



Instytut Podstawowych Problemów Techniki
Polskiej Akademii Nauk

Ocena zawartości mikroporów w mieszance betonowej na budowie odcinka drogi S8

dr inż. Mariusz Dąbrowski

Plan prezentacji

1. Wstęp

- pomiar charakterystyki porów i mrozoodporności
- idea sekwencyjnej metody ciśnieniowej

2. Materiały i program badawczy

3. Pomiar aparatem SAM

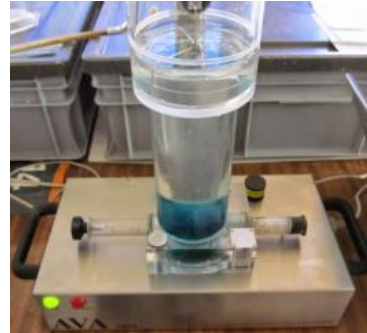
- pomiary w warunkach laboratoryjnych – IPPT PAN
- pomiary na placu budowy drogi S8 - współpraca z Laboratorium Drogowym GDDKiA O/Białystok

4. Wyniki badań

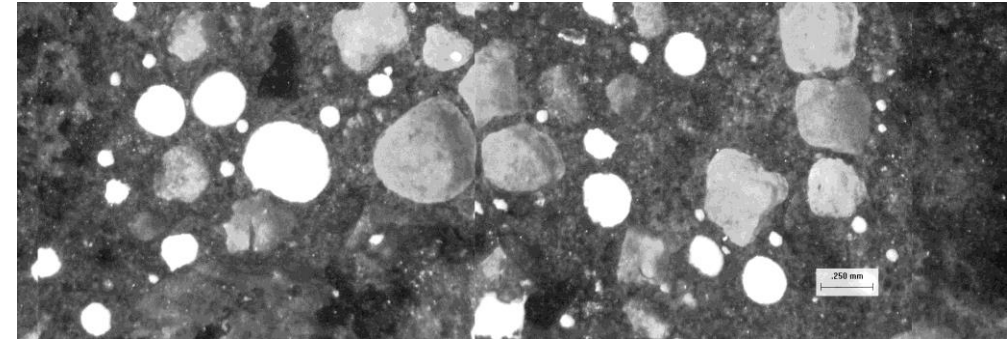
5. Wnioski

Czas wyznaczenia gęstości, mrozoodporności i charakterystyki porów w betonie

- **Pomiar gęstości** → 15-20 minut
- **Metoda ciśnieniowa** → 15-20 minut
- **AVA** → 20-30 minut



- **Mikroskopowa analiza porów** → min. 7 dni



- **Mrozoodporność zwykła F200** → 28+66 dni (CEM I)
90+66 dni (CEM III)

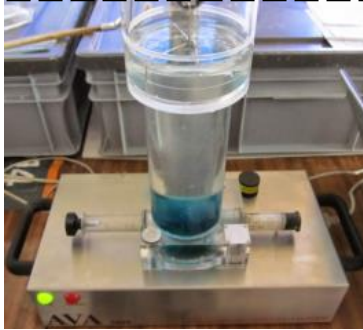
MIESZANKA BETONOWA, STWARDNIAŁY BETON

Czas wyznaczenia gęstości, mrozoodporności i charakterystyki porów w betonie

• **Pomiar gęstości** → 15-20 minut

• **Metoda ciśnieniowa** → 15-20 minut

• **AVA** → 20-30 minut

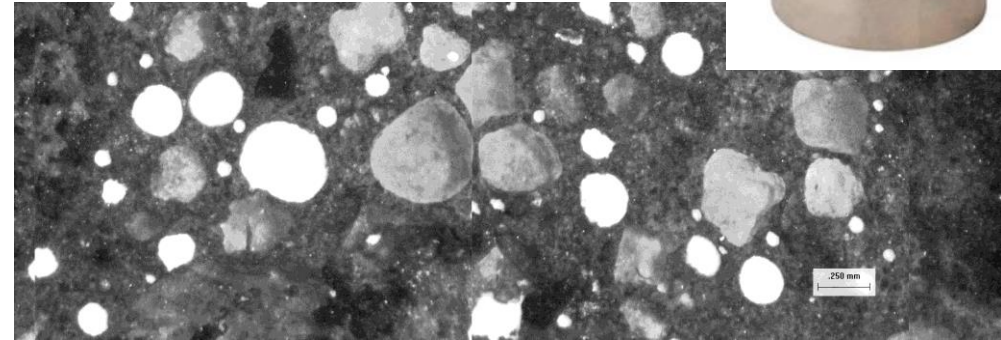


→ **SAM**
(Super Air Meter)
20-30 minut



• **Mikroskopowa analiza porów**

→ min. 7 dni

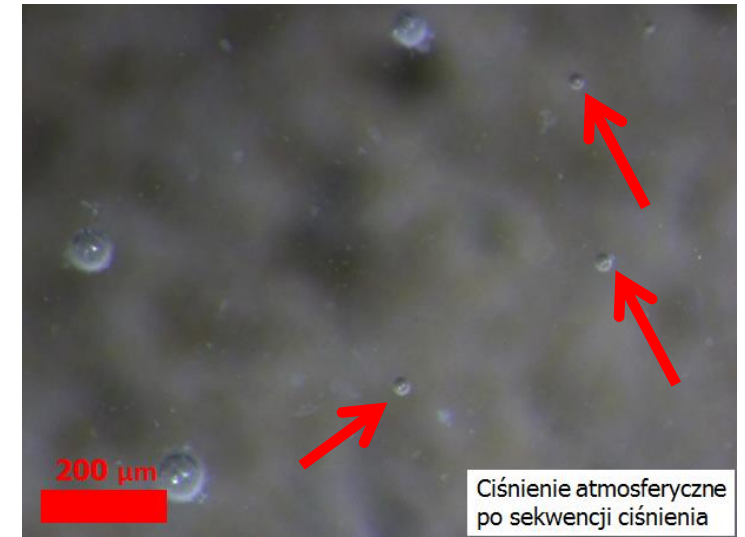
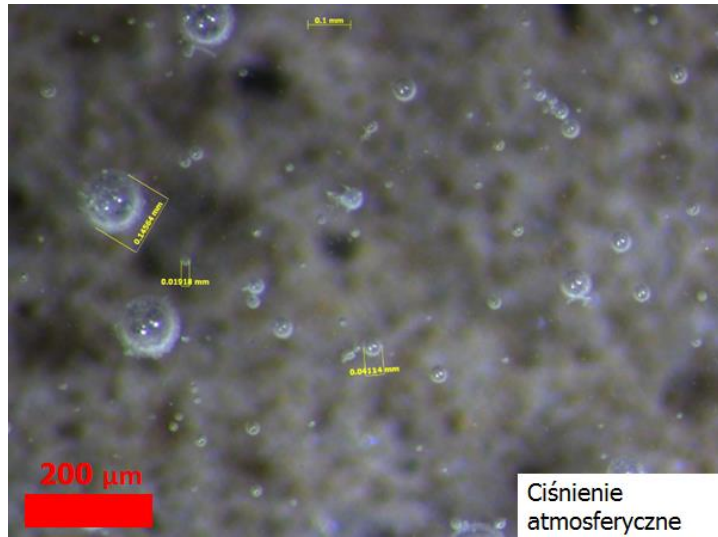


• **Mrozoodporność zwykła F200**

→ 28+66 dni (CEM I)
90+66 dni (CEM III)

MIESZANKA BETONOWA, STWARDNIAŁY BETON

Idea sekwencyjnej metody ciśnieniowej

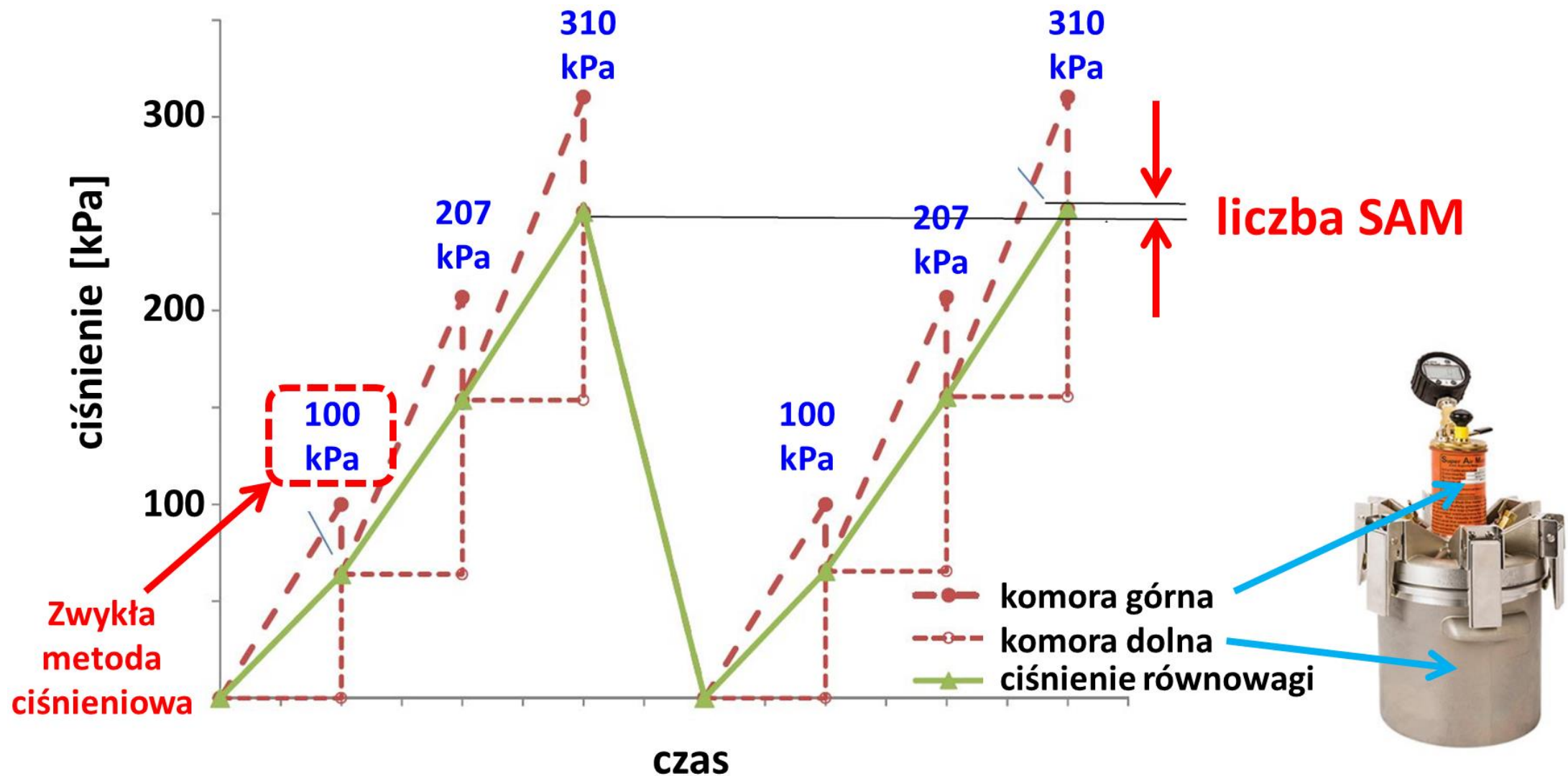


Ciśnienie atmosferyczne → krok 1 → ... → krok 7 → Ciśnienie atmosferyczne
(Zwiększanie ciśnienia do 414 kPa)

Ciśnienie wywierane na pęcherzyki powietrza w zaczynie cementowym powoduje częściową ANIHILACJĘ pęcherzy powietrza o NAJWIĘKSZYCH ŚREDNICACH

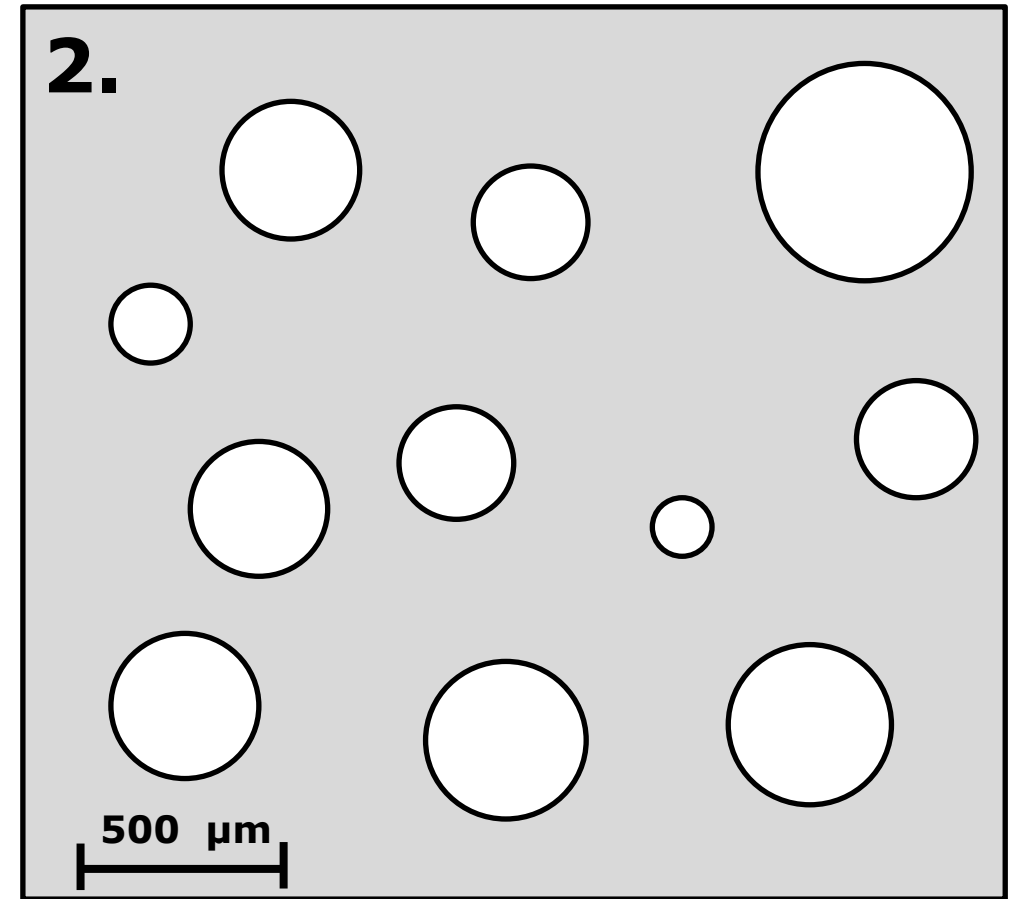
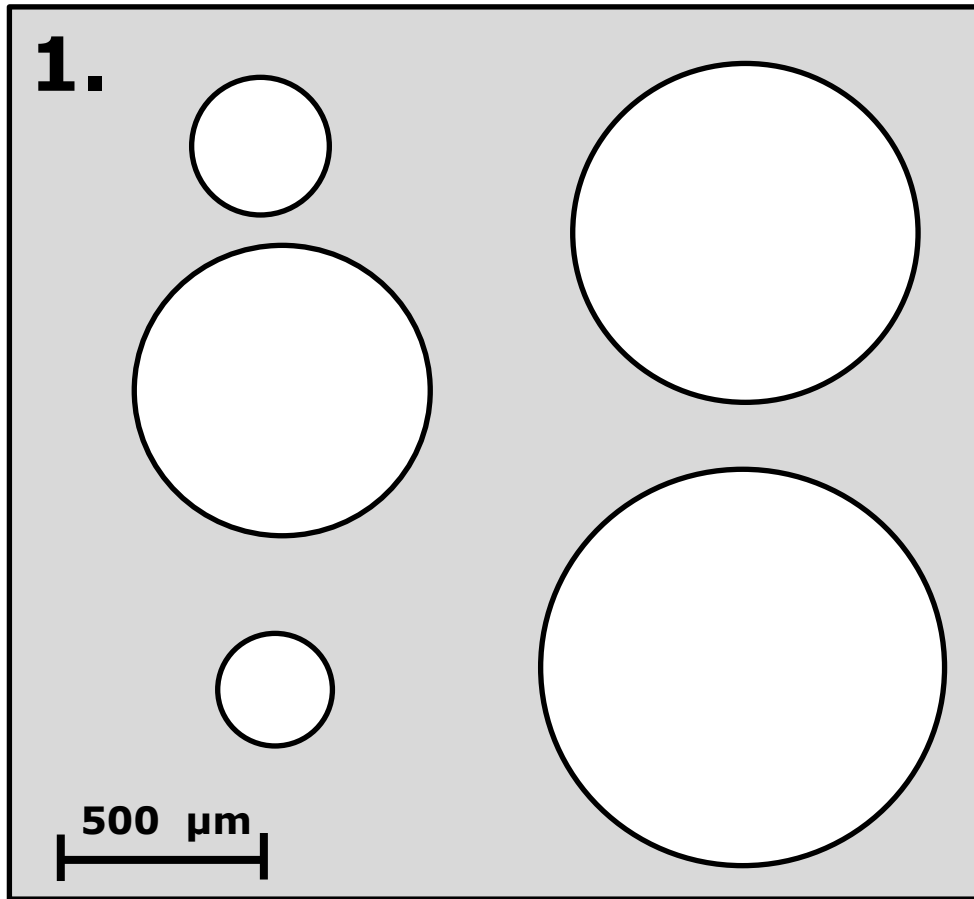
M. Tyler Ley, WCPA Annual Concrete Pavement Workshop, 2015

Idea pomiaru SAM – sekwencja ciśnienia



M.T. Ley i inni, Construction and Building Materials 2017

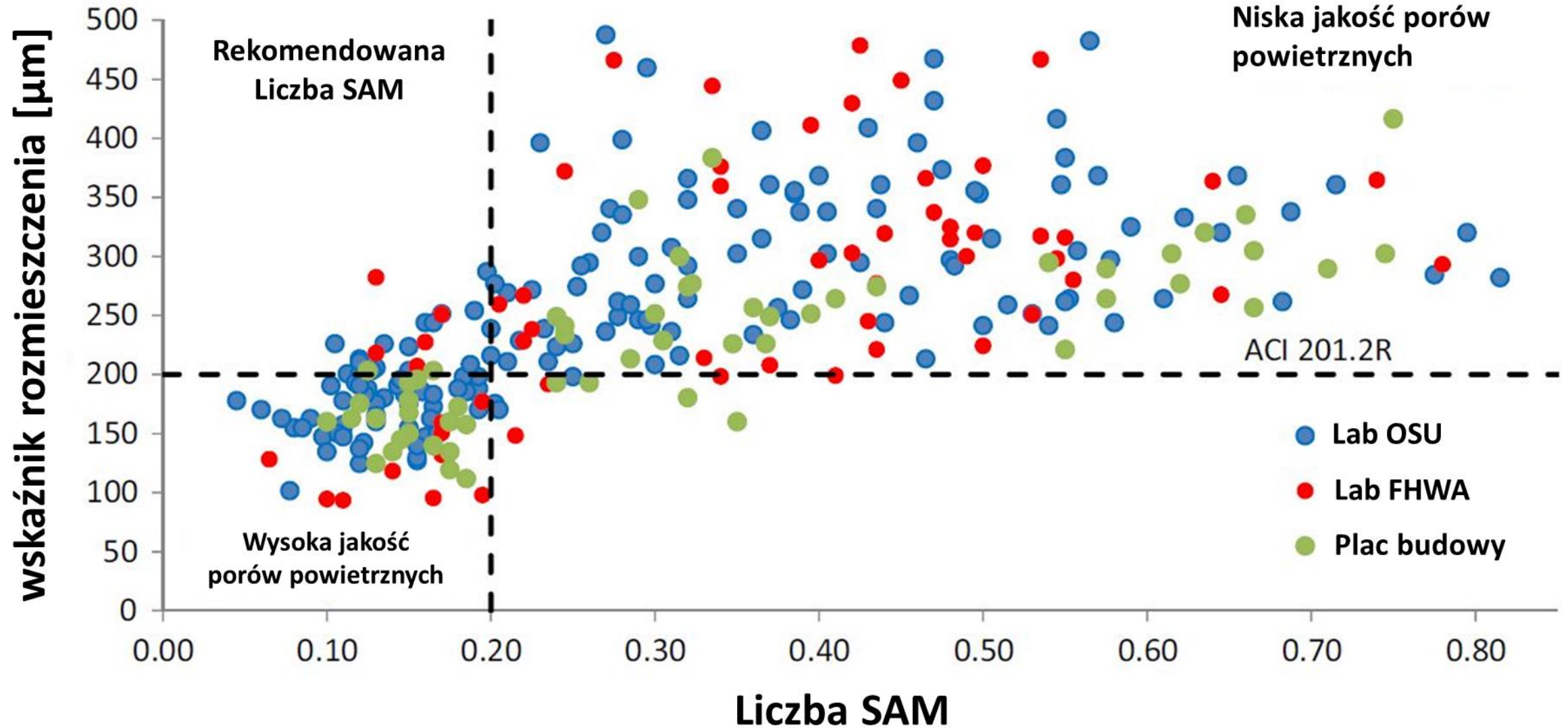
Co oznacza Liczba SAM?



Zawartość powietrza: $A_1 = A_2$

Liczba SAM₁ > Liczba SAM₂

Liczba SAM – parametr empiryczny



M.T. Ley i inni, Construction and Building Materials 2017

Materiały i program badawczy

	Laboratorium IPPT PAN			Droga S8	
	Lab_GWN	Lab_0.45	Lab_DWN_0,4	GWN	DWN
CEM I	430 kg/m ³	360 kg/m ³	360 kg/m ³	420 kg/m ³	375 kg/m ³
w/c	0,40	0,45	0,40	0,35	0,39
piasek kwarcowy	do 2 mm			do 2 mm	
kruszywo - amfibolit	do 8 mm	do 16 mm	do 16 mm		
kruszywo - gablo	-	-	-	do 8 mm	do 22 mm
domieszka napowietrzająca	0/TAK			TAK	
domieszka uplastyczniająca	NIE	NIE	TAK	TAK	TAK
Skład betonu spełniał założone wymagania zgodne z Katalogiem Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztywnych					

Materiały i program badawczy

	Laboratorium IPPT PAN			Droga S8	
	Lab_GWN	Lab_0.45	Lab_DWN_0,4	GWN	DWN
CEM I	430 kg/m ³	360 kg/m ³	360 kg/m ³	420 kg/m ³	375 kg/m ³
w/c	0,40	0,45	0,40	0,35	0,39
piasek kwarcowy		do 2 mm		do 2 mm	
kruszywo - amfibolit	do 8 mm	do 16 mm	do 16 mm		
kruszywo - gablo	-	-	-	do 8 mm	do 22 mm
domieszka napowietrzająca	0/TAK			TAK	
domieszka uplastyczniająca	NIE	NIE	TAK	TAK	TAK

Skład betonu spełniał założone wymagania zgodne z Katalogiem Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztywnych

- 1. Wpływ zróżnicowanej zawartość powietrza (1-10%) → rosnąca ilość dozowanej domieszki**
- 2. Wpływ sposobu zagęszczania mieszanki → wybrana mieszanka**
- 3. Ocena zawartości mikroporów aparatem SAM → budowa drogi S8**

Metody badawcze

Mieszanka betonowa:

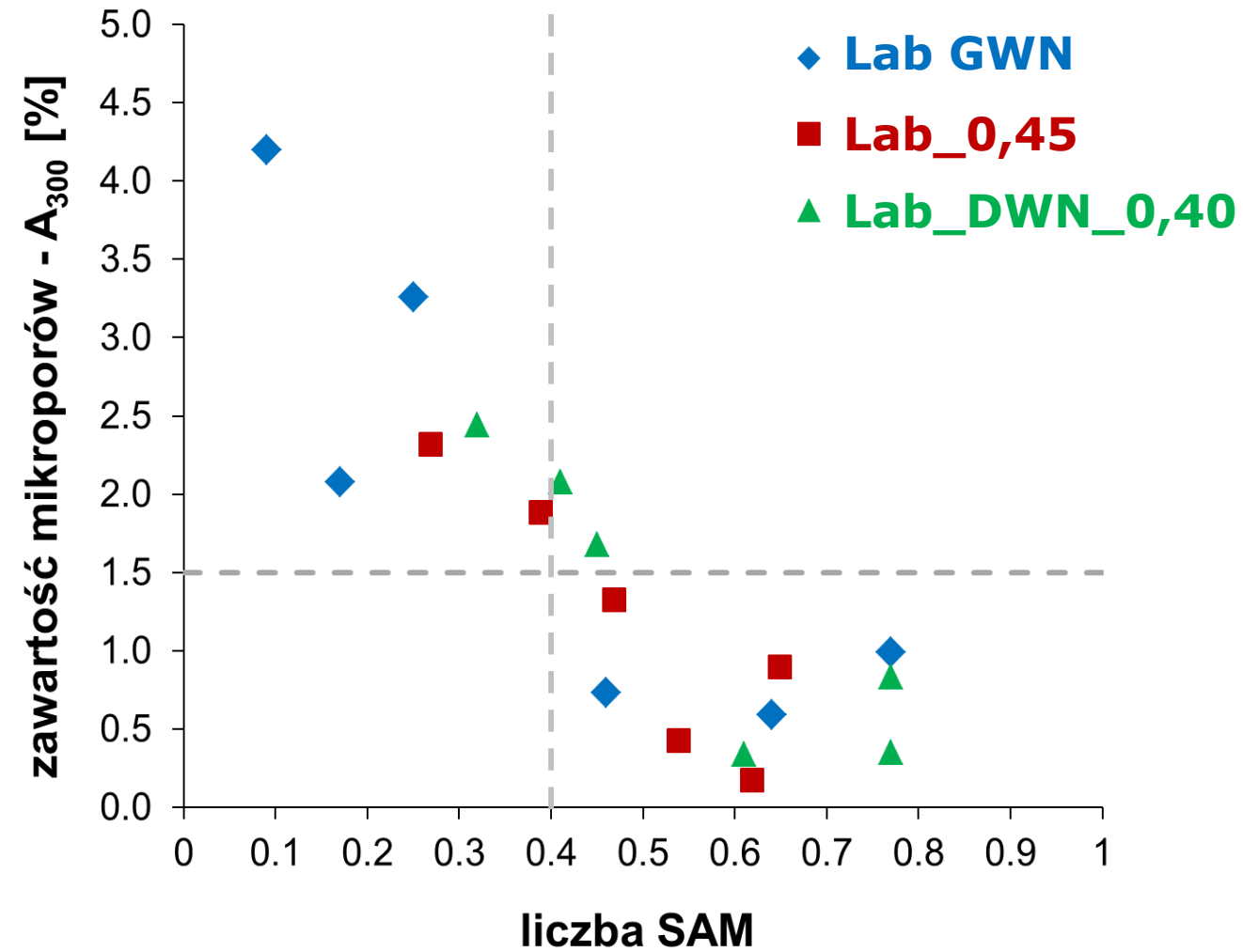
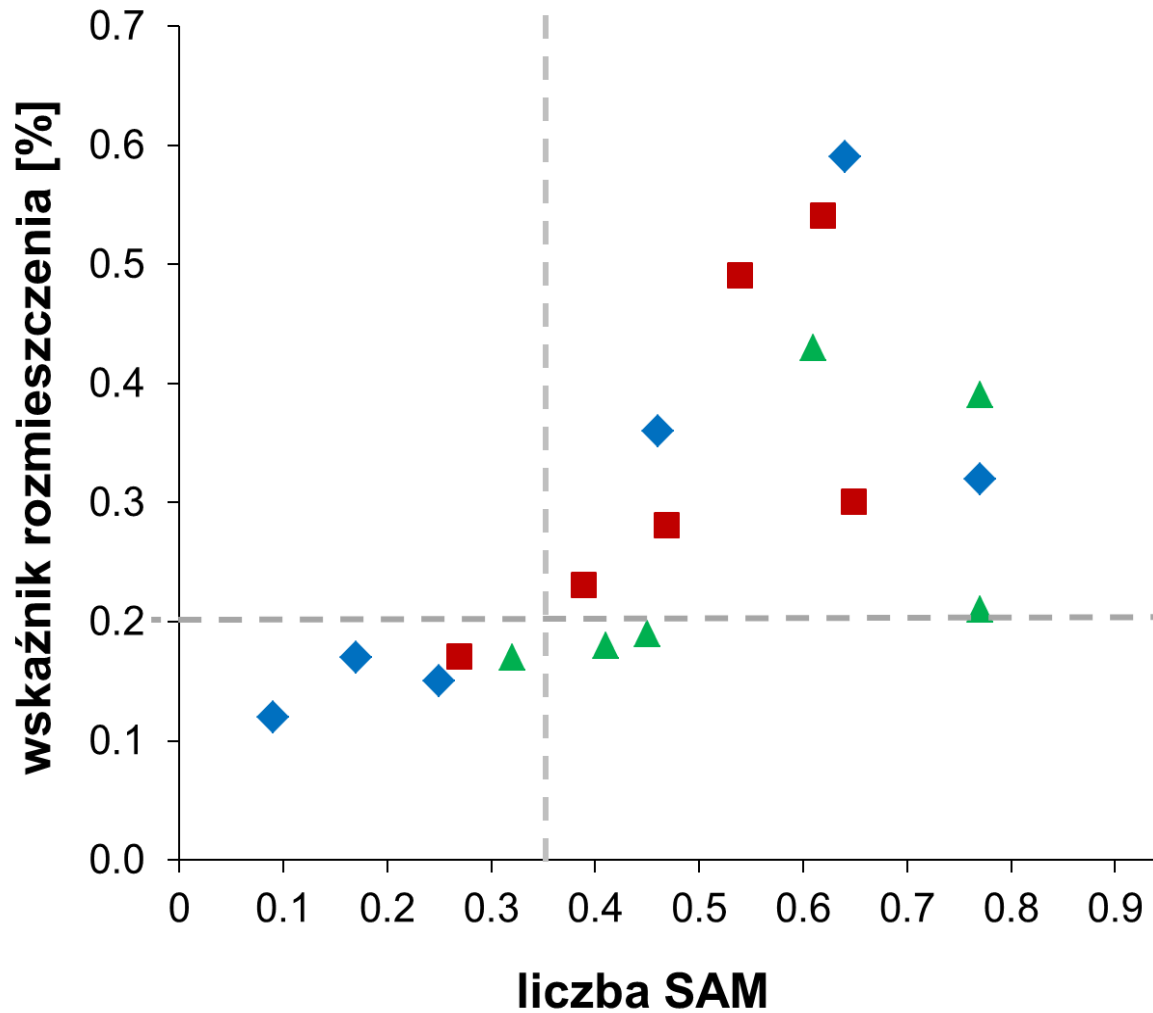
- zawartość powietrza w mieszance (PN-EN 12350-7:2011)
- **zawartość powietrza i liczba SAM** (**AASHTO TP 118-17**)#
- gęstość objętościowa (PN-EN 12350-6:2011)
- konsystencja - opad stożka (PN-EN 12350-2:2011)

Stwardniały beton:

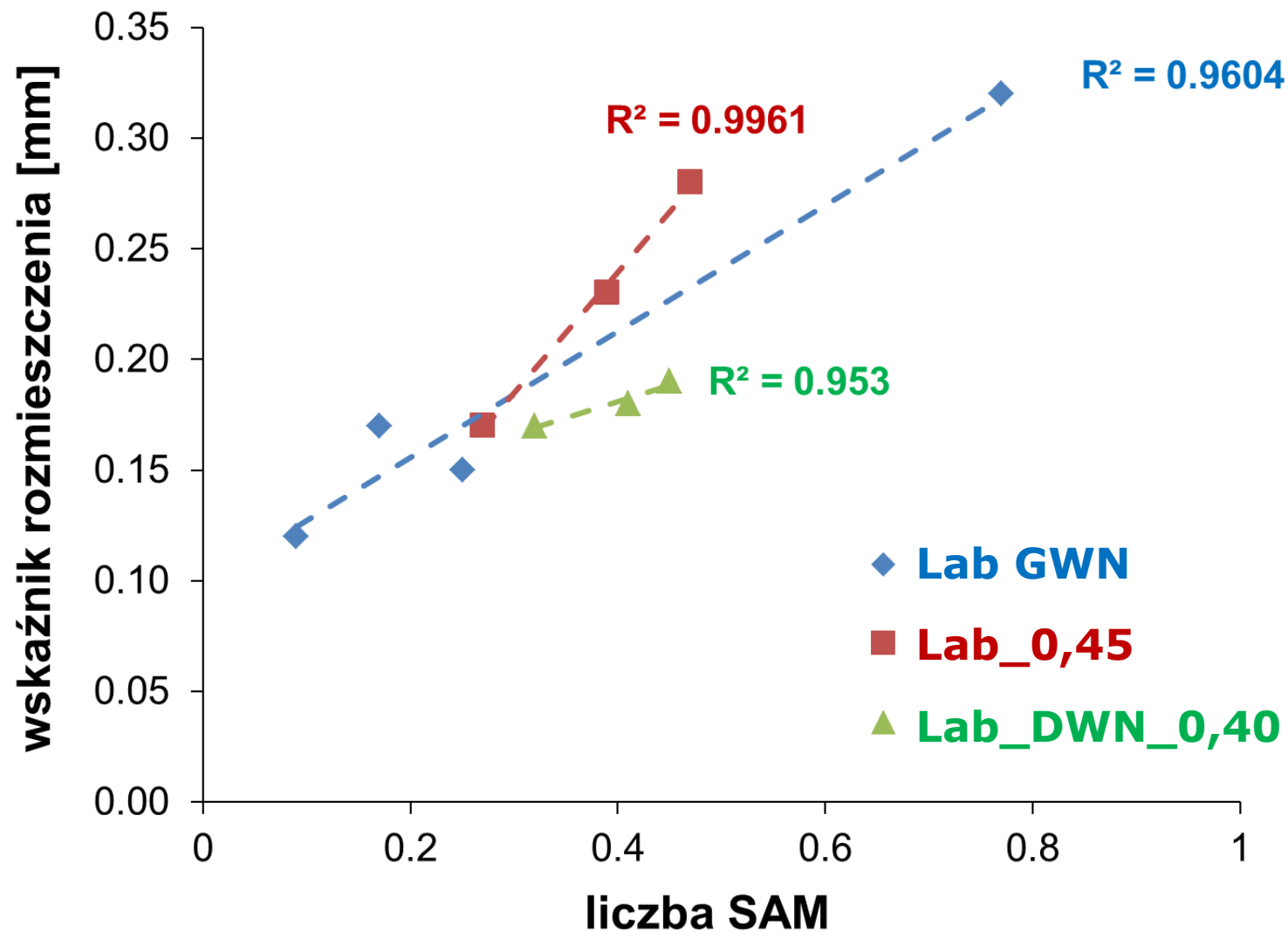
- wytrzymałość na ściskanie (PN-EN 12390-3:2011)
- charakterystyka porów powietrznych (PN-EN 480-11:2008)
- powierzchniowe łuszczenie (PKN-CEN/TS 12390-9:2017)

- element *Performance Engineered Concrete Pavement Mixtures* - AASHTO PP84 -17

Zależność liczba SAM - charakterystyka porów



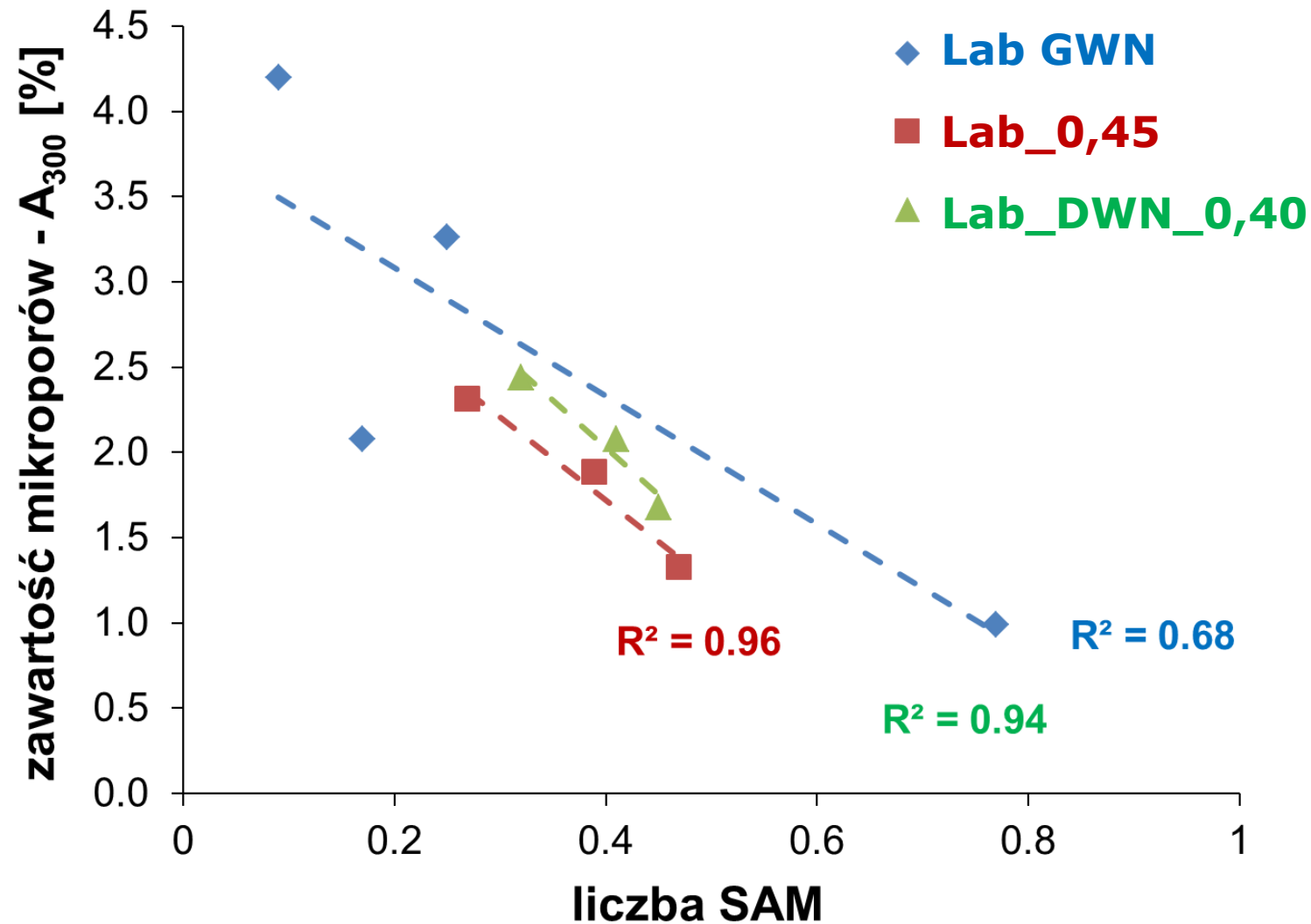
Zależność liczba SAM – wskaźnik rozmieszczenia



Usunięto wyniki, gdzie zawartość powietrza mierzona metodą ciśnieniową < 4%

J. Tanesi i inni , Advances in Civil Engineering Materials, 2016

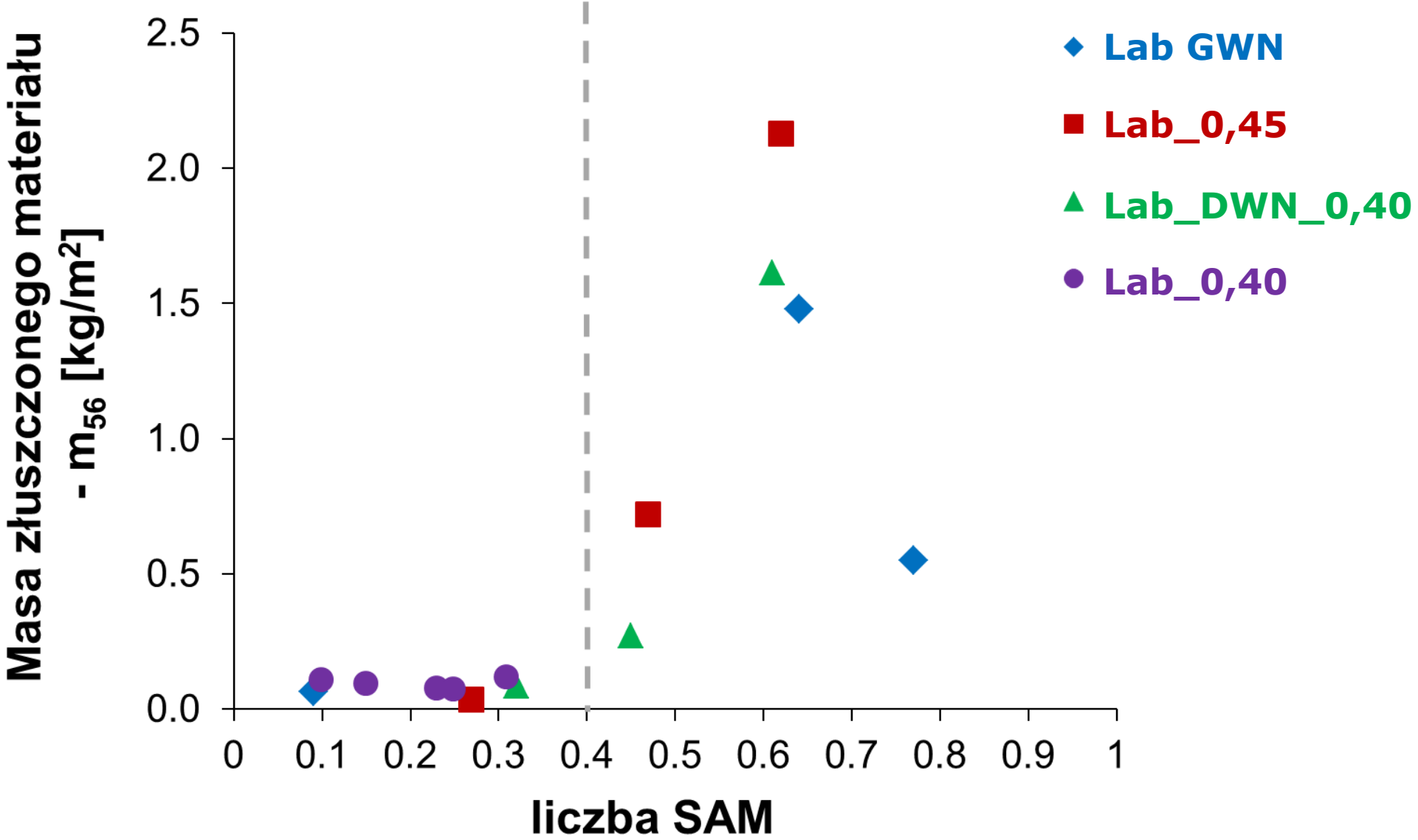
Zależność liczba SAM – zawartość mikroporów A_{300}



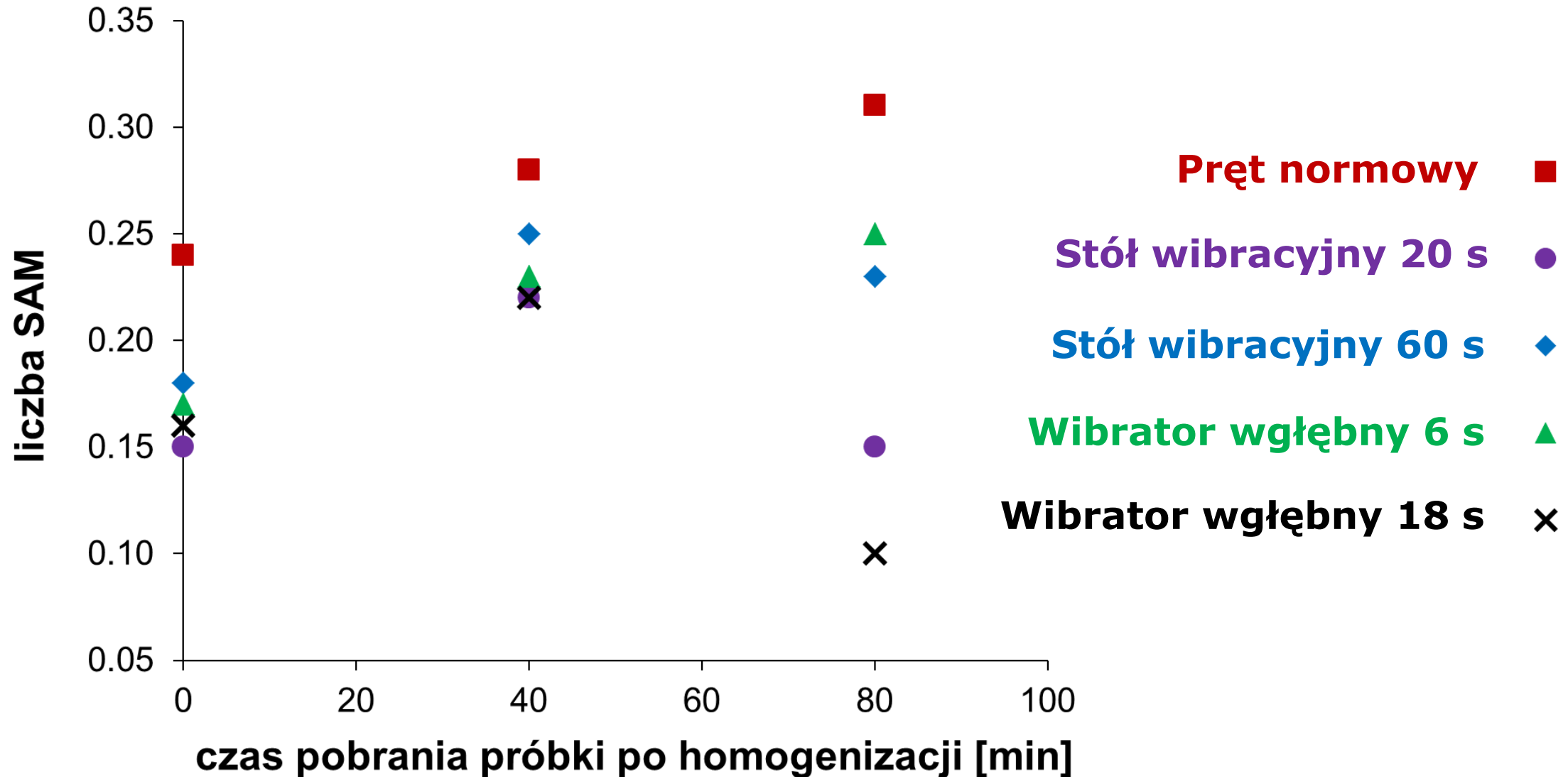
Usunięto wyniki, gdzie zawartość powietrza mierzona metodą ciśnieniową < 4%

J. Tanesi i inni , Advances in Civil Engineering Materials, 2016

Zależność liczba SAM – złuszczenia powierzchniowe



Wpływ sposobu zagęszczania na liczbę SAM



Pomiary aparatem SAM – plac budowy



Zagęszczanie mieszanki wibratorem pogrążalnym (1500 W; 1200 obr/min)

Pomiary aparatem SAM



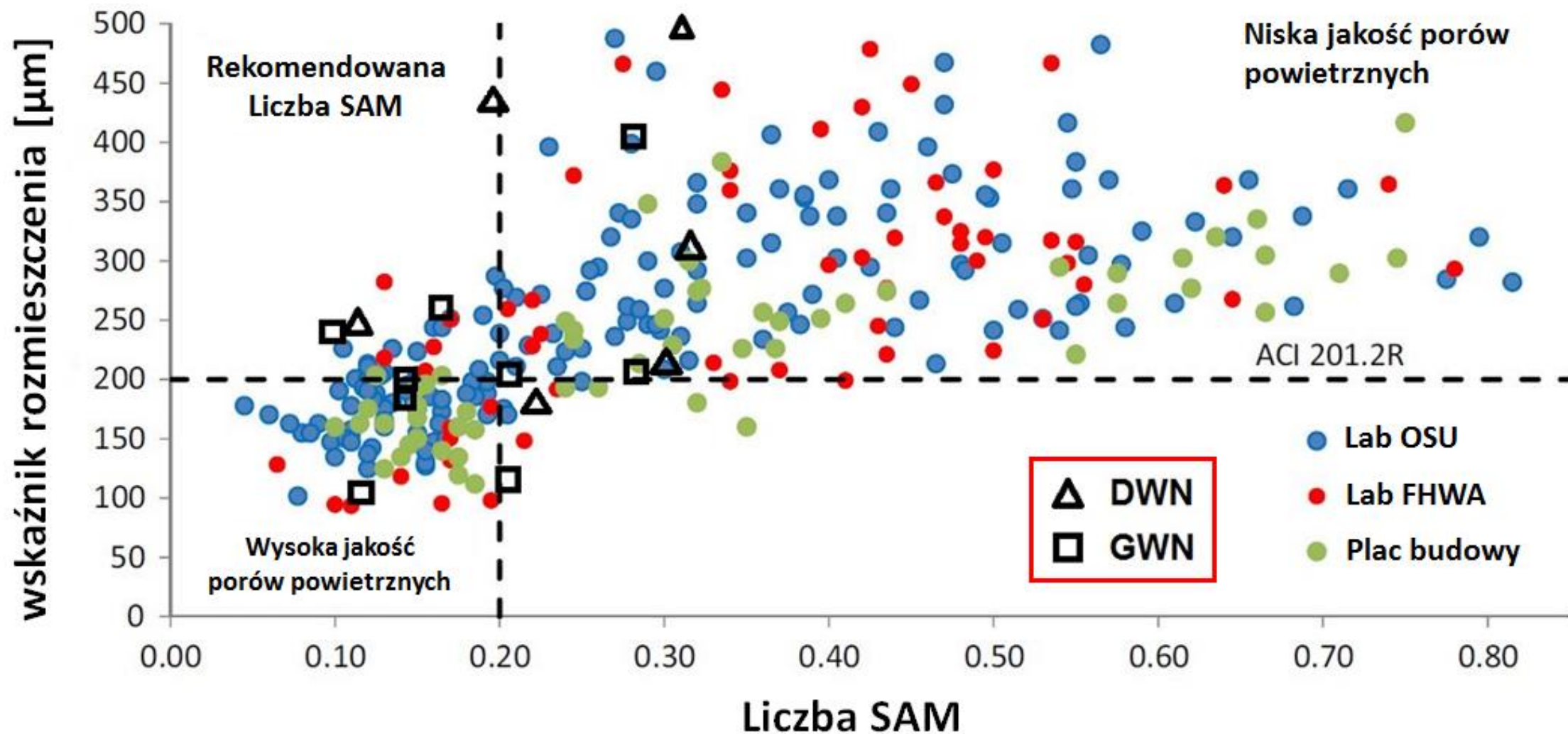
Pomiar na macie rozłożonej na podbudowie drogi ekspresowej bez izolacji przeciwdrganiowej

Pomiary aparatem SAM



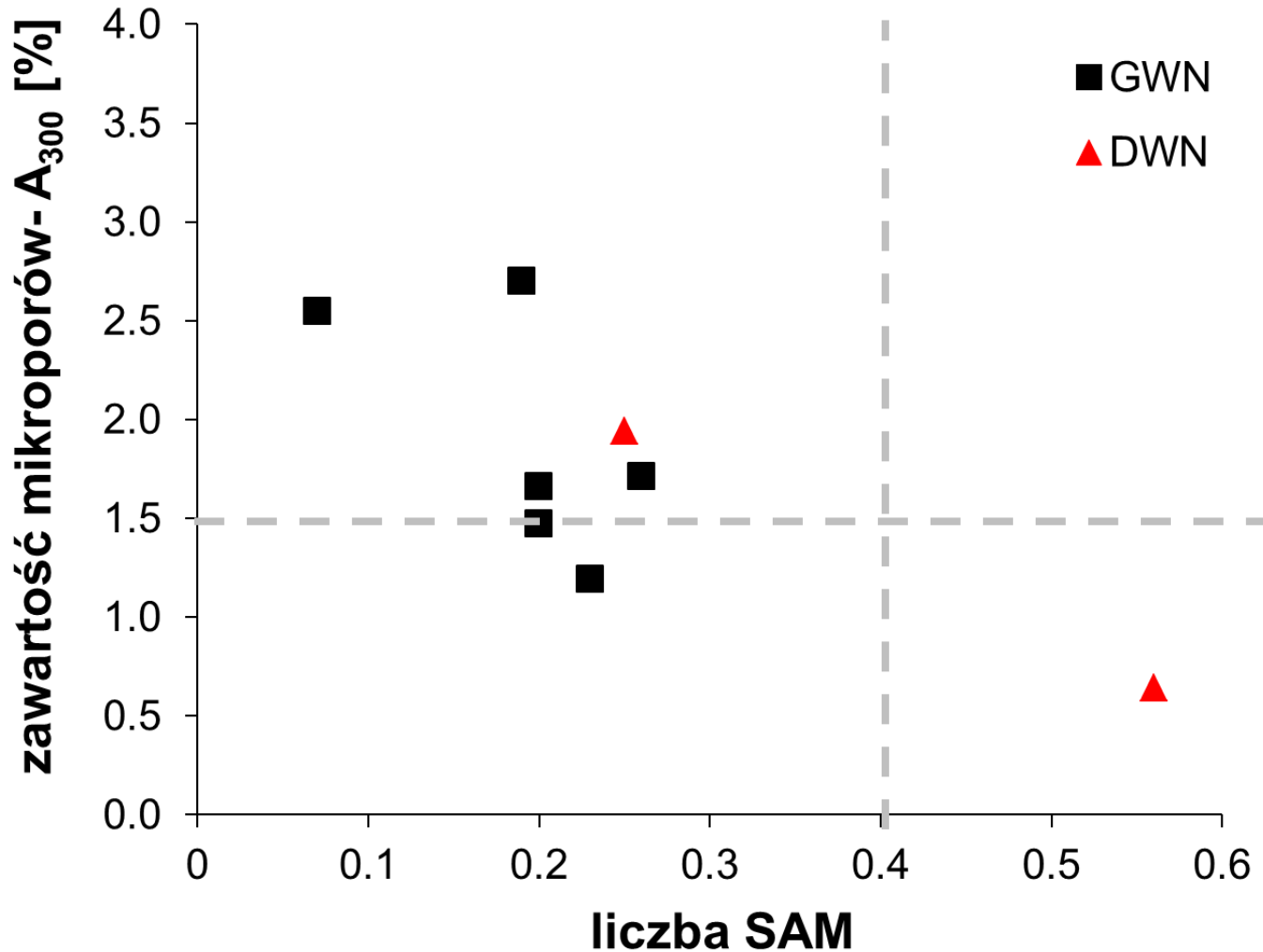
Sekwencja ciśnienia wykonywana pompką wbudowaną w kolumnę aparatu

Zależność liczba SAM – wskaźnik rozmieszczenia



Liczba pomiarów: 9 mieszanek GWN i 6 mieszanek DWN

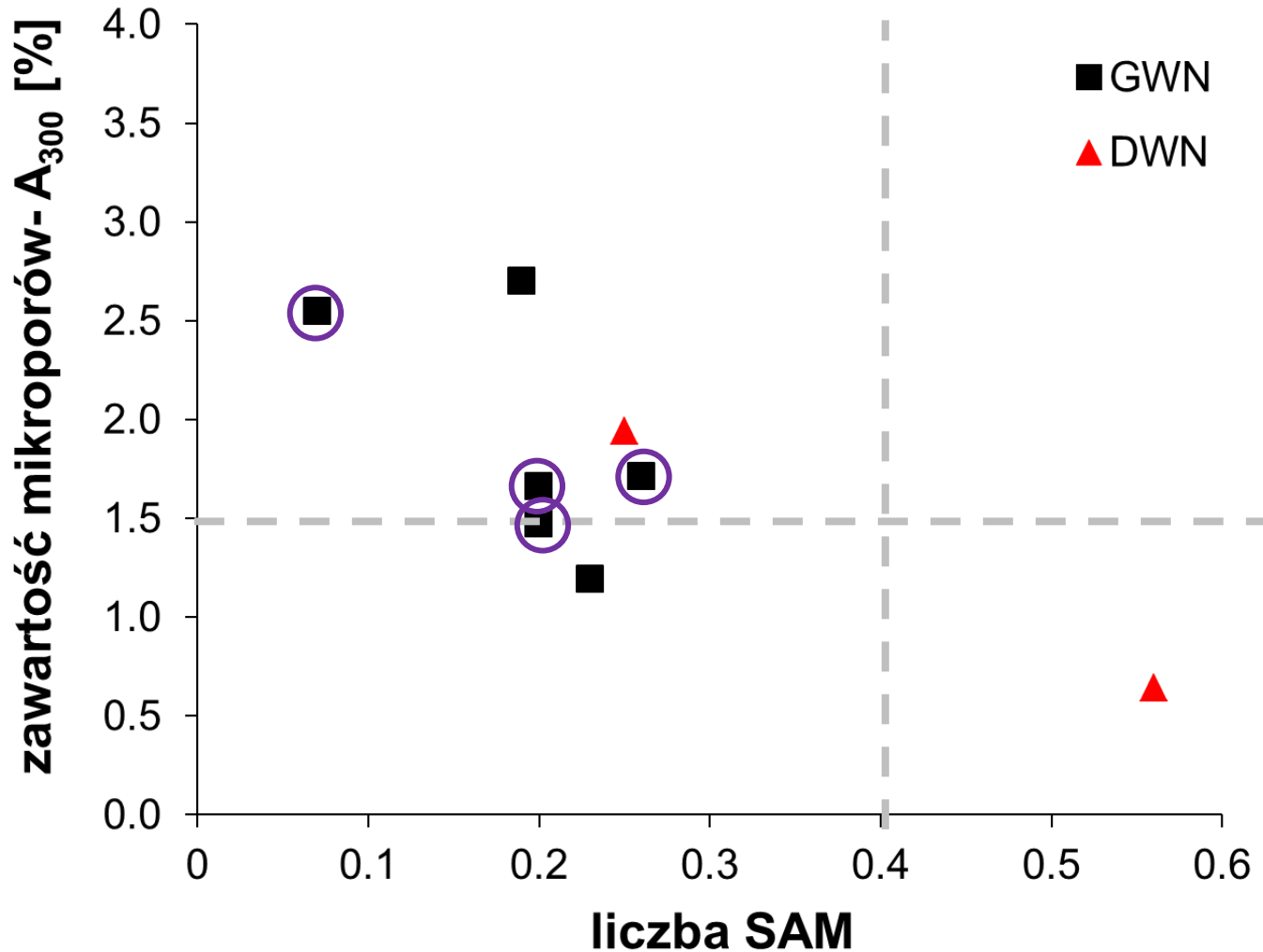
Zależność liczby SAM – zawartość mikroporów



Usunięto wyniki, gdzie zawartość powietrza mierzona metodą ciśnieniową < 4%

Prawidłowa interpretacja zawartości mikroporów: 7/8 POMIARÓW

Zależność liczby SAM – zawartość mikroporów



Usunięto wyniki, gdzie zawartość powietrza mierzona metodą ciśnieniową $< 4\%$

○ masa złuszczeń powierzchniowych $m_{56} < 0,4 \text{ kg/m}^2$

Prawidłowa interpretacja zawartości mikroporów: 7/8 POMIARÓW

Wnioski

Badania laboratoryjne:

1. Zależność liczby SAM i charakterystyki porów betonu jest uzależniona od składu zaczynu cementowego. W przypadku mieszanek betonowych o zawartości powietrza $>4\%$ zależność jest zbliżona do liniowej.
2. W mieszankach o konsystencji S1 zagęszczanie prętem normowym powoduje zwiększenie liczby SAM w porównaniu do stosowanych metod wibracyjnych o ponad 25%.
3. Kryterium liczby SAM zaproponowane przez autorów wynoszące 0,40, pozwala ocenić prawidłowo charakterystykę porów i masę złuszczeń powierzchniowych w 16 z 18 badanych mieszanek betonowych.

Wnioski

Budowa drogi ekspresowej S8:

1. Warunki pomiarowe na budowie drogi ekspresowej (hałas i drgania) nie nastręczyły kłopotów w wykonaniu oznaczeń sekwencyjną metodą ciśnieniową.
2. Stwierdzono zgodność wyników pomiarów z trendami otrzymanymi w innych laboratoriach i pomiarami na budowach w USA.
3. Kryterium liczby SAM zaproponowane przez autorów wynoszące 0,40, pozwala ocenić prawidłowo zawartość mikroporów (A_{300}) w 7 z 8 badanych mieszanek betonowych, w przypadku gdy zawartości powietrza była $>4\%$.

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

Mariusz Dąbrowski
mdabrow@ippt.pan.pl
tel. +48 22 826 12 81 w.310

Opracowano w ramach projektu

REAKTYWNOŚĆ ALKALICZNA KRAJOWYCH KRUSZYW

Akronim Projektu: OT1-1C/ICMB-IPPT

Numer umowy: DZP/RID-I-37/6/NCBR/2016



Urządzenie do oznaczania napowietrzenia betonu nawierzchniowego wg AASHTO TP 118-15 należące do Laboratorium Drogowego GDDKiA w Białymstoku