



DOTACJE NA INNOWACJE

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

WPŁYW POPIOŁÓW LOTNYCH WAPIENNYCH NA SZCZELNOŚĆ BETONU WOBEC MEDIÓW GAZOWYCH

**DARIA JÓŹWIAK-NIEDŹWIEDZKA
GRZEGORZ NOWOWIEJSKI**



**INSTYTUT PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI
POLSKA AKADEMIA 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.



Zawartość prezentacji

- **Wstęp**

- ✓ przedmiot badań / cel badań
- ✓ szczelność betonu

- **Betony: składniki, kompozycja, ...**

- **Metody badawcze**

- **Wyniki**

- ✓ głębokość wniknięcia CO₂
- ✓ głębokość wniknięcia powietrza
- ✓ mikrostruktura – cienkie szlify
- ✓ przewidywana max. głębokość wniknięcia CO₂

- **Wnioski**

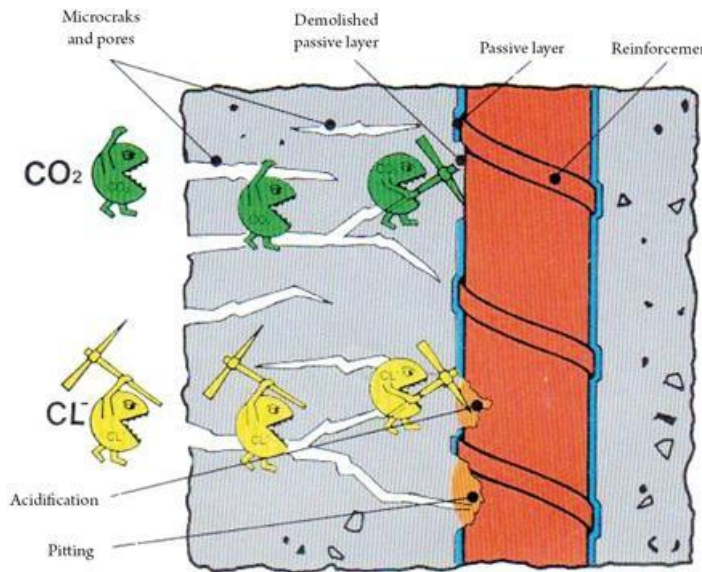


Wstęp

Przedmiot badań

Trwałość betonów z popiołem lotnym wapiennym wobec agresywnych mediów środowiskowych

Trwałość = Szczelność betonu \Rightarrow ochrona zbrojenia



Ochrona stali przed korozją jest najważniejszym działaniem w celu poprawy trwałości betonowych konstrukcji inżynierskich



Wstęp

Cel badań

**Wpływ popiołu lotnego wapiennego –
jako składnika głównego cementów i dodatku typu II
– na szczelność betonów wobec mediów gazowych**

Specjalną uwagę zwrócono na wpływ popiołu wapiennego na:

- karbonatyzację
- gazoprzepuszczalność
- mikrostrukturę matrycy cementowej



Betony – składniki, kompozycja

POPIÓŁ LOTNY WAPIENNY

CEMENT

składnik główny cementu

zastosowano nowe cementy zawierające popiół lotny wapienny

DODATEK DO BETONU

dodatek typu II

zastąpiono masowo 30% cementu przez popiół lotny wapienny

- woda/spoiwo = 0,55
- cement ~ 320 kg/m³
- kruszywo grube: granodiorytowe/amfibolitowe
kruszywo wapienne

Oznaczenie klasy ekspozycji	Opis środowiska Przykłady występowania klas ekspozycji	Wartości graniczne dla betonu			
		Maks. w/c	Min. zawartość cementu, kg	Min. klasa betonu	Min. zawartość powietrza, %
Korozja wywołana karbonatyzacją XC					
XC1	Suche Beton wewnątrz budynków o niskiej wilgotności powietrza lub stale zanurzony w wodzie	0,65	260	C20/25	—
XC2	Stale mokre Powierzchnie betonu narażone na długotrwały kontakt z wodą (np. fundamenty)	0,60	280	C25/30	—
XC3	Umiarkowanie wilgotne Beton wewnątrz budynków o umiarkowanej wilgotności powietrza lub na zewnątrz osłonięty przed deszczem	0,55	280	C30/37	—
XC4	Cyklicznie mokre i suche Powierzchnie betonu narażone na kontakt z wodą, ale nie jak w klasie XC2	0,50	300	C30/37	—



Cementy wieloskładnikowe

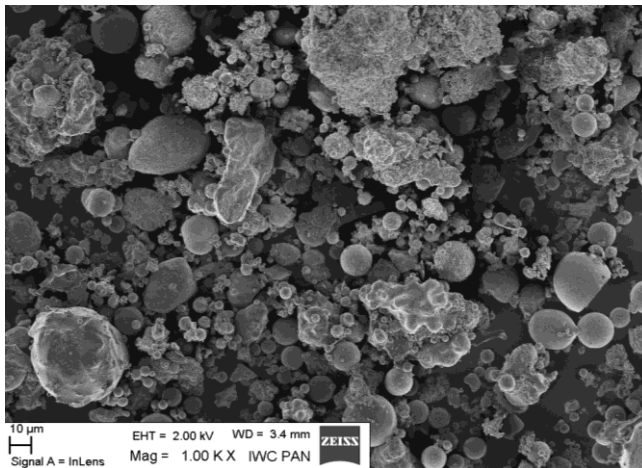
Dane z ICiMB

Główne rodzaje	Nazwa cementu powszechnego użytku		Zawartość klinkieru %	Zawartość popiołu lotnego wapiennego %	Inne dodatki %
CEM I	Cement portlandzki	CEM I	94,5	-	-
CEM II	Cement portlandzki popiołowy	CEM II/A-W	80,9	14,3	-
		CEM II/B-W	67,4	28,9	-
	Cement portlandzki wieloskładnikowy	CEM II/B-M (V-W)	66,6	14,3	14,3 V popiół krzem.
		CEM II/B-M (S-W)	66,6	14,3	14,3 S żużel
CEM V	Cement wieloskładnikowy	CEM V/A (S-W)	47,9	23,9	23,9 S żużel

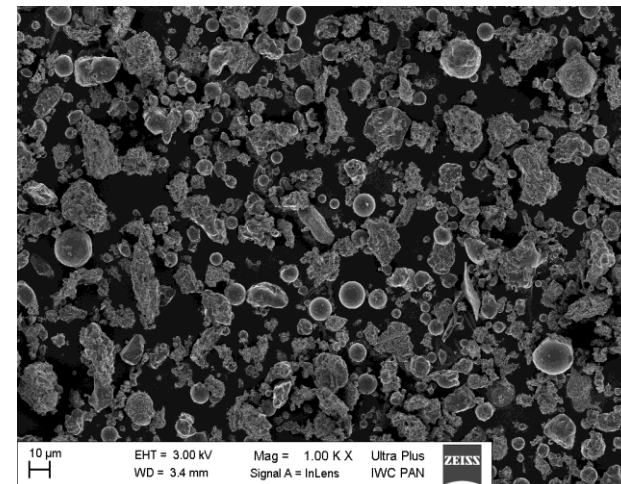


Dodatek do betonu

- ✓ Popiół nieuzdatniony - nieprzetworzony
- ✓ Popiół mielony
- ✓ Popiół przesiany, ziarna $< 125 \mu\text{m}$
- ✓ Popiół przesiany, ziarna $< 45 \mu\text{m}$



Popiół nieprzetworzony



ziarna $< 45 \mu\text{m}$



Metody badawcze - karbonatyzacja

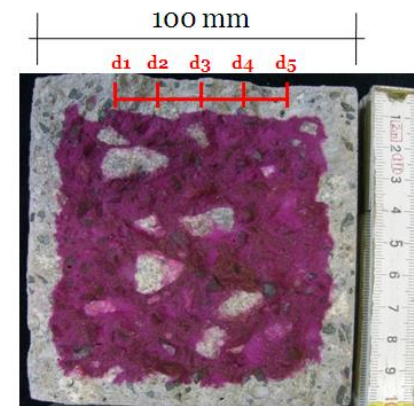
norma PN-EN 13295:2005

Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Metody badań. Oznaczanie odporności na karbonatyzację.

Komora do badań:
1% CO₂, RH=60%, t=21°C

badanie na próbkach 100x100 x500 mm

badanie karbonatyzacji po **0, 28, 56, 90, 180, 360** dniach



Określenie głębokości wnikięcia CO₂

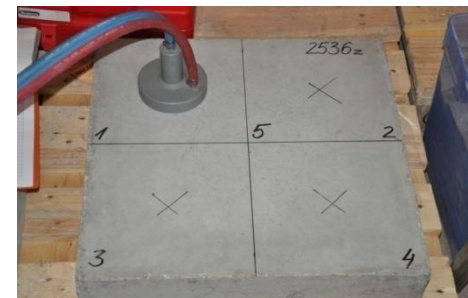
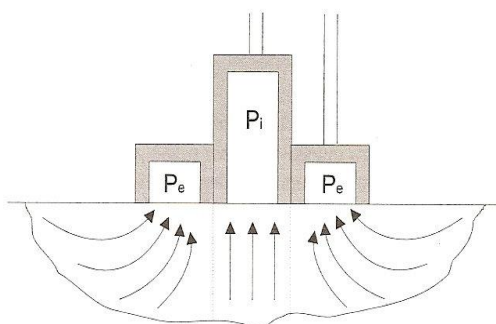
20 mm, wg PN-B03264:2002, minimalny wymiar grubości otuliny zbrojenia w środowiskach zagrożonych karbonatyzacją (XC2-XC4).

Metody badawcze - gazoprzepuszczalność

Metoda Torrenta

Współczynnik przepuszczalności powietrza kT

Aparat do badań



badanie na próbkach 500x500 x100 mm

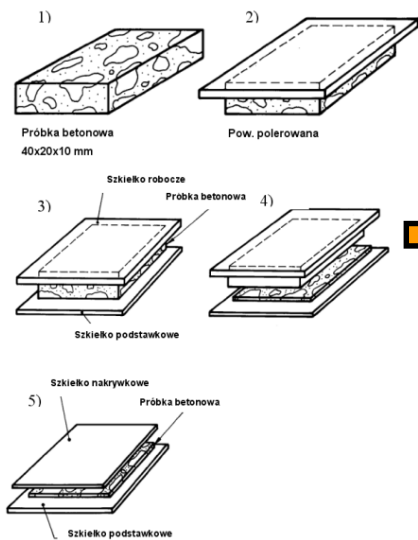
badanie przepuszczalności powietrza po **28** i **60** dniach

**Określenie głębokości wniknięcia
 powietrza i współczynnika
 przepuszczalności powietrza kT**

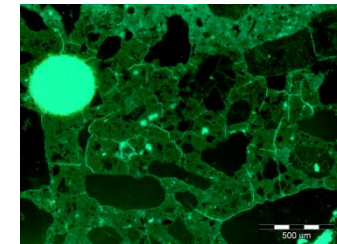
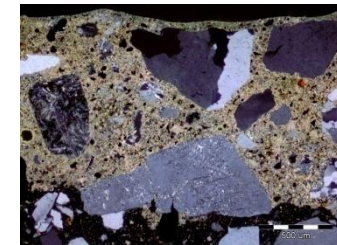
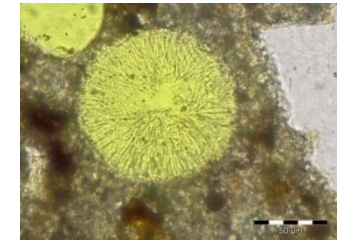
Klasyfikacja powierzchniowej warstwy betonu		Współczynnik kT
klasa		[$10^{-16}m^2$]
1	bardzo dobra	$kT < 0,01$
2	dobra	$0,01 < kT < 0,1$
3	normalna	$0,1 < kT < 1,0$
4	zła	$1,0 < kT < 10$
5	bardzo zła	$kT > 10$

Metody badawcze – cienkie szlify betonowe

mikrostruktura betonu analizowana w polaryzacyjnym mikroskopie w świetle przechodzącym



Grubość 25 μm



MIKROSKOP BADAWCZY
OLYMPUS BX51

- równoległe nikole (ordinary light),
- skrzyżowane nikole (crossed polarized light)
- światło UV (fluorescent light)

Nordtest Method NT BUILD 361

ASTM C856-83 Standard Practice for Petrographic Examination of Hardened Concrete. Annual book of ASTM standards, vol. 04.02, 1995



Cementy wieloskładnikowe



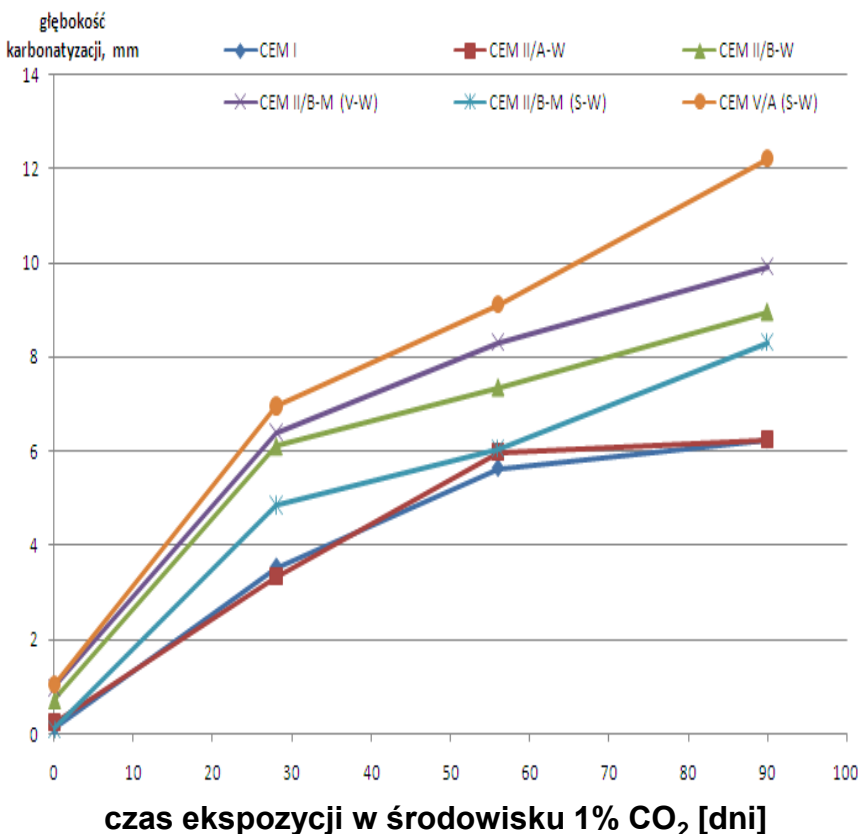
Wyniki - karbonatyzacja

CEM II/B-W 28,9%W
CEM II/B-M (S-W) 14,3%W +14,3%S
CEM II/A-W 14,3 %W
CEM I

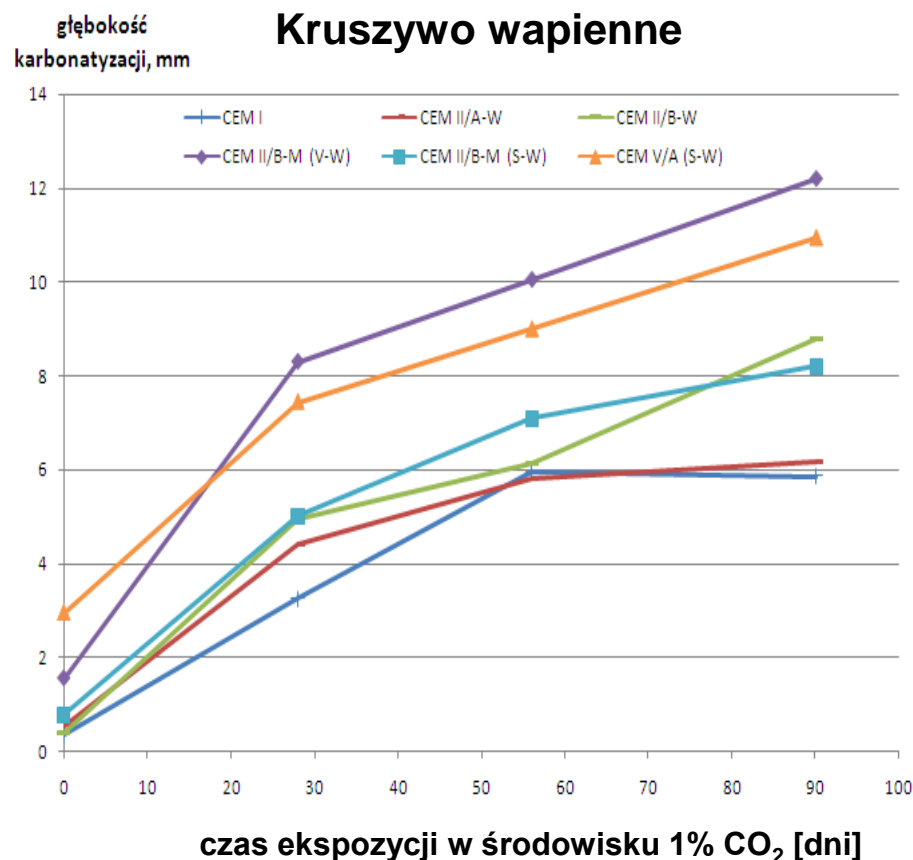
CEM V/A (S-W) 23,9% W+24,9%S

CEM II/B-M (V-W) 14,3%W+14,3%V

Kruszywo granodiorytowe



Kruszywo wapienne

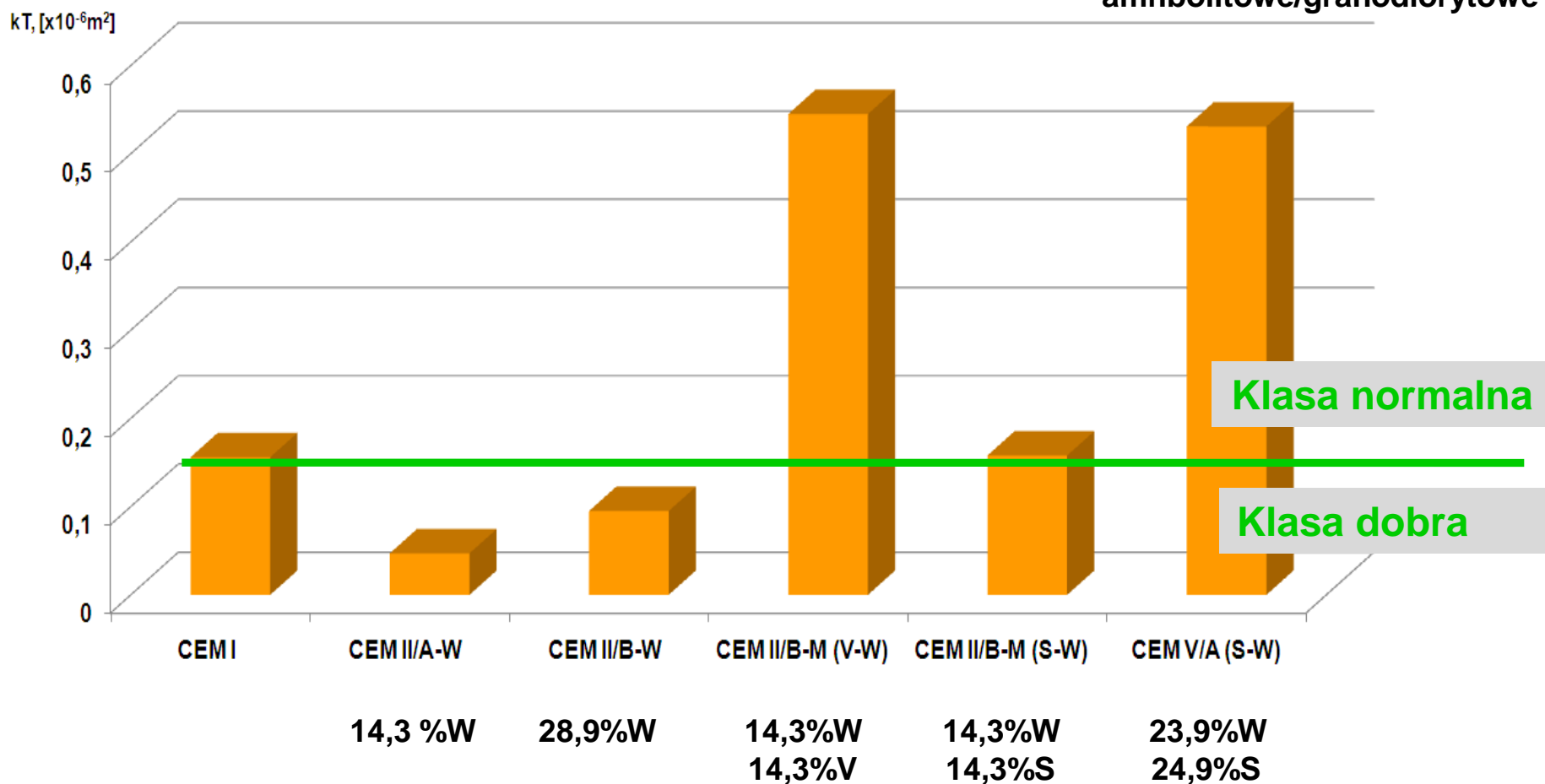




Wyniki - gazoprzepuszczalność

Współczynnik przepuszczalności powietrza kT

- cement 300 kg/m³
- w/c = 0,55
- kruszywo
amfibolitowe/granodiorytowe





Wyniki - cienkie szlify

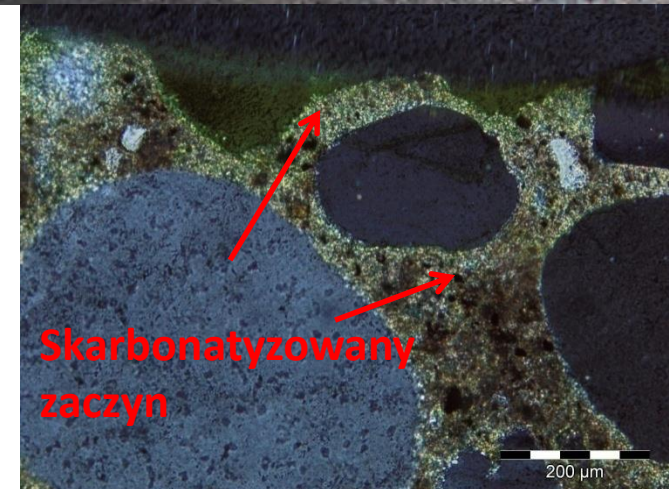
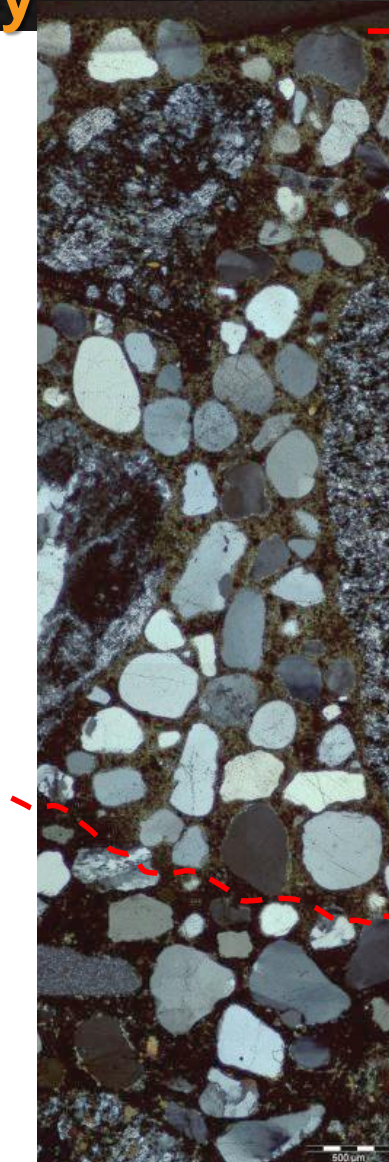
Cienkie szlify

56 dni

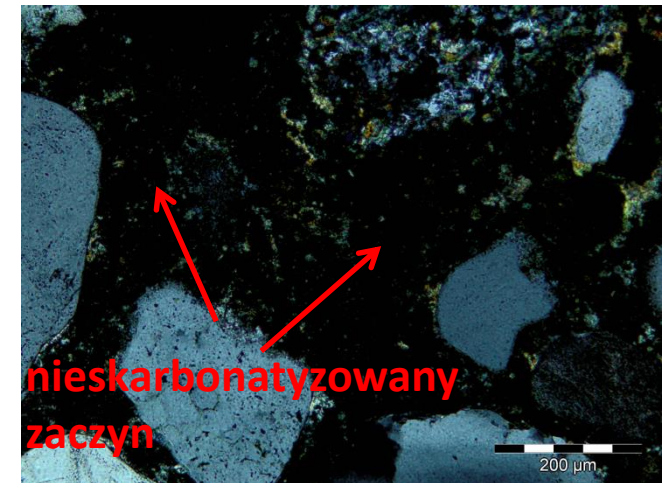
CEM III/A-W

14,3 % W

Analiza cienkich szlifów
potwierdziła wyniki
głębokości wniknięcia CO₂
– test fenoloftaleinowy



~ 6 mm

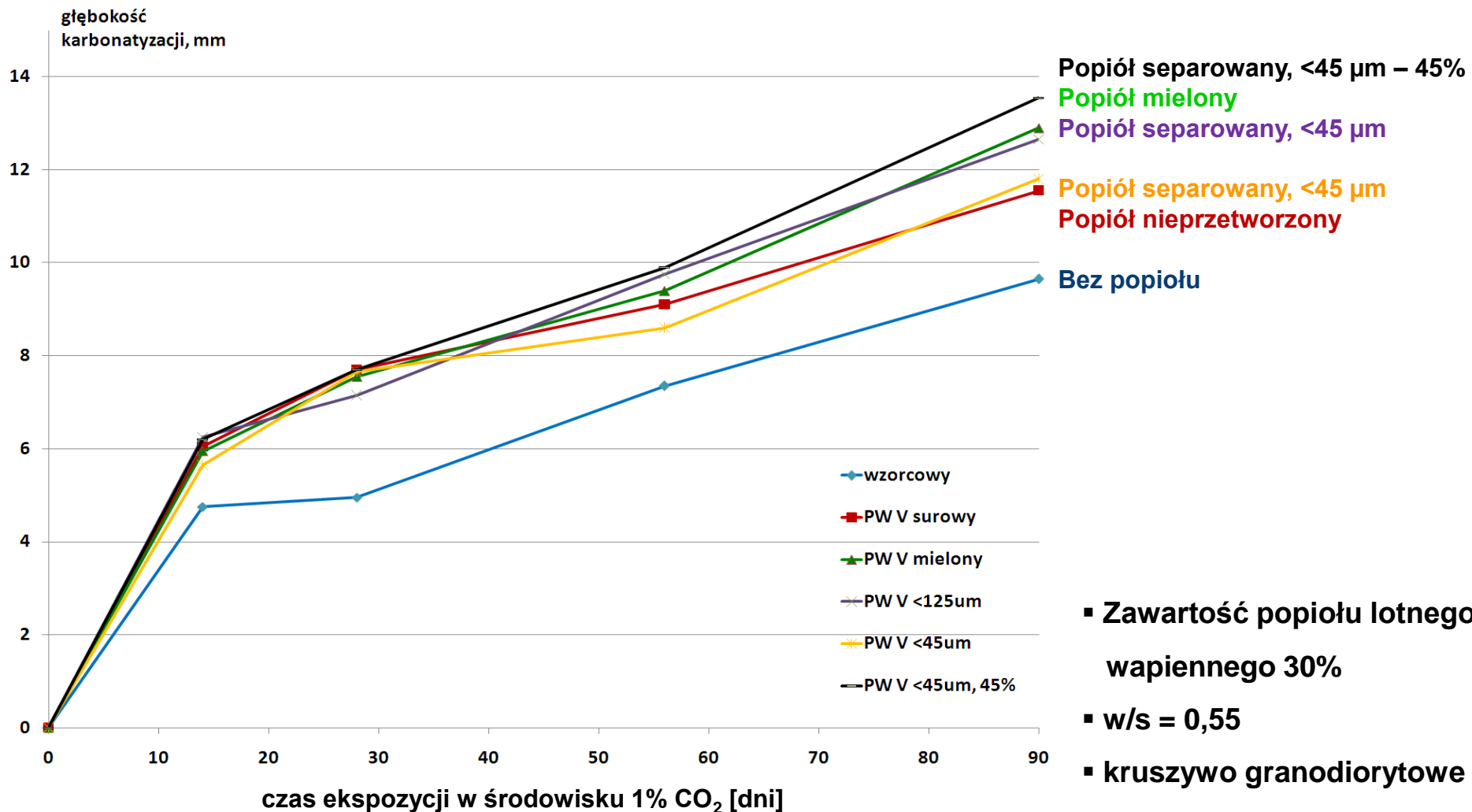




Dodatek typu II



Wyniki - karbonatyzacja

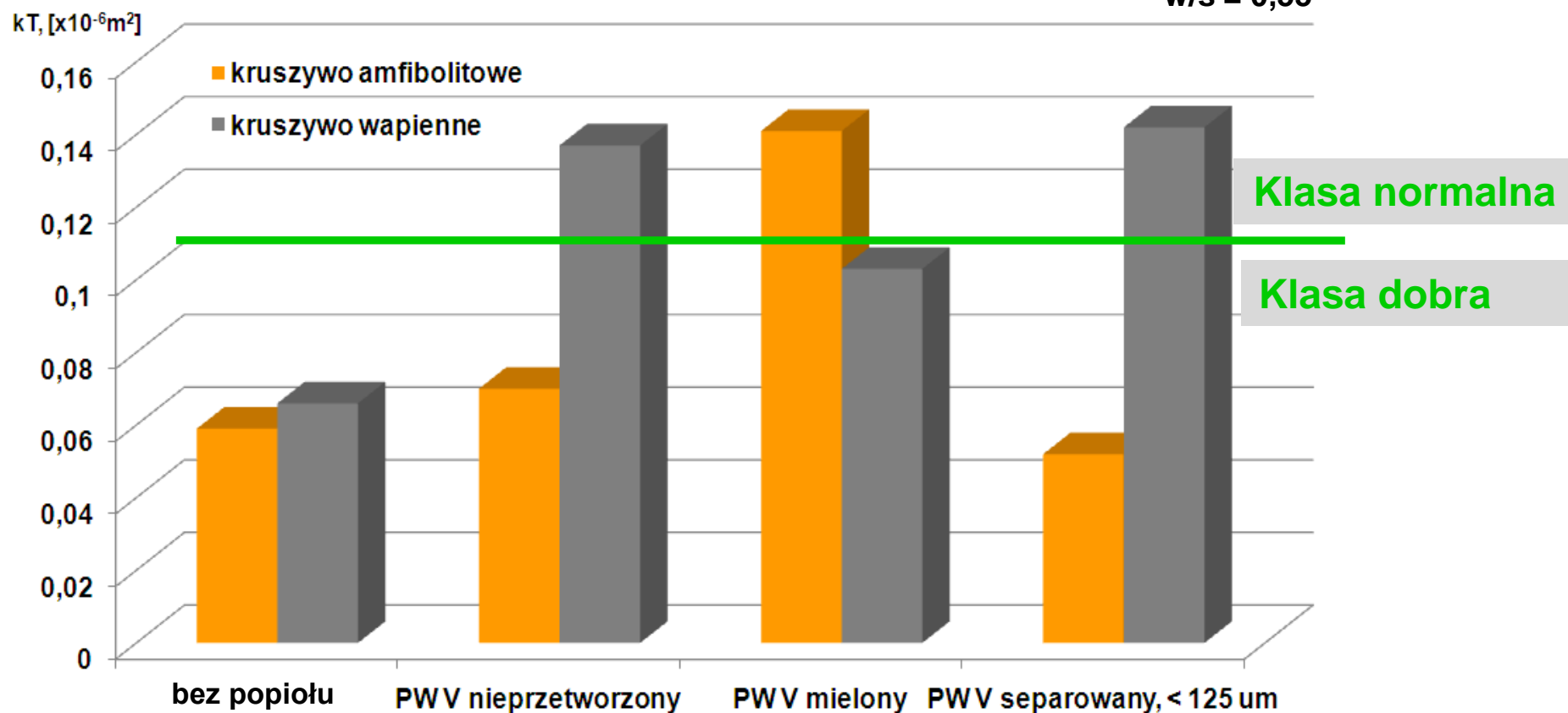




Wyniki - gazoprzepuszczalność

Współczynnik przepuszczalności powietrza kT

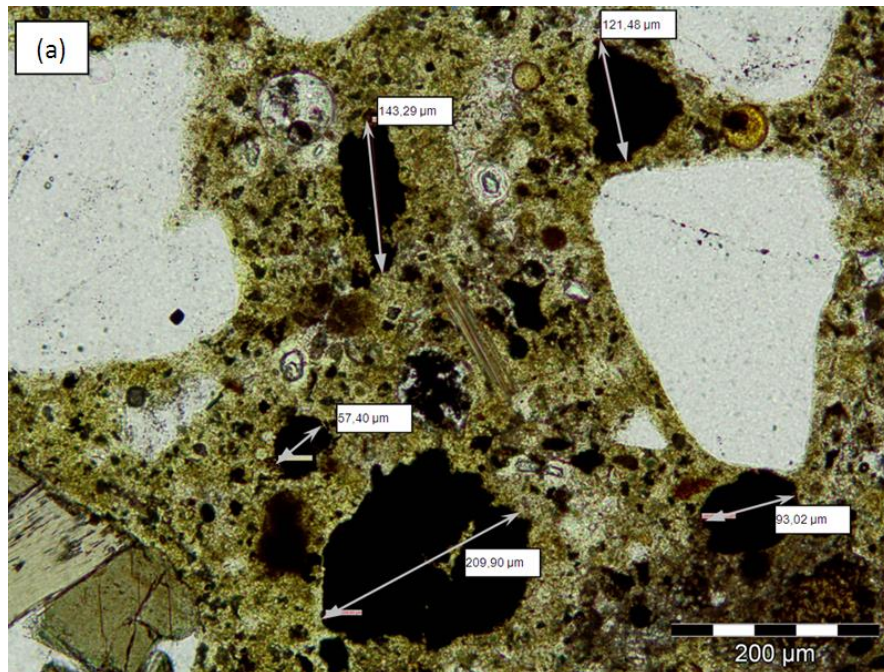
- Zawartość popiołu lotnego wapiennego 30%
- $w/s = 0,55$



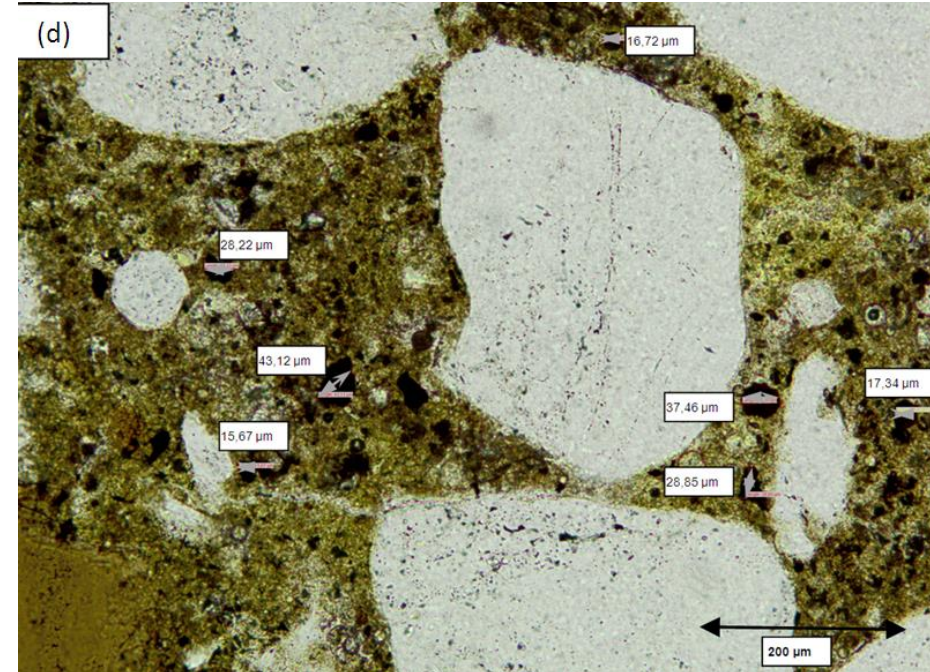
Wyniki - cienkie szlify betonowe

Cienkie szlify, 56 dni

Niespalone cząstki węgla



Popiół nieuzdatniony



Popiół po separacji, $< 45\mu\text{m}$



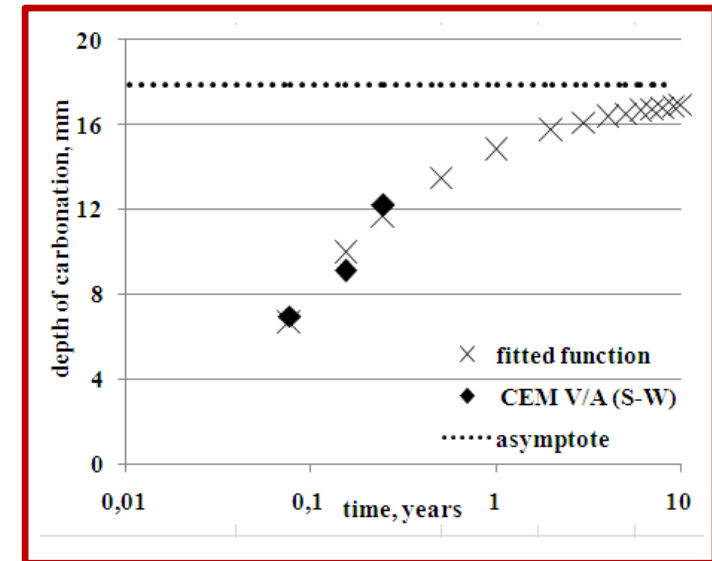
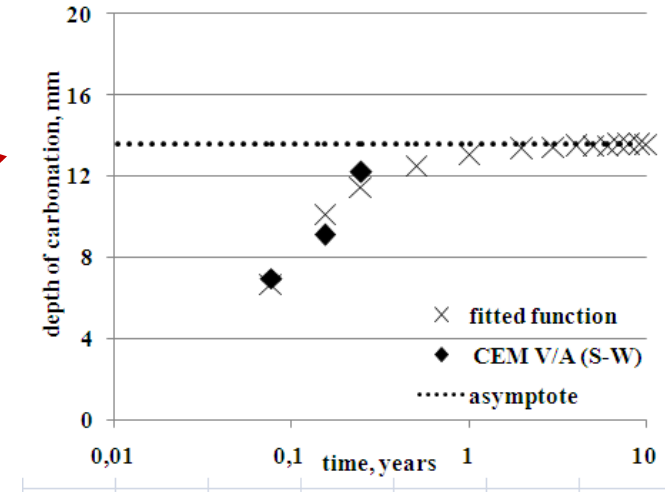
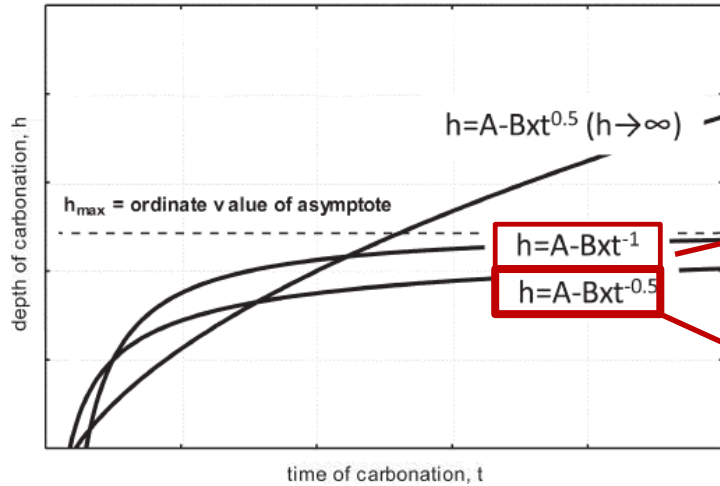
Proces karbonatyzacji betonu

przewidywana max. głębokość wniknięcia CO₂



Estymacja procesu karbonatyzacji

Czarnecki L., Woyciechowski P., *ACI Materials Journal*, 2012



$$h = A (t)^{1/2} + B$$

h – głębokość skarbonatyzowania,

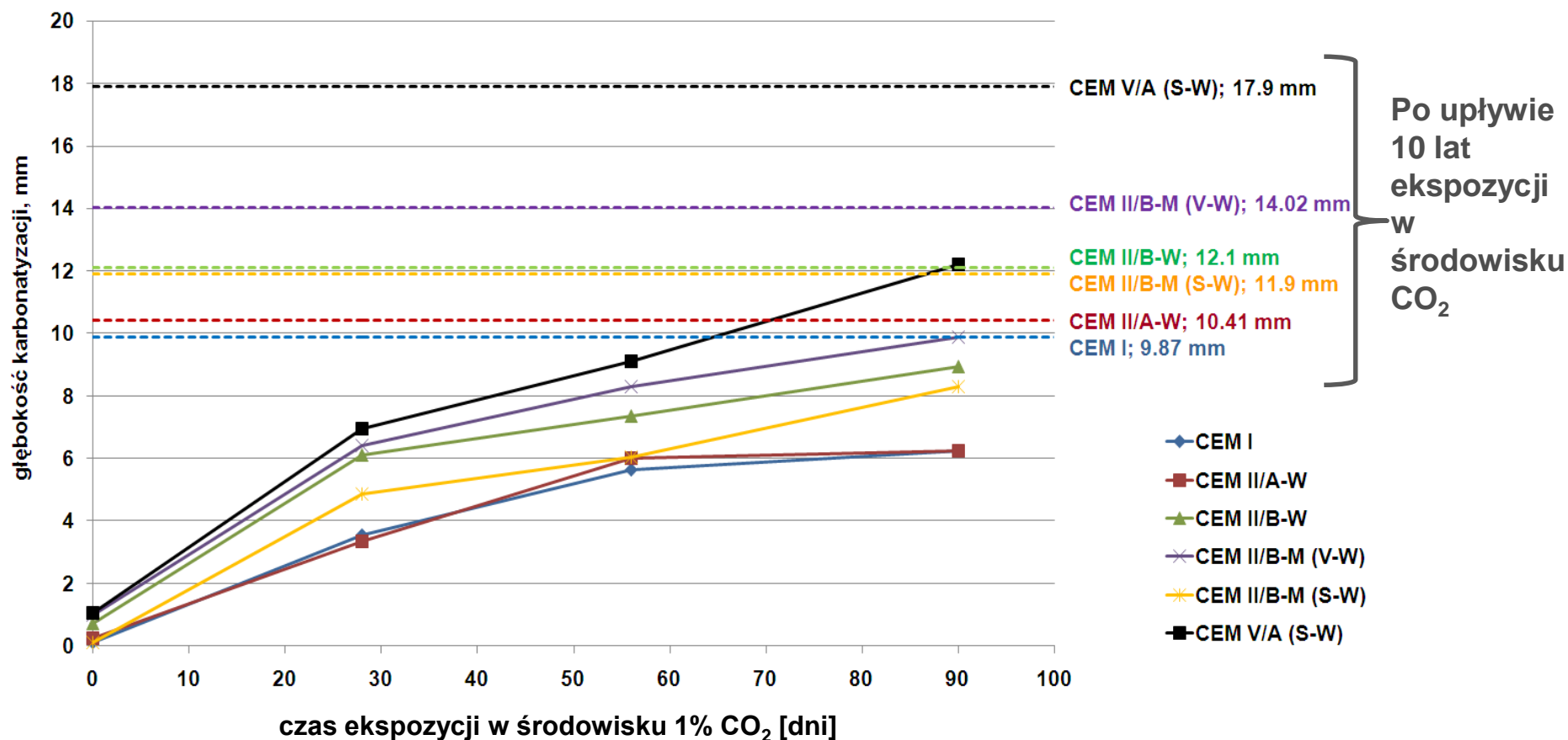
t – czas karbonatyzacji,

A, B – współczynniki związane z czynnikami zewnętrznymi i wewnętrznymi.



Estymacja procesu karbonatyzacji

Popiół lotny wapienny – cementy wieloskładnikowe





Wnioski

Dodatek popiołu lotnego wapiennego, zarówno jako składnik główny cementu jak i dodatek typu II pogarsza odporność betonu na karbonatyzację w konstrukcjach zbrojonych.

Jednak zastosowanie 15% popiołu W w składzie cementu nie zwiększa głębokości karbonatyzacji.

30% dodatek popiołu lotnego wapiennego do betonu zmniejsza odporność na karbonatyzację ale nie przekracza dopuszczalnej wartości granicznej.



Wnioski c.d.

Dodatek popiołów lotnych wapiennych do betonu nie wpływa znacząco na współczynnik przepuszczalności powietrza – nie zmienia klasy przepuszczalności (wg. Torrenta).

Zastosowanie CEM II A-W i CEM II B-W zmniejsza współczynnik przepuszczalności powietrza czyli poprawia szczelność betonu.



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ



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.