograniczeń wynikających z możliwo-

ści technicznych niektórych urządzeń może odgrywać istotną rolę w ostatecznym rozrachunku błędów i wynikającym z tego budżecie niepewności.

W celu minimalizacji wartości składowych w budżecie niepewności metody badawczej, szczególnie wynikających z omówionych wyżej powodów, widać potrzebę opracowania bardziej szczegółowej procedury badawczej, która ograniczałaby dowolność stosowania sprzętu, tryb postępowania, czy też dowolności interpretacji zapisów. Jest potrzeba opracowania procedury, której zapisy będą uszczegóławiać i wyjaśniać kwestie dotychczas interpretowane z pewną dowolnością.

7. Projekty recept

7.1 Recepty – BADANIA MIĘDZYLABORATORYJNE

Do badań międzylaboratoryjnych przygotowano 2 mieszanki mineralno-asfaltowe wg (tablice 23-24).

Tablica 23 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 w stosunku do asfaltu

Tablica 24 Recepta SMA 8

Lp.	Składniki	Mieszanka mineralna, % m/m	Mieszanka mineralno-asfaltowa, % m/m
1	Grys amfibolit 5/8 [mm]	58,0	54,2
2	Grys amfibolit 2/5 [mm]	18,0	16,8
3	Piasek łam. polod. 0/2 [mm]	5,0	4,7
4	Piasek łam. wap 0/2 [mm]	10,0	9,3
5	Mączka wapienna	9,0	8,4
6	Asfalt PMB 45/80-65	-	6,6
	Razem	100,00	100,00

Środek adhezyjny Wetfix BE 0,3 % m/m w stosunku do asfaltu, włókna celulozowe Arbocel ZZ 8/1 0,3 % m/m w stosunku mma

Mieszankę AC WMS 16 pobrano podczas produkcji na WMB. Próbkę materiału urabialnego pobrano zgodnie z normą PN-EN 12697-27:2005 [7] z przyzmy. Próbkę zapakowano w kartony i dostarczono do laboratorium IBDiM. Następnie mieszankę mineralno-asfaltową podgrzano i uformowano próbki w ubijaku Marshalla stosując energię

zagęszczania 2x35 uderzeń na stronę. Na wykonanych próbkach oznaczono gęstość objętościową metodą B zgodnie z normą PN-EN 12697-6:2008 [8].

Mieszanek SMA 8 przygotowano w laboratorium poprzez wymieszanie składników w proporcjach zgodnych z receptą przy użyciu mieszarki laboratoryjnej zgodnie z normą PN-EN 12697-35:2008.

Zarówno wymieszaną mieszanek SMA 8, jak i zagęszczone próbki Marshalla z mieszanki AC WMS 16 umieszczono w opakowaniu zbiorczym przeznaczonym do wysyłania do laboratoriów, które zadeklarowały chęć wzięcia udziału w porównaniach dotyczących badania wrażliwości na działanie wody.

7.2 Recepty – BADANIA LABORATORYJNE

Do badań laboratoryjnych przyjęto trzy typy mieszanek: AC W, AC P i SMA, z różnymi rodzajami kruszyw, dodatkowo sprawdzono każdą mieszanek w wariancie z sześcioma środkami adhezyjnymi. Łącznie prowadzone są badania 48 mieszanek mineralno-asfaltowych MMA, tj.:

- SMA11 z kruszywem bazaltowym, gablo, granitem, każda z 6 środkami adhezyjnymi (łącznie 18MMA)
- AC16 W z kruszywem dolomitowym, amfibolitowym, kwarcytem, każda z 6 środkami adhezyjnymi (łącznie 18MMA)
- AC22 P z kruszywem wapiennym i melafirem, każda z 6 środkami adhezyjnymi (łącznie 12MMA)

Projekt mieszanek mineralno-asfaltowych wykonano wg WT-2 2010. System oznakowania poszczególnych mieszanek mineralno-asfaltowych przyjęto jako symbol kruszywa łamany przez symbol środka adhezyjnego wg tablicy 25.

Tablica 25 Recepty - oznakowanie

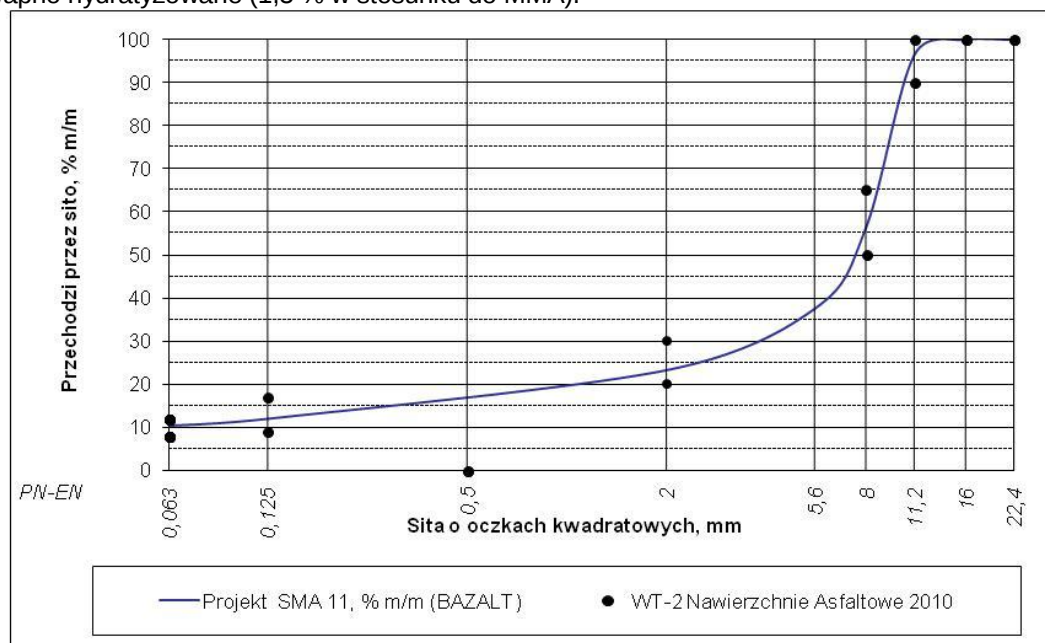
Lp.	Rodzaj MMA	Rodzaj kruszywa	Rodzaj asfaltu	Środek adhezyjny					
				WETFIX BE (W)	Teramin 14 (T)	AD-HERE (A)	INTERLENE IN/400L (I)	PE-31 (P)	Wapno hydratyzowane (WH)
1	SMA11S	BAZALT (B)	45/80-55	B/W	B/T	B/A	B/I	B/P	B/WH
2		GABRO (G)		G/W	G/T	G/A	G/I	G/P	G/WH
3		GRANIT (GR)		GR/W	GR/T	GR/A	GR/I	GR/P	GR/WH
4	AC16W	DOLOMIT (D)	50/70	D/W	D/T	D/A	D/I	D/P	D/WH
5		AMFIBOLIT (A)		A/W	A/T	A/A	A/I	A/P	A/WH
6		KWARCYT (K)		K/W	K/T	K/A	K/I	K/P	K/WH
7	AC22P	WAPIEŃ (W)	35/50	W/W	W/T	W/A	W/I	W/P	W/WH
8		MELAFIR (M)		M/W	M/T	M/A	M/I	M/P	M/WH

Poniżej przedstawione zostały projekty poszczególnych mieszanek mineralno-asfaltowych. Mieszanki z kwarcytem i granitem są w trakcie badań (podane zostały jedynie częściowe informacje dotyczące mieszanki z kwarcytem).

Tablica 26 Recepta SMA11 45/80-55 z bazaltem (B/W, B/T, B/A, B/I, B/P, B/WH)

Lp.	Składniki	Mieszanka mineralna % m/m	Mieszanka mineralno-asfaltowa % m/m
1	Bazalt 8/11 [mm]	52,0	48,672
2	Bazalt 5/8 [mm]	14,0	13,104
3	Bazalt 2/5 [mm]	10,0	9,360
4	Bazalt 0/2 [mm]	14,0	13,104
5	Mączka wapienna	10,0	9,360
6	Asfalt modyfikowany 45/80-55	-	6,4
	Razem	100,00	100,00

W mieszance zastosowano stabilizator Arbocel ZZ 8/1 (0,3 % w stosunku do MM) i zamiennie środki adhezyjne: Wetfix BE, Teramin 14, AD-Here, INTERLENE IN/400L, PE-31 (0,3 % w stosunku do asfaltu) oraz wapno hydratyzowane (1,5 % w stosunku do MMA).



Rysunek 8 Krzywa uziarnienia mieszanki mineralnej SMA11 S

Tablica 27 Uziarnienie mieszanki mineralnej

Sito #, mm	Pozostaje na sicie, (%)	Przechodzi przez sito, (%)	Uziarnienie MM wg WT-2 Nawierzchnie Asfaltowe 2010 wobec SMA11 S (KR3- 6)	
			od	do
16,0		100,00	100	100
11,2	3,48	96,52	90	100
8	40,19	56,33	50	65
5,6	18,87	37,46	35	45
2	14,29	23,17	20	30
0,125	11,31	11,86	9	17
0,063	1,63	10,23	8	12
< 0,063	10,23		-	-
	100			

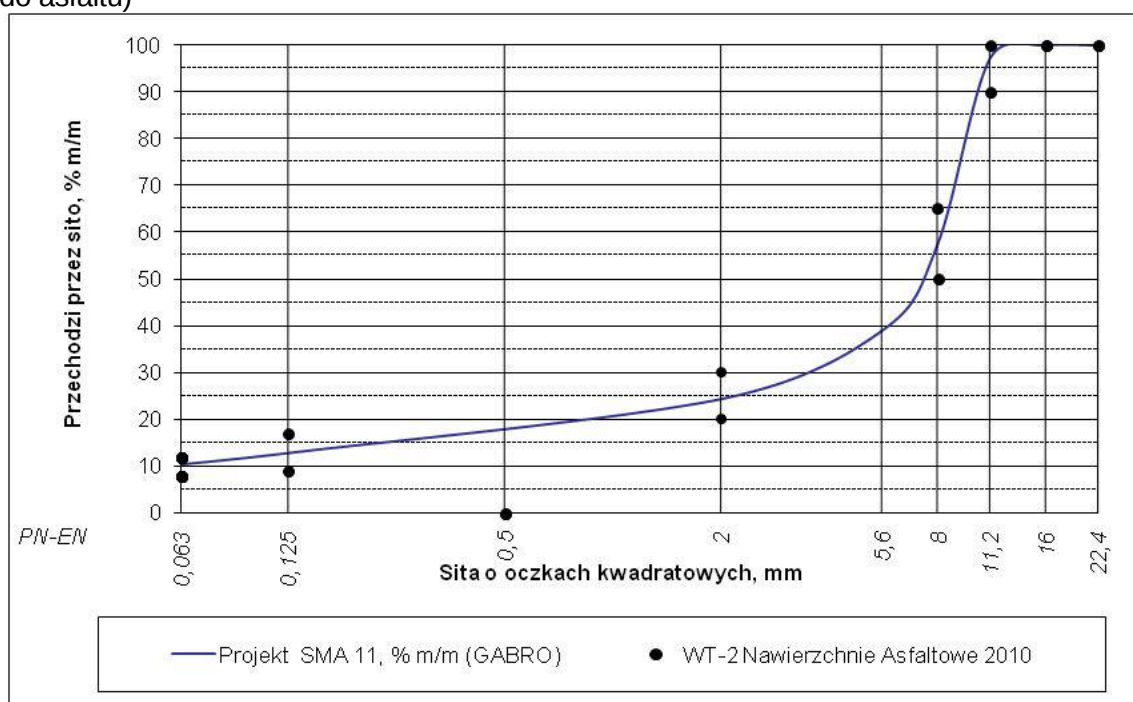
Tablica 28 Zbadane właściwości mieszanki SMA11 S 45/80-55, zawartość asfaltu $A_m=6,4$ % m/m (BAZALT)

Lp.	Właściwości	Wyniki						Wymagania wg WT-2:2010 wobec SMA11S (KR5-6)
		B/W	B/T	B/A	B/I	B/P	B/WH	
	Mieszanka							
1	Gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej, g/cm ³	2,649	2,649	2,649	2,649	2,649	2,649	-
2	Gęstość objętościowa mieszanki mineralno-asfaltowej, g/cm ³	2,576	2,580	2,568	2,566	2,553	2,569	-
3	Zawartość wolnych przestrzeni, % v/v	2,7	2,6	3,1	3,1	3,6	3,0	$V_{min} 2,0$ $V_{max} 3,5$
5	Odporność na deformacje trwałe (metoda B w powietrzu, 60°C, 10000 cykli)	0,202	-	-	-	-	-	$WTS_{AIR} 0,3$
		12,7	-	-	-	-	-	PRD_{AIR} DEKLAROWANA
6	Odporność na działanie wody, przechowywanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w 25°C	90,8	101,3	102,2	94,3	112,6	111,0	ITSR ₉₀

Tablica 29 Recepta SMA11 45/80-55 z gablo (G/W, G/T, G/A, G/I, B/P, B/WH)

Lp.	Składniki	Mieszanka mineralna % m/m	Mieszanka mineralno-asfaltowa % m/m
1	Gabro 8/11 [mm]	60,5	56,93
2	Gabro 5/8 [mm]	5,0	4,71
3	Gabro 2/5 [mm]	10,0	9,41
4	Gabro 0/2 [mm]	15,0	14,11
5	Mączka wapienna	9,5	8,94
6	Asfalt modyfikowany 45/80-55	-	5,9
	Razem	100,00	100,00

W mieszance zastosowano stabilizator Arbocel ZZ 8/1 (0,3 % w stosunku do MM) i zamiennie środki adhezyjne: Wetfix BE, Teramin 14, AD-Here, INTERLENE IN/400L (0,3 % w stosunku do asfaltu)



Rysunek 9 Krzywa uziarnienia mieszanki mineralnej SMA11 S

Tablica 30 Uziarnienie mieszanki mineralnej

Sito #, mm	Pozostaje na sicie, (%)	Przechodzi przez sito, (%)	Uziarnienie MM wg WT-2 Na- wierzchnie Asfaltowe 2010 wobec SMA11 S (KR3-6)	
			od	do
16,0		100,00	100	100
11,2	2,84	97,16	90	100
8	39,87	57,29	50	65
5,6	18,42	38,87	35	45
2	14,57	24,30	20	30
0,125	11,55	12,76	9	17
0,063	2,44	10,32	8	12
< 0,063	10,32		-	-
	100			

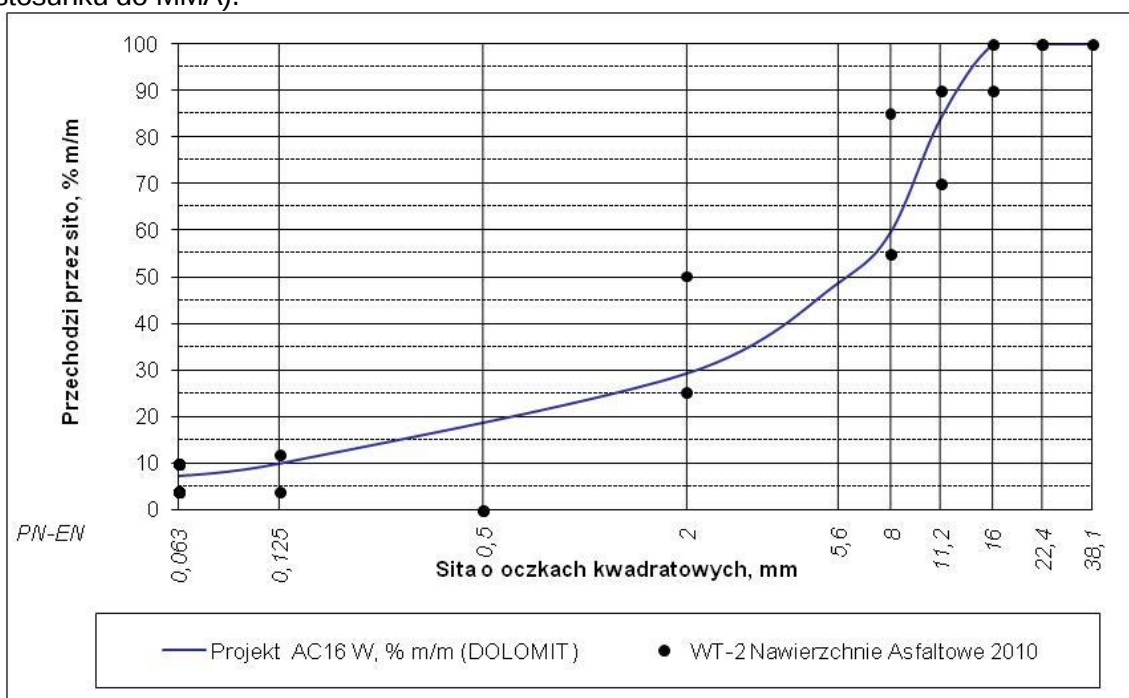
Tablica 31 Zbadane właściwości mieszanki SMA11 S 45/80-55, zawartość asfaltu $A_m=6,4$ % m/m (GABRO)

Lp.	Właściwości	Wyniki						Wymagania wg WT-2:2010 wobec SMA11S (KR5-6)
		G/W	G/T	G/A	G/I	G/P	G/WH	
	Mieszanka							
1	Gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej, g/cm ³	2,623	2,623	2,623	2,623	2,623	2,623	-
2	Gęstość objętościowa mieszanki mineralno-asfaltowej, g/cm ³	2,551	2,553	2,556	2,543	2,559	2,553	-
3	Zawartość wolnych przestrzeni, % v/v	2,7	2,7	2,6	3,1	2,4	2,7	$V_{min} 2,0$ $V_{max} 3,5$
5	Odporność na deformacje trwałe (metoda B w powietrzu, 60°C, 10000 cykli)	0,062	-	-	-	-	-	$WTS_{AIR} 0,3$
		7,6	-	-	-	-	-	PRD_{AIR} DEKLAROWANE
6	Odporność na działanie wody, przechowywanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w 25°C	89	95,8	92,5	87,8	110,5	104,9	ITSR ₉₀

Tablica 32 Recepta AC16 W 50/70 z dolomitem (D/W, D/T, D/A, D/I, D/P, D/WH)

Lp.	Składniki	Mieszanka mineralna % m/m	Mieszanka mineralno-asfaltowa % m/m
1	Dolomit 11/16 [mm]	30,0	28,74
2	Dolomit 8/12 [mm]	10,0	9,58
3	Dolomit 2/8 [mm]	29,0	27,78
4	Dolomit 0/2 [mm]	29,0	27,78
5	Mączka wapienna	2,0	1,92
6	Asfalt 50/70	-	4,2
	Razem	100,00	100,00

W mieszance zastosowano zamiennie środki adhezyjne: Wetfix BE, Teramin 14, AD-Here, INTERLENE IN/400L, PE-31 (0,3 % w stosunku do asfaltu) oraz wapno hydratyzowane (1,5 % w stosunku do MMA).



Rysunek 10 Krzywa uziarnienia mieszanki mineralnej AC16 W

Tablica 33 Uziarnienie mieszanki mineralnej

Sito #, mm	Pozostaje na sicie, (%)	Przechodzi przez sito, (%)	Uziarnienie MM wg WT-2 Na- wierzchnie Asfaltowe 2010 wobec AC16 W (KR3-6)	
			od	do
22,4		100,0	100	100
16,0	0,15	99,85	90	100
11,2	15,97	83,88	70	90
8	24,17	59,72	55	85
2	19,43	29,32	25	50
0,125	19,36	9,97	4	12
0,063	2,70	7,27	4	10
< 0,063	7,27		-	-
	100			

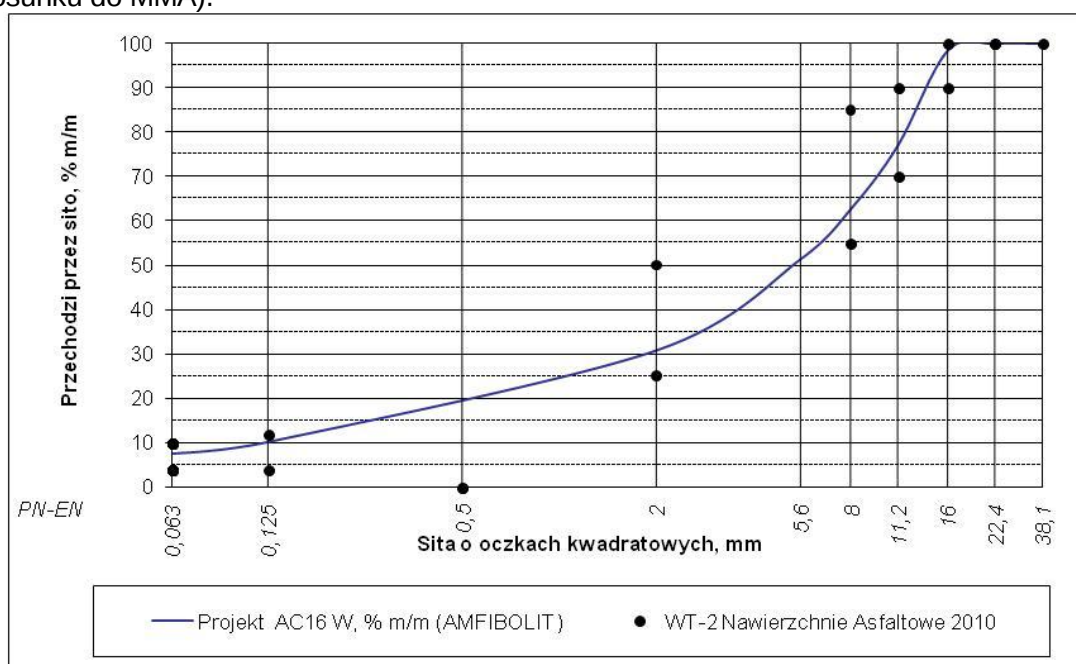
Tablica 34 Zbadane właściwości mieszanki AC16 W 50/70, zawartość asfaltu $A_m=4,2$ % m/m (DOLOMIT)

Lp.	Właściwości	Wyniki						Wymagania wg WT-2:2010 wobec AC16 W (KR5-6)
		D/W	D/T	D/A	D/I	D/P	D/WH	
	Mieszanka							
1	Gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej, g/cm ³	2,609	2,609	2,609	2,609	2,589	2,585	-
2	Gęstość objętościowa mieszanki mineralno-asfaltowej, g/cm ³	2,499	2,498	2,492	2,500	2,474	2,487	-
3	Zawartość wolnych przestrzeni, % v/v	4,2	4,2	4,5	4,2	4,4	3,8	$V_{min} 4,0$ $V_{max} 7,0$
5	Odporność na deformacje trwałe (metoda B w powietrzu, 60°C, 10000 cykli)	0,136	-	-	-	-	-	$WTS_{AIR} 0,15$
		7,9	-	-	-	-	-	PRD_{AIR} DEKLAROWANE
6	Odporność na działanie wody, przechowywanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w 25°C	43,8	53,5	51,7	41,9	57,3	54,6	$ITSR_{80}$

Tablica 35 Recepta AC16 W 50/70 z amfibolitem (A/W, A/T, A/A, A/I)

Lp.	Składniki	Mieszanka mineralna % m/m	Mieszanka mineralno-asfaltowa % m/m
1	Amfibolit 11/16 [mm]	24,0	22,99
2	Amfibolit 8/11 [mm]	14,0	13,41
3	Amfibolit 5/8 [mm]	10,0	9,58
4	Amfibolit 2/5 [mm]	19,0	18,20
5	Amfibolit 0/2 [mm]	32,0	30,66
6	Mączka wapienna	1,0	0,96
7	Asfalt 50/70	-	4,2
	Razem	100,00	100,00

W mieszance zastosowano zamiennie środki adhezyjne: Wetfix BE, Teramin 14, AD-Here, INTERLENE IN/400L, PE-31 (0,3 % w stosunku do asfaltu) oraz wapno hydratyzowane (1,5 % w stosunku do MMA).



Rysunek 11 Krzywa uziarnienia mieszanki mineralnej AC16 W

Tablica 36 Uziarnienie mieszanki mineralnej

Sito #, mm	Pozostaje na sicie, (%)	Przechodzi przez sito, (%)	Uziarnienie MM wg WT-2 Na- wierzchnie Asfaltowe 2010 wobec AC16 W (KR3-6)	
			od	do
22,4		100,0	100	100
16,0	1,56	98,44	90	100
11,2	21,43	77,01	70	90
8	14,35	62,66	55	85
2	20,62	30,77	25	50
0,125	20,69	10,08	4	12
0,063	2,66	7,42	4	10
< 0,063	7,42		-	-
	100			

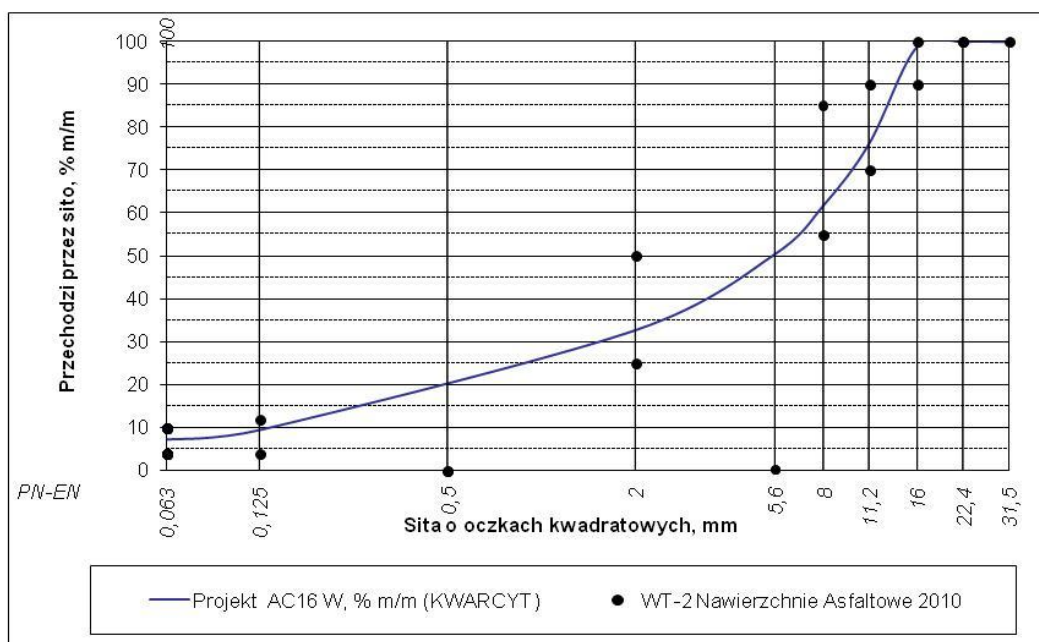
Tablica 37 Zbadane właściwości mieszanki AC16 W 50/70, zawartość asfaltu $A_m=4,2$ % m/m (AMFIBOLIT)

Lp.	Właściwości	Wyniki						Wymagania wg WT-2:2010 wobec AC16 W (KR5-6)
		A/W	A/T	A/A	A/I	A/P	A/WH	
	Mieszanka							
1	Gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej, g/cm ³	2,693	2,693	2,693	2,693	2,676	2,685	-
2	Gęstość objętościowa mieszanki mineralno-asfaltowej, g/cm ³	2,571	2,551	2,575	2,584	2,567	2,550	-
3	Zawartość wolnych przestrzeni, % v/v	4,5	5,3	4,4	4,0	4,1	5,0	$V_{min} 4,0$ $V_{max} 7,0$
5	Odporność na deformacje trwałe (metoda B w powietrzu, 60°C, 10000 cykli)	0,156	-	-	-	-	-	$WTS_{AIR} 0,15$
		7,2	-	-	-	-	-	PRD_{AIR} DEKLAROWANE
6	Odporność na działanie wody, przechowywanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w 25°C	95,6	97,4	100	93,0	99,4	83,6	ITSR ₈₀

Tablica 38 Recepta AC16 W 50/70 z kwarcytem (K/W, K/T, K/A, K/I, K/P, K/WH)

Lp.	Składniki	Mieszanka mineralna % m/m	Mieszanka mineralno-asfaltowa % m/m
1	Kwarcyt 11/16 [mm]	24,0	22,9
2	Kwarcyt 8/11 [mm]	16,0	15,26
3	Kwarcyt 5/8 [mm]	10,0	9,54
4	Kwarcyt 2/5 [mm]	18,0	17,17
5	Kwarcyt 0/2 [mm]	25,0	23,85
6	Mączka wapienna	7,0	6,68
7	Asfalt 50/70	-	4,6
	Razem	100,00	100,00

W mieszance zastosowano zamiennie środki adhezyjne: Wetfix BE, Teramin 14, AD-Here, INTERLENE IN/400L, PE-31 (0,3 % w stosunku do asfaltu) oraz wapno hydratyzowane (1,5 % w stosunku do MMA).

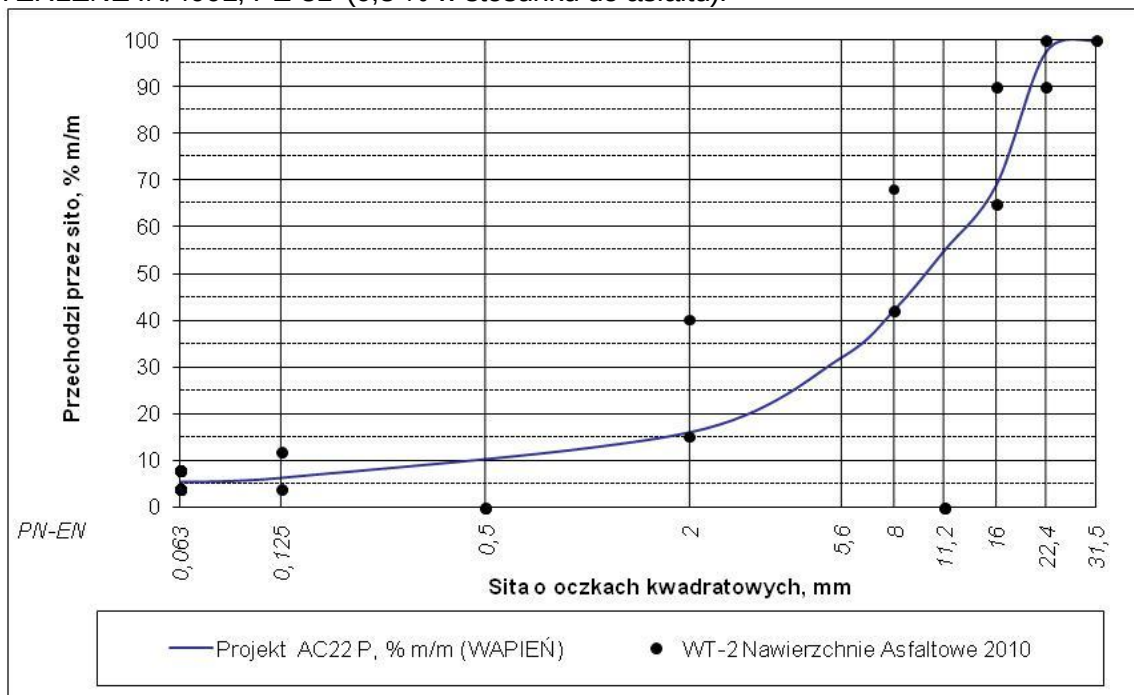


Rysunek 12 Krzywa uziarnienia mieszanki mineralnej AC16 W

Tablica 39 Recepta AC22 P 35/50 z wapieniem (W/W, W/T, W/A, W/I, W/P, W/WH)

Lp.	Składniki	Mieszanka mineralna % m/m	Mieszanka mineralno-asfaltowa % m/m
1	Wapień 16/22 [mm]	36,0	34,67
2	Wapień 8/16 [mm]	26,0	25,04
3	Wapień 2/8 [mm]	23,0	22,15
4	Wapień 0/2 [mm]	10,0	9,63
5	Mączka wapienna	5,0	4,81
6	Asfalt 35/50	-	3,7
	Razem	100,00	100,00

W mieszance zastosowano zamiennie środki adhezyjne: Wetfix BE, Teramin 14, AD-Here, INTERLENE IN/400L, PE-31 (0,3 % w stosunku do asfaltu).



Rysunek 13 Krzywa uziarnienia mieszanki mineralnej AC22 P

Tablica 40 Uziarnienie mieszanki mineralnej

Sito #, mm	Pozostaje na sicie, (%)	Przechodzi przez sito, (%)	Uziarnienie MM wg WT-2 Na- wierzchnie Asfaltowe 2010 wobec AC22 W (KR3-6)	
			od	do
31,5		100,00	100	100
22,4	2,48	97,52	90	100
16,0	28,50	69,02	65	90
11,2	14,18	54,84		
8	12,62	42,22	42	68
2	16,04	16,02	15	40
0,125	9,76	6,25	4	12
0,063	0,88	5,38	4	8
< 0,063	5,38		-	-
	100			

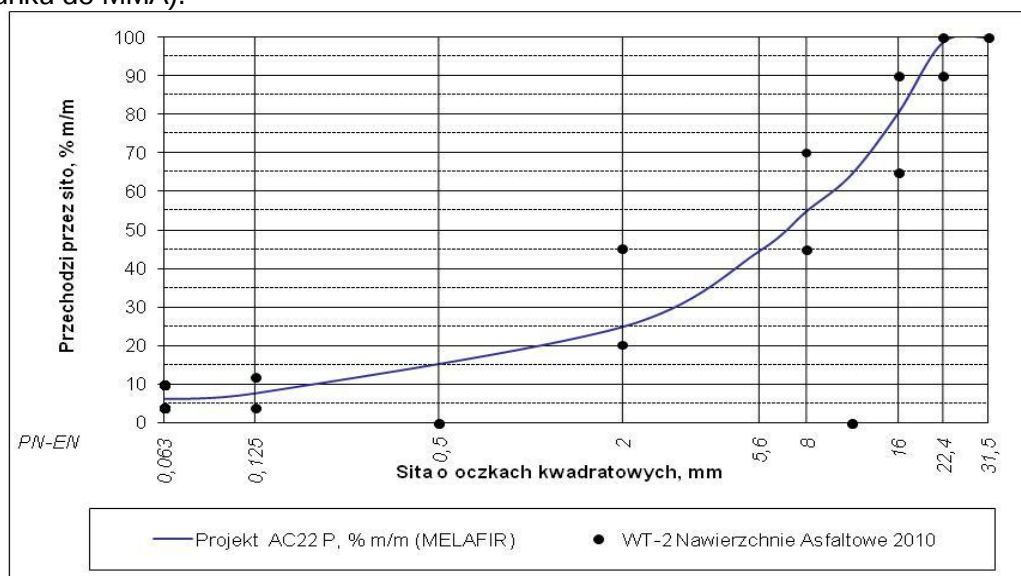
Tablica 41 Zbadane właściwości mieszanki AC22 P 35/50, zawartość asfaltu $A_m=3,7$ % m/m (WAPIEŃ)

Lp.	Właściwości	Wyniki						Wymagania wg WT-2:2010 wobec AC22 P (KR5-6)
		A/W	A/T	A/A	A/I	A/P	A/WH	
	Mieszanka							
1	Gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej, g/cm ³	2,557	2,557	2,557	2,557	2,550	2,545	-
2	Gęstość objętościowa mieszanki mineralno-asfaltowej, g/cm ³	2,377	2,386	2,401	2,403	2,391	2,408	-
3	Zawartość wolnych przestrzeni, % v/v	7,0	6,7	6,1	6,0	6,2	5,4	$V_{min} 4,0$ $V_{max} 7,0$
5	Odporność na deformacje trwałe (metoda B w powietrzu, 60°C, 10000 cykli)	0,172	-	-	-	-	-	$WTS_{AIR} 0,6$
		7,2	-	-	-	-	-	PRD_{AIR} DEKLAROWANA
6	Odporność na działanie wody, przechowywanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w 25°C	78,0	80,6	85,5	70,7	63,3	76,0	ITSR ₇₀

Tablica 42 Recepta AC22 P 35/50 z melafirem (M/W, M/T, M/A, M/I, M/P, M/WH)

Lp.	Składniki	Mieszanka mineralna % m/m	Mieszanka mineralno-asfaltowa % m/m
1	Melafir 16/22 [mm]	20,0	19,14
2	Melafir 11/16 [mm]	18,0	17,23
3	Melafir 8/11 [mm]	8,0	7,65
4	Melafir 5/8 [mm]	10,0	9,57
5	Melafir 2/5 [mm]	18,0	17,23
6	Melafir 0/2 [mm]	22,0	21,05
7	Mączka wapienna	4,0	3,83
8	Asfalt 35/50	-	4,3
	Razem	100,00	100,00

W mieszance zastosowano zamiennie środki adhezyjne: Wetfix BE, Teramin 14, AD-Here,, INTERLENE IN/400L, PE-31 (0,3 % w stosunku do asfaltu) oraz wapno hydratyzowane (1,5 % w stosunku do MMA).



Rysunek 14 Krzywa uziarnienia mieszanki mineralnej AC22 P

Tablica 43 Uziarnienie mieszanki mineralnej

Sito #, mm	Pozostaje na sicie, (%)	Przechodzi przez sito, (%)	Uziarnienie MM wg WT-2 Na- wierzchnie Asfaltowe 2010 wobec AC22 W (KR3-6)	
			od	do
31,5		100,00	100	100
22,4	1,28	98,72	90	100
16,0	18,23	80,49	65	90
11,2	16,10	64,39	-	-
8	9,43	54,96	42	68
2	19,61	24,99	15	40
0,125	17,25	7,75	4	12
0,063	1,45	6,29	4	8
< 0,063	6,29		-	-
	100			

Tablica 44 Zbadane właściwości mieszanki AC22 P 35/50, zawartość asfaltu $A_m=4,3$ % m/m (MELAFIR)

Lp.	Właściwości	Wyniki						Wymagania wg WT-2:2010 wobec AC22 P (KR5-6)
		M/W	M/T	M/A	M/I	M/P	M/WH	
	Mieszanka							
1	Gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej, g/cm ³	2,510	2,510	2,510	2,510	2,509	2,503	-
2	Gęstość objętościowa mieszanki mineralno-asfaltowej, g/cm ³	2,358	2,351	2,353	2,362	2,327	2,360	-
3	Zawartość wolnych przestrzeni, % v/v	6,1	6,3	6,3	5,9	6,6	5,7	$V_{min} 4,0$ $V_{max} 7,0$
5	Odporność na deformacje trwałe (metoda B w powietrzu, 60°C, 10000 cykli)	0,076	-	-	-	-	-	$WTS_{AIR} 0,6$
		4,6	-	-	-	-	-	PRD_{AIR} DEKLAROWANE
6	Odporność na działanie wody, przechowywanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania, badanie w 25°C	97,4	87,3	88,6	89,8	73,5	70,4	ITSR ₇₀

8. Wyniki badań międzylaboratoryjnych wodoodporności

W analizie uwzględniono wyniki badań międzylaboratoryjnych z dziesięciu laboratoriów. Badania zostały wykonane zgodnie z dotychczas stosowaną metodą badań ITSR z 1 cyklem mrożenia wg WT-2 2010.

W pierwszej kolejności przeprowadzono ocenę wyników badań. Po zestawieniu wszystkich wyników badań przeprowadzono analizę wyznaczając dla każdego badanego parametru (ITSd, ITSw, ITSR) i każdej badanej mieszanki wartość średnią, odchylenie standardowe, współczynnik zmienności oraz współczynnik Z-score.

Odchylenie wyznaczono ze wzoru:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}{n - 1}}$$

w którym:

δ - odchylenie standardowe

x_i - pojedynczy wynik badania

n - ilość wyników

Współczynnik zmienności wyznaczono ze wzoru:

$$v = \frac{\delta}{x_{\text{sr}}}$$

W którym:

V - współczynnik zmienności

x_{sr} - wartość średnia wyników badania

δ - odchylenie standardowe

Do oceny i kwalifikacji badań międzylaboratoryjnych wykorzystano współczynnik Z-score, zwany dalej Z, zdefiniowany jako:

$$Z = \frac{x_i - x_{\text{sr}}}{\delta}$$

w którym:

x_i - pojedynczy wynik badania

x_{sr} - wartość średnia wyników badania

δ - odchylenie standardowe wyznaczone ze wzoru:

Wartość kwalifikującą Z interpretuje się zależnie od wyników uzyskanych przez pojedyncze laboratoria. Wyniki te mogą być większe lub mniejsze od wartości przypisanej (prawdziwej), dlatego też wartość Z może przyjmować postać dodatnią lub ujemną. W przypadku gdyby wynik laboratorium był równy wartości prawdziwej, Z przyjmowałaby wartość 0.

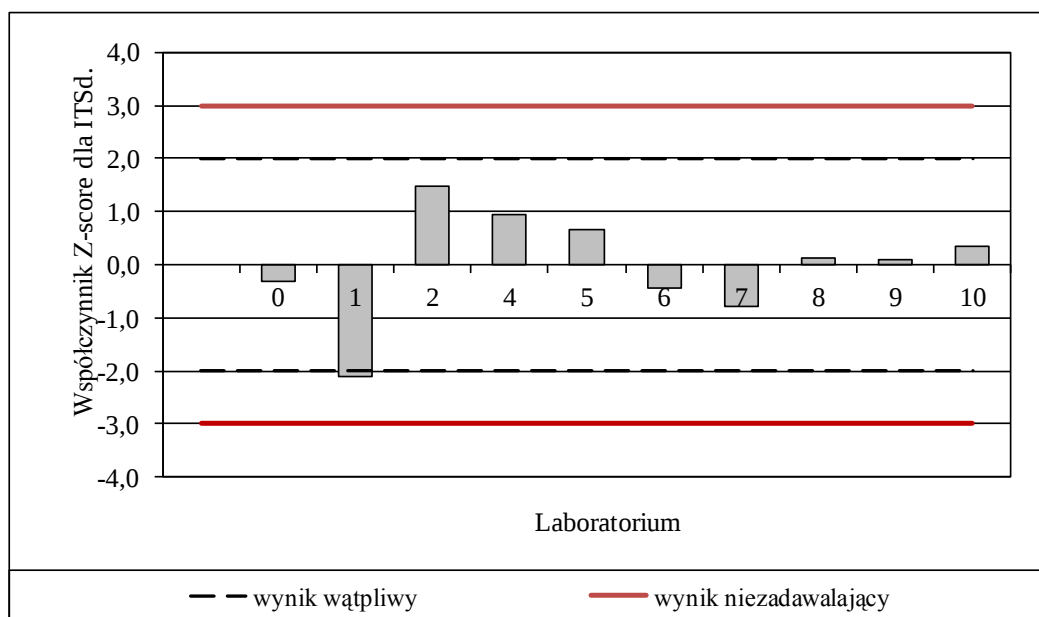
Ustalono zostały następujące kryteria kwalifikacji wyników:

- wynik zadowalający
- wynik wątpliwy
- wynik niezadowalający

W tablicach i na rysunkach zestawiono uzyskane parametry

Tablica 45 Wyniki ITS_d uzyskane dla próbek mieszanki AC 16 W 20/30

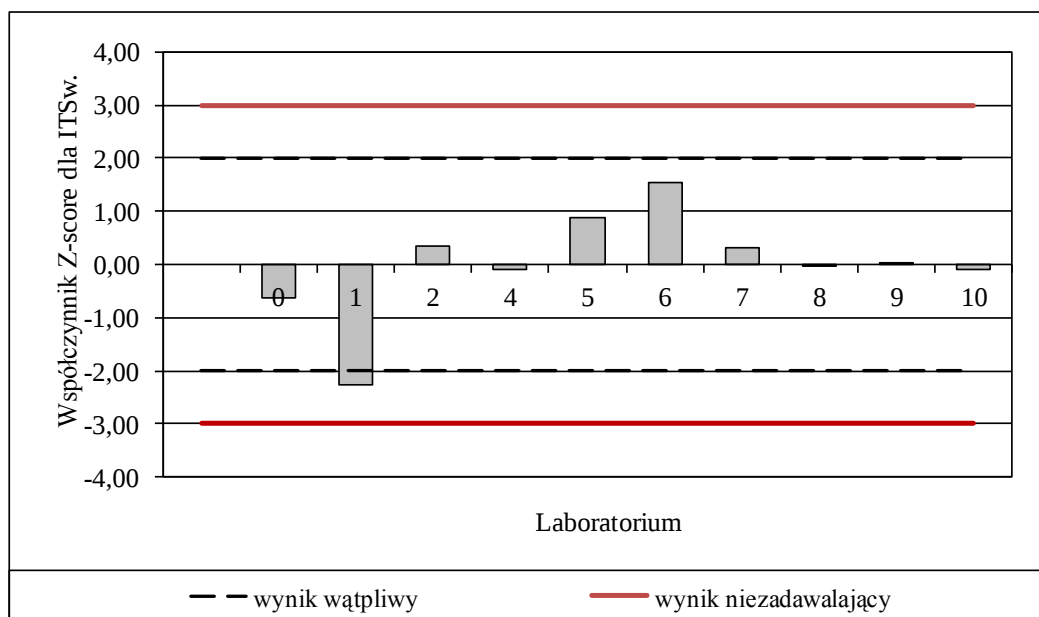
Labor	Lab 0	Lab 1	Lab 2	Lab 4	Lab 5	Lab 6	Lab 7	Lab 8	Lab 9	Lab 10
Wynik ITS _w kPa	1921,7	1553	2287,8	2178	2122,3	1898,0	1826,8	2010	2002,0	2056
Średnia	1985,6									
Odch. Stand.	204,7									
Współ. zmien.	0,10 (10%)									
Z-score	0,31	2,11	1,48	0,94	0,67	0,43	0,78	0,12	0,08	0,34



Rysunek 15 Współczynniki Z-score wyników ITS_d dla mieszanki AC 16 W

Tablica 46 Wyniki ITS_w uzyskane dla próbek mieszanki AC 16 W 20/30

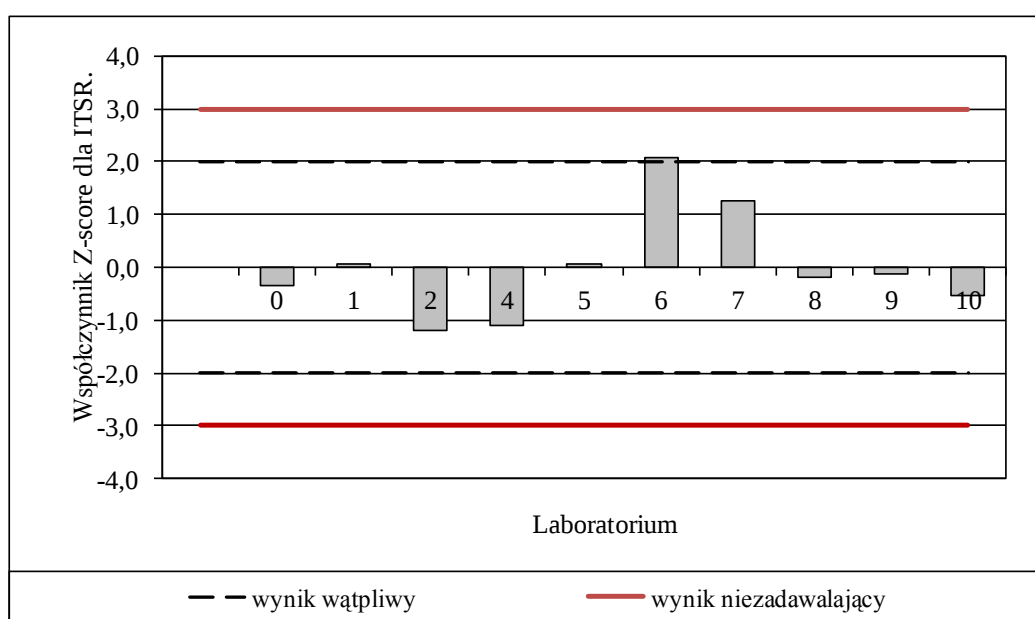
Labor	Lab 0	Lab 1	Lab 2	Lab 4	Lab 5	Lab 6	Lab 7	Lab 8	Lab 9	Lab 10
Wynik ITS _d kPa	1252,6	1052	1371	1319	1436,2	1518	1368,9	1329	1331	1317
Średnia	1329,5									
Odch. Stand.	121,7									
Współ. zmien.	0,09 (9%)									
Z-score	0,63	2,28	0,34	0,09	0,88	1,55	0,32	0,00	0,01	0,10



Rysunek 16 Współczynniki Z-score wyników ITS_w dla mieszanki AC 16 W

Tablica 47 Wyniki ITSR uzyskane dla próbek mieszanki AC 16 W 20/30

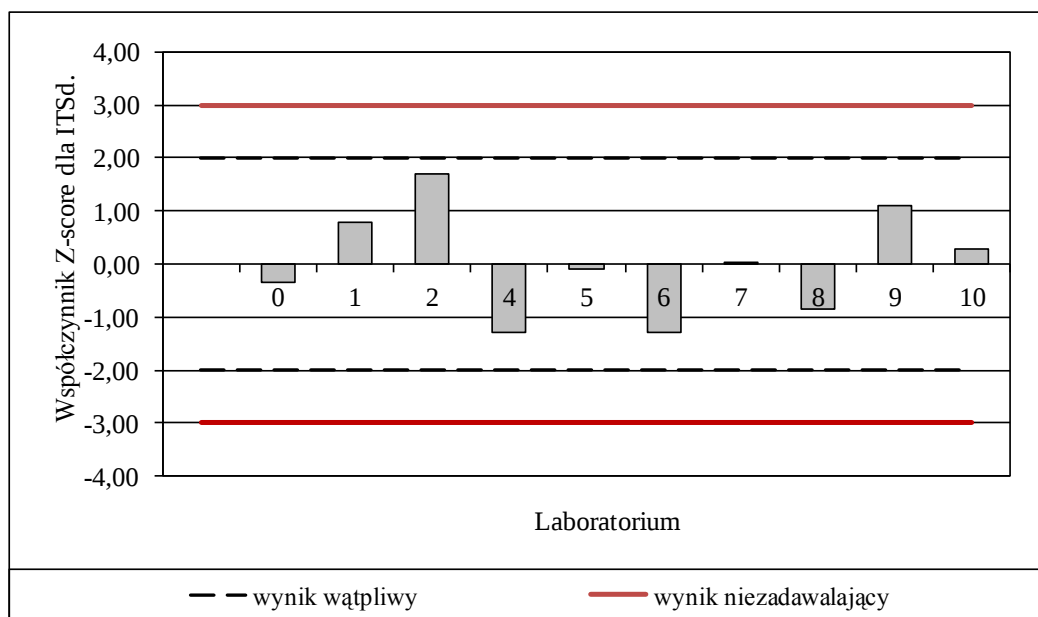
Labor	Lab 0	Lab 1	Lab 2	Lab 4	Lab 5	Lab 6	Lab 7	Lab 8	Lab 9	Lab 10
Wynik ITSR	65,2	67,7	59,9	60,6	67,7	80,0	74,9	66,1	66,5	64,1
Średnia	67,3									
Odch. Stand.	6,1									
Współ. zmien.	0,09 (9%)									
Z-score	0,34	0,08	1,20	1,10	0,07	2,08	1,25	0,19	0,13	0,53



Rysunek 17 Współczynniki Z-score wyników ITSR dla mieszanki AC 16 W

Tablica 48 Wyniki ITSd uzyskane dla próbek mieszanki SMA 8 S 45/80-65

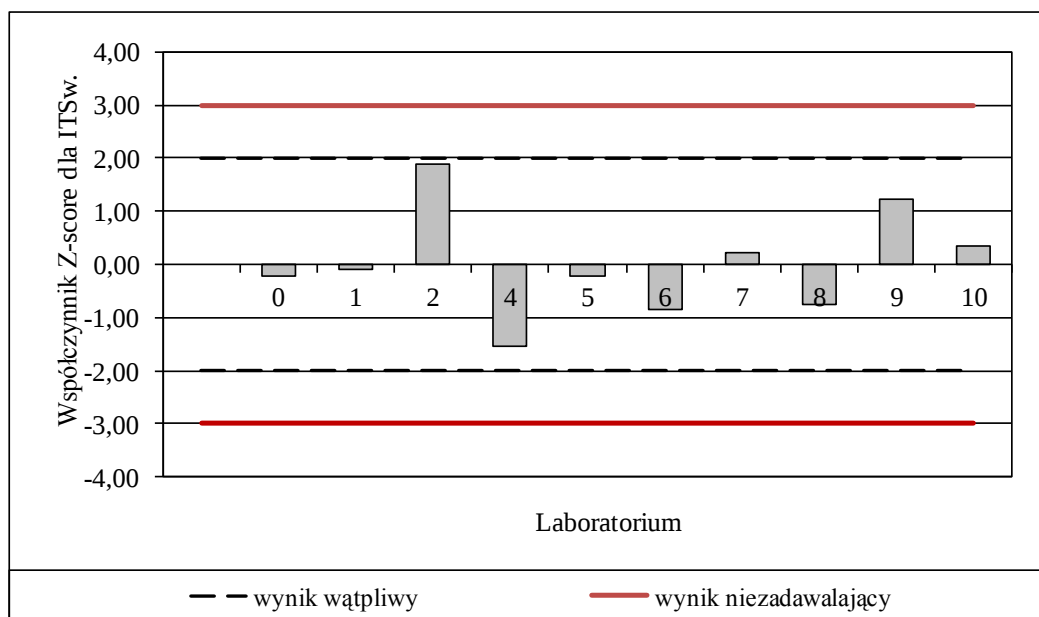
Labor	Lab 0	Lab 1	Lab 2	Lab 4	Lab 5	Lab 6	Lab 7	Lab 8	Lab 9	Lab 10
Wynik ITS _w kPa	1106,4	1292	1433,7	958	1147,3	959,0	1167,8	1027	1341,0	1208
Średnia	1164,0									
Odch. Stand.	159,6									
Współ. zmien.	0,14 (14%)									
Z-score	0,36	0,80	1,69	1,29	0,10	1,28	0,02	0,86	1,11	0,28



Rysunek 18 Współczynniki Z-score wyników ITSd dla mieszanki SMA 8 S

Tablica 49 Wyniki ITS_w uzyskane dla próbek mieszanki SMA 8 S 45/80-65

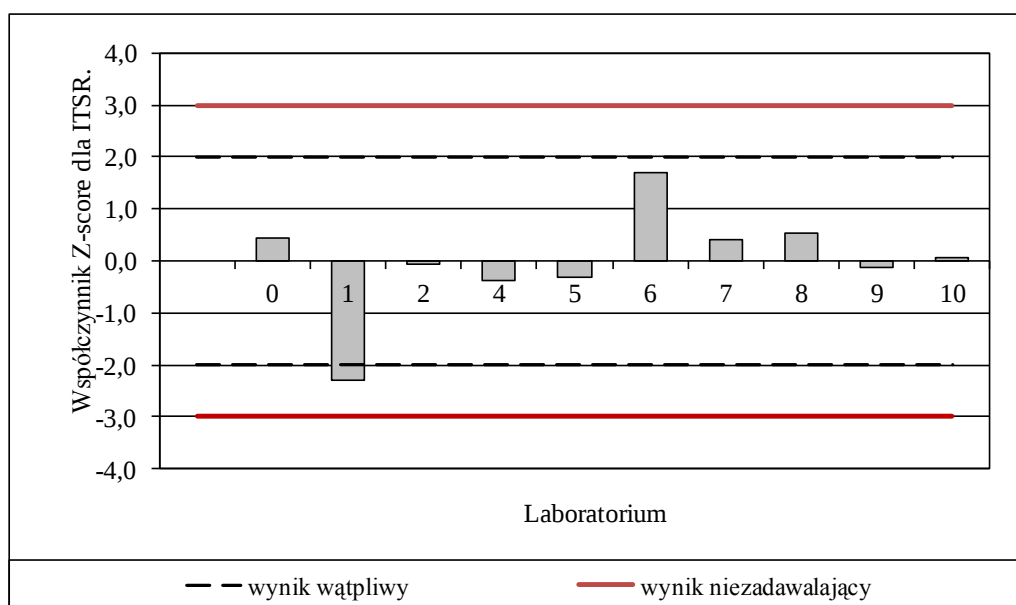
Labor	Lab 0	Lab 1	Lab 2	Lab 4	Lab 5	Lab 6	Lab 7	Lab 8	Lab 9	Lab 10
Wynik ITS _d kPa	1005,1	1021	1271,9	837	1004,1	923	1059,5	937	1186	1078
Średnia	1032,3									
Odch. Stand.	126,8									
Współ. zmien.	0,12 (12%)									
Z-score	0,21	0,09	1,89	1,54	0,22	0,86	0,21	0,75	1,21	0,36



Rysunek 19 Współczynniki Z-score wyników ITSw dla mieszanki SMA 8 S

Tablica 50 Wyniki ITSR uzyskane dla próbek mieszanki SMA 8 S 45/80-65

Labor	Lab 0	Lab 1	Lab 2	Lab 4	Lab 5	Lab 6	Lab 7	Lab 8	Lab 9	Lab 10
Wynik ITSw kPa	90,8	79,0	88,7	87,4	87,5	96,2	90,7	91,2	88,4	89,2
Średnia	88,9									
Odch. Stand.	4,33									
Współ. zmien.	0,05 (5%)									
Z-score	0,44	2,29	0,05	0,36	0,33	1,69	0,41	0,53	0,11	0,07



Rysunek 20 Współczynniki Z-score wyników ITSR dla mieszanki SMA 8 S

W badaniach porównawczych brało udział 10 laboratoriów. Badania przeprowadzano na dwóch rodzajach mieszanek. W przypadku betonu asfaltowego o uziarnieniu do 16 mm, większość laboratoriów spełniła kryterium Z-score, czyli wyniki były zadowalające. Wynik wątpliwy pojawił się jedynie w laboratorium LAB 1 (dla ITS_d i ITS_w) oraz w laboratorium LAB 6 (dla $ITSR$). Nie pojawił się żaden wynik niezadowalający. Polityka PCA, przy ocenie uzyskanych wyników porównań międzylaboratoryjnych, dopuszcza 20% wyników w grupie wątpliwych oraz brak wyników w grupie niezadowalających. Badania wodoodporności spełniły te wymagania. W każdej grupie wyników znalazło się jedno laboratorium z wynikiem wątpliwym, a zatem przeliczając – 10 %. W przypadku mieszanki SMA, większość laboratoriów również spełniła kryterium Z-score, czyli wyniki były zadowalające. Wynik wątpliwy pojawił się jedynie w laboratorium LAB 1 dla $ITSR$. Żadne laboratorium nie uzyskało oceny niezadowalającej. Wyniki były zatem zgodne z polityką PCA, ponieważ brak było wyników z grupy niezadowalających, a wyników wątpliwych było maksymalnie 10 %.

Inną wyznaczoną na podstawie dostarczonych wyników badań właściwością był współczynnik zmienności. Pokazuje on zróżnicowanie rozkładu danej właściwości. W przypadku próbek mieszanki AC 16 W 20/30 współczynnik plasował się na poziomie ok. 9 % dla każdego parametru (ITS_d , ITS_w i $ITSR$).

Inaczej było w przypadku mieszanki SMA 8 S. Podczas gdy parametry ITS_d i ITS_w charakteryzowały się podobnym do siebie wskaźnikiem zmienności (na poziomie ok. 13 %), to wyznaczony wskaźnik dla wyników wodoodporności $ITSR$ osiągnął stosunkowo dobrą wartość - wyniósł zaledwie 5%. Oznacza to mniejsze zróżnicowanie wyników $ITSR$ w przypadku mieszanki SMA niż AC WMS.

Następnie przeprowadzono analizę uzyskanych wyników badań w kontekście zgodności z wymaganiami WT-2 2010. Ponownie zestawiono wyniki badań obu mieszanek i przeprowadzono analizę.

Tablica 51 Wyniki badań międzylaboratoryjnych - mieszanka AC WMS 16

Rodzaj mieszanki	Kod laboratorium	ITS_d , kPa	ITS_w , kPa	$ITSR$, %
AC 16 WMS	0	1921,7	1252,6	65,2
AC 16 WMS	1	1553,0	1052,0	67,7
AC 16 WMS	2	2287,8	1371,0	59,9
AC 16 WMS	4	2178,0	1319,0	60,6
AC 16 WMS	5	2122,3	1436,2	67,7
AC 16 WMS	6	1898,0	1518,0	80,0
AC 16 WMS	7	1826,8	1368,9	74,9
AC 16 WMS	8	2010,0	1329,0	66,1
AC 16 WMS	9	2002,0	1331,0	66,5
AC 16 WMS	10	2056,0	1317,0	64,1
Średnia		1985,6	1329,5	67,3
Odchylenie standardowe		204,66	121,74	6,11
Niepewność pomiaru, przy poziomie ufności 95 %, k=2		409,32	243,48	12,22

Dotychczas obowiązującym wymaganiem ITSR w przypadku mieszanki AC WMS 16 było ITSR 80. Analizując wyniki badań mieszanki AC WMS 16 można dojść do wniosku, że tylko w jednym laboratorium uzyskano wynik równy temu wymaganiu (czcionka czarna), a w pozostałych laboratoriach wyniki badań były niższe niż wymagane 80 % (czcionka czerwona). Kolejnym aspektem jest uwzględnienie niepewności pomiaru cechy, tzn. biorąc pod uwagę wartość niepewności pomiaru, to zgodnie z przewodnikiem ILAC [9] dotyczącym wyrażania zgodności ze specyfikacją brak zgodności z wymaganiami zostanie orzeczony w przypadku wyników badań poniżej wartości 67,78 %. Zatem 8 laboratoriów stwierdzi brak zgodności ze specyfikacją, a 1 laboratorium nie będzie mogło stwierdzić zgodności ani niezgodności wyniku badania z wymaganiem.

Jeśli wymaganie dla tej mieszanki zmniejszono by do ITSR 70, to granica zapewnienia o zgodności wyniku badania z wymaganiem wynosiłaby 82,22 %, a granica oceny niezgodności wyniku z wymaganiem wynosiłaby 57,78 %. W tym przypadku wszystkie laboratoria nie stwierdzą zgodności ani niezgodności wyniku badania z wymaganiami. Dopiero postawienie wymagania ITSR 50 spowodowałoby, że uzyskano by ocenę pozytywną zgodności z wymaganiami w 9 laboratoriach na 10 uczestniczących w porównaniach.

W kolejnej tablicy przedstawiono wyniki badań próbek zagęszczonych z luźnej mieszanki SMA wysłanej do laboratoriów.

Tablica 52 Wyniki badań międzylaboratoryjnych mieszanki SMA 8

Rodzaj mieszanki	Kod laboratorium	ITSd, kPa	ITSw, kPa	ITSR, %
SMA 8 S	0	1106,4	1005,1	90,8
SMA 8 S	1	1292,0	1021,0	79,0
SMA 8 S	2	1433,7	1271,9	88,7
SMA 8 S	4	958,0	837,0	87,4
SMA 8 S	5	1147,3	1004,1	87,5
SMA 8 S	6	959,0	923,0	96,2
SMA 8 S	7	1167,8	1059,5	90,7
SMA 8 S	8	1027,0	937,0	91,2
SMA 8 S	9	1341,0	1186,0	88,4
SMA 8 S	10	1208,0	1078,0	89,2
Średnia		1164,0	1032,3	88,9
Odchylenie standardowe		159,6	126,8	4,33
Niepewność pomiaru, przy poziomie ufności 95 %, k=2		±319,19	±253,59	±8,66

W przypadku mieszanki SMA 8 wymaganie według WT-2 2010 wynosi ITSR 90. Z analizy wyników badań międzylaboratoryjnych tej mieszanki wynika, że w czterech laboratoriach uzyskano wynik większy od tego wymagania (czcionka czarna), a w

pozostałych sześciu laboratoriach wyniki badań były niższe niż wymagane 90 % (czcionka czerwona). Uwzględniając niepewności pomiaru cechy, tzn. jeśli weźmiemy pod uwagę niepewność pomiaru, to zgodnie z wcześniej przytoczonym przewodnikiem, brak zgodności z wymaganiami zostanie orzeczony w przypadku wyników badań poniżej wartości 81,34 %, a zgodność z wymaganiami będzie można stwierdzić w przypadku wyników wyższych niż 98,66 %. W tym wypadku tylko 1 laboratorium stwierdzi brak zgodności ze specyfikacją, a pozostałe 9 laboratoriów nie będzie mogło orzec zgodności ani niezgodności wyniku badania z wymaganiem przy zakładanym poziomie ufności 95 %.

Jeśli wymaganie dla mieszanki SMA wynosiłoby ITSR 80, to analiza zgodności z wymaganiem wyglądałaby następująco. Progową wartością oceny zgodnej z wymaganiami byłaby wartość 88,66 %, a progiem stwierdzenia niezgodności z wymaganiami wartość 71,34 %. W tym układzie pełną zgodność z wymaganiem orzeczono by w 6 laboratoriach, a pozostałe 4 nie mogłyby stwierdzić zgodności ani niezgodności przy uzyskanym poziomie ufności. Obniżenie wymagań do ITSR 70 spowodowałoby, że wszystkie laboratoria potwierdziłyby zgodność wyniku badania z wymaganiami.

9. Wyniki badań wodoodporności – porównanie metod badawczych

Na tym etapie pracy wykonano badania odporności na działanie wody różnymi metodami w celu porównania uzyskiwanych wyników. Wykonano następujące zestawy badań:

- ITSR wg PN-EN 12697-12:2008 (temperatura badania 25 °C, bez cyklu mrożenia)
- ITSR wg PN-EN 12697-12:2008 (temperatura badania 15 °C, z 1 cyklem mrożenia wg WT-2 2010)
- ITSR wg PN-EN 12697-12:2008 (temperatura badania 25 °C, z 1 cyklem mrożenia wg WT-2 2010)

Aby przeanalizować rozrzuty wyników badań odporności mieszanek mineralno-asfaltowych na działanie wody i mrozu w kontekście różnych metod badawczych w pierwszej kolejności wykonano badania wg wymagań normy PN-EN 12697-12:2008, tj. bez cyklu zamrażania, a oznaczenie ITSR przeprowadzono w 25 °C, czyli w temperaturze zalecanej w normie. Następnie procedurę powtórzono dodając cykl mrożenia zgodny z WT-2 2010, a oznaczenie ITSR wykonano w temperaturze 15 °C. Ostatnim wariantem były badania ITSR z cyklem mrożenia wg WT-2 2010, ale oznaczenie ITSR wykonano w 25 °C.

Każdorazowo przygotowywano po 10 próbek w serii. Próbki podzielono na zestaw suchy i mokry zgodnie z zasadą minimalizacji różnicy średnich gęstości objętościowych z obu zestawów. Uzyskane wyniki badań przedstawiono w tablicy 53.

Tablica 53 Podsumowanie wyników badań ITSR z zastosowaniem różnych warunków kondycjonowania i temperatur badania

Rodzaj mieszanki	Metoda			Zbadana właściwość		
	Norma	Temp. bad. °C	Cykl mrożenia wg WT-2 2010	ITSd kPa	ITSw kPa	ITSR %
AC WMS 16	PN-EN	25	nie	2063,9	1727,8	83,7
AC WMS 16	PN-EN	15	tak	3005,4	2022,5	67,3
AC WMS 16	PN-EN	25	tak	1921,7	1252,6	65,2
SMA 8	PN-EN	25	nie	1130,3	1055,0	93,3
SMA 8	PN-EN	15	tak	1983,7	1897,4	95,6
SMA 8	PN-EN	25	tak	1106,4	1005,1	90,8

Poczyniono ciekawą obserwację odnośnie mieszanki AC WMS 16. Mieszanka ta produkowana jest od kilku lat i w ramach innego kontraktu IBDiM oceniał odporność tej mieszanki na działanie wody i mrozu. Badanie było realizowane w 2010 r., a próbki zostały uformowane z mieszanki pobranej z wytwórni. Uzyskano wtedy wynik ITSR ponad 80 %. Nie dysponujemy jednak szerszymi danymi, które pomogłyby w analizie tego zjawiska.

Ciekawym etapem analizy jest również selekcja wyników badań. Jak już wspomniano, badania przeprowadzono na 10 próbkach w serii, czyli zestaw suchy i mokry składał się z 5 próbek. Analizę przeprowadzono na przykładzie mieszanki AC WMS 16 w temperaturze badania 25 °C i z cyklem zamrażania. Analiza polegała na odrzuceniu skrajnych wyników ITSR z zestawu suchego i mokrego. W wersji $ITSR_{min}$ odrzucono dwa wyniki maksymalne z zestawu mokrego oraz dwa wyniki minimalne z zestawu suchego. W wersji $ITSR_{max}$ na odwrót, czyli odrzucono 2 wyniki minimalne z zestawu mokrego oraz 2 wyniki maksymalne z zestawu suchego. Uzyskano w ten sposób symulację przypadku, w którym laboratorium przygotowałoby jedynie 3 próbki na zestaw suchy i 3 próbki na zestaw mokry. Można przyjąć, że jest zarówno prawdopodobne uzyskanie wyniku określonego jako minimalny, jak i maksymalny. Różnica między wynikami tego samego badania wynosi ponad 10 % ITSR. Wyniki analizy przedstawiono w tablicy 54.

Tablica 54 Szczegółowe wyniki analizy ITSR AC WMS 16 w 25 °C z cyklem zamrażania wg WT-2 2010

ITS _w	ITS _d	ITSR _{średnie}	ITSR _{min}	ITSR _{max}
kPa	kPa	%	%	%
1225,1		1225,1	1225,1	1225,1
1389,6		1389,6		1389,6
1376,3		1376,3		1376,3
1124,2		1124,2	1124,2	
1148,0		1148,0	1148,0	
	1972,2	1972,2	1972,2	
	1860,6	1860,6		1860,6
	1883,9	1883,9		1883,9
	1896,1	1896,1	1896,1	1896,1
	1995,6	1995,6	1995,6	
1252,6	1921,7	65,2	59,6	70,8

Do ostatecznej analizy procedury badawczej ITSR włączone będą również wyniki badań innych mieszanek wykonane z różnymi wariantami przebiegu procedury badawczej. Sprawdzone będą również inne modyfikacje procedury zamrażania.

10. Wyniki badań wodoodporności – porównanie różnych mieszanek

Odporność na działanie wody określono zgodnie z WT-2 2010 oraz PN-EN 12697-12 [10] w temperaturze 25°C na próbkach o średnicy (100±3) mm, zagęszczonych przez ubijanie wg PN-EN 12697-30 [11] (2x35 uderzeń na stronę). Do badań przeznaczono 8 próbek, które podzielono na dwie grupy:

grupa A – próbki pielęgnowane

grupa B – próbki suche

Próbki suche przechowywane są w temperaturze pokojowej bez termostatowania. Natomiast próbki pielęgnowane kondycjonuje się w wodzie w podwyższonej temperaturze, zamraża i ponownie kondycjonuje w wodzie. Po kondycjonowaniu określana jest wytrzymałość na rozciąganie pośrednie zgodnie z PN-EN 12697-23 [12] i obliczony jest wyrażony procentowo wskaźnik wytrzymałości na rozciąganie pośrednie ITSR. Wyniki badań zestawiono w tablicach 55-63 oraz na rysunkach 21-26.

Tablica 55 Wyniki badania odporności na działanie wody SMA11 S 45/80-55 - BAZALT

Próbka	Wysokość próbki, mm	Gęstość objętościowa, g/cm ³	Siła niszcząca, kN	Napężenie niszczące, kPa	ITSR, %
B/W					
Grupa A (próbki pielęgnowane)					90,8
1A	65	2,557	8,51	824,108	
2A	66	2,541	8,20	782,191	
3A	66	2,563	9,06	863,884	
4A	66	2,548	7,79	742,384	
Średnia	65,8	2552	8,39	803,142	
Grupa B (próbki suche)					
1B	66	2,548	9,11	868,502	
2B	65	2,564	9,82	949,185	
3B	67	2,542	9,01	846,273	
4B	66	2,557	9,16	874,933	
Średnia	66,0	2,553	9,28	884,723	
B/T					
Grupa A (próbki pielęgnowane)					101,3
1A	66	2,551	8,50	811,743	
2A	66	2,556	8,55	816,799	
3A	67	2,548	8,81	828,535	
4A	65	2,566	9,01	870,033	
Średnia	65,9	2,555	8,72	831,778	
Grupa B (próbki suche)					
1B	67	2,526	8,55	801,350	
2B	66	2,553	9,06	865,949	
3B	66	2,560	8,30	788,704	
4B	65	2,571	8,55	827,442	
Średnia	66,0	2,553	8,62	820,861	
B/A					
Grupa A (próbki pielęgnowane)					102,2
1A	65	2,562	8,96	865,674	
2A	66	2,544	9,06	863,031	
3A	67	2,524	7,99	749,505	
4A	68	2,515	8,00	738,369	
Średnia	66,5	2,536	8,50	804,145	
Grupa B (próbki suche)					
1B	66	2,547	8,86	844,397	
2B	66	2,553	9,11	866,831	
3B	67	2,544	8,15	763,760	
4B	68	2,511	7,29	673,702	
Średnia	66,8	2,539	8,35	787,173	

B/I					94,3
Grupa A (próbki pielęgnowane)					
1A	67	2,553	8,71	817,934	
2A	67	2,535	7,65	716,621	
3A	66	2,562	8,66	825,132	
4A	66	2,557	7,99	760,355	
Średnia	66,5	2,552	8,25	780,011	
Grupa B (próbki suche)					
1B	66	2,558	8,71	830,45	
2B	67	2,539	8,4	789,447	
3B	65	2,561	9,62	930,427	
4B	66	2,549	7,95	757,876	
Średnia	66,0	2,551	8,67	827,050	
B/P					112,6
Grupa A (próbki pielęgnowane)					
1A	63	2,514	7,64	760,132	
2A	60	2,543	8,15	849,640	
3A	60	2,547	8,6	898,893	
4A	61	2,541	8,2	845,073	
Średnia	61,0	2,536	8,15	838,435	
Grupa B (próbki suche)					
1B	63	2,514	6,93	689,695	
2B	61	2,555	7,65	786,14	
3B	61	2,547	7,69	790,601	
4B	62	2,525	7,04	710,928	
Średnia	61,8	2,535	7,33	744,341	
B/WH					111,0
Grupa A (próbki pielęgnowane)					
1A	61	2,534	7,95	817,130	
2A	61	2,557	8,85	910,936	
3A	61	2,558	9,62	991,072	
4A	61	2,549	9,41	968,099	
Średnia	61,0	2,549	8,96	921,809	
Grupa B (próbki suche)					
1B	60	2,563	8,45	883,628	
2B	62	2,532	7,69	779,135	
3B	61	2,543	8,20	843,137	
4B	60	2,558	7,79	815,113	
Średnia	60,8	2,549	8,03	830,253	

Tablica 56 Wyniki badania odporności na działanie wody SMA11 S 45/80-55 - GABRO

Próbka	Wysokość próbki, mm	Gęstość objętościowa, g/cm ³	Siła niszcząca, kN	Napężenie niszczące, kPa	ITSR, %
G/W					
Grupa A (próbki pielęgnowane)					89,0
1A	64	2,530	8,71	854,417	
2A	65	2,497	8,10	783,242	
3A	64	2,519	8,76	858,242	
4A	65	2,508	8,05	778,119	
Średnia	64,5	2,513	8,41	818,505	
Grupa B (próbki suche)					
1B	64	2,527	10,02	984,208	
2B	65	2,522	8,35	808,194	
3B	65	2,502	9,67	934,756	
4B	65	2,511	9,82	950,052	
Średnia	64,8	2,515	9,47	919,303	
G/T					
Grupa A (próbki pielęgnowane)					95,8
1A	65	2,519	7,95	769,421	
2A	64	2,532	8,71	854,543	
3A	64	2,539	9,41	925,480	
4A	65	2,527	8,45	816,683	
Średnia	64,5	2,529	8,63	841,532	
Grupa B (próbki suche)					
1B	64	2,528	8,86	870,633	
2B	63	2,540	8,55	851,614	
3B	66	2,511	9,36	891,895	
4B	65	2,530	9,31	900,489	
Średnia	64,5	2,527	9,02	878,658	
G/A					
Grupa A (próbki pielęgnowane)					92,5
1A	65	2,510	8,45	815,134	
2A	65	2,495	8,05	776,108	
3A	65	2,528	8,46	816,541	
4A	65	2,529	8,60	830,115	
Średnia	65,0	2,516	8,39	809,475	
Grupa B (próbki suche)					
1B	64	2,523	9,31	911,925	
2B	65	2,489	7,19	693,553	
3B	64	2,533	10,06	985,413	
4B	64	2,524	9,27	908,522	
Średnia	64,3	2,517	8,96	874,853	

G/I					87,8
Grupa A (próbki pielęgnowane)					
1A	64	2,534	9,01	885,417	
2A	65	2,507	8,20	793,715	
3A	66	2,511	8,55	814,289	
4A	63	2,545	8,45	843,191	
Średnia	64,5	2,524	8,55	834,153	
Grupa B (próbki suche)					
1B	65	2,503	9,06	876,049	
2B	63	2,537	10,57	1054,295	
3B	64	2,526	9,36	918,859	
4B	63	2,544	9,52	949,025	
Średnia	63,8	2,528	9,63	949,557	
G/P					110,5
Grupa A (próbki pielęgnowane)					
1A	60	2,548	8,50	888,769	
2A	59	2,562	9,67	1027,129	
3A	59	2,558	9,46	1004,774	
4A	59	2,564	9,41	1000,546	
Średnia	59,3	2,558	9,26	980,305	
Grupa B (próbki suche)					
1B	59	2,558	8,45	898,671	
2B	59	2,559	8,20	870,453	
3B	60	2,543	8,71	909,807	
4B	61	2,569	8,45	868,971	
Średnia	59,8	2,557	8,45	886,976	
G/WH					104,9
Grupa A (próbki pielęgnowane)					
1A	61	2,525	9,21	946,567	
2A	60	2,536	9,36	978,113	
3A	61	2,533	10,11	1039,040	
4A	59	2,551	10,37	1101,916	
Średnia	60,3	2,536	9,76	1016,409	
Grupa B (próbki suche)					
1B	62	2,525	9,22	933,483	
2B	60	2,540	9,47	988,585	
3B	62	2,529	9,26	934,607	
4B	60	2,548	9,77	1020,480	
Średnia	61,0	2,535	9,43	969,289	

Tablica 57 Wyniki badania odporności na działanie wody AC16 W 50/70 - DOLOMIT

Próbka	Wysokość próbki, mm	Gęstość objętościowa, g/cm ³	Siła niszcząca, kN	Napężenie niszczące, kPa	ITSR, %
D/W					
Grupa A (próbki pielęgnowane)					43,8
1A	68	2,414	4,71	434,961	
2A	66	2,421	4,81	457,431	
3A	67	2,405	4,45	417,084	
4A	65	2,435	5,92	571,992	
Średnia	66,5	2,419	4,97	470,367	
Grupa B (próbki suche)					
1B	66	2,410	10,67	1014,442	
2B	65	2,428	12,09	1168,138	
3B	66	2,410	10,57	1005,455	
4B	65	2,431	11,43	1104,669	
Średnia	65,5	2,420	11,19	1073,176	
D/T					
Grupa A (próbki pielęgnowane)					53,5
1A	67	2,410	4,45	417,064	
2A	66	2,424	5,57	530,505	
3A	66	2,427	5,87	559,049	
4A	66	2,426	5,06	482,109	
Średnia	66,3	2,422	5,24	497,182	
Grupa B (próbki suche)					
1B	67	2,410	10,22	957,510	
2B	67	2,410	9,71	909,459	
3B	66	2,429	8,81	837,893	
4B	66	2,437	10,67	1014,692	
Średnia	66,5	2,421	9,85	929,889	
D/A					
Grupa A (próbki pielęgnowane)					51,7
1A	65	2,435	6,02	581,725	
2A	67	2,419	4,56	427,869	
3A	65	2,434	6,33	611,018	
4A	66	2,421	5,52	525,146	
Średnia	65,8	2,427	5,61	536,440	
Grupa B (próbki suche)					
1B	66	2,418	10,87	1035,677	
2B	66	2,431	10,62	1011,133	
3B	65	2,433	10,83	1045,263	
4B	65	2,436	10,98	1061,623	
Średnia	65,5	2,430	10,83	1038,424	

D/I					41,9
Grupa A (próbki pielęgnowane)					
1A	1235,00	2,437	5,46	527,377	
2A	1232,90	2,409	3,85	355,770	
3A	1235,90	2,430	5,06	488,862	
4A	1237,40	2,416	5,11	472,507	
Średnia	1235,3	2,423	4,87	461,129	
Grupa B (próbki suche)					
1B	1237,00	2,408	11,08	1039,467	
2B	1236,90	2,413	10,73	1005,391	
3B	1236,00	2,427	11,73	1116,954	
4B	1238,30	2,448	12,80	1237,197	
Średnia	1237,1	2,424	11,59	1099,752	
D/P					57,3
Grupa A (próbki pielęgnowane)					
1A	64	2,411	6,12	598,680	
2A	63	2,422	6,98	693,305	
3A	65	2,389	5,67	547,229	
4A	64	2,416	6,88	672,893	
Średnia	64,0	2,409	6,41	628,027	
Grupa B (próbki suche)					
1B	67	2,384	10,27	959,852	
2B	62	2,438	13,26	1338,062	
3B	65	2,396	9,87	951,342	
4B	63	2,418	11,43	1134,838	
Średnia	64,3	2,409	11,21	1096,024	
D/WH					54,6
Grupa A (próbki pielęgnowane)					
1A	66	2,386	5,06	480,117	
2A	64	2,413	6,33	619,406	
3A	64	2,421	6,27	612,706	
4A	62	2,452	7,49	755,479	
Średnia	64,0	2,418	6,29	616,927	
Grupa B (próbki suche)					
1B	65	2,393	9,46	911,913	
2B	63	2,428	11,89	1181,410	
3B	65	2,403	11,48	1106,199	
4B	62	2,450	13,05	1317,421	
Średnia	63,8	2,418	11,47	1129,236	

Tablica 58 Wyniki badania odporności na działanie wody AC16 W 50/70 - AM-FIBOLIT

Próbka	Wysokość próbki, mm	Gęstość objętościowa, g/cm ³	Siła niszcząca, kN	Napężenie niszczące, kPa	ITSR, %
A/W					
Grupa A (próbki pielęgnowane)					95,6
1A	64	2,534	10,42	1020,852	
2A	65	2,522	11,43	1102,466	
3A	65	2,514	11,18	1078,432	
4A	64	2,532	11,58	1134,023	
Średnia	64,5	2,526	11,15	1083,943	
Grupa B (próbki suche)					
1B	64	2,533	11,89	1165,270	
2B	63	2,528	11,48	1142,581	
3B	66	2,508	10,63	1009,917	
4B	64	2,534	12,45	1219,372	
Średnia	64,3	2,526	11,61	1134,285	
A/T					
Grupa A (próbki pielęgnowane)					97,4
1A	65	2,500	9,11	880,362	
2A	66	2,479	9,06	862,010	
3A	65	2,486	10,32	996,310	
4A	65	2,483	9,16	885,478	
Średnia	65,3	2,487	9,41	906,040	
Grupa B (próbki suche)					
1B	65	2,498	9,57	924,998	
2B	64	2,471	9,36	917,817	
3B	67	2,484	8,96	839,378	
4B	66	2,493	10,92	1039,568	
Średnia	65,5	2,487	9,70	930,440	
A/A					
Grupa A (próbki pielęgnowane)					106,0
1A	64	2,500	11,33	1110,169	
2A	64	2,511	11,99	1176,897	
3A	65	2,518	12,35	1193,407	
4A	64	2,522	12,19	1195,938	
Średnia	64,3	2,513	11,97	1169,103	
Grupa B (próbki suche)					
1B	63	2,520	12,40	1235,211	
2B	65	2,501	10,87	1050,806	
3B	66	2,497	9,51	904,959	
4B	63	2,520	12,24	1220,356	
Średnia	64,3	2,510	11,26	1102,833	

A/I					93,0
Grupa A (próbki pielęgnowane)					
1A	64	2,515	11,23	1099,910	
2A	65	2,503	10,02	966,371	
3A	65	2,509	10,42	1005,048	
4A	64	2,521	10,93	1070,422	
Średnia	64,5	2,512	10,65	1035,438	
Grupa B (próbki suche)					
1B	63	2,515	12,04	1197,874	
2B	63	2,528	12,55	1247,448	
3B	66	2,494	9,67	919,051	
4B	64	2,517	11,13	1090,492	
Średnia	64,0	2,514	11,35	1113,716	
A/P					99,4
Grupa A (próbki pielęgnowane)					
1A	63	2,491	9,41	934,028	
2A	61	2,502	9,97	1022,286	
3A	62	2,483	9,47	956,437	
4A	61	2,500	10,92	1119,943	
Średnia	63	2,491	9,41	934,028	
Grupa B (próbki suche)					
1B	63	2,479	9,72	966,508	
2B	63	2,488	8,94	889,934	
3B	62	2,497	10,42	1051,324	
4B	61	2,510	11,18	1147,792	
Średnia	62,3	2,494	10,07	1013,890	
A/WH					83,6
Grupa A (próbki pielęgnowane)					
1A	62	2,489	8,55	861,973	
2A	61	2,520	10,97	1128,119	
3A	63	2,486	8,96	890,192	
4A	61	2,520	11,18	1145,820	
Średnia	61,8	2,504	9,92	1006,526	
Grupa B (próbki suche)					
1B	64	2,490	9,77	954,824	
2B	60	2,533	14,21	1482,561	
3B	63	2,485	10,07	1000,793	
4B	61	2,518	13,31	1365,495	
Średnia	62,0	2,506	11,84	1200,918	

Tablica 59 Wyniki badania odporności na działanie wody AC22 W 35/50 - WAPIEŃ

Próbka	Wysokość próbki, mm	Gęstość objętościowa, g/cm ³	Siła niszcząca, kN	Napężenie niszczące, kPa	ITSR, %
W/W					
Grupa A (próbki pielęgnowane)					78,0
1A	68	2,360	7,70	709,770	
2A	69	2,388	6,38	580,101	
3A	68	2,355	7,64	704,344	
4A	69	2,352	6,68	606,928	
Średnia	68,5	2,364	7,10	650,286	
Grupa B (próbki suche)					
1B	68	2,361	8,31	765,924	
2B	68	2,354	9,98	920,027	
3B	68	2,356	9,22	849,902	
4B	68	2,384	8,66	798,831	
Średnia	68,0	2,364	9,04	833,671	
W/T					
Grupa A (próbki pielęgnowane)					80,8
1A	69	2,359	7,14	651,145	
2A	68	2,347	6,88	635,091	
3A	69	2,349	6,94	632,296	
4A	68	2,357	7,19	664,707	
Średnia	68,5	2,353	7,04	645,810	
Grupa B (próbki suche)					
1B	68	2,362	9,11	842,583	
2B	70	2,328	8,25	742,763	
3B	69	2,357	8,60	783,189	
4B	68	2,350	8,96	829,549	
Średnia	68,8	2,349	8,73	799,521	
W/A					
Grupa A (próbki pielęgnowane)					85,5
1A	67	2,367	6,99	655,102	
2A	68	2,364	7,95	735,331	
3A	67	2,362	9,77	918,111	
4A	67	2,379	8,15	765,119	
Średnia	67,3	2,368	8,21	768,416	
Grupa B (próbki suche)					
1B	69	2,362	8,40	765,013	
2B	69	2,365	10,27	936,938	
3B	67	2,368	10,78	1011,198	
4B	68	2,362	9,57	883,274	
Średnia	68,3	2,364	9,76	899,106	

W/I					70,7
Grupa A (próbki pielęgnowane)					
1A	67	2,358	5,98	560,514	
2A	68	2,362	7,54	696,582	
3A	69	2,358	6,38	580,587	
4A	71	2,358	6,68	590,283	
Średnia	68,8	2,359	6,65	606,992	
Grupa B (próbki suche)					
1B	68	2,377	9,67	892,833	
2B	71	2,345	9,37	828,314	
3B	70	2,348	9,77	877,331	
4B	69	2,364	9,16	833,858	
Średnia	69,5	2,358	9,49	858,084	
W/P					63,3
Grupa A (próbki pielęgnowane)					
1A	71	2,344	7,04	621,391	
2A	70	2,348	7,44	665,505	
3A	72	2,371	6,38	555,164	
4A	71	2,347	7,54	665,458	
Średnia	71,0	2,353	7,10	626,880	
Grupa B (próbki suche)					
1B	71	2,354	11,44	1010,481	
2B	70	2,354	10,37	928,620	
3B	71	2,349	10,32	911,531	
4B	69	2,352	12,25	1112,322	
Średnia	70,3	2,352	11,10	990,739	
W/WH					76,0
Grupa A (próbki pielęgnowane)					
1A	70	2,360	8,30	744,372	
2A	71	2,364	7,24	638,447	
3A	69	2,361	8,35	758,195	
4A	68	2,362	7,65	705,161	
Średnia	69,5	2,361	7,89	711,544	
Grupa B (próbki suche)					
1B	70	2,351	9,41	842,840	
2B	69	2,348	11,13	1010,028	
3B	71	2,381	10,98	970,208	
4B	71	2,369	10,43	921,859	
Średnia	70,3	2,362	10,49	936,234	

Tablica 60 Wyniki badania odporności na działanie wody AC22 W 35/50 - ME-LAFIR

Próbka	Wysokość próbki, mm	Gęstość objętościowa, g/cm ³	Siła niszcząca, kN	Napężenie niszczące, kPa	ITSR, %
M/W					
Grupa A (próbki pielęgnowane)					97,4
1A	67	2,332	9,31	871,629	
2A	68	2,342	10,12	934,267	
3A	67	2,320	9,31	871,737	
4A	67	2,315	9,21	861,821	
Średnia	67,3	2,327	9,49	884,864	
Grupa B (próbki suche)					
1B	69	2,342	9,57	871,138	
2B	67	2,335	10,98	1027,215	
3B	68	2,312	8,91	822,156	
4B	67	2,323	9,77	915,079	
Średnia	67,8	2,328	9,81	908,897	
M/T					
Grupa A (próbki pielęgnowane)					87,3
1A	67	2,328	8,86	829,335	
2A	66	2,309	8,76	832,542	
3A	67	2,310	9,57	895,750	
4A	67	2,322	8,96	838,737	
Średnia	66,8	2,317	9,04	849,091	
Grupa B (próbki suche)					
1B	66	2,323	9,41	894,031	
2B	67	2,352	9,77	915,101	
3B	65	2,301	10,78	1039,004	
4B	67	2,299	11,13	1042,100	
Średnia	66,3	2,319	10,27	972,559	
M/A					
Grupa A (próbki pielęgnowane)					88,6
1A	66	2,309	9,27	880,277	
2A	67	2,322	8,66	809,708	
3A	66	2,320	10,37	985,434	
4A	67	2,326	8,61	805,934	
Średnia	66,5	2,319	9,23	870,338	
Grupa B (próbki suche)					
1B	66	2,292	10,88	1033,694	
2B	68	2,342	8,76	807,737	
3B	65	2,314	11,49	1108,199	
4B	67	2,331	10,47	980,969	
Średnia	66,5	2,320	10,40	982,650	

M/I					89,8
Grupa A (próbki pielęgnowane)					
1A	66	2,304	8,80	836,777	
2A	65	2,324	9,37	903,482	
3A	66	2,312	7,85	746,461	
4A	65	2,337	9,57	923,176	
Średnia	65,5	2,319	8,90	852,474	
Grupa B (próbki suche)					
1B	67	2,317	9,06	847,952	
2B	66	2,317	9,97	948,528	
3B	66	2,320	10,42	989,941	
4B	66	2,319	10,63	1010,017	
Średnia	66,3	2,318	10,02	949,110	
M/P					73,5
Grupa A (próbki pielęgnowane)					
1A	72	2,303	7,85	684,341	
2A	71	2,297	7,19	633,975	
3A	70	2,298	8,61	770,882	
4A	70	2,306	8,61	771,527	
Średnia	70,8	2,301	8,07	715,181	
Grupa B (próbki suche)					
1B	72	2,301	10,88	947,693	
2B	70	2,302	10,68	955,933	
3B	70	2,292	12,55	1124,695	
4B	71	2,309	9,82	865,811	
Średnia	70,8	2,301	10,98	973,533	
M/WH					70,4
Grupa A (próbki pielęgnowane)					
1A	71	2,313	6,43	567,423	
2A	70	2,311	8,35	747,879	
3A	70	2,300	8,20	733,523	
4A	69	2,296	8,40	762,623	
Średnia	70,0	2,305	7,85	702,862	
Grupa B (próbki suche)					
1B	70	2,306	12,75	1141,184	
2B	70	2,318	13,11	1174,244	
3B	73	2,300	9,67	830,738	
4B	72	2,294	9,72	845,736	
Średnia	71,3	2,304	11,31	997,976	

Wszystkie próbki zostały wykonane w laboratorium IBDiM z materiałów własnych wg recept zaprojektowanych w IBDiM.

Tablica 61 Wyniki odporności na działanie wody (SMA11 S)

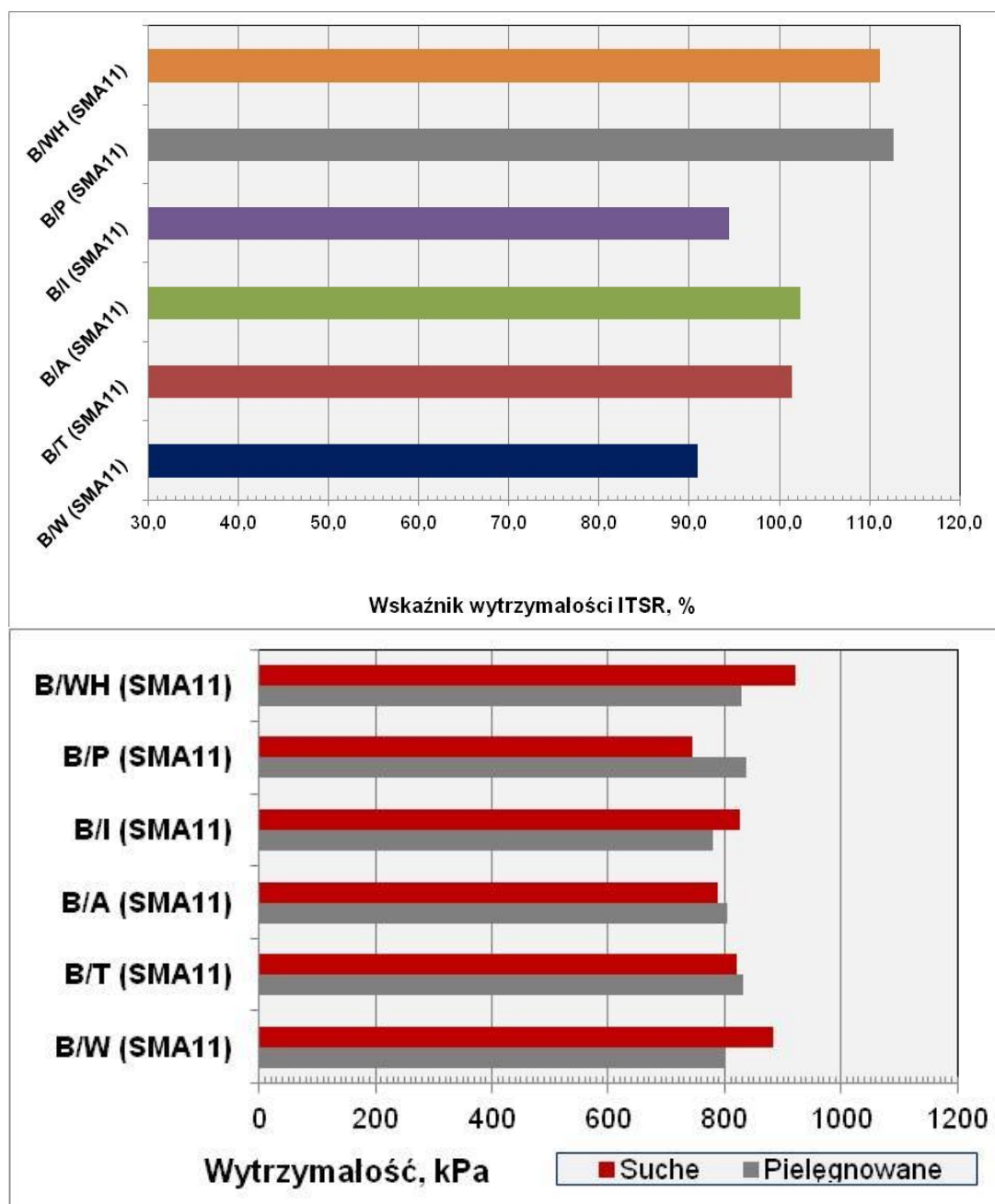
Stan próbek	Wytrzymałość na rozciąganie po- średnie, kPa		ITSR, %
	ITS _w	ITS _s	
SMA11 S (45/80-55) BAZALT			
B/W			
Próbki pielęgnowane	803,142	-	90,8
Próbki suche	-	884,723	
B/T			
Próbki pielęgnowane	831,778	-	101,3
Próbki suche	-	820,861	
B/A			
Próbki pielęgnowane	804,145	-	102,2
Próbki suche	-	787,173	
B/I			
Próbki pielęgnowane	780,011	-	94,3
Próbki suche	-	827,050	
B/P			
Próbki pielęgnowane	838,435	-	112,6
Próbki suche	-	744,341	
B/WH			
Próbki pielęgnowane	830,253	-	111,0
Próbki suche	-	921,809	
SMA11 S (45/80-55) GABRO			
G/W			
Próbki pielęgnowane	818,505	-	89,0
Próbki suche	-	919,303	
G/T			
Próbki pielęgnowane	841,532	-	95,8
Próbki suche	-	878,658	
G/A			
Próbki pielęgnowane	809,475	-	92,5
Próbki suche	-	874,853	
G/I			
Próbki pielęgnowane	834,153	-	87,8
Próbki suche	-	949,557	
G/P			
Próbki pielęgnowane	980,305	-	110,5
Próbki suche	-	886,976	
G/WH			
Próbki pielęgnowane	1016,409	-	104,9
Próbki suche	-	969,289	

Tablica 62 Wyniki odporności na działanie wody (AC16 W)

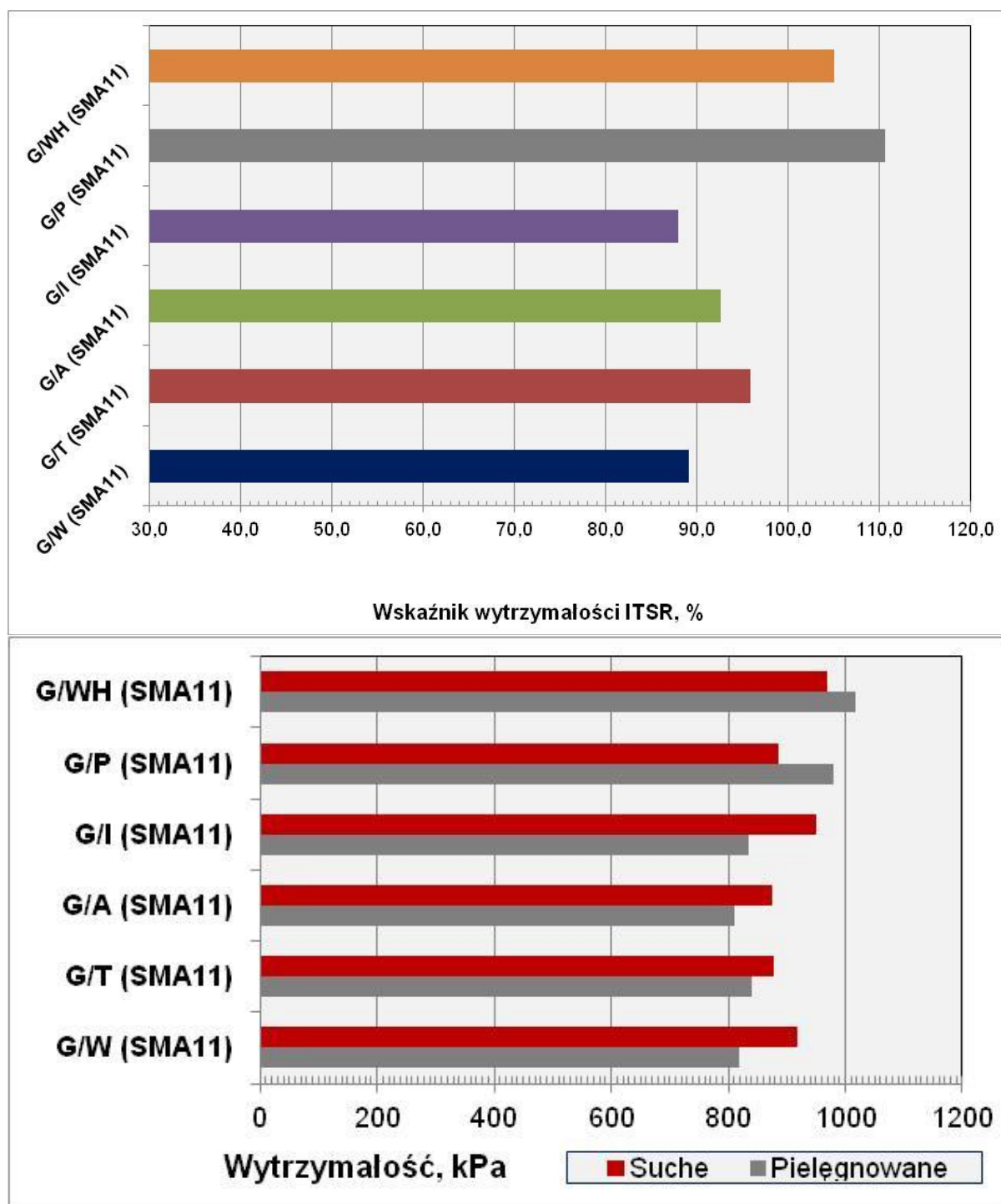
Stan próbek	Wytrzymałość na rozciąganie po- średnie, kPa		ITSR, %
	ITS _w	ITS _s	
AC16 W (50/70) DOLOMIT			
D/W			
Próbki pielęgnowane	470,367	-	43,8
Próbki suche	-	1073,176	
D/T			
Próbki pielęgnowane	497,182	-	53,5
Próbki suche	-	929,889	
D/A			
Próbki pielęgnowane	536,440	-	51,7
Próbki suche	-	1038,424	
D/I			
Próbki pielęgnowane	461,129	-	41,9
Próbki suche	-	1099,752	
D/P			
Próbki pielęgnowane	628,027	-	57,3
Próbki suche	-	1096,024	
D/WH			
Próbki pielęgnowane	616,927	-	54,6
Próbki suche	-	1129,236	
AC16 W (50/70) AMFIBOLIT			
A/W			
Próbki pielęgnowane	1083,943	-	95,6
Próbki suche	-	1134,285	
A/T			
Próbki pielęgnowane	906,040	-	97,4
Próbki suche	-	930,440	
A/A			
Próbki pielęgnowane	1169,103	-	106,0
Próbki suche	-	1102,833	
A/I			
Próbki pielęgnowane	1035,438	-	93,0
Próbki suche	-	1113,716	
A/P			
Próbki pielęgnowane	934,028	-	99,4
Próbki suche	-	1013,890	
A/WH			
Próbki pielęgnowane	1006,526	-	83,6
Próbki suche	-	1200,918	

Tablica 63 Wyniki odporności na działanie wody (AC22 P)

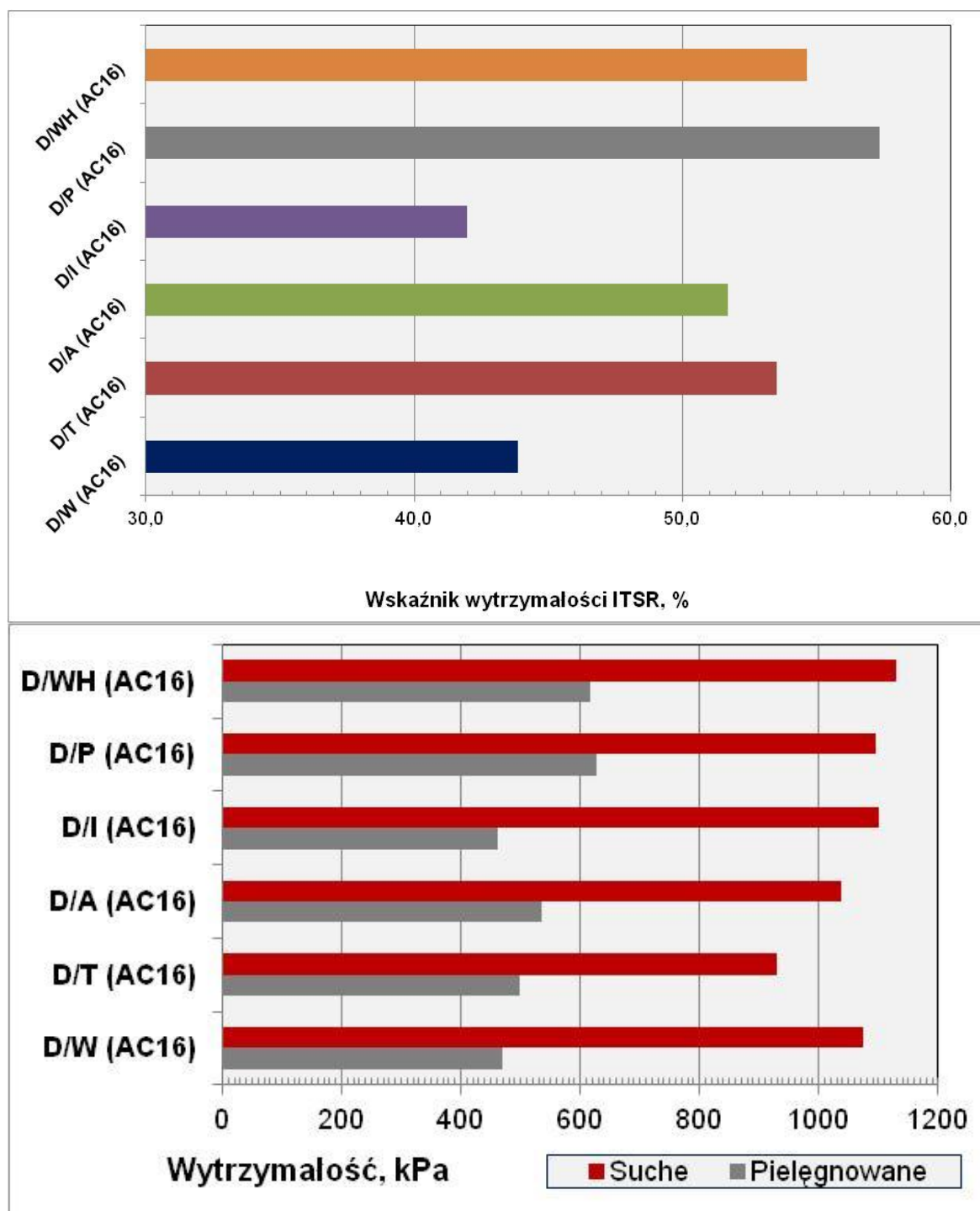
Stan próbek	Wytrzymałość na rozciąganie po- średnie, kPa		ITSR, %
	ITS _w	ITS _s	
AC16 W (50/70) WAPIEŃ			
W/W			
Próbki pielęgnowane	650,286	-	78,0
Próbki suche	-	833,671	
W/T			
Próbki pielęgnowane	645,810	-	80,8
Próbki suche	-	799,521	
W/A			
Próbki pielęgnowane	768,416	-	85,5
Próbki suche	-	899,106	
W/I			
Próbki pielęgnowane	606,992	-	70,7
Próbki suche	-	858,084	
W/P			
Próbki pielęgnowane	626,880	-	63,3
Próbki suche	-	990,739	
W/WH			
Próbki pielęgnowane	711,544	-	76,0
Próbki suche	-	936,234	
AC16 W (50/70) MELAFIR			
M/W			
Próbki pielęgnowane	884,864	-	97,4
Próbki suche	-	908,897	
M/T			
Próbki pielęgnowane	849,091	-	87,3
Próbki suche	-	972,559	
M/A			
Próbki pielęgnowane	870,338	-	88,6
Próbki suche	-	982,650	
M/I			
Próbki pielęgnowane	852,474	-	89,8
Próbki suche	-	949,110	
M/P			
Próbki pielęgnowane	715,181	-	73,5
Próbki suche	-	973,533	
M/WH			
Próbki pielęgnowane	702,862	-	70,4
Próbki suche	-	997,976	



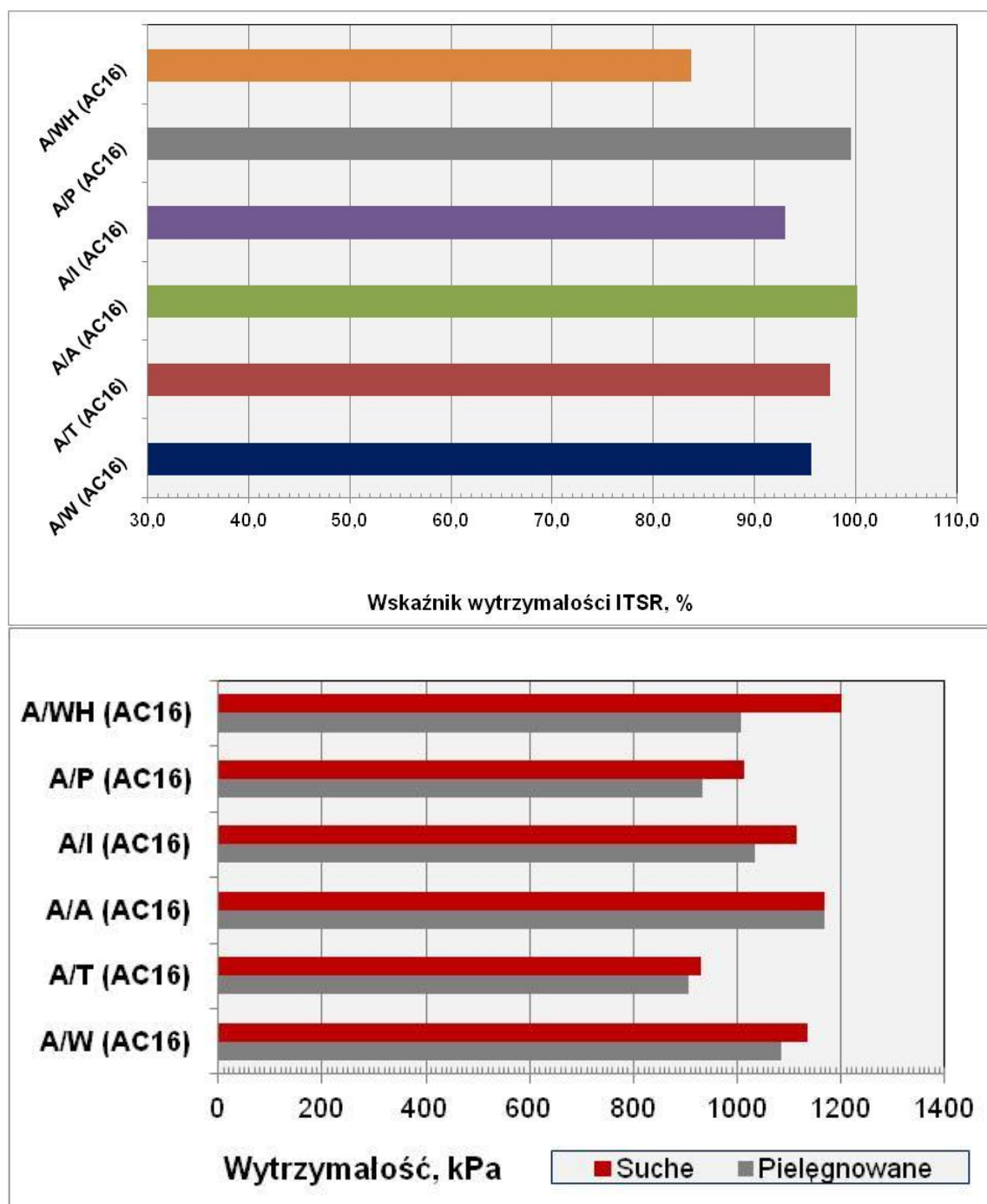
Rysunek 21 Wyniki wodoodporności - BAZALT



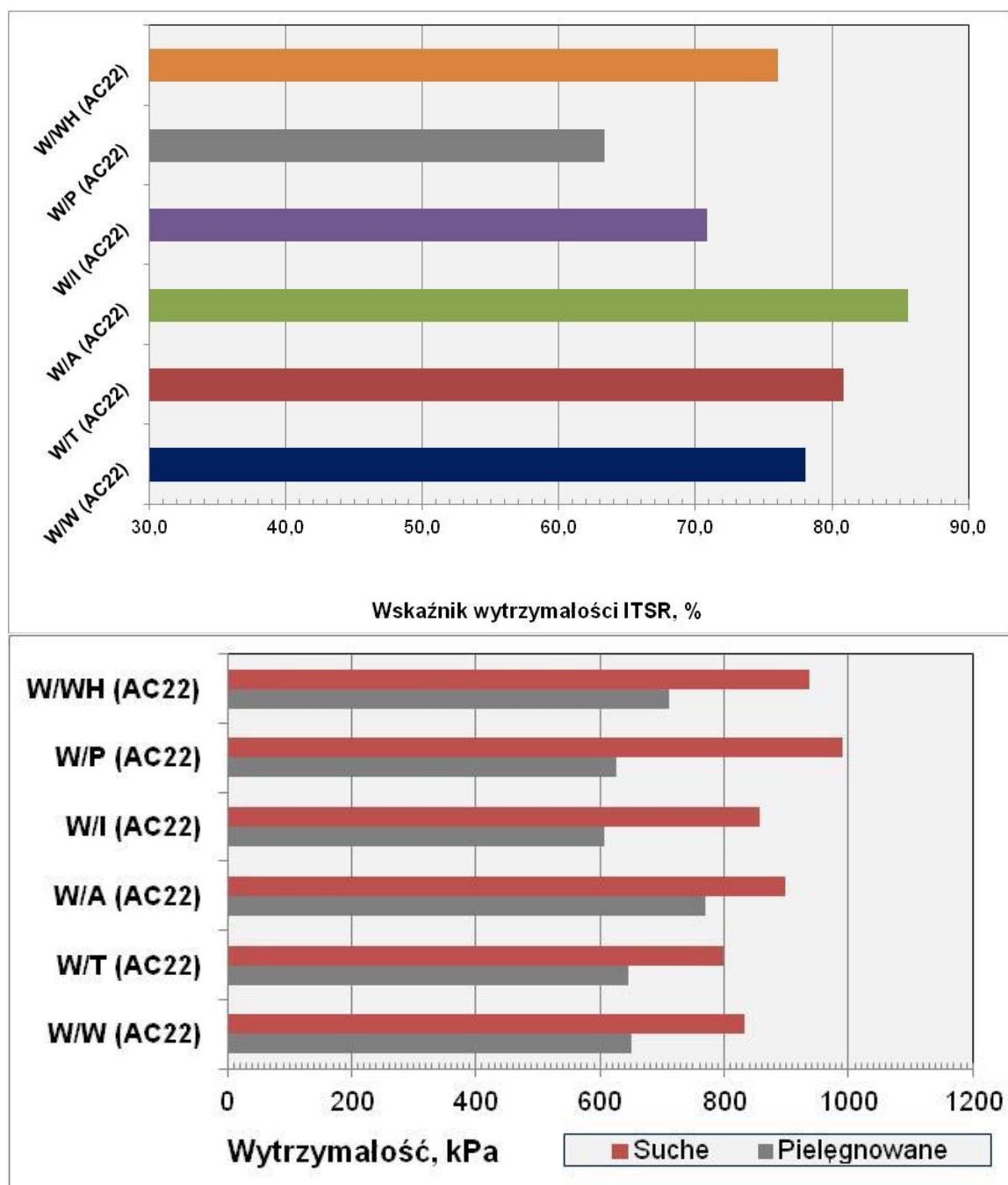
Rysunek 22 Wyniki wodoodporności - GRANIT



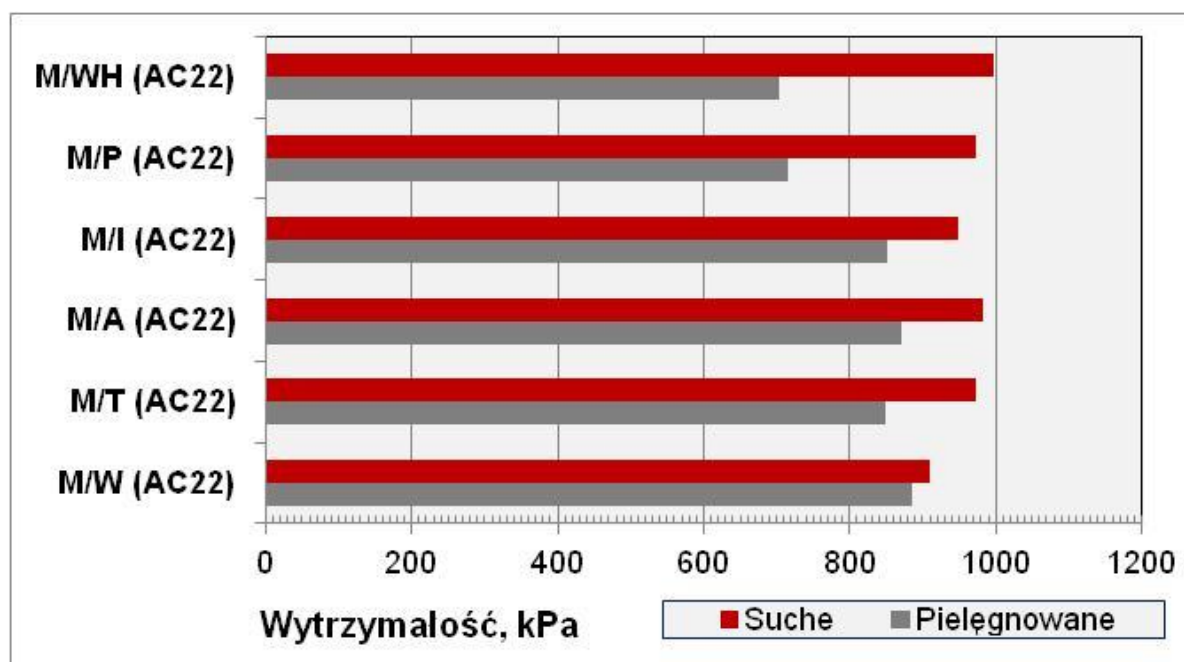
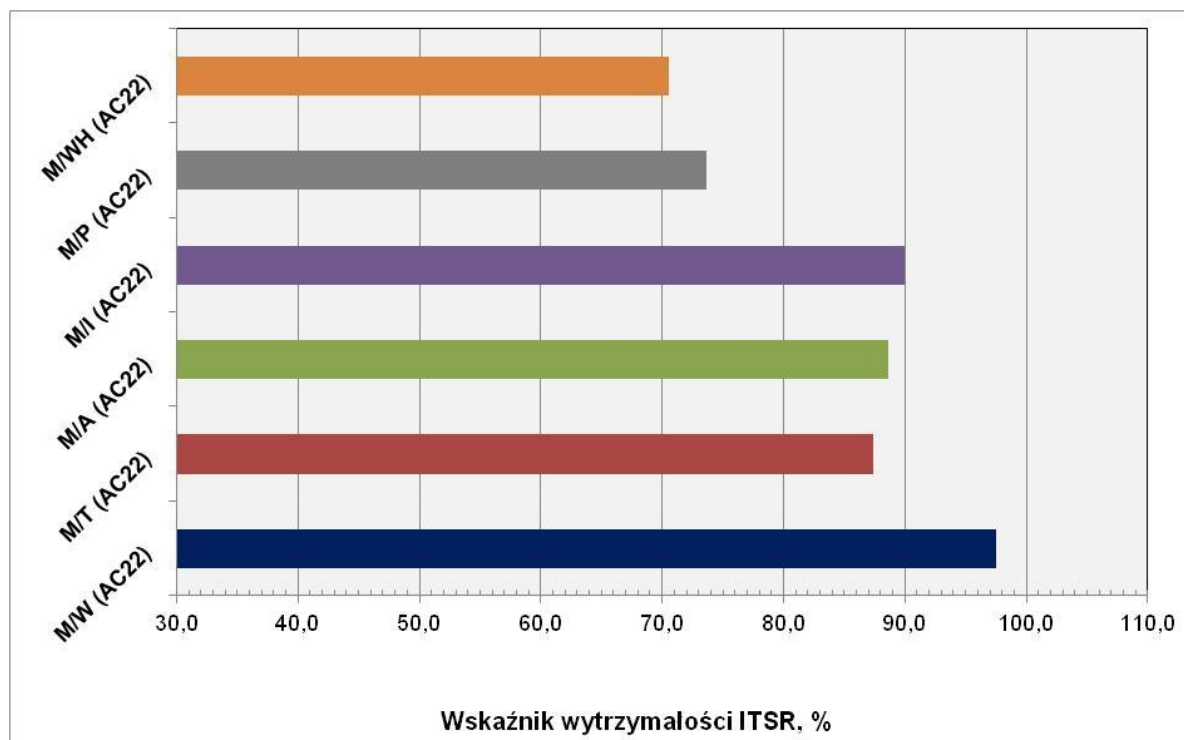
Rysunek 23 Wyniki wodoodporności - DOLOMIT



Rysunek 24 Wyniki wodoodporności - AMFIBOLIT



Rysunek 25 Wyniki wodoodporności - WAPIEŃ



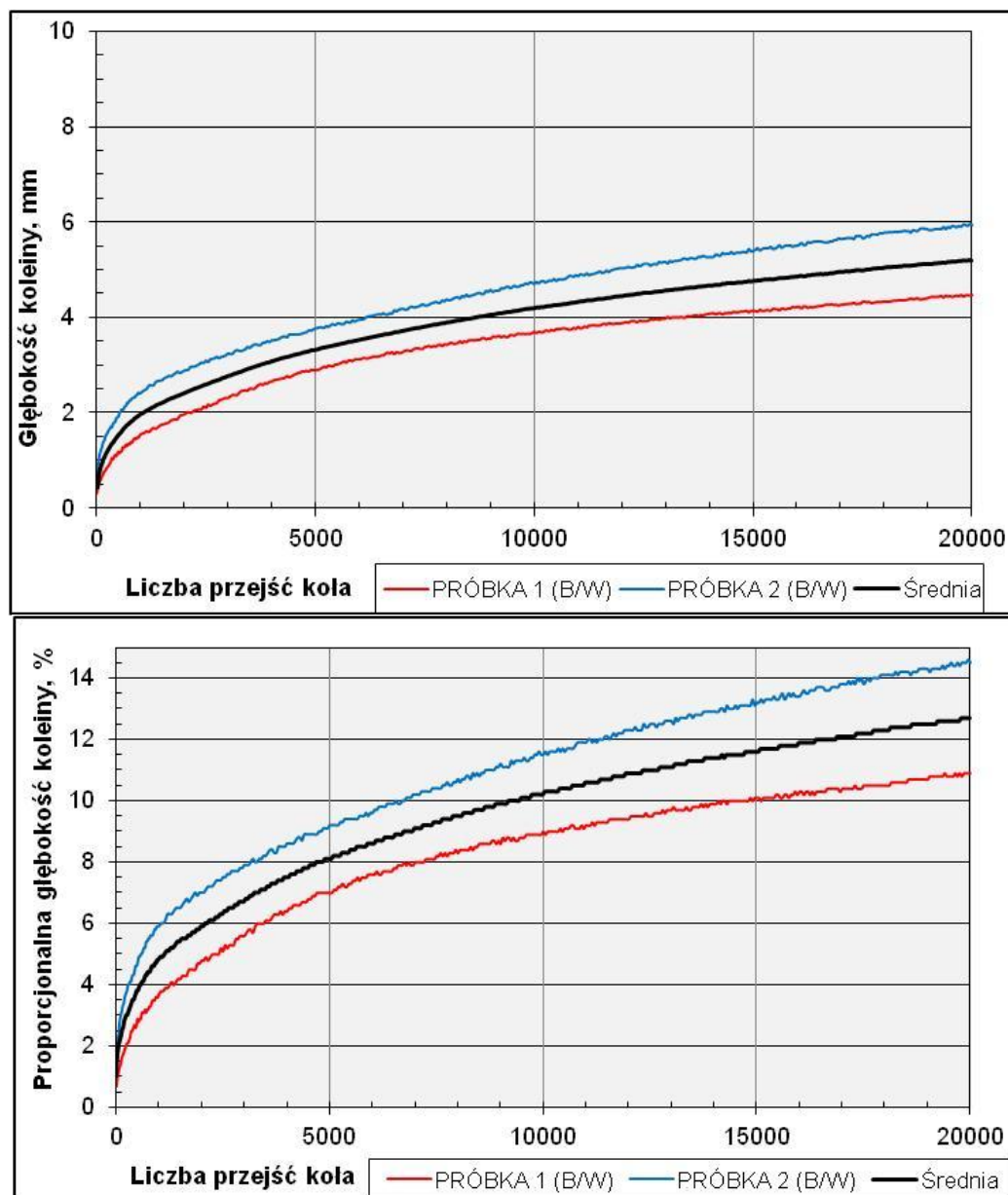
Rysunek 26 Wyniki wodoodporności - MELAFIR

11. Wyniki badań funkcjonalnych

W tablicach 64-69 i na rysunkach 27-32 przedstawiono wyniki badań koleinowania w małym aparacie wg PN-EN 12697-22 ^[13] oznaczone na próbkach mieszanek z zastosowaniem środka adhezyjnego Wetfix BE przygotowanych w laboratorium IBDiM. Do wykonania oznaczenia wykonano po dwie próbki każdej MMA (płyty o wymiarach 260mm / 320 mm oraz grubości 40 mm lub 60 mm).

Tablica 64 Wyniki badania koleinowania w małym aparacie SMA11 S 45/80-55 (B/W)

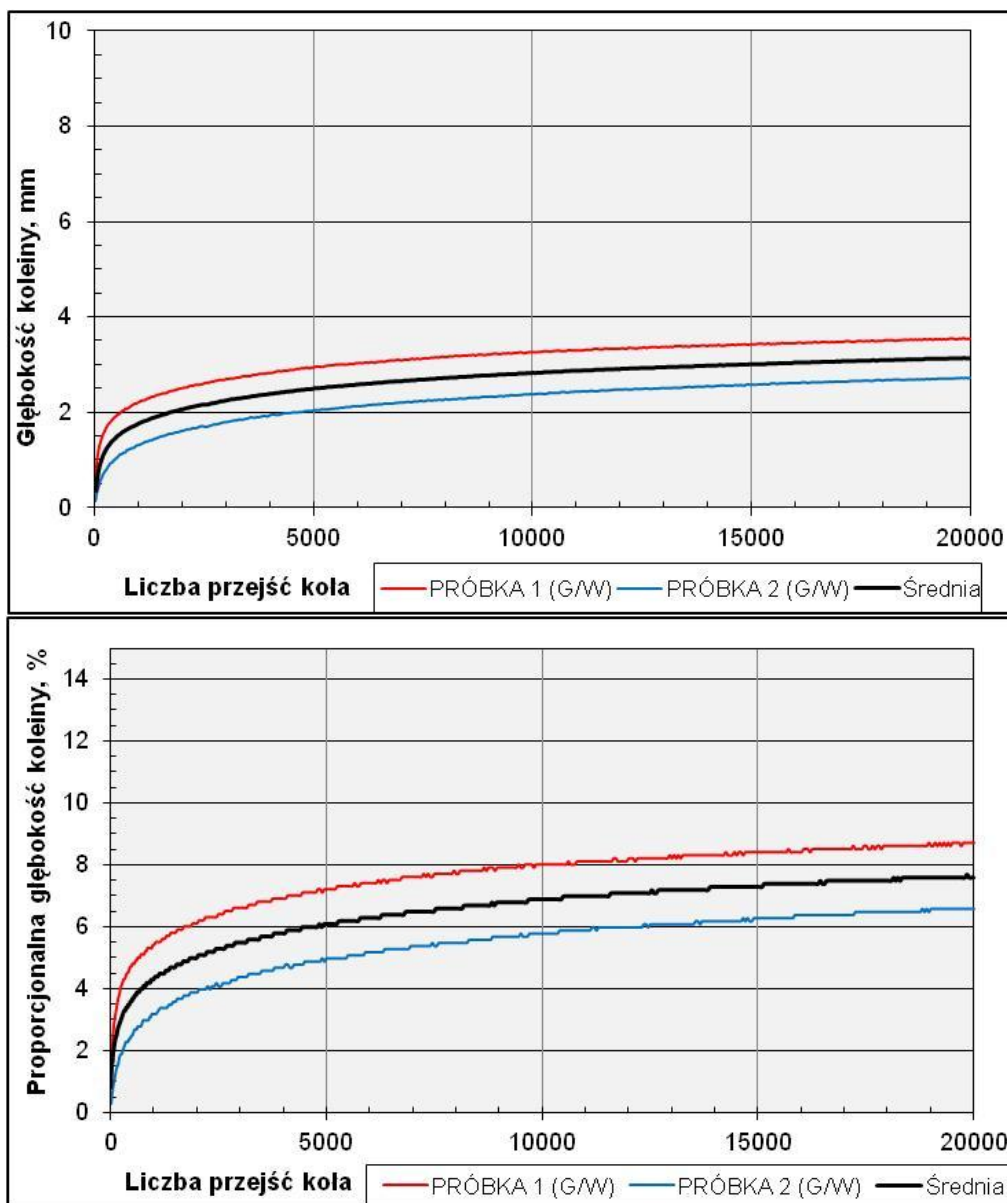
Odporność na deformacje trwałe (metoda B w powietrzu, 60°C, 10000 cykli, % (mm/mm) (wys. próbek 41 mm)			
Cykle (przejścia)	2500 (5000)	5000 (10000)	10000 (20000)
Właściwości			
Głębokość koleiny, mm	3,32	4,20	5,21
PRD, %	8,10	10,24	12,70
WTS _(d10000-d5000) , [mm/1000 cykli]			0,202



Rysunek 27 Przebieg badania koleinowania – mieszanka SMA11 S 45/80-55 (B/W)

Tablica 65 Wyniki badania koleinowania w małym aparacie SMA11 S 45/80-55 (G/W)

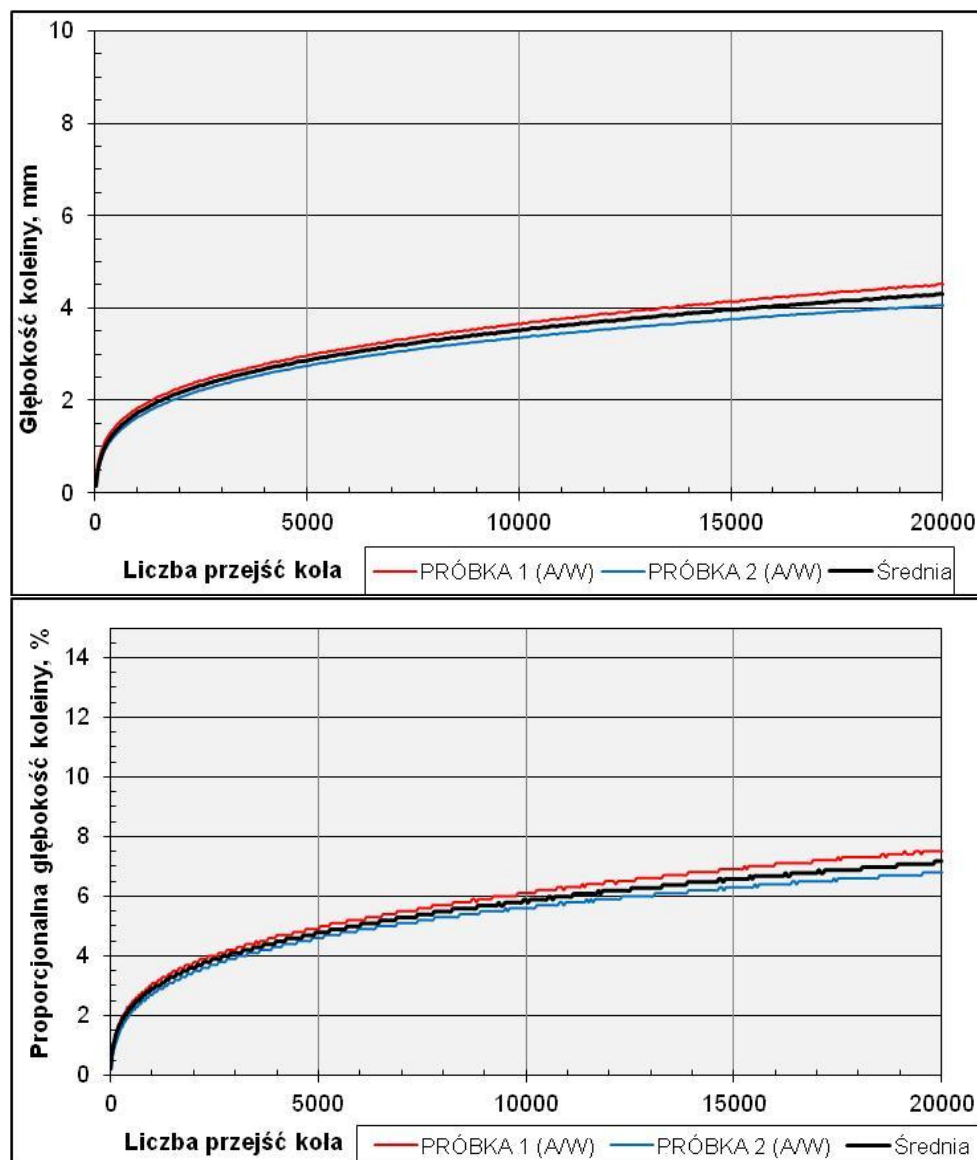
Odporność na deformacje trwałe (metoda B w powietrzu, 60°C, 10000 cykli, % (mm/mm) (wys. próbek 41 mm)			
Cykle (przejścia)	2500 (5000)	5000 (10000)	10000 (20000)
Właściwości			
Głębokość koleiny, mm	2,50	2,83	3,14
PRD, %	6,10	6,90	7,60
WTS _(d10000-d5000) , [mm/1000 cykli]			0,062



Rysunek 28 Przebieg badania koleinowania – mieszanka SMA11 S 45/80-55 (G/W)

Tablica 66 Wyniki badania koleinowania w małym aparacie AC16 W 50/70 (A/W)

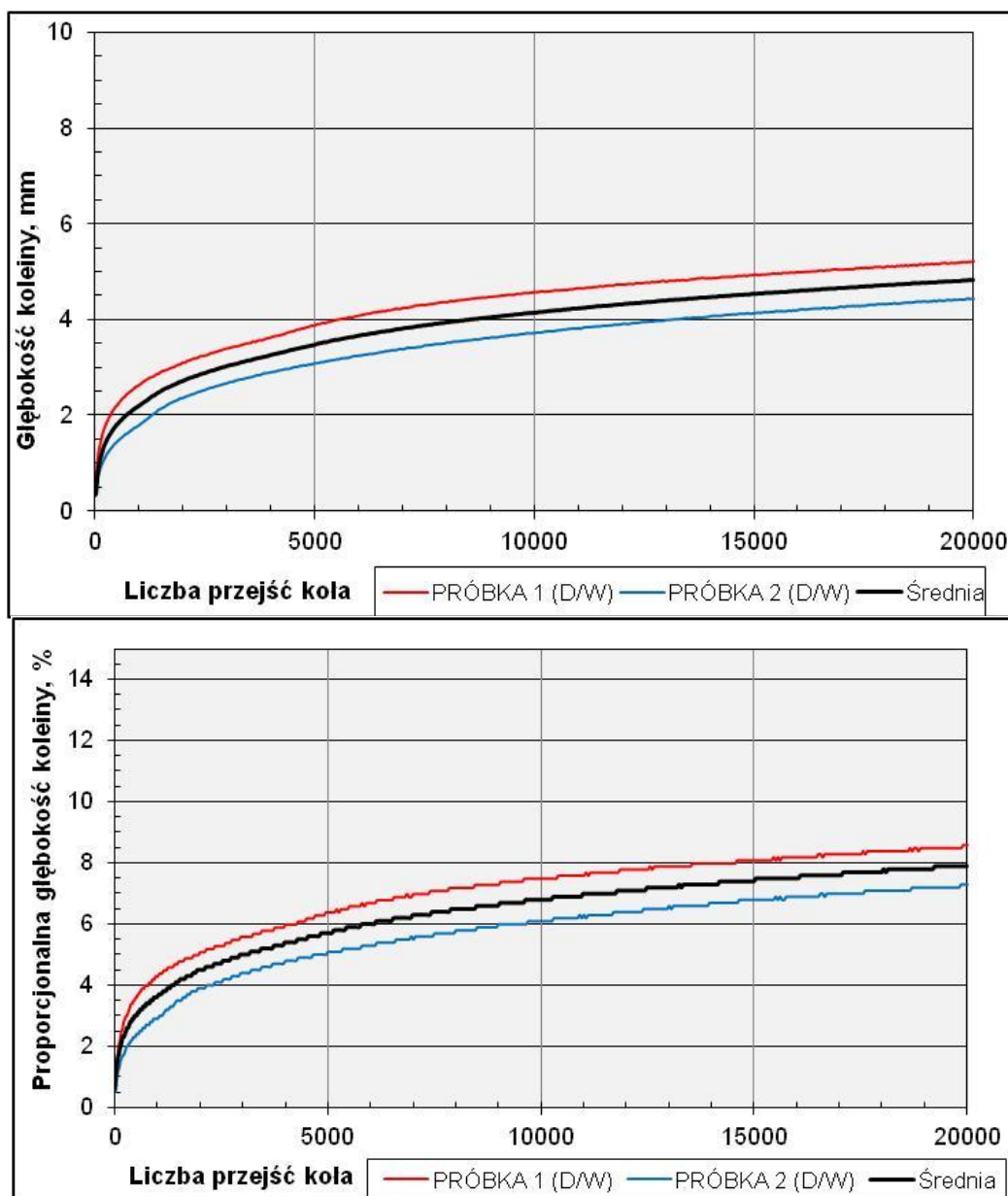
Odporność na deformacje trwałe (metoda B w powietrzu, 60°C, 10000 cykli, % (mm/mm) (wys. próbek 60 mm)			
Cykle (przejścia) Właściwości	2500 (5000)	5000 (10000)	10000 (20000)
Głębokość koleiny, mm	2,85	3,51	4,29
PRD, %	4,75	5,85	7,20
WTS _(d10000-d5000) , [mm/1000 cykli]			0,156



Rysunek 29 Przebieg badania koleinowania – mieszanka AC16 W 50/70 (A/W)

Tablica 67 Wyniki badania koleinowania w małym aparacie AC16 W 50/70 (D/W)

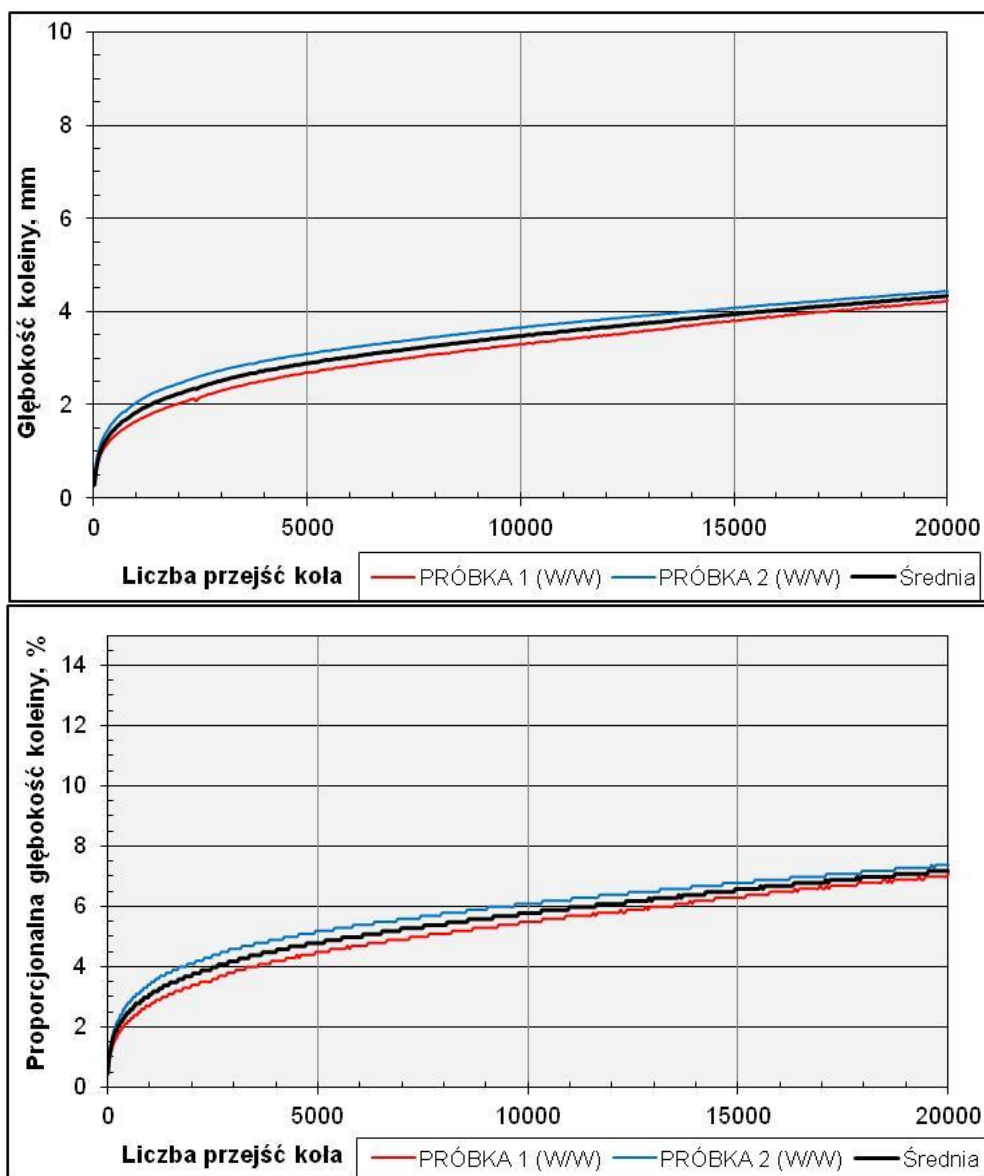
Odporność na deformacje trwałe (metoda B w powietrzu, 60°C, 10000 cykli, % (mm/mm) (wys. próbek 61 mm)			
Cykle (przejścia)	2500 (5000)	5000 (10000)	10000 (20000)
Właściwości			
Głębokość koleiny, mm	3,48	4,15	4,83
PRD, %	5,80	6,92	7,90
WTS _(d10000-d5000) , [mm/1000 cykli]			0,136



Rysunek 30 Przebieg badania koleinowania – mieszanka AC16 W 50/70 (D/W)

Tablica 68 Wyniki badania koleinowania w małym aparacie AC22 P 35/50 (W/W)

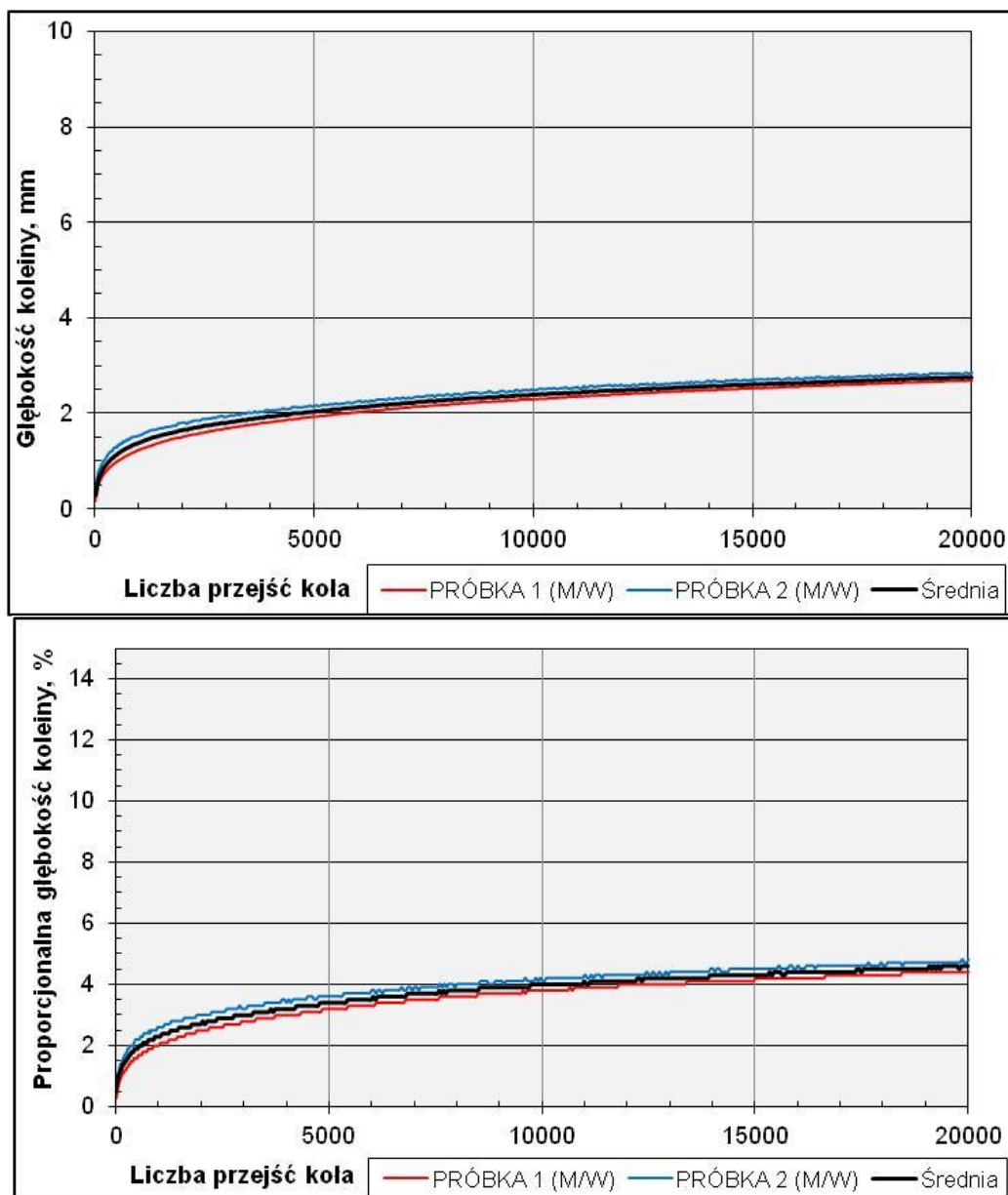
Odporność na deformację trwałą (metoda B w powietrzu, 60°C, 10000 cykli, % (mm/mm) (wys. próbek 61 mm)			
Cykle (przejścia)	2500 (5000)	5000 (10000)	10000 (20000)
Właściwości			
Głębokość koleiny, mm	2,89	3,47	4,33
PRD, %	4,82	5,78	7,20
WTS _(d10000-d5000) , [mm/1000 cykli]			0,172



Rysunek 31 Przebieg badania koleinowania – mieszanka AC22 P 35/50 (W/W)

Tablica 69 Wyniki badania koleinowania w małym aparacie AC22 P 35/50 (M/W)

Odporność na deformacje trwałe (metoda B w powietrzu, 60°C, 10000 cykli, % (mm/mm) (wys. próbek 61 mm)			
Cykle (przejścia)	2500 (5000)	5000 (10000)	10000 (20000)
Właściwości			
Głębokość koleiny, mm	2,04	2,40	2,78
PRD, %	3,40	4,00	4,60
WTS _(d10000-d5000) , [mm/1000 cykli]			0,076



Rysunek 32 Przebieg badania koleinowania – mieszanka AC22 P 35/50 (M/W)

Zostały przygotowane próbki do badań funkcjonalnych i obecnie trwają badania.

12. Zweryfikowana procedura laboratoryjna

W poniższym rozdziale została zaproponowana zweryfikowana procedura badania odporności mieszanki mineralno-asfaltowej na działanie wody i mrozu.

Na podstawie przeprowadzonych analiz ankiet, informacji dotyczących sprzętu laboratoryjnego oraz metodologii badań zaproponowano wstępny zarys zmian do procedur badawczych. Nie jest to wersja ostateczna zmian i mogą one jeszcze ulec zmianie w dalszym toku pracy. Wersja ostateczna będzie zamieszczona w raporcie końcowym z pracy. Przyjęto następującą formułę wizualizacji zmian: tekst oryginalny procedury z komentarzem i numerem komentarza (np. **K.1: tekst**), bądź proponowaną zmianą w nawiasach (np. **Z.1: tekst**).

Tekst procedury z proponowanymi zmianami:

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.

Streszczenie metody badawczej: 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 (**K.1: W tym miejscu po przeprowadzeniu dodatkowych analiz będzie można zamienić kolejność czynności, tzn. najpierw przeprowadzić nasączenie próbek, dodatkową ocenę stopnia nasączenia zgodnie z procedurą AASHTO, bądź zrezygnować z niektórych etapów, np. z kondycjonowania próbek w 60°C po cyklu zamrażania**). 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 (**K.2: z analiz sprzętu jakim dysponują laboratoria wynika, że nie każdy jest przystosowany do termostatowania próbek w wodzie w 25 °C oraz dysponuje wymaganą normą aparaturą próżniową. Z.1: Ilekroć podawana jest wymagana wartość wybranego parametru oraz tolerancja poprzedzona znakiem „±” zamierzeniem jest, aby nastawa na urządzeniu była równa wartości parametru, a tolerancja zachowywana była przez automatykę urządzenia. Czyli jeśli podano wartość 25 ± 2 °C, nastawiamy aparat na 25 °C, a automatyka powinna zapewniać, że zmienność temperatury podczas pracy urządzenia będzie nie większa niż ± 2 °C**). Operator (laborant) przed rozpoczęciem badania powinien sprawdzić, czy sprzęt laboratoryjny wykorzystywany przy badaniu zaopatrzony 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 **Z.2:** ~~lub 150 mm~~). Dodatkowo potrzebna jest aparatura próżniowa (pompa, ~~próżniomierz~~ (**Z.3: ciśnieniomierz ciśnienia bezwzględnego**) itp.), za pomocą której możliwe jest uzyskanie w zbiorniku próżniowym (komorze, suszarce próżniowej, itp.), ciśnienia (**Z.4: pozostałego**) bezwzględnego ($6,7 \pm 0,3$) kPa w ciągu (10 ± 1) minut i utrzymanie takiego ciśnienia w czasie (30 ± 5) minut, zbiornik próżniowy (komora, suszarka próżniowa, itp.) z perforowaną półką umieszczoną na dnie zbiornika. (**K.3: niektóre laboratoria deklarowały posiadanie miernika podciśnienia, czyli ciśnienia względnego, zamiast bezwzględnego**) 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. (**K.4: Do termostatowania stosowane są standardowe łaźnie do próbek Marshalla. Niestety ich minimalna nastawa temperatury zależy od temperatury otoczenia. Z reguły minimalna temperatura robocza pracy standardowej łaźni wodnej wynosi od 15 °C powyżej temperatury otoczenia, czyli typowo od 35 °C. Dodatkowym błędem, który może być popełniany podczas badania jest umieszczanie dużej ilości próbek z zestawu kondycjonowanego w 60 °C i próba schłodzenia do 25 °C przy użyciu łaźni wodnej nie wyposażonej w układ chłodzenia. Z.5: Łaźnia Marshalla niewyposażona w układ chłodzący nie jest właściwym urządzeniem do termostatowania próbek w temperaturze 25 °C oraz do schłodzenia próbek o temperaturze 60 °C do 25 °C**). 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 (**K.5: Nie każde laboratorium jest wyposażone w komorę mogącą utrzymać temperaturę 25 °C. Urządzenie takie, aby móc w sposób stabilny utrzymać temperaturę termostatowania 25 °C powinno być wyposażane w układ chłodzenia i grzania. Minimalną temperaturę roboczą typowej suszarki laboratoryjnej bez układu chłodzenia producent określa na 10 °C powyżej temperatury otoczenia, czyli od 30 °C**). 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 (**Z.6: osiem**) sześć próbek cylindrycznych. Probki powinny być symetryczne i o równych bokach. Probki powinny być o średnicy (100 ± 3) mm, **Z.7:** ~~(150 ± 3) mm lub (160 ± 3) mm~~ (**Z.8: Na cele badania typu, walidacji laboratoryjnej, próbki Marshalla powinny być przygotowane z mieszanki mineralno-asfaltowej wy-**

mieszanej ze składników w laboratorium wg normy PN-EN 12697-35. Należy zwrócić uwagę na metodę mieszania w przypadku, gdy próbki wykonywane są z kruszywa o uziarnieniu do 22,4 mm oraz do 31,5 mm. Aby zminimalizować różnice między gęstościami objętościowymi w serii próbek, można wykonać pojedyncze porcje mieszanki na pojedyncze próbki stosując mieszanie ręczne. W przypadku walidacji produkcyjnej próbki Marshalla powinny być przygotowane z mieszanki mineralno-asfaltowej wymieszanej na wytwórni, o znanym z ekstrakcji składzie. Niezależnie czy mieszankę mineralno-asfaltową przygotowuje się w laboratorium, czy pobierana jest na wytwórni, należy przed mieszaniem przeprowadzić ocenę czystości ziaren kruszywa i ich zapylenia. Zapylenie kruszywa i oblepienie go przez pył ma duży wpływ na wynik wodoodporności mm-a). W próbkach o średnicy (100 ± 3) mm kruszywo w mieszance mineralno-asfaltowej nie powinno być większe niż 22,4 mm. **(Z.9: W przypadku mieszanki mineralno-asfaltowej o uziarnieniu do 31,5 mm prawidłową średnicą próbek jest 150 mm, a do wykonania tych próbek należy zastosować prasę żyratorową. K.6: metoda z prasą żyratorową wymaga weryfikacji przed wdrożeniem do stosowania).** Próbki w kształcie walca powinny być wykonane w warunkach laboratoryjnych zgodnie z normą PN-EN 12697-30 **(Z.10: Marshall)** lub PN-EN 12697-31 **(Z.11: żyrator)** **(Z.12)** lub ~~PN-EN 12697-32. Płyty, z których zostaną odwiercone próbki walcowe, powinny być wykonane zgodnie z normą PN-EN 12697-33, natomiast próbki z nawierzchni powinny być odwiercone zgodnie z PN-EN 12697-27.~~

(Z.13: Temperatura zagęszczania próbek powinna odpowiadać temperaturom określonym przez producentów lepiszczy asfaltowych. Temperatury zagęszczania próbek zależą od zastosowanego lepiszcza asfaltowego. Można przyjąć temperatury zagęszczania zgodne z zapisami WT-2 2010.)

Próbki powinny być zagęszczone do poziomu oczekiwanego po wbudowaniu. Typ próbki, średnicę oraz energię zagęszczenia należy dobrać odpowiednio do badanej mieszanki mineralno-asfaltowej **(K.7: W tym miejscu można umieścić wymaganie dotyczące stopnia nasycenia próbek mm-a wodą zgodnie z normą AASHTO, co będzie skutkowało eliminacją próbek, które mogą być nieprawidłowo lub niejednorodnie zagęszczone. Uwaga ta dotyczy mieszanek o dużej zawartości wolnych przestrzeni oraz o dużym wymiarze największego ziarna. Gęstość objętościową odpowiadającą 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 walującym (PN-EN 12697-33): 12 przejazdów (procedura zagęszczenia oponą pneumatyczną).~~ **(Z.14: można wyeliminować nie stosowane metody, a pozostać przy ubijaku Marshalla i ewentualnie prasie żyratorowej)**

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/m³. **(K.8: tutaj procedura również nie precyzuje postępowania w przypadku dzielenia próbek na zestawy. Próbki z zestawu suchego i mokrego można wybrać tak, aby różnica średnich gęstości objętościowych tych zestawów była jak najbliższa zeru. Można zasugerować podejście minimalizacji różnic gęstości objętościowej z obu zestawów lub w wersji mniej korzystnej wprowadzić podział na dwie grupy różniące się średnią gęstością objętościową o nie więcej niż 15 kg/m³. Można również wprowadzić dodatkowy zapis o konieczności analizy nasączenia próbek wodą po sezonowaniu w próżni).**

Próbki 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±5) °C.

Kondycjonowanie próbek z „zestawu suchego” polega na przechowywaniu ich na płaskiej powierzchni w temperaturze pokojowej (20±5) °C. Kondycjonowanie próbek z „zestawu mokrego” rozpoczyna się od umieszczenia ich na perforowanej płycie w zbiorniku próżniowym (komorze, suszarce próżniowej, itp.) wypełnionym wodą destylowaną o temperaturze (20±5) °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±0,3) kPa w ciągu (10±1) minut **Z.15** (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 z 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 bardziej miękki zgodnie z normą EN 1426.

Po wyjęciu z łaźni wodnej, unikając nadmiernego ociekania wody, próbki ściśle owinać 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. Próbkę 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. Próbkę z „zestawu suchego” termostatować w warunkach powietrzno-suchych (w łaźni wodnej, ale izolowane od wody torebką z cienkiej folii, lub w komorze powietrznej). Próbkę z „zestawu mokrego” termostatować w wodzie (w łaźni wodnej lub w szczelnej, miękkiej plastikowej torebce wypełnionej wodą **(Z.16: ta metoda nie zapewnia wystarczającej kontroli temperatury wody i jest niezalecana)** ~~lub wodoszczelnym naczyniu wypełnionym wodą, wstawionym do komory powietrznej~~).

Próbki **(Z.17)** ~~o średnicy mniejszej niż 150 mm~~ przechowywać w łaźni wodnej lub w komorze powietrznej przez co najmniej **(Z.18: 4 godziny)** ~~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. Druga tura badań międzylaboratoryjnych

Do przeprowadzenia drugiej tury badań rozesłano próbki. Badania mają być zrealizowane według zmodyfikowanej procedury.

14. Analiza wymagań

W analizie problemów dotyczących wyników badań ITSR z cyklem mrożenia nie można pominąć analizy wymagań. W pierwszej kolejności rozesłano prostą ankietę dotyczącą wymagań ITSR w krajach będących sygnatariuszami porozumienia CEN w sprawie wdrażania wspólnych norm. Zapytanie przedstawiono w tablicy.

Tablica 70 Zapytanie do krajów CEN dotyczące wymagań na badanie według normy EN 12697-12

Mix type	Requirement	Freeze / thaw procedure*	Comments
AC – base course	> XX %	YES / NO	
AC – binder course			
AC – wearing course			
SMA – wearing course			
BBTM			
EME – base course			
EME – binder course			
PA			

* if freeze / thaw procedure is available please shortly specify conditions

Odpowiedzi na razie udzieliło 7 krajów: Belgia, Hiszpania, Irlandia, Niemcy, Norwegia, Słowacja i Słowenia. Udzielone odpowiedzi, wraz z wymaganiami polskimi, przedstawiono w tablicy.

Tablica 71 Odpowiedzi krajów zrzeszonych w CEN na krótką ankietę o wymaganiach ITSR

Kraj	UE	CEN	S	W	P	Cykl mrożenia
Belgia	UE	TAK	ITSR70 (SMA 80)	ITSR60 (EME 80)	ITSR60 (EME 80)	NIE
Hiszpania	UE	TAK	ITSR85 (90 BBTM, 85 PA)	ITSR80	ITSR80	NIE
Irlandia	UE	TAK	ITSR Duriez	ITSR Duriez	ITSR Duriez	NIE
Niemcy	UE	TAK	ITSRNR	ITSRNR	ITSRNR	NIE
Norwegia	non UE	TAK	ITSR70	ITSR70	ITSR70	NIE
Polska	UE	TAK	ITSR90	ITSR80	ITSR70	TAK
Słowacja	UE	TAK	ITSR80	ITSR80	ITSR80	NIE
Słowenia	UE	TAK	ITSRNR	ITSRNR	ITSRNR	NIE
Holandia	UE	TAK	ITSR80	ITSR70	ITSR70	NIE

Z zebranych informacji wynika, że polskie wymagania są zdecydowanie najsurowsze spośród krajów biorących udział w ankiecie. Najistotniejszą różnicą był brak stosowania cyklu mrożenia w żadnym z ankietowanych państw i należy mieć to na uwadze analizując wartości wymagań. W kwestii poziomu wymagań jedynie Hiszpania wykazała wymagania ITSR 90 w przypadku mieszanki BBTM, a pozostałe mieszanki do warstwy ścieralnej przy poziomie ITSR 85. Inne kraje do warstwy ścieralnej ustaliły wymagania ITSR 80 i ITSR 70, bądź nie określiły wymagań, pozostawiając wymagania deklarowania wyniku w badaniu typu. W przypadku warstwy wiążącej wymagania były na poziomie wymagań z Polski lub niższe, bądź nie określono progu wymagania. W Belgii wyższe wymagania, 80 %, zostało ustanowione wobec mieszanki EME do warstwy wiążącej, czyli naszego AC WMS. W przypadku warstwy podbudowy wymagania kształtowały się od ITSR 60 do ITSR 80 (mieszanka EME).

O istotności wpływu cyklu mrożenia na wyniki badań ITSR potwierdziły wstępne badania IBDiM zaprezentowane w pkt. 9 pracy. Z badań tych wynika, że wprowadzenie cyklu mrożenia ma znaczenie w przypadku mieszanek wykonanych ze słabszymi

kruszywami. W tym przypadku była to mieszanka AC WMS 16 wykonana z kruszywem dolomitowym. Mieszanka SMA nie wykazała różnic pomiędzy wynikami badań wykonanych z cyklem mrożenia i bez cyklu mrożenia.

Biorąc pod uwagę wyniki badań międzylaboratoryjnych, bez obróbki statystycznej, wynika, że oceniana mieszanka SMA może zostać zakwalifikowana zarówno jako zgodna, jak i niezgodna z progowym wymaganiem 90 %. Biorąc jednak pod uwagę podstawową analizę statystyczną wyników badań, dopiero wymaganie 80 % pozwoliłoby większości (sześciu) laboratoriów orzec zgodność z wymaganiami, a obniżenie wymagania do 70 % pozwoliłoby na wyrażenie pełnej zgodności z wymaganiem dla wszystkich wyników (szczegółowa analiza w pkt. 8). W przypadku mieszanki AC WMS wyniki badań międzylaboratoryjnych byłyby zgodne z wymaganiami dopiero po obniżeniu poziomu wymagań do 50 %.

Pytanie o zasadność wymagań jest zatem bardzo istotne, zwłaszcza, że z jednej strony tradycyjnie wymagania są ostrzejsze w przypadku dróg wyższych kategorii, a z drugiej strony oceniana cecha w głównej mierze zależy od wpływu czynników niezależnych od obciążenia ruchem, czyli czynników środowiskowych. Można by już na tym etapie pracy zaproponować słuszną modyfikację wymagań, wynikającą z przeprowadzonych badań, zebranych doświadczeń oraz zebranych informacji o wymaganiach postawionych w innych państwach. Proponuje się, aby wymagania dla warstw ścieralnych obniżyć do poziomu 80 % i pozostawić obowiązkowy cykl mrożenia dla tych mieszanek. W przypadku warstw wiążących proponuje się obniżenie wymagań do 70 %, a warstw podbudowy do 60 %, bez cyklu zamrażania. W analizie wyników badań należy pamiętać o stosownej ocenie wyników badań z uwzględnieniem statystyki i niepewności pomiaru.

15. Podsumowanie etapu pracy

W niniejszym etapie pracy przeprowadzono analizę pierwszego etapu badań międzylaboratoryjnych, które potwierdziły, że niepewność pomiaru odgrywa ważną rolę w ocenie wyników. Wyniki porównań międzylaboratoryjnych w przypadku mieszanki AC WMS przyniosły większą niepewność rozszerzoną w porównaniu do mieszanki SMA. Również poziom uzyskanych wyników przemawiał niekorzystnie dla AC WMS. Dodatkową informacją, którą należy potraktować jako ciekawostkę, był fakt, że mieszanka wyprodukowana zgodnie z tą receptą w 2009 r. dała wyniki ITSR powyżej 80 %, co przy obecnie uzyskanym średnim wyniku badań międzylaboratoryjnych 67,3 % jest różnicą istotną statystycznie. Z powodu braku szczegółowszych informacji o mieszance wcześniej badanej, nie jest możliwa głębsza analiza przyczyn wystąpienia tych różnic.

Przeprowadzono szczegółową analizę odpowiedzi na ankiety dotyczące procedury ITSR, wyposażenia laboratoriów oraz informacji nt. doświadczenia uczestników.

Zaproponowano zmodyfikowaną procedurę badawczą mającą na celu ograniczenie rozrzutów wyników badań. Zmiany uwzględniają dotychczasowe doświadczenia, spostrzeżenia, analizę ankiet, badania międzylaboratoryjne i inne.

Zaproponowano również nowy poziom wymagań na podstawie analizy wymagań postawionych w innych państwach oraz analizy statystycznej wyników badań międzylaboratoryjnych.

Przedstawiono wyniki badań przyczepności lepiszcza do kruszywa z uwzględnieniem różnych środków adhezyjnych oraz wyniki badań ITSR mieszanek zaprojektowanych z użyciem różnych kruszyw i dodatkiem różnych środków adhezyjnych.

Przedstawiono również wyniki badań ITSR wykonanych na tej samej mieszance, ale w różnych wariantach kondycjonowania próbek i warunków badania.

Bibliografia

- ¹ AASHTO T283-89 „Resistance of Compacted Bituminous Mixture to Moisture Induced Damage”
- ² PN-S-96025 2000 - Drogi samochodowe i lotniskowe -- Nawierzchnie asfaltowe – Wymagania
- ³ PN-EN 12697-11 Mieszanki mineralno-asfaltowe – Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco, Część 11: Określenie powiązania pomiędzy kruszywem i asfaltem
- ⁴ WT-2 Nawierzchnie asfaltowe na drogach publicznych. Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania techniczne – 2010
- ⁵ PN-EN 12697-35 +A1:2008 Mieszanki mineralno-asfaltowe -- Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco -- Część 35: Mieszanie laboratoryjne
- ⁶ Sprawozdanie z realizacji pracy TN-187 „Opracowanie metodyki badania odporności mieszanek mineralno-asfaltowych na wpływ czynników niszczących: wody i mrozu”
- ⁷ PN-EN 12697-27 Mieszanki mineralno-asfaltowe -- Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco -- Część 27: Pobieranie próbek
- ⁸ PN-EN 12697-6 PN-EN 12697-6, Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 6: Oznaczanie gęstości objętościowej próbek mieszanki mineralno-asfaltowej
- ⁹ ILAC-G8:03/2009, Wytyczne dotyczące przedstawiania zgodności ze specyfikacją
- ¹⁰ PN-EN 12697-12, Mieszanki mineralno-asfaltowe – Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco – Część 12: Określenie wrażliwości próbek asfaltowych na działanie wody
- ¹¹ PN-EN 12697-30 Mieszanki mineralno-asfaltowe -- Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco -- Część 30: Przygotowanie próbek zagęszczonych przez ubijanie
- ¹² PN-EN 12697-23 Mieszanki mineralno-asfaltowe -- Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco -- Część 23: Oznaczanie wytrzymałości mieszanki mineralno-asfaltowej na rozciąganie pośrednie
- ¹³ PN-EN 12697-22, +A1:2008 Mieszanki mineralno-asfaltowe -- Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco -- Część 22: Koleinowanie