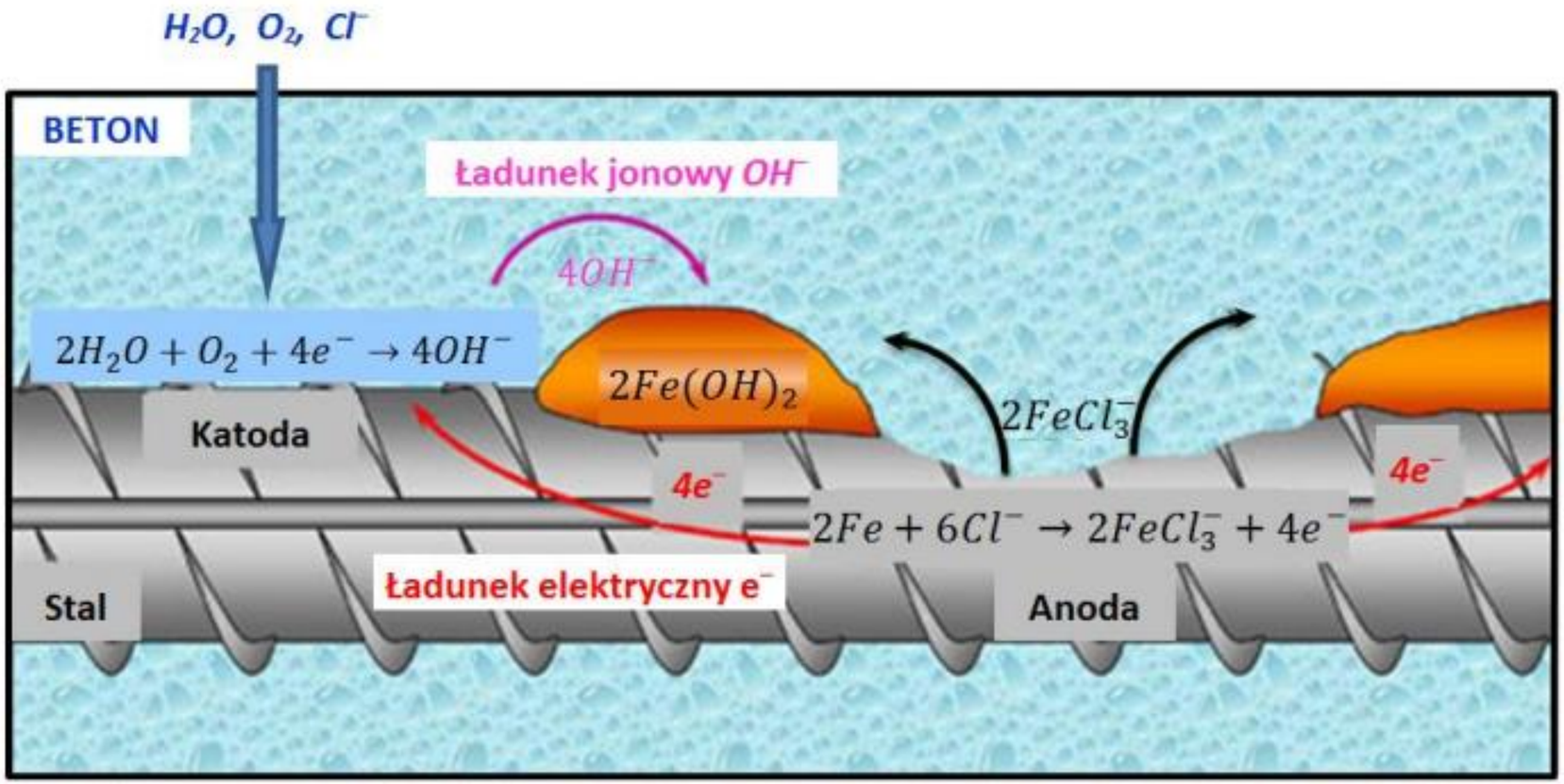
75 lat POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

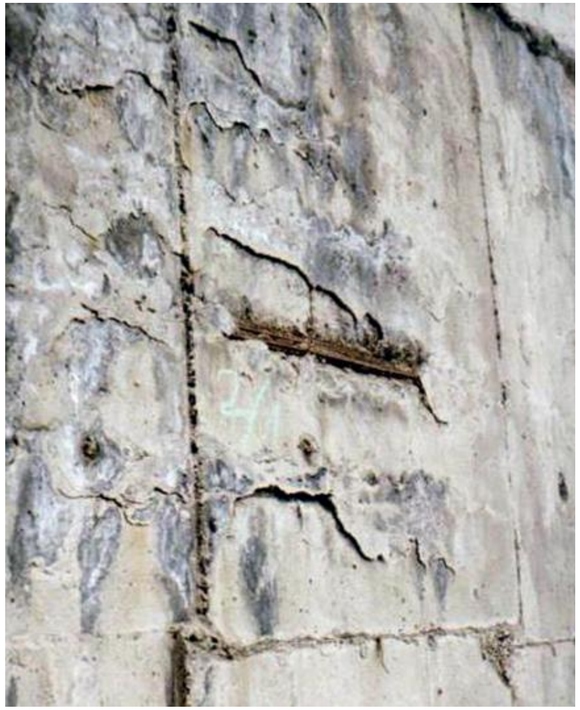
Politechnika Śląska

UCZELNIA BADAWCZA
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI

Zbadanie możliwości zastosowania ścieków oczyszczonych jako wody zarobowej do produkcji betonu pod kątem wiązania jonów chlorkowych korodujących stalowe zbrojenie

*inż. Paweł Żabierek, **inż. Grzegorz Fulczyk**, dr inż. Barbara Słomka-Słupik*
SKN BUILD GREEN





MECHANIZM KOROZJI ZBROJENIA W OBECNOŚCI JONÓW CHLORKOWYCH

Żródło: www.cement.org/for-concrete-books-learning/cencerete-technology/durability – strona The Portland Cement Association (Stowarzyszenia Cementu Portlandzkiego w USA) z pracy doktorskiej Moniki Dąbrowskiej (PŚ, 2014)

PN-EN 206:2016 Beton -- Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność

Zastosowanie betonu	Maksymalna zawartość jonów chlorkowych, %
Bez zbrojenia stalowego	1,00
Ze zbrojeniem stalowym	0,40 lub 0,20
Ze stalowym zbrojeniem sprężającym	0,20

EN 1008:2002 Mixing water for concrete - Specification for sampling, testing and assessing the suitability of water, including water recovered from processes in the concrete industry, as mixing water for concrete

Przeznaczenie betonu	Maksymalna zawartość jonów chlorkowych, mg/l
Beton sprężany	500
Ze zbrojeniem stalowym	1000
Beton bez zbrojenia stalowego	4500

Stężenie chlorków w wodzie z odpływu z Centralnej Oczyszczalni Ścieków w Gliwicach wynosiło 489 mg/l

Fazy glinianowe – składniki shydratyzowanego cementu wiążące jony chlorkowe

$$2\,Cl^- + \underbrace{3CaO\cdot Al_2O_3\cdot CaSO_4\cdot 11\,H_2O}_{\text{Siarczan wapniowo glinianowy}} \rightarrow \underbrace{\mathbf{3CaO\cdot Al_2O_3\cdot CaCl_2\cdot 11\,H_2O}}_{\text{SÓL FRIEDLA'a}} + SO_4^{2-}$$

cement	CEM I 52,5 R Portlandzki zwykły	CEM IV/B(V) 32,5 N Pucolanowy żużlowo-popiołowy	
Data poboru próbki	2020-04-27	2020-04-27	jedn.
Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach	64,8	38,3	MPa
Al_2O_3	**5,3**	**15,05**	**%**

*Wyniki badań cementu przekazane przez producenta wraz z cementem

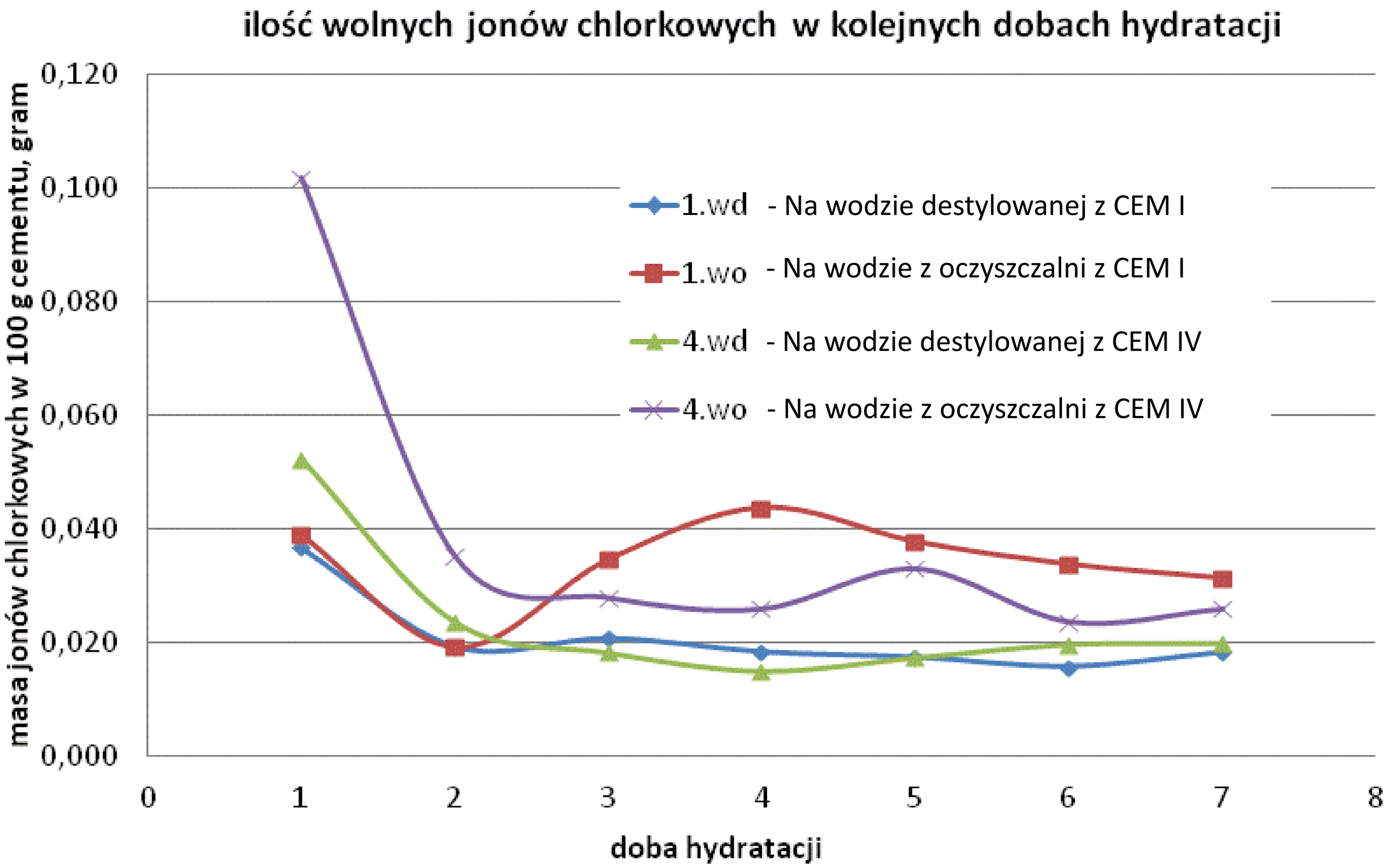
Badania laboratoryjne

Dojrzewanie beleczek zaczynów

CEMENT + WODA
w/c = 0,4

Kruszenie zaczynów do proszku

Filtracja
Wymywanie chlorków ze skruszonych zaczynów cementowych


ilość wolnych jonów chlorkowych w kolejnych dobach hydratacji
masa jonów chlorkowych w 100 g cementu, gram
0,120
0,100
0,080
0,060
0,040
0,020
0,000
0
1
2
3
4
5
6
7
8
doba hydratacji
1.wd - Na wodzie destylowanej z CEM I
1.wo - Na wodzie z oczyszczalni z CEM I
4.wd - Na wodzie destylowanej z CEM IV
4.wo - Na wodzie z oczyszczalni z CEM IV

Fáze	CEM I - 3	Obsah (% hm. ± 3σ)
Ettringit		15.71 ± 0.78
Kalcit		0.70 ± 0.36
Portlandit		37.0 ± 1.6
Hydrocalumit (Friedel's salt)		10.08 ± 0.67
Křemen		0.91 ± 0.18
Dikalcium silikát beta		18.4 ±
Tricalcium silikát monokl.		17.2 ±

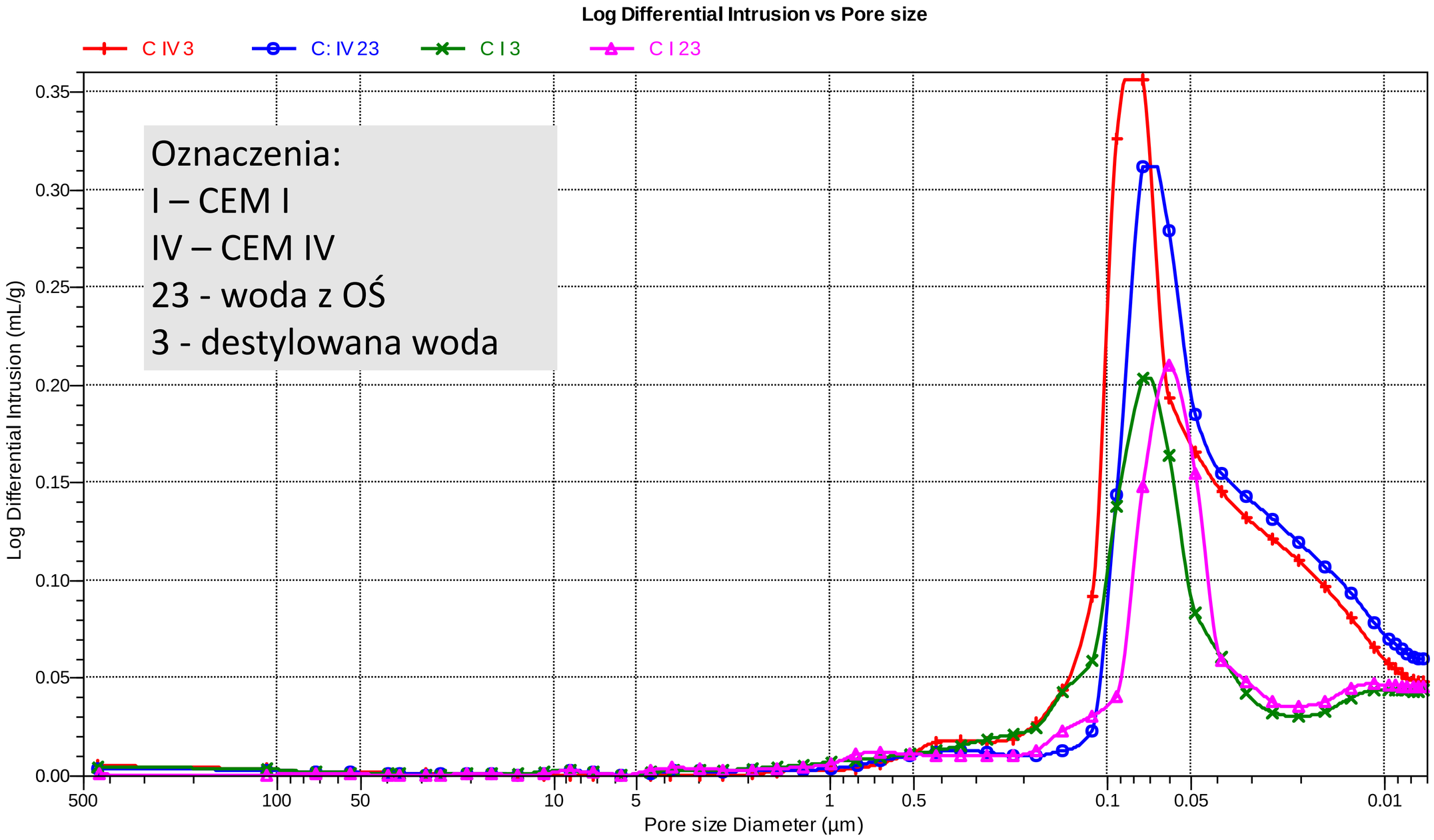
Fáze	CEM IV - 3	Obsah (% hm. ± 3σ)
Ettringit		24.25 ± 0.36
Kalcit		23.37 ± 0.33
Portlandit		17.63 ± 0.20
Hydrocalumit (Friedel's salt)		7.44 ± 0.23
Křemen		5.77 ± 0.17
Sádrovec		2.60 ± 0.42
kalcium silikát beta		7.90 ± 0.42
llit.		11.03 ± 0.38

Oznaczenia:

I – CEM I
IV – CEM IV
3 – destylowana woda
23 – woda z OŚ

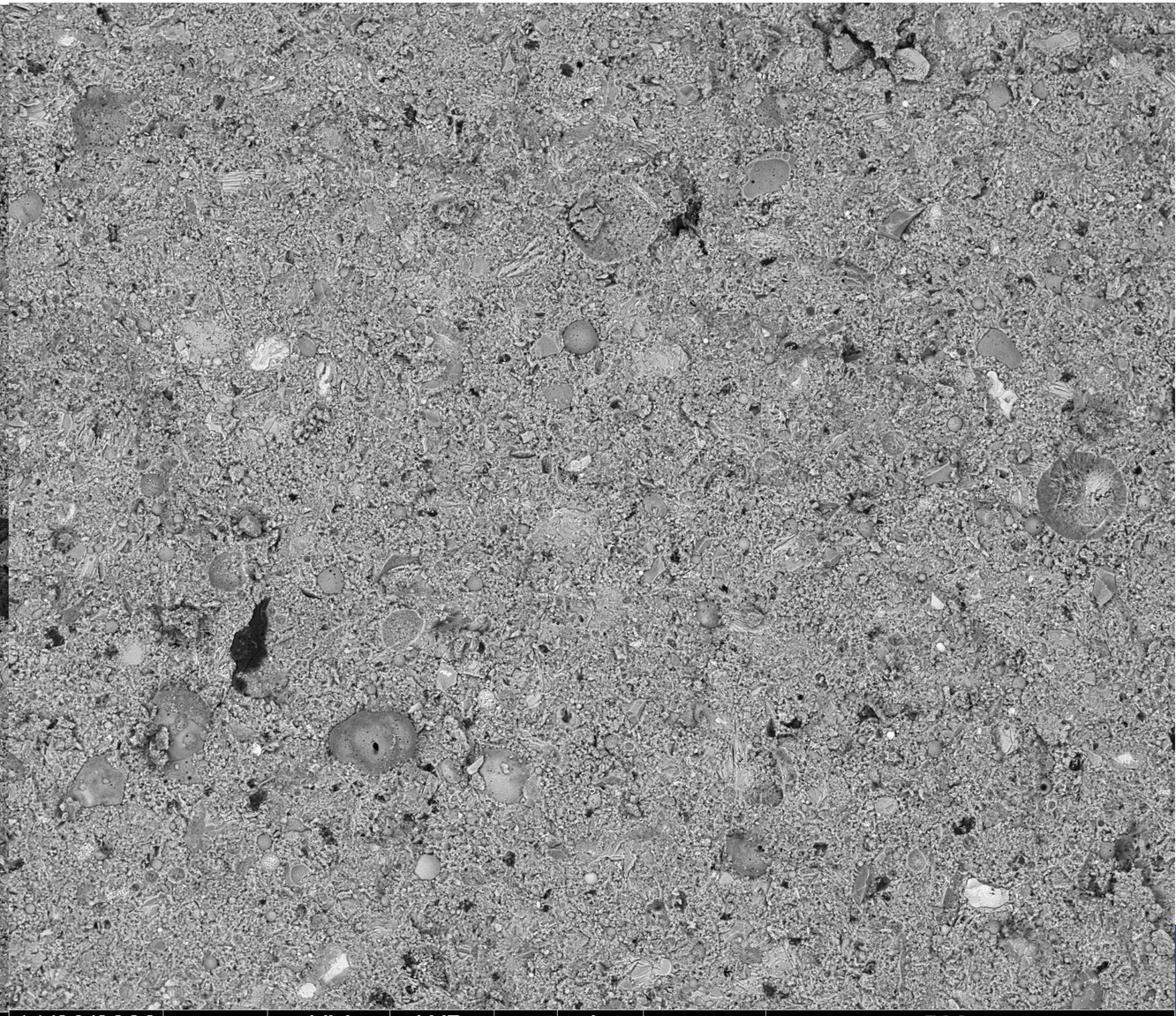
Fáze	CEM I - 23	Obsah (% hm
Ettringit		14.46 ± 0.51
Kalcit		1.00 ± 0.61
Portlandit		39.17 ± 0.71
Hydrocalumit (Friedel's salt)		10.20 ± 0.60
Křemen		0.82 ± 0.21
Dikalcium silikát beta		22.09 ± 0.75
Trikalcium silikát monoklin.		12.25 ± 0.97

ze	CEM IV - 23	Obsah (% hm. ± 3σ)
Ettringit		22.36 ± 0.36
Kalcit		24.64 ± 0.35
Portlandit		17.19 ± 0.21
Hydrocalumit (Friedel's salt)		7.38 ± 0.25
Křemen		5.90 ± 0.18
Sádrovec		2.63 ± 0.23
Dikalcium silikát beta		8.15 ± 0.45
Mullit.		11.76 ± 0.40


Log Differential Intrusion vs Pore size
C IV 3
C: IV 23
C I 3
C I 23
Oznaczenia:
I – CEM I
IV – CEM IV
23 - woda z OŚ
3 - destylowana woda
Log Differential Intrusion (mL/g)
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
500
100
50
10
5
1
0.5
0.1
0.05
0.01
Pore size Diameter (µm)

Zaczyn z CEM I

Zaczyn z CEM IV



Wyniki badań

1. **Beton wykonany przy użyciu oczyszczonych ścieków wypływających z miejskiej oczyszczalni ścieków jest bezpieczny w stosowaniu – już po drugiej dobie twardnienia wykonany z cementów handlowych nie zawierał ponadnormatywnych wolnych jonów chlorkowych odpowiedzialnych za korozję stalowego zbrojenia**

2. **Oczyszczone ścieki wypływające do rzeki z Oczyszczalni Ścieków ze względu na zawartość jonów chlorkowych (na poziomie ok. 500 mg/l) mogą być stosowane do produkcji betonu**

3. **Duża porowatość w zaczynach z CEM IV nie była związana z rodzajem zastosowanej wody, tylko ze składem samego cementu**

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

inż. Grzegorz Fulczyk

Wydział Budownictwa
Semestr 3, stopień 2
SKN Build Green

E-mail
grzeful122@student.polsl.pl

Follow us:

facebook.com/polsl
twitter.com/polsl

https://www.facebook.com/Build-Green-311994189460107/