

**Sekcja Betonów Komórkowych SPB**

**Konferencja szkoleniowa**

**ZAKOPANE 14-16 kwietnia 2010 r.**

**Możliwości zastosowania  
fluidalnych popiołów lotnych  
do produkcji ABK**

**doc. dr inż. Genowefa Zapotoczna-Sytek**  
**mgr inż. Katarzyna Łaskawiec**  
**dr inż. Piotr Gębarowski**

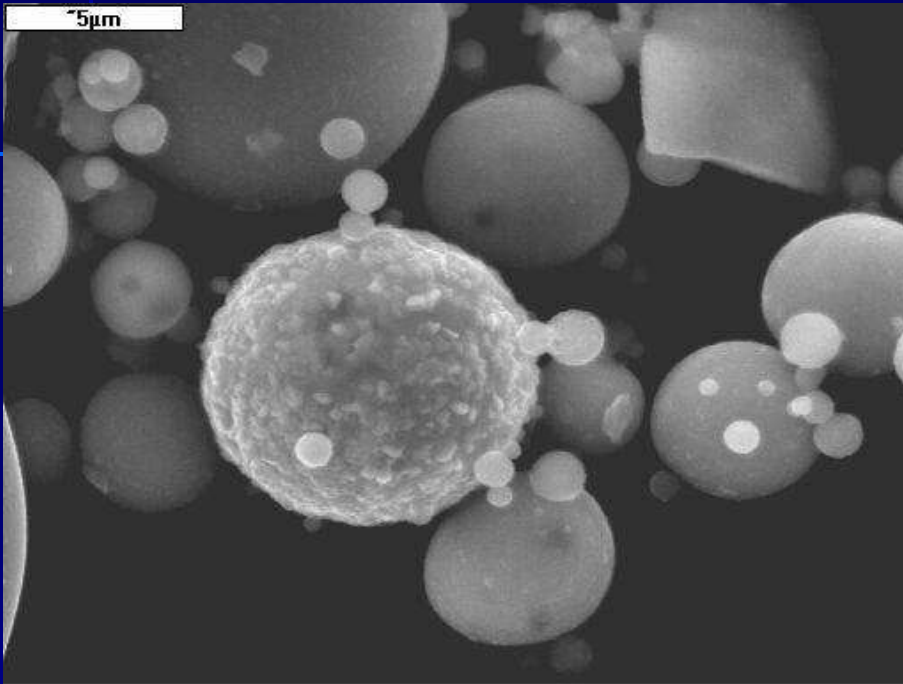
**Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych**  
**ODDZIAŁ BETONÓW – CEBET**  
**w Warszawie**

# **Odmienność właściwości popiołów krzemionkowych od popiołów fluidalnych**

- **spalanie 1200-1400 °C**  
**(węgiel + ew. biomasa)**
- **spalanie 850 °C**  
**(węgiel + sorbent CaCO<sub>3</sub>)**

# Skład fazowy popiołów

faza	Popioły krzemionkowe	Popioły fluidalne
faza szklista	70%	brak
faza krystaliczna:	kwarc ( $\text{SiO}_2$ )	$\text{CaO}_w$
	mulit	$\text{CaCO}_3$
		$\text{CaSO}_4$ II
		kwarc ( $\text{SiO}_2$ )
faza amorficzna	brak	zdehydratyzowane minerały ilaste
aktywność pucolanowa	+	znacznie większa od popiołów krzemionkowych

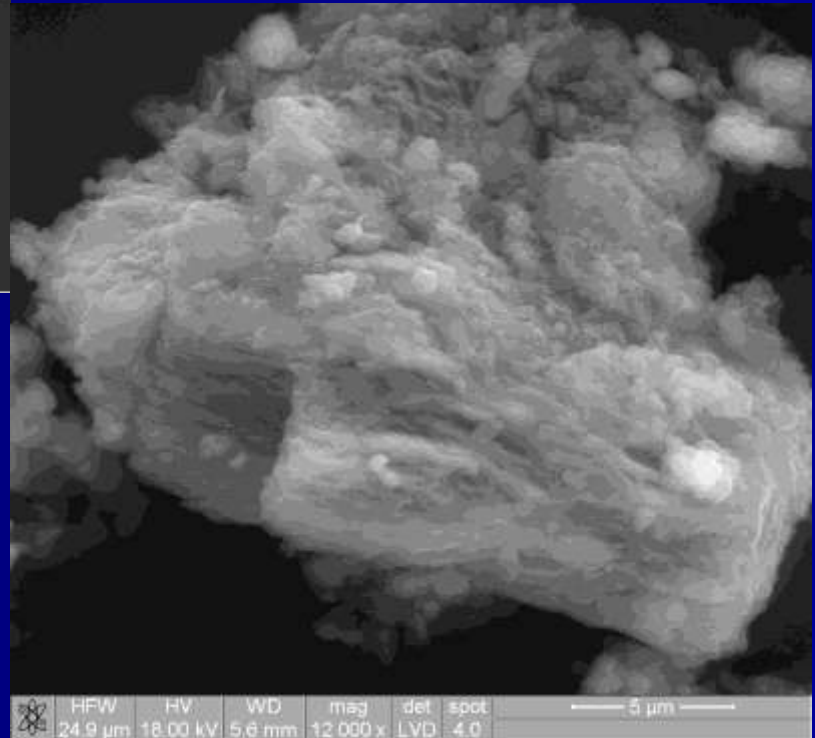


**Popiół lotny  
fluidalny**

**ok. 850°C**

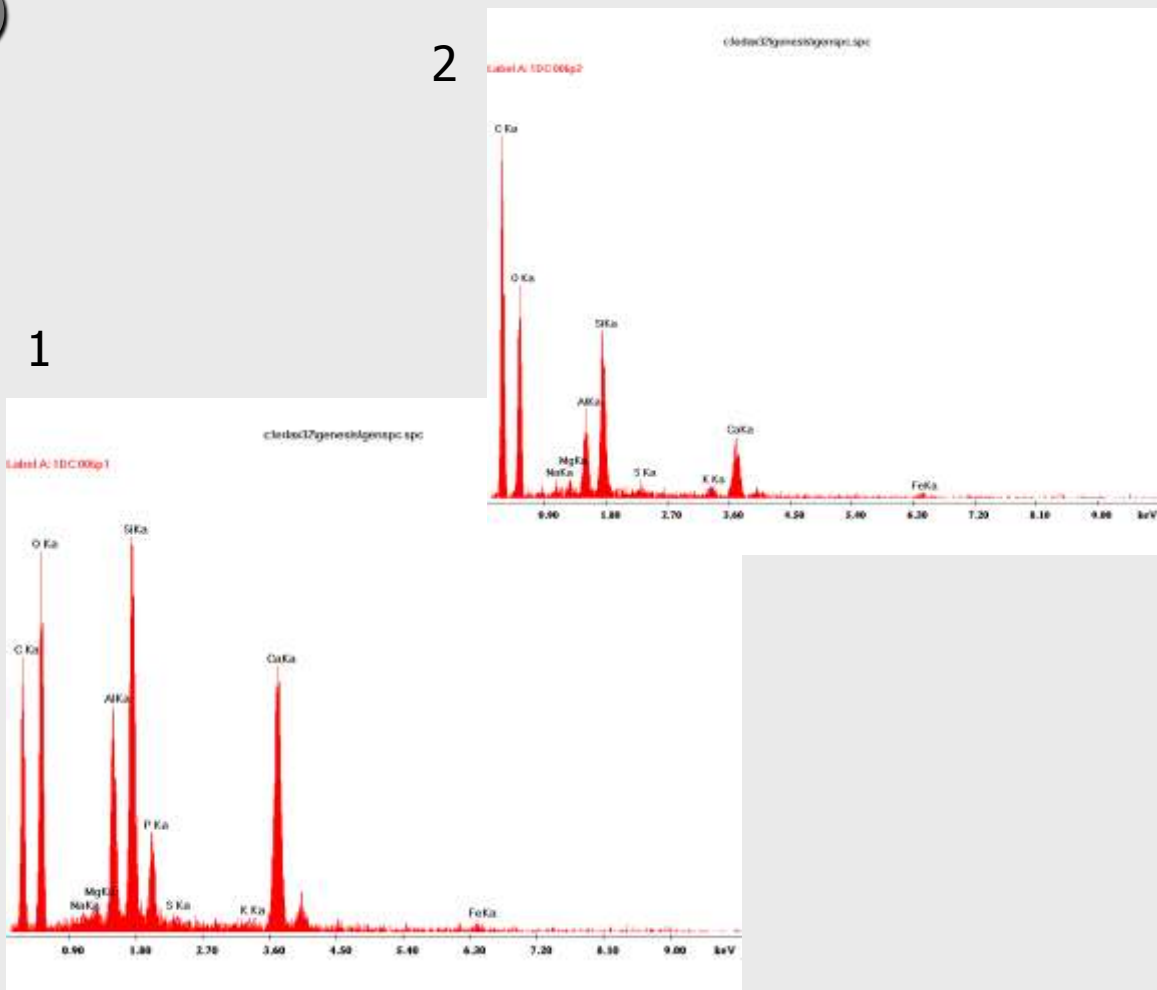
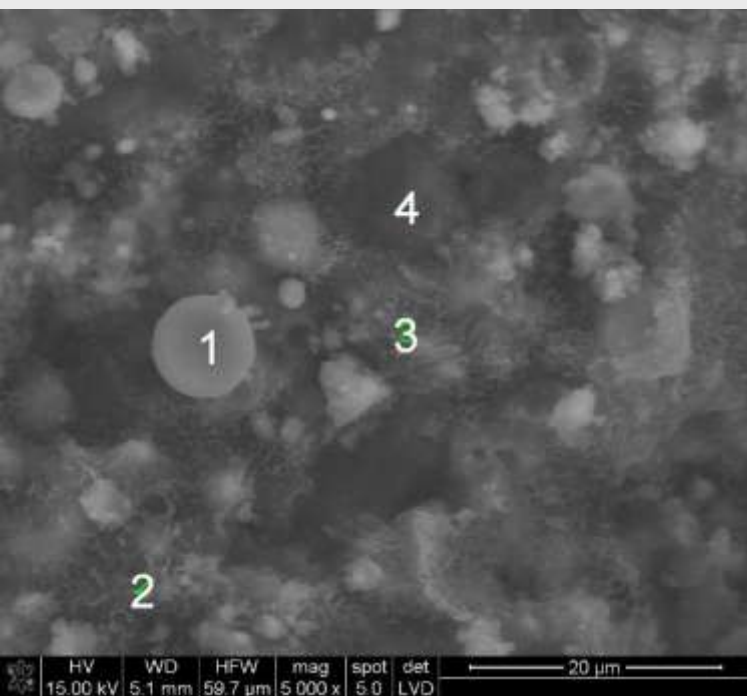
**Popiół lotny  
krzemionkowy**

**>1200°C**



- **Popioły lotne wpływają na zmianę składu fazowego ABK w zakresie ilości i rodzajów faz**
- **W pierwszym okresie produkcji ABK (przed procesem autoklawizacji) różnice te dotyczą głównie ilości fazy C-S-H.**
- **Przy stosowaniu popiołów fluidalnych wzrasta nieco ilość fazy C-S-H**

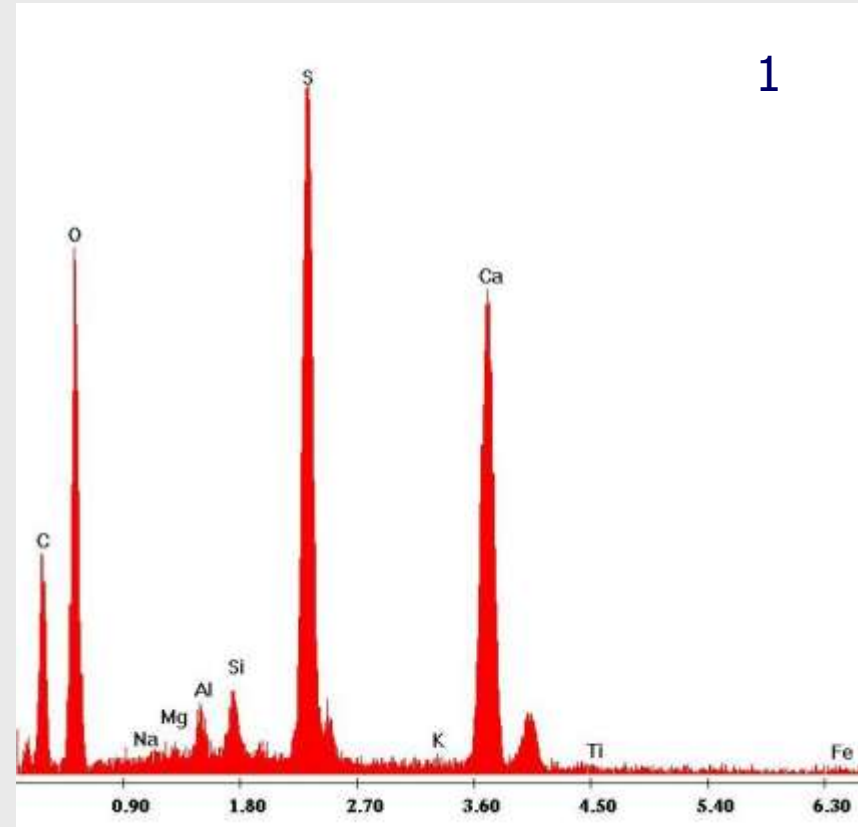
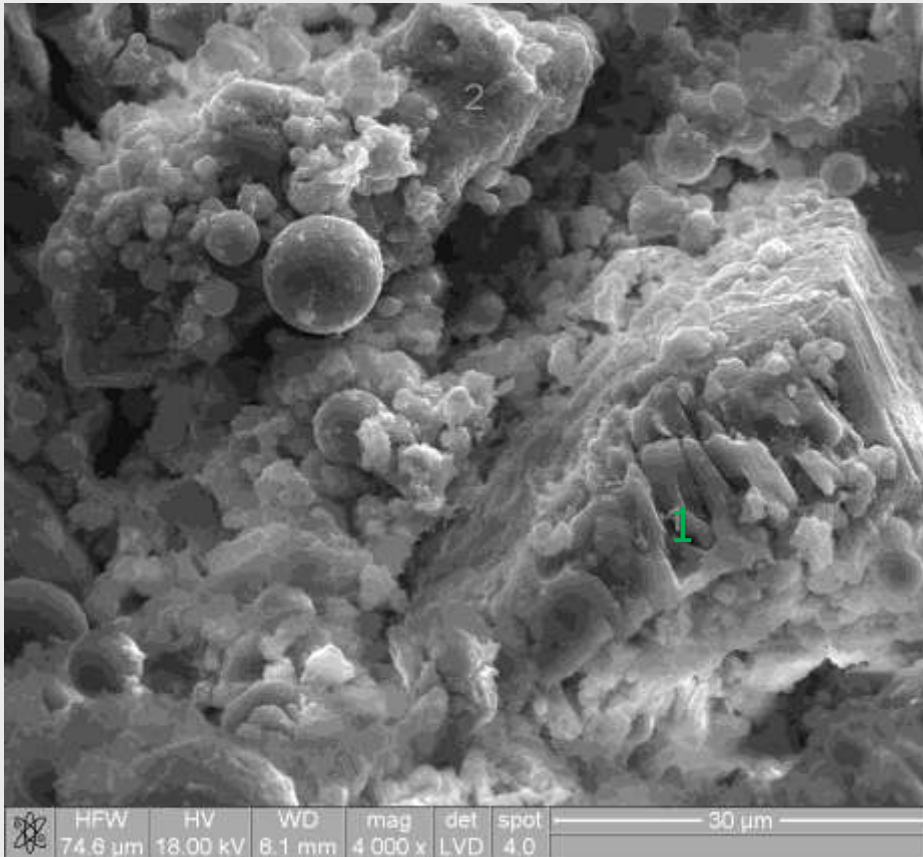
# Skład fazowy betonu komórkowego przed autoklawizacją (popioły krzemionkowe)



C-S-H (2) i nieprzereagowane ziarna popiołu krzemionkowego (1)

# Skład fazowy betonu komórkowego przed autoklawizacją

(popioły fluidalne)



1

C-S-H

# Skład fazowy ABK po autoklawizacji (popiół krzemionkowy)

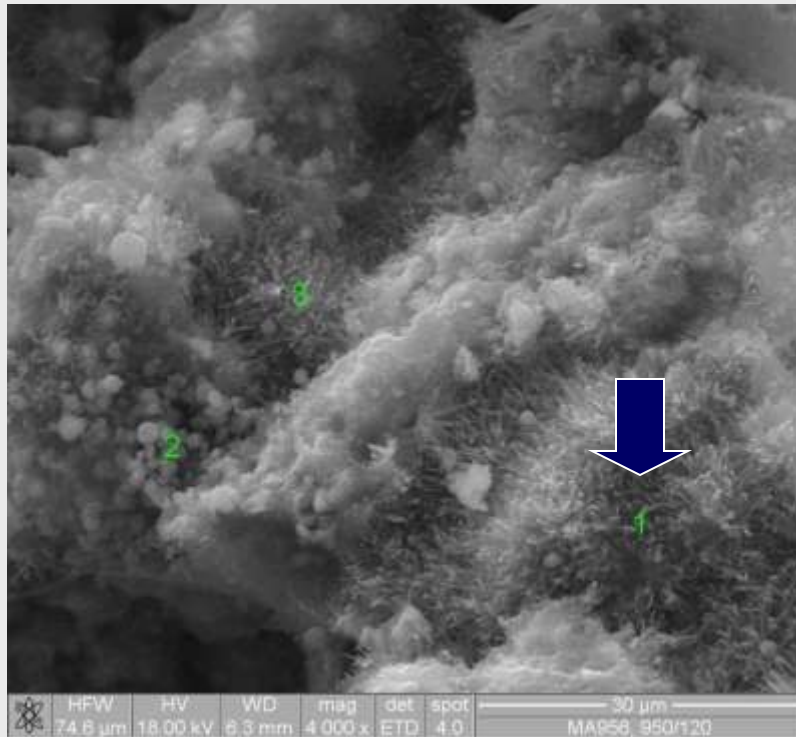
- CSH (włóknista i amorficzna)
  - Tobermoryt ( $C_5[Si_6O_{18}H_2] \cdot 4H_2O$ )
  - $C_3A$   $CaSO_4 \cdot 12H_2O$
- 
- nie przereagowane, zdehydratyzowane minerały ilaste
  - uwodnione glinokrzemiany wapniowe typu  $C_2ASH_8$



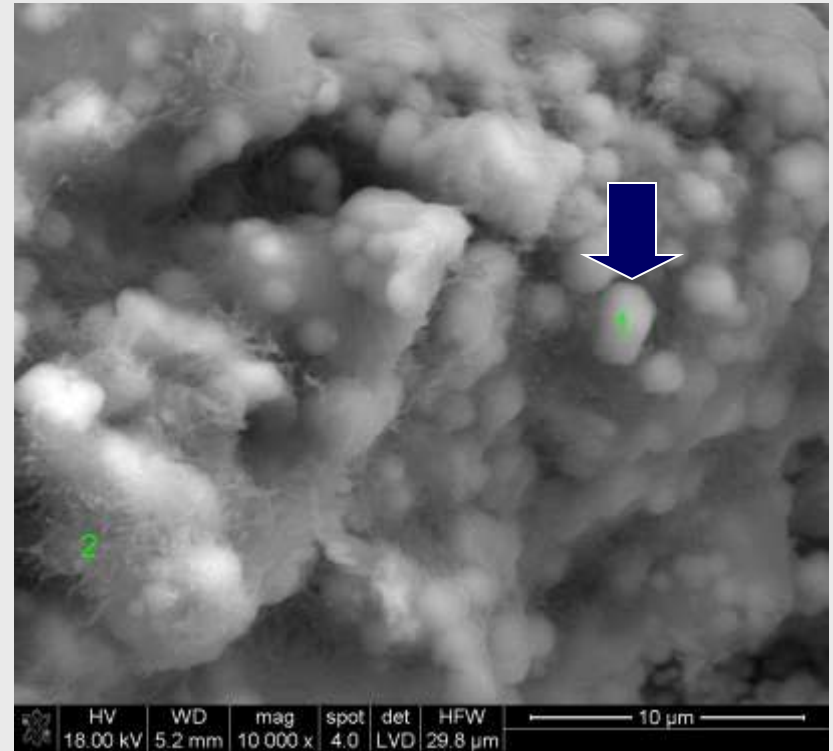
# Skład fazowy ABK po autoklawizacji (popiół fluidalny)

- C-S-H (włóknista i amorficzna)
  - Tobermoryt ( $C_5[Si_6O_{18}H_2] \cdot 4H_2O$ )
  - $C_3A CaSO_4 12H_2O$
  - Scawtyt ( $Ca_7[Si_6O_{18}] \cdot (CO_3) \cdot 2H_2O$ )
  - Anhydryt II ( $CaSO_4$  II),
  - $CaCO_3$
- 
- nie przereagowane, zdehydratyzowane minerały ilaste
  - uwodnione glinokrzemiany wapniowe typu  $C_2ASH_8$   
,  $C_xA_yS_mH_n$

# Skład fazowy ABK po autoklawizacji (popiół fluidalny)



C-S-H



hydrogranaty

# Próby technologiczne

**Skala  
laboratoryjna**



**Skala półtechniczna**

# Gęstość i wytrzymałość na ściskanie ABK

Lp.	Skład mieszanki popiołowej	Technologia	Gęstość średnia (kg/m <sup>3</sup> )	Wytrzymałość średnia (MPa)
1	20%PF + 80%PK	UNIPOL	605	5,5
2	40%PF + 60%PK	UNIPOL	570	3,5
3	60%PF + 40%PK	UNIPOL	515	2,5
4	20%PF + 80%PK	PGS	540	3,5
5	40%PF + 60%PK	PGS	540	3,0
6	60%PF + 40%PK	PGS	500	2,2
7	80%PF + 20%PK	PGS	495	2,0
8	67%PF + 33%PFZ	UNIPOL	565	2,7
9	60%PK + 14%PFZ + 26%PF	UNIPOL	560	4,0
10	100%PF + CEM II/B-V 42,5N	UNIPOL	505	2,3
11	60%PK + 26%PFZ + 14%PF	PGS	570	3,5
12	60%PK + 26%PF + 14%PFZ	UNIPOL	575	5,6

# **Badania składu fazowego ABK**

**Badania struktury i mikrostruktury betonów komórkowych wykonano technikami dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego XRD oraz elektronowej mikroskopii skaningowej SEM z mikroanalizą EDS.**

**W wybranych przypadkach badania uzupełniono o analizy termiczne DTA/TG oraz badania mikrokalorymetryczne.**

# Analiza składu fazowego

- **Wraz ze wzrastającym udziałem popiołów fluidalnych zmienia się natura podstawowej fazy wiążącej – CSH przyjmuje pokrój bardziej włóknisty, mniej jest faz żelowych; efekt ten jest szczególnie widoczny w technologii UNIPOL, w technologii PGS ujawnia się przy wyższych zawartościach popiołów fluidalnych.**

# Analiza składu fazowego

- **Wzrost zawartości popiołów fluidalnych w próbkach powoduje zwiększenie zawartości powstających hydrogranatów, które mogą lokalnie tworzyć struktury ciągłe (PGS). Mikrostruktura próbek staje się bardziej jednorodna (hydrogranaty występują w objętości próbki równomiernie rozmieszczone).**
- **W seriach próbek z zastosowaniem popiołów fluidalnych z węgla kamiennego stwierdza się występowanie nieobecnego w pozostałych próbkach scawtytu.**

# Analiza składu fazowego

- **Wprowadzany wraz z popiołem fluidalnym anhydryt pozostaje w betonie komórkowym; w części próbek niewielka część anhydrytu może przechodzić w gips dwuwodny. W konsekwencji zastępując popioły konwencjonalne popiołami fluidalnymi można dokonać odpowiedniej korekty składu surowcowego (zmniejszyć ilość wprowadzanego odrębnie gipsu).**



# Analiza składu fazowego

- **Zmiany w składzie fazowym i mikrostrukturze próbek postępujące wraz z wprowadzaniem do receptur ABK popiołów fluidalnych skutkują zmniejszaniem się wytrzymałości. Efekt ten łączy się zwykle z obecnością hydrogranatów i musi być brany pod uwagę przy opracowywaniu zmodyfikowanych receptur.**

# Właściwości betonu komórkowego

- Współczynnik przewodzenia ciepła – korzystnie zmniejsza się (od 0,1058 do 0,0856) wraz ze zwiększeniem ilości popiołów fluidalnych (od 20% do 80%)
- Odporność na działanie mrozu – beton jest mrozoodporny przy zawartości popiołów fluidalnych od 20 do 80%
- Skurcz – nie jest wyższy niż przy stosowaniu popiołów krzemionkowych
- Reakcja na ogień – mieści się w klasie A1

# Podsumowanie

- **Biorąc pod uwagę wytrzymałości betonu komórkowego otrzymywanego z zastosowaniem popiołów fluidalnych z elektrofiltra należy stwierdzić, że udział tych popiołów nie powinien przekraczać 40% ogólnej ilości popiołów w recepturze.**

# Podsumowanie

- **Skład i właściwości popiołów fluidalnych umożliwiają w recepturach ABK zmniejszenie ilości:**
  - **wapna o 10-20%**
  - **gipsu do 70%**