



DOTACJE NA INNOWACJE

**INNOWACYJNE SPOIWA CEMENTOWE I BETONY
Z WYKORZYSTANIEM POPIOŁU LOTNEGO WAPIENNEGO**

**CHARAKTERYSTYKA PORÓW POWIETRZNYCH I
MROZODPORNOŚĆ BETONÓW NAPOWIETRZONYCH
ZAWIERAJĄCYCH POPIOŁ LOTNY WAPIENNY**

*Mariusz Dąbrowski
mdabrow@ippt.pan.pl*



**INSTYTUT PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI
POLSKIEJ AKADEMII NAUK**



**Projekt współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego
Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka**
Konferencja Przedstawicieli Nauki i Przemysłu, Bronisławów, 23-24 maja 2013 r.



SYSTEMATYKA PREZENTACJI

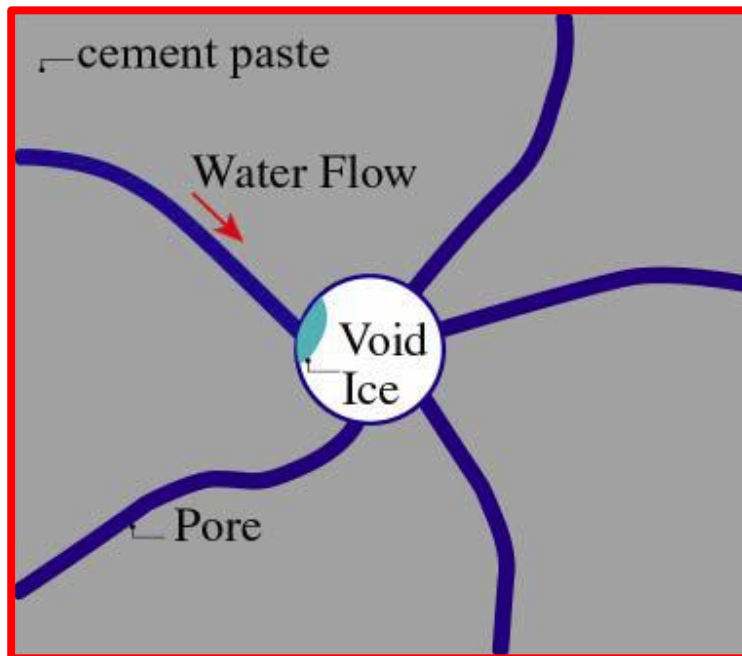
- *Wstęp*
- *Metody badawcze*
- *Materiały do badań*
- *Wyniki badań*
 - *Charakterystyka mikrostruktury porów*
 - *Mrozoodporność wewnętrzna*
 - *Mrozoodporność powierzchniowa*
- *Wnioski*

WSTĘP

Zapewnienie mrozoodporności betonu

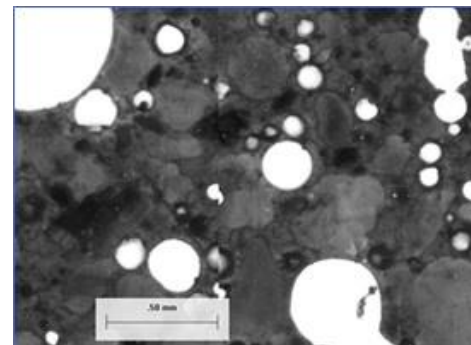
Wysoka wytrzymałość matrycy cementowej

- ograniczenie defektów

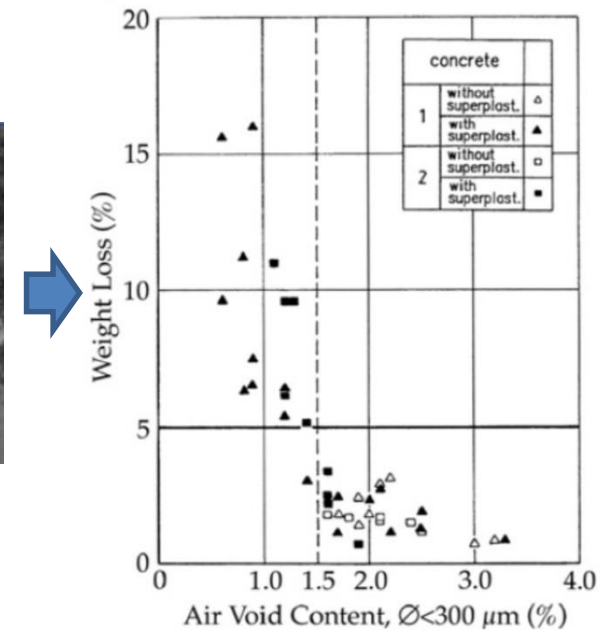


Zapewnienie właściwej mikrostruktury porów

- odpowiednia wielkość
- rozmieszczenie (małe odległości, równomierne)



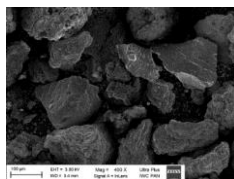
mikrostruktura



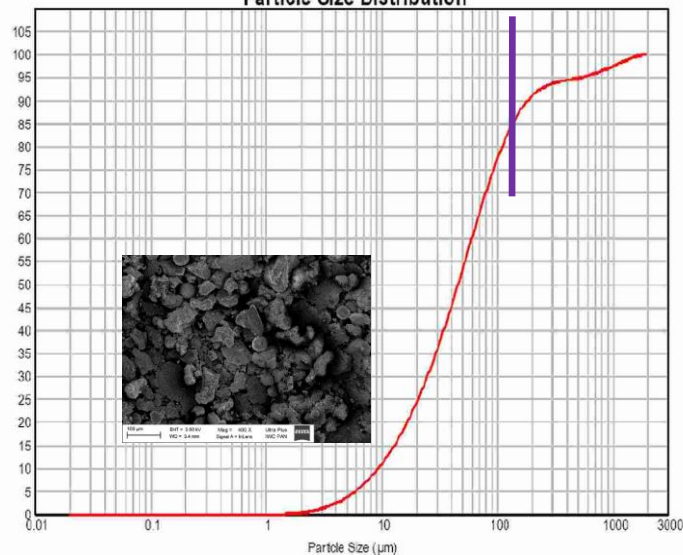


SEPARACJA ZIARNOWA POPIOŁU

frakcja > 125 µm:
porowate ziarna,
niespalony węgiel



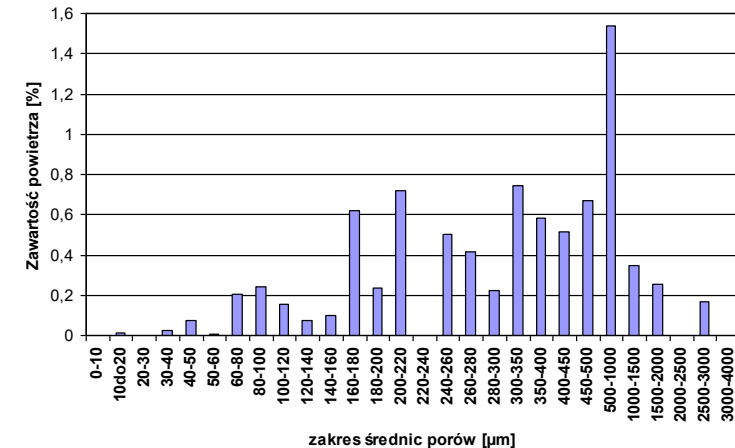
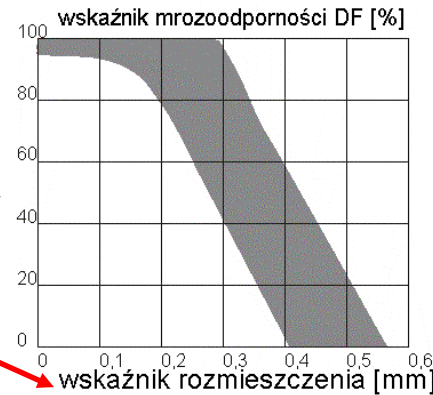
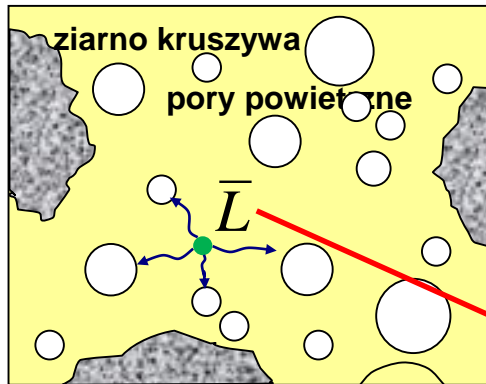
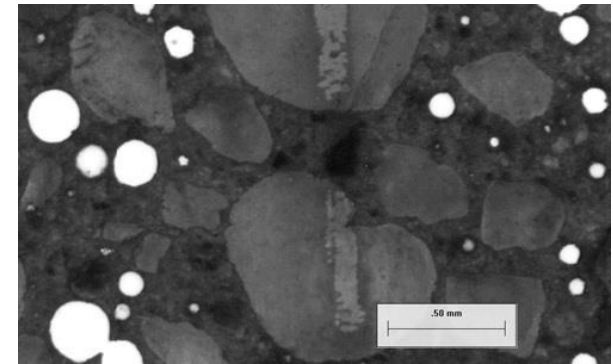
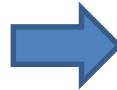
Particle Size Distribution



Skład chemiczny w poszczególnych frakcjach ziarnowych popiołu W [%]

Nr partii	frakcja	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	LOI
2	0-20 µm	30,02	19,27	8,12	32,03	1,64
	20-32 µm	30,72	19,8	7,27	31,37	1,71
	32-125 µm	38,87	23,98	5,48	22,68	2,52
	>125 µm	47,01	23,9	3,43	10,25	11,01
3	0-20 µm	34,59	16,86	6,34	30,24	1,2
	20-32 µm	38,76	18,39	5,77	27,45	0,9
	32-125 µm	47,87	22,21	4,35	19,09	1,03
	>125 µm	56,25	22,2	3,01	10,31	4,41
5	0-20 µm	31,07	17,03	5,54	34,78	0,93
	20-32 µm	33,68	17,92	5,22	32,84	0,9
	32-125 µm	44,85	21,34	4,1	22,75	1,06
	>125 µm	54,59	21,69	2,9	10,61	6,22
6	0-20 µm	34,24	19,55	6,74	29,95	0,98
	20-32 µm	38,54	19,68	5,94	27,37	1,06
	32-125 µm	50,24	21,69	4,18	17,88	0,99
	>125 µm	57,78	20,54	2,96	9,03	5,79

CHARAKTERYSTYKA MIKROSTRUKTURY PORÓW



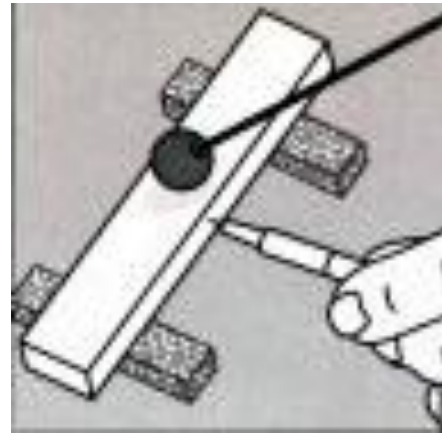
Zgodnie z normą PN-EN 480-11



MROZODPORNOŚĆ WEWNĘTRZNA



**Warunki cyklicznego zamrażania
i rozmrażania zgodne z PN-88/B-06250**



Moduł sprężystości betonu → pomiar częstotliwości rezonansowej drgań GRINDO-SONIC Instrument

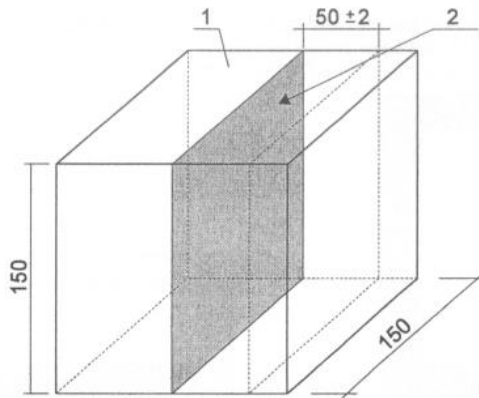
$$E_d = 0.9465(m f_f^2 / b)(L^3 / t^3) T_1$$

- E_d = dynamic elastic modulus (MN/m²);
 m = mass of the bar (g);
 f_f = fundamental frequency of the bar (Hz);
 b = width of the bar (mm);
 L = length of the bar (mm);
 t = thickness of the bar (mm);
 T_1 = correction factor for fundamental flexural mode to account for finite thickness of bar and Poisson's ratio and so forth.

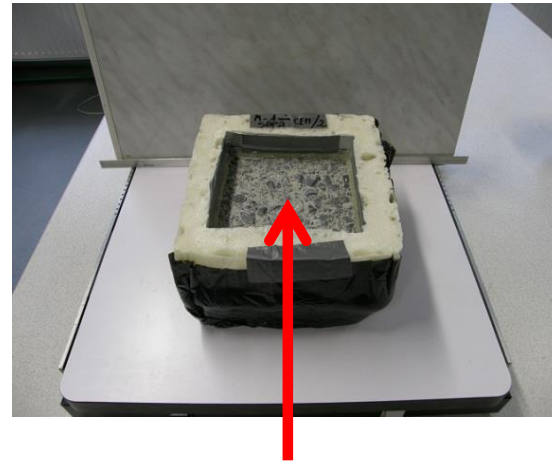
Zgodnie z CEN/TR 15177



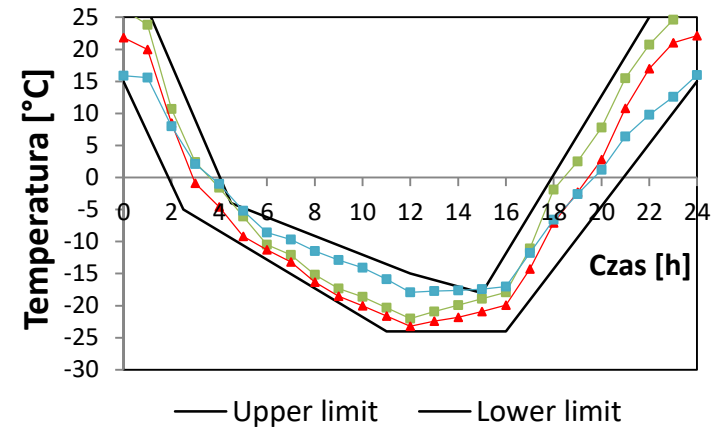
MROZODPORNOŚĆ POWIERZCHNIOWA



- 1 – powierzchnia wylewana ;
2 – badana powierzchnia;



67 ml 3% roztworu NaCl



Przykładowy przebieg zmian
temperaturowych w czasie

Miara trwałości:

- masa zniszczonego materiału po 56 cyklach zamrażania i odmrażania S_n [kg/m²]

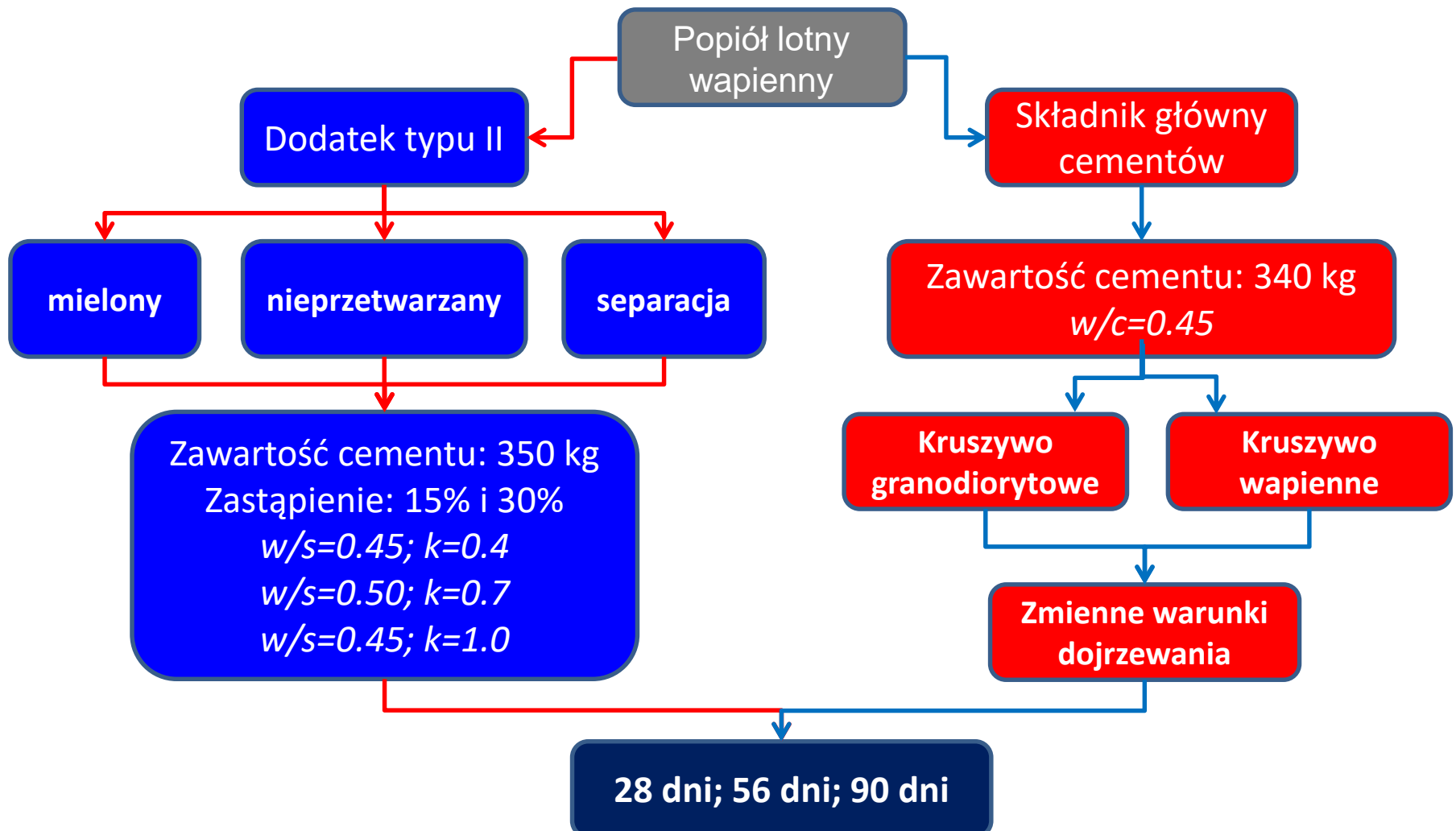
$$S_n = \frac{m_{s,n}}{A} * 10^3$$

$m_{s,n}$ – masa zniszczeń po n cyklach, kg

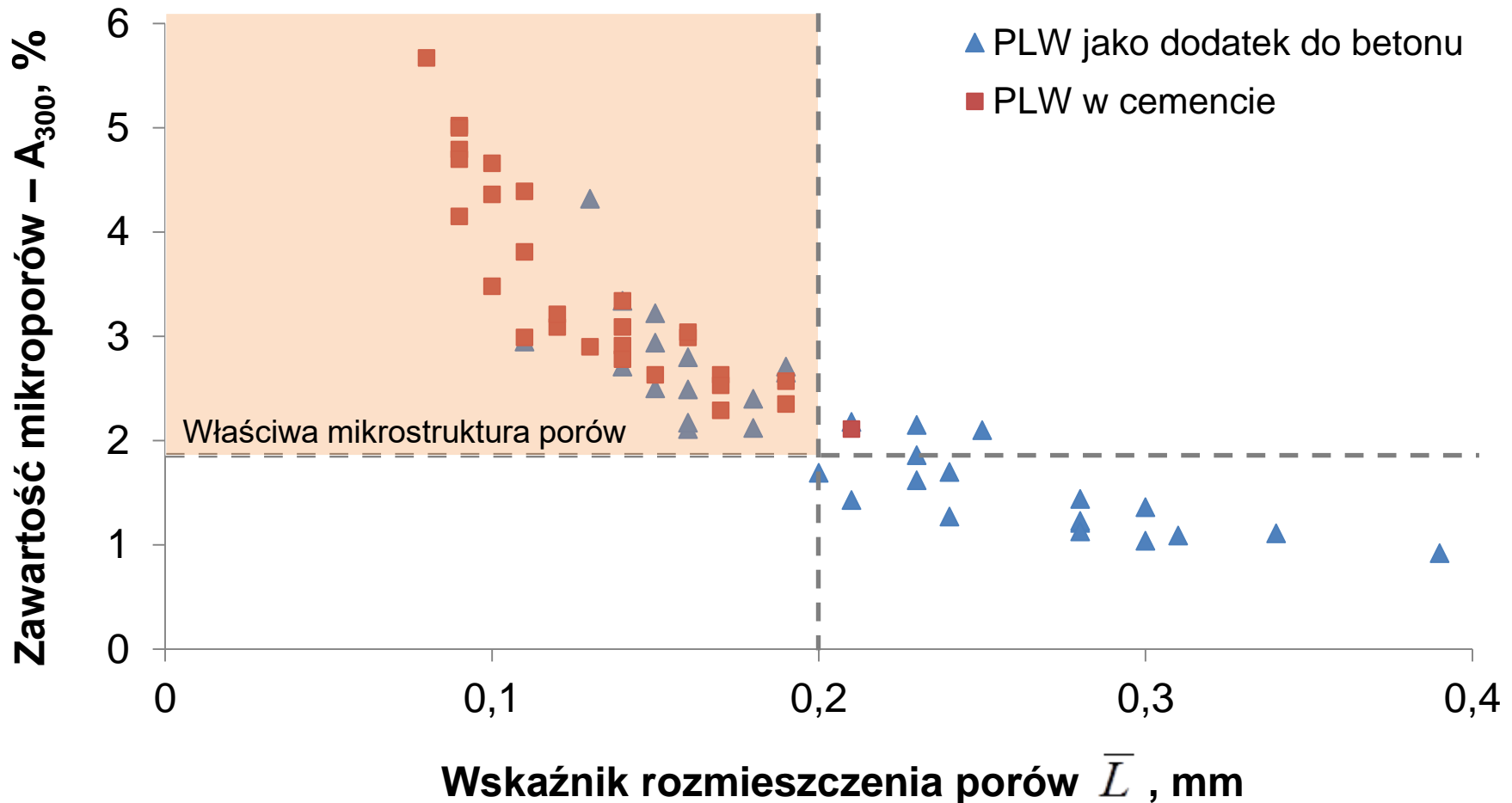
A – badana powierzchnia, mm²



MATERIAŁY DO BADAŃ



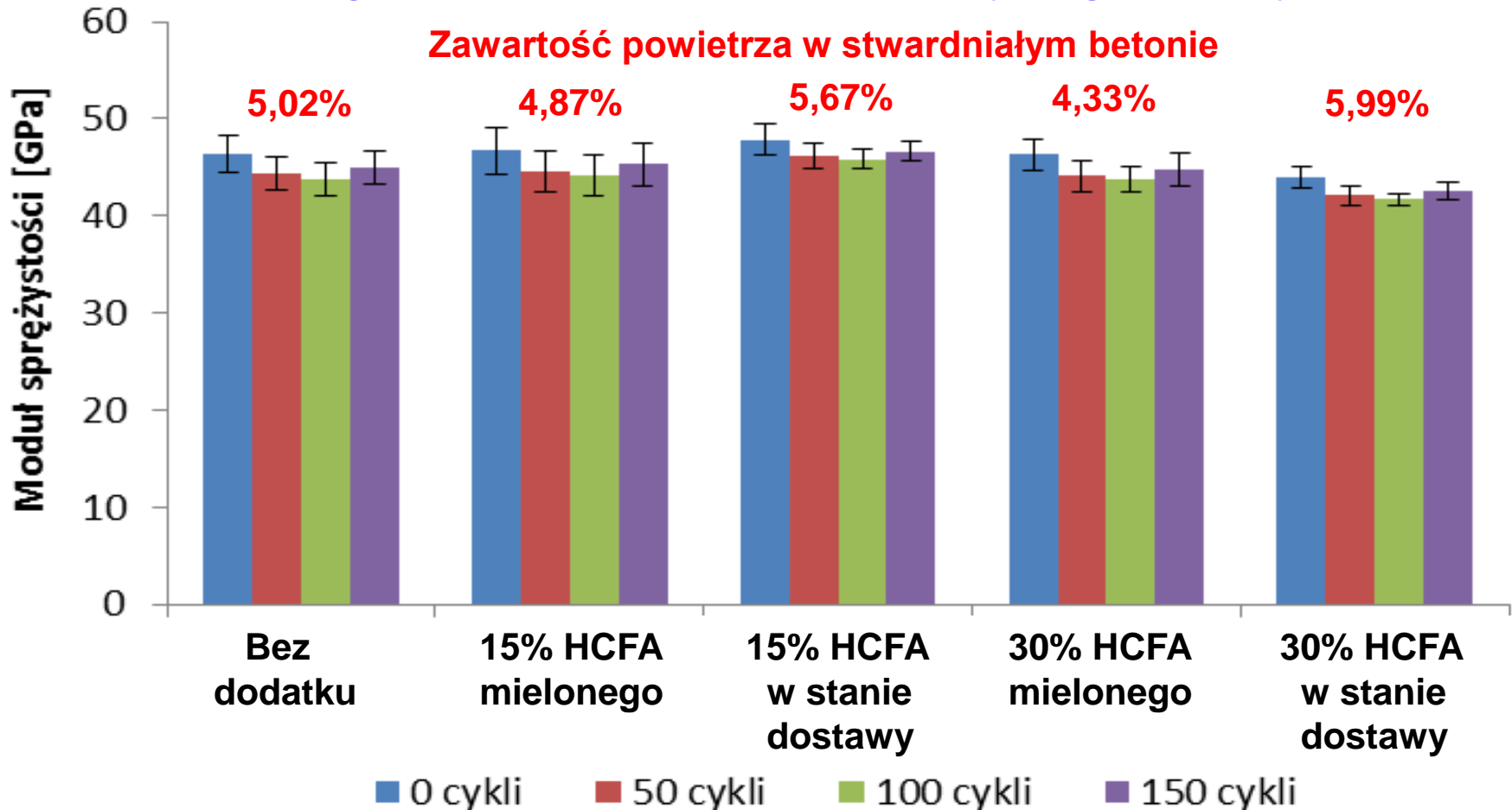
CHARAKTERYSTYKA MIKROSTRUKTURY PORÓW KULISTYCH





MROZODPORNOŚĆ WEWNĘTRZNA

350 kg cementu; w/s=0.5; k=0,7; kruszywo granodiorytowe

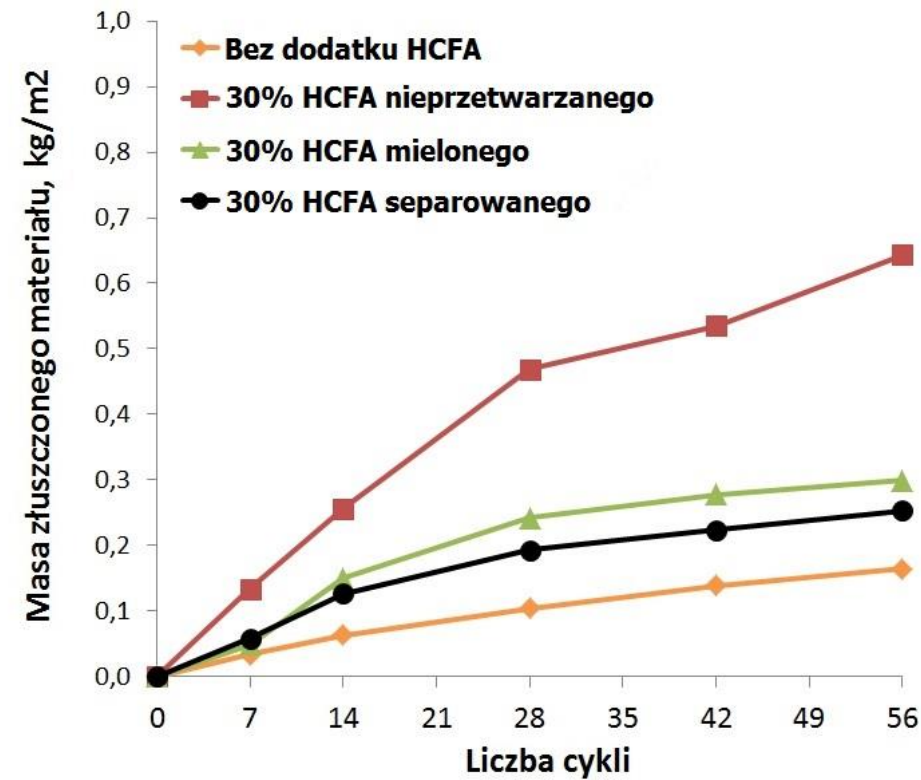
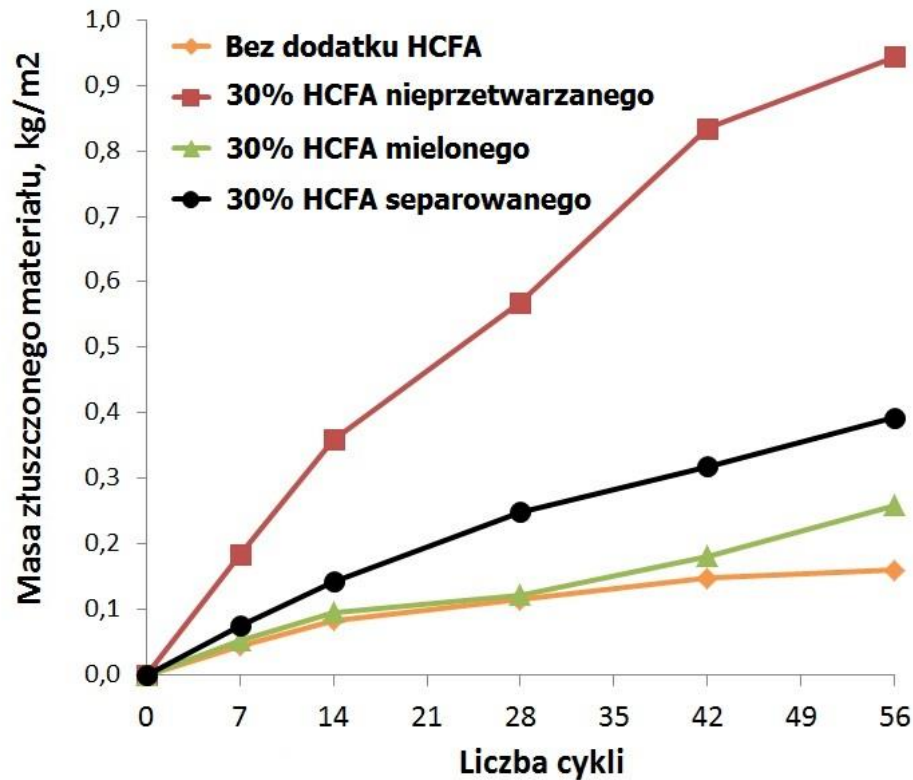




MROZODPORNOŚĆ POWIERZCHNIOWA

WPŁYW PRZETWARZANIA POPIOŁÓW

350 kg cementu; w/s=0.45; k=1; kruszywo granodiorytowe



Dojrzewanie: 28 dni - woda

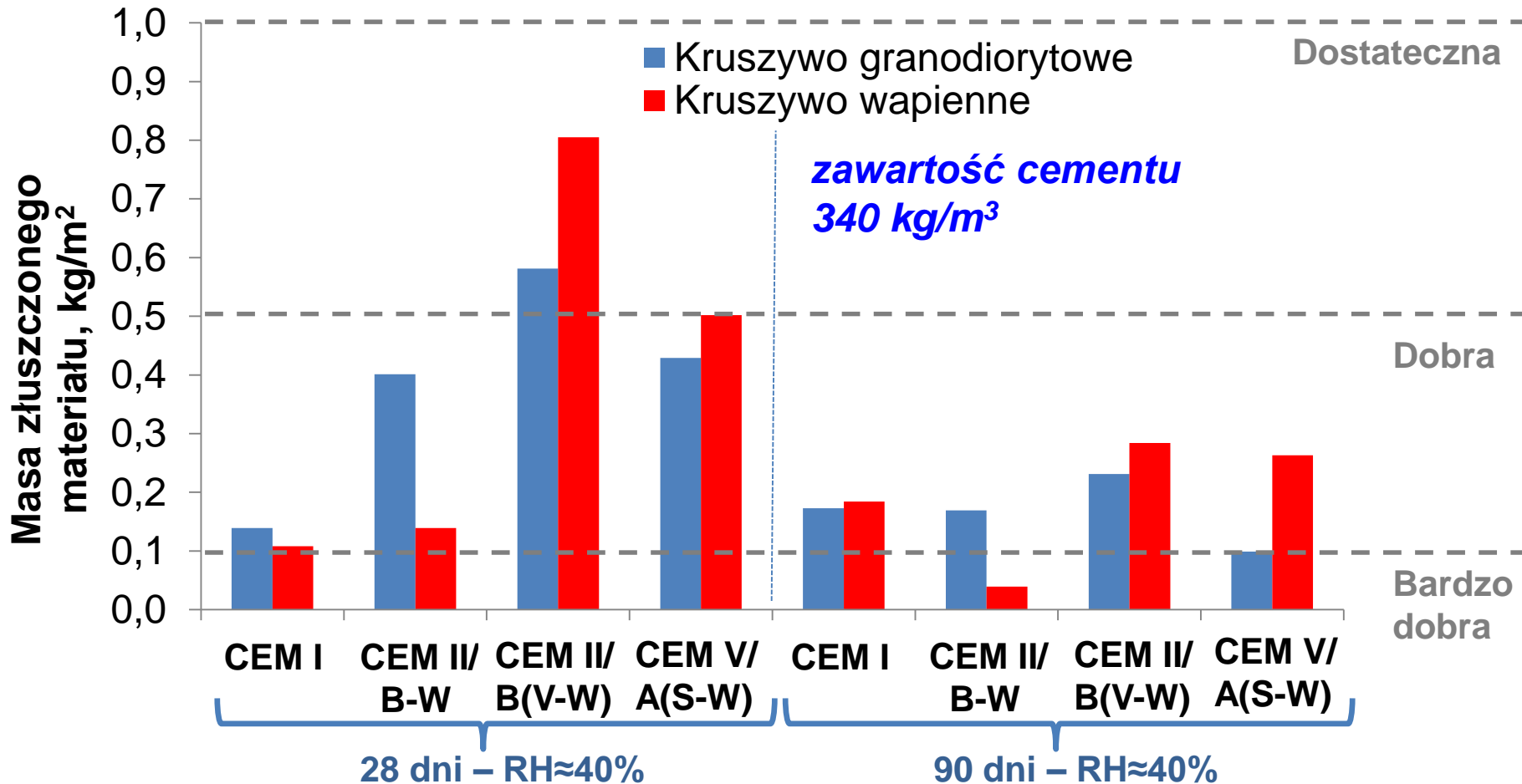
90 dni - woda



MROZODPORNOŚĆ POWIERZCHNIOWA

RODZAJ ZASTOSOWANEGO KRUSZYWA

Klasa mrozodporności:





WNIOSKI

Przy zapewnieniu **właściwej charakterystyki porów powietrznych:**

1. Po 150 cyklach zamrażania i rozmrażania zmniejszenie rezonansowego modułu sprężystości betonów z popiołem W wynosiło 2-5% tj. w granicach rozrzutu wyników;
mrozoodporność wewnętrzna betonu nie zależała od zawartości popiołu W stosowanego jako dodatek do betonu w ilości $\leq 30\%$,
2. Po 56 cyklach zamrażania w roztworze NaCl stwierdzono sześciokrotne zwiększenie masy złączzonego materiału przy zastosowaniu popiołu W w postaci nieprzetworzonej,
w przypadku popiołów W separowanych i zmielonych wzrost masy złączzonego materiału był mniejszy -wynosił odpowiednio 120% i 60%,



WNIOSKI

Przy zapewnieniu **właściwej charakterystyki porów powietrznych:**

3. Betony z cementami wieloskładnikowymi z popiołem W uzyskały bardzo dobrą odporność na powierzchniowe łuszczenie pod warunkiem pielęgnacji w wodzie; wskutek pielęgnacji w powietrzu ($RH \approx 40\%$) odporność betonów na powierzchniowe łuszczenie pogorszyła się do kategorii dobrej lub dostatecznej,
4. Użycie kruszywa wapiennego w betonie z cementem CEM II/B-W spowodowało ponad dwukrotne zmniejszenie masy złuszczonego materiału; w przypadku cementów CEM II/B-M(V-W) i CEM V/A(S-W) nastąpiło zwiększenie masy złuszczonego materiału od kilkunastu do kilkudziesięciu procent w porównaniu z betonami z kruszywem granodiorytowym.



DOTACJE NA INNOWACJE

INNOWACYJNE SPOIWA CEMENTOWE I BETONY Z WYKORZYSTANIEM POPIOŁU LOTNEGO WAPIENNEGO

Projekt nr POIG 01.01.02.24-005/09

**"Innowacyjne spoiwa cementowe i betony z
wykorzystaniem popiołu lotnego wapiennego"**

www.smconcrete.polsl.pl



Instytut Podstawowych
Problemów Techniki
Polskiej Akademii Nauk



LIDER PROJEKTU



Instytut Ceramiki
i Materiałów
Budowlanych

***Projekt współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego
Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka***

Konferencja Przedstawicieli Nauki i Przemysłu, Bronisławów, 23-24 maja 2013 r.