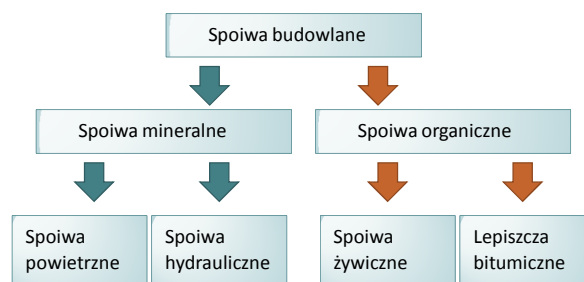


## Spoiwa mineralne

Agata Wygocka



### Klasyfikacja spoiw budowlanych



### Klasyfikacja spoiw budowlanych

**Spoiwa mineralne** – wypalony i sproszkowany materiał, który po zarobieniu z wodą daje plastyczny **zaczyn**, łatwo układający i formujący się oraz **w wyniku reakcji chemicznych wiążący** po pewnym czasie i twardniejący na powietrzu lub wodzie.

Ze względu na zachowanie się spoiw mineralnych w środowisku wodnym w okresie twardnienia, wyróżnia się spoiwa powietrzne i hydrauliczne.

### Klasyfikacja spoiw budowlanych

**Spoiwa powietrzne** – po zarobieniu z wodą mogą wiązać i twardnieć tylko na powietrzu.

Do spoiw powietrznych zalicza się:

- Spoiwa wapienne (wapno palone, gaszone - hydratyzowane)
- Gips
- Anhydryt
- Spoiwo magnezjowe
- Spoiwo krzemianowe ze szkłem wodnym
- Szkło wodne

### Klasyfikacja spoiw budowlanych

**Kompozyty na spoiwach powietrznych** są wrażliwe na wilgoć, bądź całkowicie nieodporne na stałe zetknięcie się z wodą.

Spoiwa powietrzne wykorzystywane są m.in. do produkcji:

- betonów komórkowych,
- elementów gipsowych (płyty G-K, Pro-Monta),
- zapraw budowlanych.

### Klasyfikacja spoiw budowlanych

**Spoiwa hydrauliczne** – po zarobieniu z wodą mogą wiązać i twardnieć zarówno na powietrzu jak i pod wodą.

Do spoiw hydraulicznych zalicza się:

- Wapno hydrauliczne (cement romański)
- Cementy
- Żużel wielkopiecowy

### Klasyfikacja spoiw budowlanych

Kompozyty wykonane na bazie **spoiw hydraulicznych**:

- są odporne na działanie wody
- woda wpływa korzystnie na wzrost ich wytrzymałości

### Mineralne spoiwa budowlane – rys historyczny

Spoiwa powietrzne należą do najstarszych spoiw.

Zastosowanie **gipsu do celów budowlanych datuje się od ok. 2900 r. p.n.e (Egipt).**

Gips wykorzystywano:

- do spajania bloków kamiennych w grobowcach,
- do łączenia rur,
- do wykonywania białych wypraw ścian i stropów.

### Mineralne spoiwa budowlane – rys historyczny

**W Polsce użyto gipsu m.in.:**

- do wykonania zaprawy zastosowanej w fundamentach przybudówki kościoła przedromańskiego w Wiślicy (woj. świętokrzyskie),
- w części rotundy na Wawelu,
- przy użyciu gipsu wybudowano okrągłą nawę w jednym z najstarszych kościołów w Krakowie (na Krzemionkach).

### Mineralne spoiwa budowlane – rys historyczny

Szersze stosowanie **gipsu w Polsce datuje się od XVII w., zwłaszcza jako materiału do robót sztukatorskich.**

W XX w. zaczęto stosować gips jako spoiwo do prefabrykatów, przy jego użyciu wznoszono budynki mieszkalne.

Obecnie gips jest bardzo popularnym spoiwem stosowanym do wykonywania zaczynów, zapraw, gotowych wyrobów w postaci drobnowymiarowych elementów.

### Mineralne spoiwa budowlane – rys historyczny

Znajomość technologii otrzymywania **wapna** sięga ok. 3000 r. p.n.e. – zaprawy murarskie (piramidy w Gizie)

**Spoiwa wapienne** spotyka się w budowlach Babilonu (605-562 r. p.n.e.).

Z okresu 243-149 r. p.n.e. są znane receptury zapraw **wapiennych** i metod prymitywnej produkcji wapna palonego.



[http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:All\\_Gizah\\_Pyramids.jpg&filetimestamp=20070719175617](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:All_Gizah_Pyramids.jpg&filetimestamp=20070719175617)

### Mineralne spoiwa budowlane – rys historyczny

Rzeczywiste procesy zachodzące podczas wypalania wapna nie były znane do czasu odkrycia tlenku wapnia przez J. Blacka w latach sześćdziesiątych XVIII w.

W Polsce opisy metod produkcji wapna datują się od opisu Louisa Gay-Lussaca w 1836 r. Natomiast pierwsze budowle wzniesione przy użyciu zapraw wapiennych pochodzą z X w. (rotunda na Wawelu w Krakowie).

### Mineralne spoiwa budowlane – rys historyczny

Początki produkcji **spoiw hydraulicznych** sięgają XVIII w., kiedy zaczęto w sposób świadomy stosować dodatki hydrauliczne (wodotrwałe) do zapraw wapiennych.

Pierwszy cement wynalazł Anglik **Joseph Aspen**, który w 1824 r. uzyskał patent na jego wyrób.

### Mineralne spoiwa budowlane – rys historyczny

Spoiwo to nazwano cementem portlandzkim. Spoiwa hydrauliczne należą do podstawowych materiałów budowlanych.

Charakteryzują się cechami technicznymi, które umożliwiają stosowanie ich w budownictwie w bardzo szerokim zakresie.

## Spoiwa powietrzne

### Spoiwa powietrzne – GIPS

#### Spoiwa gipsowe i anhydrytowe

**Spoiwa gipsowe i anhydrytowe** są to materiały wiążące, otrzymywane z naturalnych **siarczanów wapniowych** występujących w przyrodzie w postaci:

- kamienia gipsowego ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )
- anhydrytu ( $\text{CaSO}_4$ )

### Spoiwa powietrzne – GIPS

Głównym składnikiem **spoiw gipsowych** jest rozdrobniony **półwodny siarczan wapnia  $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$** , natomiast **anhydrytowych bezwodny siarczan wapnia  $\text{CaSO}_4$** .

Produkcja spoiw gipsowych polega głównie na obróbce termicznej kamienia gipsowego lub anhydrytu. Spoiwa gipsowe szybko wiążące otrzymuje się w prażarkach w niskich temperaturach ( $135 \div 230^\circ\text{C}$ ).

### Spoiwa powietrzne – GIPS

Podczas wypalania zachodzi proces odwodnienia według reakcji:



Produkt tej reakcji  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$  występuje w dwóch odmianach:

- Alfa - prażenie w temperaturze  $100-180^\circ\text{C}$
- Beta - prażenie w temperaturze  $80-180^\circ\text{C}$

### Spoiva powietrzne – GIPS

Odmiany  $\alpha$  i  $\beta$  wykazują istotne różnice:

- rozpuszczalności,
- czasu wiązania,
- wytrzymałości.

Spoiva tej grupy należą do spoiw powietrznych szybkowiązących

– o początku wiązania  $3 \div 12$  minut  
i końcu wiązania  $15 \div 20$  minut.

### Wiązanie i twardnienie

Wiązanie i twardnienie spoiw gipsowych polega na reakcji z wodą, w wyniku której otrzymuje się gips dwuwodny.

Proces wiązania zaczyna się od momentu, kiedy spoiwo gipsowe zmiesza się z wodą. W początkowym okresie wiązania zaczyn **traci płynność**, lecz cała masa jest jeszcze plastyczna. Finalne stadium wiązania to **utrata plastyczności zaczynu**.

Po związaniu spoiwa następuje jego **twardnienie**. Proces ten polega na stopniowym tężeniu zaczynu, który ma już pewną **wytrzymałość mechaniczną**. Narastanie wytrzymałości zaczynu związane jest zatem z procesem twardnienia spoiwa gipsowego.

### Wiązanie i twardnienie

**Początek wiązania** liczony jest od chwili wsypania spoiwa do wody, obejmuje przedział czasowy, w którym zaczyn utrzymuje **właściwości plastyczne**.

**Koniec wiązania** stanowi przedział czasowy liczony od wsypania spoiwa do wody do momentu uzyskania dostatecznie stwardniałego tworzywa.

### Spoiva powietrzne – GIPS

**Spoiva gipsowe wolno wiążące produkowane są w wysokich temperaturach.**

Dzielią się one na:

- spoiwa anhydrytowe
- gips hydrauliczny

### Spoiva powietrzne – GIPS

Podstawowym składnikiem **spoiwa anhydrytowego jest bezwodny siarczan wapnia ( $\text{CaSO}_4$ )**.

Spoivo anhydrytowe otrzymuje się w wyniku wypalania kamienia gipsowego lub anhydrytu naturalnego w temperaturze  $600 \div 700^\circ\text{C}$  i zmieleniu go z aktywatorami.

*Sam siarczan wapniowy nie wykazuje właściwości wiążących, staje się dopiero spoiwem po zmieleniu i zaktywizowaniu pewnymi dodatkami (tlenki alkaliczne, tlenek magnezowy, wapno palone i hydratyzowane, siarczany, cement portlandzki).*

### Spoiva powietrzne – GIPS

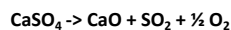
**Gips hydrauliczny jest spoiwem powietrznym wykazującym właściwości hydrauliczne.**

Gips hydrauliczny otrzymuje się przez wypalanie kamienia gipsowego w temperaturze  $800 \div 1000^\circ\text{C}$ .

Spoivo to, obok podstawowego składnika jakim jest siarczan wapnia  $\text{CaSO}_4$ , zawiera pewien niewielki procent tlenku wapniowego  $\text{CaO}$ .

## Spoiwa powietrzne – GIPS

W temperaturze  $800 \div 1000^{\circ}\text{C}$  gips dwuwodny przechodzi w siarczan bezwodny, ulegając częściowemu rozkładowi wg reakcji:

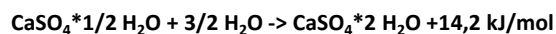


Początek wiązania gipsu hydraulicznego zachodzi po upływie 2 do 6 godzin, koniec wiązania po 6 do 30 godzin.

Zaletą gipsu hydraulicznego jest większa odporność na działanie wody i czynników atmosferycznych (mrozu).

## Spoiwa powietrzne – GIPS

Wiązanie spoiw gipsowych polega na reakcji odwrotnej do reakcji odwodnienia surowców stosowanych do produkcji gipsu:



## Spoiwa powietrzne – GIPS

Proces wiązania spoiwa gipsowego **przyspiesza**:

- dodatek chlorku sodu NaCl
- dodatek siarczanu potasu  $\text{K}_2\text{SO}_4$
- zawartość anhydrytu III
- drobne uziarnienie

## Spoiwa powietrzne – GIPS

Proces wiązania spoiwa gipsowego **opóźnia**:

- zimna woda
- duża ilość wody zarobowej
- dodatki substancji: kleje, keratyna, krochmal, białko, żelatyna, boraks, fosforany, kwas winowy, cytrynowy

## Spoiwa powietrzne – GIPS

**Budowlane spoiwa gipsowe**

Na potrzeby budownictwa produkuje się

- gips budowlany
- gipsy specjalne:
  - ✓ gips szpachlowy,
  - ✓ gips tynkarski,
  - ✓ klej gipsowy

## Spoiwa powietrzne – GIPS

**Gips budowlany** –  $2 \text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  – otrzymuje się ze skały gipsowej ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ) wyprażonej w temp. ok.  $200^{\circ}\text{C}$ , a następnie zmielonej.

Gips budowlany produkuje się w dwóch gatunkach: GB-6 i GB-8.

Ze względu na stopień rozdrobnienia rozróżnia się:

- gips GB-G (*gips budowlany grubo mielony*),
- gips GB-D (*gips budowlany drobno mielony*).

## Spoiwa powietrzne – GIPS

Parametry		Gips budowlany			
		GB-G6	GB-G8	GB-D6	GB-D8
Pozostałość na sicie o boku oczka kwadratowego (#), % masy gipsu	1,00 mm	≤ 0,5	-	-	-
	0,75 mm	-	0	-	-
	0,20 mm	≤ 15,0	≤ 2,0	≤ 15,0	≤ 2,0
Wytrzymałość na zginanie, MPa	po 2 godzinach po wysuszeniu do stałej masy	≥ 1,8	≥ 2,0	≥ 1,8	≥ 2,0
	po 2 godzinach po wysuszeniu do stałej masy	≥ 4,0	≥ 5,0	≥ 4,0	≥ 5,0
Wytrzymałość na ściskanie, MPa	po 2 godzinach po wysuszeniu do stałej masy	≥ 3,0	≥ 4,0	≥ 3,0	≥ 4,0
	po 2 godzinach po wysuszeniu do stałej masy	≥ 6,0	≥ 8,0	≥ 6,0	≥ 8,0
Czas wiązania, min	początek wiązania po	≥ 3	≥ 6	≥ 3	≥ 6
	koniec wiązania po	≤ 30			
Okres, w którym gips budowlany nie powinien wykazywać odchylen od wymagań normy (liczba dni od daty wysyłki)		90			

## Spoiwa powietrzne – GIPS

Gipsy budowlane specjalne – w grupie tej produkuje się:

- gips szpachlowy typu (B) - do szpachlowania budowlanych elementów betonowych
- gips szpachlowy typu (G) - do szpachlowania budowlanych elementów gipsowych
- gips szpachlowy typu (F) - do spoinowania płyt gipsowo-kartonowych

## Spoiwa powietrzne – GIPS

- gips tynkarski typu (GTM) – do wykonywania wewnętrznych wypraw tynkarskich sposobem zmechanizowanym
- gips tynkarski typu (GTR) – do ręcznego tynkowania
- klej gipsowy typu (P) – do klejenia prefabrykatów gipsowych
- klej gipsowy typu (T) – do osadzania płyt gipsowo-kartonowych

## Spoiwa powietrzne – GIPS

Parametry	Gips szpachlowy			Gips tynkarski		Klej gipsowy	
	B	G	F	GTM	GTR	P	T
Dopuszczalna pozostałość na sicie o boku oczka kwadratowego, w (%):							
	0			-	-	0	-
	2			-	-	5	-
Początek wiązania po upływie, min	≥ 60	≥ 30	≥ 30	≥ 90	≥ 60	≥ 25	≥ 25
Wytrzymałość na ściskanie, MPa	≥ 3,0	≥ 2,5	≥ 3,0	≥ 2,5	≥ 2,5	≥ 3,0	≥ 6,0
Okres, w którym spoiwa nie powinny wykazywać odchylen od wymagań normy (liczba dni od daty wysyłki)		90					

## Spoiwa powietrzne – GIPS

Gips „syntetyczny” – Światowy Fundusz Ekologiczny propaguje i wspiera program odsiarczania spalin we wszystkich elektrociepłowniach opalanych węglem brunatnym i kamiennym. W Polsce, pierwsza instalacja odsiarczania spalin montowana przez Holendrów powstała w EC „Bełchatów” (1994). Pozyskiwany jest gips dwuwodny, który jest wykorzystywany w budownictwie jako substytut gipsu naturalnego.

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA MAGNEZJOWE

## Spoiwa magnezjowe

Spoiwa magnezjowe, czyli tzw. cementy magnezjowe, otrzymywane są przez zmieszanie magnezytu kaustycznego lub dolomitu kaustycznego z roztworami soli metali dwuwartościowych.

**Spoiwa magnezjowe charakteryzuje:**

- szybki proces wiązania (kilka godzin)
- duża wytrzymałość na ściskanie
- brak odporności na długotrwałe oddziaływanie wody

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA MAGNEZJOWE

Spoiwa magnezjowe znajdują zastosowanie w budownictwie do produkcji:

- posadzek bezspoinowych,
- płytek podłogowych,
- płyt izolacyjnych.

Zaprawy magnezjowe powodują korozję betonu oraz silnie korodują żelazo.

Działanie korodujące jest wynikiem obecności chlorku magnezu  $MgCl_2$  w spoiwie i jest potęgowane przez obecność wilgoci.

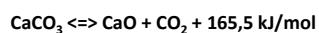
## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

**Spoiwa wapienne**

Spoiwo wapienne należy do grupy spoiw powietrznych i oparte jest na tlenku wapnia  $CaO$ . **Wapno palone ( $CaO$ ) otrzymuje się przez wypalanie kamienia wapiennego ( $CaCO_3$ ) w piecach szybowych, bądź obrotowych w temperaturze  $950 \div 1050^\circ C$ .**

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

**Proces wypalania zachodzi wg reakcji:**



W czasie wypalania wapienia temperatura nie może być zbyt wysoka, ponieważ może wystąpić proces powlekania (oblepiania) ziarenek wapna palonego nieprzepuszczalnymi dla wody stopionymi tlenkami zanieczyszczeń.

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

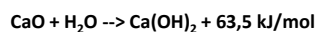
Najczęściej tymi zanieczyszczeniami są:

- krzemionka
- tlenki żelaza
- tlenki glinu
- węglan magnezu.

Zbyt wysoka temperatura wypalania daje tzw. **wapno martwe**, niepodatne na proces gaszenia.

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

Wapno palone poddaje się procesowi **gaszenia wg reakcji egzotermicznej:**



W zależności od sposobu prowadzenia procesu gaszenia wapno dzieli się na:

- ciasto wapienne
- wapno hydratyzowane
- mleko wapienne

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

**Ciasto wapienne:**

- otrzymywane jest w dołach do gaszenia
- stanowi układ koloidalny wodorotlenku wapnia w nasyconym wodnym roztworze tegoż wodorotlenku
- zawartość wody w cieście wapiennym wynosi ok. 50% masy ciasta wapiennego

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

**Ciasto wapienne:**

- ma kolor **biały, lekko żółty lub szary**
- barwa **brązowa** oznacza, że wapno jest „spalone”, tj. **zagaszone zbyt małą ilością wody**
- **dobre ciasto wapienne jest lepkie, tłuste i jednolite**
- wyczuwalna w dotyku **szorstkość i grudkowatość świadczy o zaparzeniu lub niedogaszeniu wapna**

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

**Wapno hydratyzowane (sucho gaszone)** jest sproszkowanym wodorotlenkiem wapnia, który otrzymuje się metodą przemysłową przez gaszenie wapna palonego małą ilością wody (ok. 25%).

**Mleko wapienne** charakteryzuje się znacznym nadmiarem wody w układzie koloidalnym wodorotlenku wapnia.

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

**Gaszenie wapna** polega na reakcji chemicznej tlenku wapnia z wodą (w nadmiarze), w wyniku której powstaje wodorotlenek wapnia. Wapno w kawałkach powinno być gaszone w okresie 7 dni od chwili dostarczenia, ponieważ szybko wchłania wilgoć oraz dwutlenek węgla z otoczenia i staje się wapnem **zwietrzałym**.

Jeżeli gaszenie wapna odbywa się po mechanicznym rozkruszeniu brył, okres gaszenia powinien trwać co najmniej:

- 2 tygodnie – dla wapna przeznaczonego do robót murarskich
- 2 miesiące – do robót tynkarskich

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

Jeżeli gaszenie odbywa się **bez uprzedniego rozdrabniania**, **okres dojrzewania powinien być przedłużony do ok. 3 miesięcy**.

W celu **ochrony ciasta wapiennego przed mrozem** należy je przykryć warstwą piasku grubości powyżej 20 cm i dodatkowo matami np. słomianymi.

W **cieplejszych porach roku** również pokrywa się ciasto wapienne cienką warstwą piasku, ok. 15 cm, w celu zabezpieczenia przed wysychaniem (zabezpieczenie przed nadmiernym parowaniem wody).

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

**Proces wiązania i twardnienia spoiwa wapiennego zachodzi w dwóch etapach:**

- pierwszy etap (kilka godzin) to czas, w którym następuje proces wiązania i krzepnięcia spoiwa
- drugi etap trwający bardzo długo (do kilku lat) to okres twardnienia spoiwa

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

Powyższe procesy polegają na odparowaniu wody przy równoczesnej reakcji wodorotlenku wapnia z dwutlenkiem węgla znajdującym się w powietrzu:





## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

Proces krystalizacji i wzrostu kryształów węglanu wapnia prowadzi do powstania dużych wzajemnie poprzerastanych kryształów tworzących szkielet, od którego zależy stwardnienie spoiwa.

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

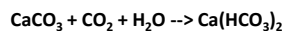
**Wiązanie zapraw wapiennych** w pomieszczeniach zamkniętych można **przyspieszyć** przez spalanie koksu - wzrost temperatury i wzrost stężenia  $\text{CO}_2$  w powietrzu.

**Piasek** jest biernym pod względem chemicznym składnikiem (nie bierze udziału w procesie wiązania), jednakże ułatwia penetrację  $\text{CO}_2$  z powietrzem w głąb zaprawy, przyspieszając w ten sposób tworzenie się  $\text{CaCO}_3$ .

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

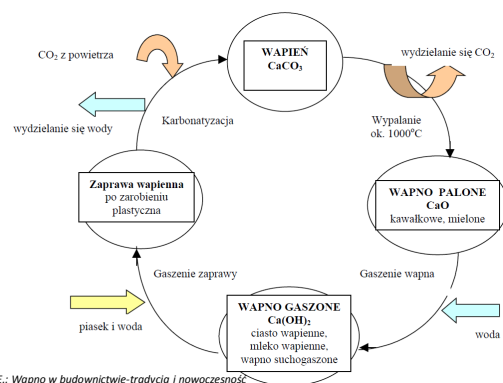
**Spoiwo wapienne ulega stwardnieniu tylko na powietrzu.**

Tak otrzymane tworzywo z czasem ulega osłabieniu w wyniku reakcji chemicznej:



Przebieg reakcji wskazuje, że z czasem przy oddziaływaniu **wody i dwutlenku węgla z powietrza, nierozpuszczalny węgiel wapnia  $\text{CaCO}_3$  przekształca się w rozpuszczalny wodorowęgiel wapnia  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$** . Z twardej zaprawy zostaje więc wypłukany najbardziej istotny składnik - **węgiel wapnia**.

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE



## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

**Zastosowanie spoiwa wapiennego:**

- budowa murów nadziemnych przy obciążeniu do 0,6 MPa
- zaprawy w miejscach o dostatecznym dopływie  $\text{CO}_2$ , zabezpieczonych przed wilgocią (nie nadają się do fundamentów poniżej poziomu wody gruntowej)
- wyprawy zewnętrzne i wewnętrzne budynków mieszkalnych i przemysłowych

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

- jako dodatek do cementów:
  - ✓ przy produkcji pustaków i bloków ściennych
  - ✓ przy produkcji pustaków stropowych
  - ✓ poprawiający urabialność zapraw cementowych.
- do produkcji betonów komórkowych
- do produkcji wyrobów wapienno-piaskowych (silikatowych)

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

**Wapno budowlane wg PN-EN 459-1**

- **wapno wapniowe CL** – wapno palone *dp, lu*; *wapno hydratyzowane dp, sl, pu*
- **wapno dolomitowe DL** – wapno półhydratyzowane *dp*; *wapno całkowicie hydratyzowane dp*

## Oznaczenia:

- *dp* - proszek
- *sl* - zawiesina (mleko wapienne)
- *lu* - kawałki
- *pu* - ciasto

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

- **wapno wapniowe (CL)** – wapno zawierające głównie *tlenek wapnia lub wodorotlenek wapnia bez żadnych dodatków materiałów hydraulicznych lub pucolanowych*,
- **wapno dolomitowe (DL)** - wapno zawierające głównie *tlenek wapnia i tlenek magnezu lub wodorotlenek wapnia i wodorotlenek magnezu bez żadnych dodatków materiałów hydraulicznych lub pucolanowych*,

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

- **wapno palone (Q)** - wapno powietrzne składające się głównie z *tlenku wapnia i tlenku magnezu*, wytwarzane przez *prażenie kamienia wapiennego i/lub dolomitu*. Wapno palone wchodzi w *reakcję egzotermiczną z wodą*. Może mieć różny stan rozdrobnienia od brył do drobno zmielonego. Termin ten obejmuje *wapno wapniowe i wapno dolomitowe*,

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

- **wapno hydratyzowane (S)** – wapno powietrzne, wapno wapniowe lub wapno dolomitowe, otrzymywane w wyniku kontrolowanego gaszenia wapna palonego. Wytwarzane w postaci suchego proszku lub ciasta, lub jako zawiesina (mleko wapienne),

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

- **wapno dolomitowe półhydratyzowane** – wapno dolomitowe hydratyzowane składające się głównie z *wodorotlenku wapnia i tlenku magnezu*,
- **wapno dolomitowe całkowicie zhydratyzowane** - wapno dolomitowe hydratyzowane składające się głównie z *wodorotlenku wapnia i wodorotlenku magnezu*.

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

Oznaczenie	Symbol
Wapno wapniowe 90	CL 90
Wapno wapniowe 80	CL 80
Wapno wapniowe 70	CL 70
Wapno dolomitowe 85	DL 85
Wapno dolomitowe 80	DL 80

<sup>a</sup> Dodatkowo, wapno powietrzne jest klasyfikowane zgodnie z jego stanem dostawy: **wapno palone (Q)** lub **wapno hydratyzowane (S)**. W przypadku wapna dolomitowego hydratyzowanego zaznaczany jest stopień zhydratyzowania; **S1** - **wapno półhydratyzowane**; **S2** - **wapno całkowicie zhydratyzowane**

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

Wapno powietrzne należy klasyfikować według zawartości (CaO + MgO)

## Przykład oznaczenia wapna budowlanego

- wapno wapniowe (CL) 90, dostarczane jako wapno palone (Q) jest identyfikowane następująco: **EN 459-1 CL 90-Q**
- wapno dolomitowe (DL) 85 w postaci wapna półhydratyzowanego (S1) jest identyfikowane następująco: **EN 459-1 DL 85-S1**

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

Lp.	Rodzaj wapna budowlanego	CaO + MgO	MgO	CO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>
1	CL 90	≥ 90	≤ 5 <sup>b</sup>	≤ 4	≤ 2
2	CL 80	≥ 80	≤ 5 <sup>b</sup>	≤ 7	≤ 2
3	CL 70	≥ 70	≤ 5	≤ 12	≤ 2
4	DL 85	≥ 85	≤ 30	≤ 7	≤ 2
5	DL 80	≥ 80	≤ 5	≤ 7	≤ 2

<sup>a</sup> Wartości podano w ułamku masowym wyrażonym w procentach  
<sup>b</sup> Zawartość MgO do 7% jest akceptowana, jeżeli stałość objętości badana wg EN459-2:2001, p. 5.3 jest pozytywna  
 SO<sub>3</sub> – trójtlenek siarki

## Spoiwa powietrzne – SPOIWA WAPIENNE

Wymagania właściwości fizycznych wapna wapniowego hydratyzowanego, wapna dolomitowego hydratyzowanego i ciasta wapiennego (wg EN 459-2):

- stopień zmielenia (pozostałość na sicie),
- zawartość wolnej wody,
- stałość objętości.

## Spoiwa hydrauliczne

## Spoiwa hydrauliczne

Spoiwa hydrauliczne mają zdolność wiązania i twardnienia zarówno na powietrzu jak i w środowisku wodnym. Wykazują tym samym odporność na działanie wody i powietrza. Spoiwa hydrauliczne są to materiały zawierające bezwodne i trwałe wobec wody tlenki nieorganiczne.

## Spoiwa hydrauliczne

Po zmieszaniu z wodą następuje proces wiązania i wytworzenia związków uwodnionych. Do grupy spoiw hydraulicznych należą:

- wapno hydrauliczne
- cementy portlandzkie
- cementy hutnicze, pucolanowe, wieloskładnikowe
- cement glinowy

## Spoiwa hydrauliczne – WAPNO HYDRAULICZNE

**Wapno hydrauliczne wg PN-EN 459-1**

- **wapno hydrauliczne naturalne (NHL)** (z ilastego lub krzemionkowego kamienia wapiennego),
- **wapno hydrauliczne (HL)** (z wapieni ilastych)

## Spoiwa hydrauliczne – WAPNO HYDRAULICZNE

- **Wapno hydrauliczne naturalne** – wapno wytwarzane poprzez wypalenie bardziej lub mniej ilastego lub krzemionkowego kamienia wapiennego, sproszkowane w procesie gaszenia, mielone lub niemielone.
- Wszystkie **NHL** mają **właściwości wiązania i twardnienia pod wodą**.
- Do procesu twardnienia przyczynia się atmosferyczny dwutlenek węgla (**CO<sub>2</sub>**).

## Spoiwa hydrauliczne – WAPNO HYDRAULICZNE

- **Wapno hydrauliczne naturalne z dodatkami (Z)** – wapno hydrauliczne naturalne, które może zawierać do 20% masy odpowiednich dodatków materiałów pucolanowych lub hydraulicznych. Są one dodatkowo oznaczone literą „Z”

## Spoiwa hydrauliczne – WAPNO HYDRAULICZNE

- **Wapno hydrauliczne (HL)** – wapno składające się głównie z wodorotlenku wapnia, krzemianów wapnia i glinianów wapnia, wytwarzane przez mieszanie odpowiednich surowców. Ma ono właściwości wiązania i twardnienia pod wodą. Do procesu twardnienia przyczynia się atmosferyczny dwutlenek węgla (**CO<sub>2</sub>**).

## Spoiwa hydrauliczne – WAPNO HYDRAULICZNE

Oznaczenie	Symbol
Wapno hydrauliczne 2	<b>HL 2</b>
Wapno hydrauliczne 3,5	<b>HL 3,5</b>
Wapno hydrauliczne 5	<b>HL 5</b>
Wapno hydrauliczne naturalne 2	<b>NHL 2</b>
Wapno hydrauliczne naturalne 3,5	<b>NHL 3,5</b>
Wapno hydrauliczne naturalne 5	<b>NHL 5</b>

## Spoiwa hydrauliczne – WAPNO HYDRAULICZNE

**Przykład oznaczenia wapna budowlanego:**

- wapno hydrauliczne 5 jest identyfikowane następująco:  
**EN 459-1 HL 5**
- wapno hydrauliczne naturalne 3,5 z dodatkiem pucolanowym jest identyfikowane następująco:
- **EN 459-1 NHL 3,5-Z**

## Spoiwa hydrauliczne – WAPNO HYDRAULICZNE

**Wymagania dotyczące wytrzymałości normowej  
wapna NH i NHL**

- Wytrzymałością normową wapna hydraulicznego i wapna hydraulicznego naturalnego są wartości wytrzymałości na ściskanie po 28 dniach, oznaczone zgodnie z EN 459-2:2001

## Spoiwa hydrauliczne – WAPNO HYDRAULICZNE

Rodzaj wapna budowlanego	Wytrzymałością na ściskanie, MPa	
	po 7 dniach	po 28 dniach
<b>HL 2 i NHL 2</b>	-	<b>≥ 2 do ≤ 7</b>
<b>HL 3,5 i NHL 3,5</b>	-	<b>≥ 3,5 do ≤ 10</b>
<b>HL 5 i NHL 5</b>	≥ 2	≥ 5 do ≤ 15 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> dla HL 5 i NHL 5 o gęstości nasypowej mniejszej niż 0,9 kg/dm<sup>3</sup> dopuszcza się wytrzymałość do 20 MPa

## Spoiwa hydrauliczne – WAPNO HYDRAULICZNE

**Wymagania właściwości fizycznych wapna hydraulicznego i  
wapna hydraulicznego naturalnego wg EN 459-2:**

- stopień zmielenia (pozostałość na sicie),
- zawartość wolnej wody,
- stałość objętości.

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

**Cementy**

Wyróżnia się:

- cementy powszechnego użytku
- cementy specjalne
- cement murarski
- cement portlandzki biały
- cement portlandzki ekspansywny
- cement glinowy

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

- Cementy powszechnego użytku (PN-EN 197-1) - hydrauliczne spoiwo mineralne, otrzymywane przez zmielenie klinkieru cementowego (K) z dodatkiem do 5% kamienia gipsowego lub dodatków:

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

- żużla (S),
- pyłu krzemionkowego (D),
- pucolany:
  - ✓ naturalnej (P)
  - ✓ przemysłowej (Q),
- popiołu lotnego:
  - ✓ krzemionkowego (V),
  - ✓ wapniennego (W),
- bądź wapienia (L, LL),

których ilości są różne i wynoszą 5-80%.

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

- **Klinkier cementowy** – otrzymuje się przez wypalenie w temperaturze spiekania ok. 1450°C mieszaniny surowców (zmielonych), zawierających wapień i glinokrzemiany (wapień, wapień marglisty, margiel, glina, itołupek). W produkcji czystego cementu portlandzkiego do przemiału klinkieru dodawany jest gips (do 5%) pełniący rolę regulatora czasu wiązania cementu.

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

Najważniejsze związki zawarte w produkcie wypalania to:

- **krzemian trójwapniowy (alit, 50-60%)**  
 $3 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
- **krzemian dwuwapniowy (belit, 15-28%)**  
 $2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
- **glinian trójwapniowy (8-11%)**  
 $3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
- **gliń żelazian czterowapniowy (brownmilleryt, 8-10%)**  
 $4 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

**Wiązanie i twardnienie cementu**

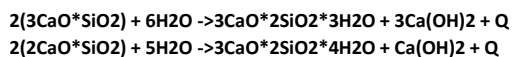
- Opracowane teorie utrzymują, że pierwszym etapem wiązania jest uwodnienie glinianu trójwapniowego. Jeśli cement nie zawiera substancji opóźniających, proces uwodnienia glinianu trójwapniowego jest szybki. W rezultacie następuje zesztynienie masy cementowej.
- Równolegle przebiega proces uwodnienia krzemianu trójwapniowego, z tym że uwodnienie glinianu jest szybkie, krzemianu zaś wolne.
- Po zakończeniu wiązania następuje długotrwały proces twardnienia, od którego zależą właściwości wytrzymałościowe i odpornościowe cementu.

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

- Proces ten następuje na skutek powolnych reakcji uwodnienia krzemianów wapniowych (trwających zwykle kilka miesięcy). Stwierdzono, że wytrzymałość cementu zależy głównie od krzemianu trójwapniowego osiągającego połowę swej wytrzymałości po 7 dniach, pełną zaś po 12 dniach. W mniejszym stopniu wytrzymałość cementu zależy od krzemianu dwuwapniowego krystalizującego bardzo wolno.

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

Reakcje zachodzące podczas wiązania cementu:



- **tworzenie soli Candlota (dodanie gipsu)**  
 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{CaSO}_4 + 31\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$
- **hydroliza glinianu trójwapniowego**  
 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

Nazwa cementu	Oznaczenia wg PN-EN 197-1	Zawartość dodatku mineralnego, %	Zakres stosowania
cement portlandzki	<b>CEM I</b>	-	Cementy powszechnego zastosowania w budownictwie ogólnym, przemysłowym i specjalistycznym, w tym budownictwo drogowe
cement portlandzki wieloskładnikowy	<b>CEM II/A</b> <b>CEM II/B</b>	<b>6 – 20</b> <b>21 – 35</b>	Cementy powszechnego zastosowania w budownictwie ogólnym, przemysłowym, w tym budownictwo drogowe
cement hutniczy	<b>CEM III/A</b> <b>CEM III/B</b> <b>CEM III/C</b>	<b>36 – 65</b> <b>66 – 80</b> <b>81 – 95</b>	Cementy powszechnego zastosowania w budownictwie ogólnym, przemysłowym, w tym szczególnie w budownictwie hydrotechnicznym oraz w budowach pracujących w warunkach zwiększonego zagrożenia korozyjnego
cement pucolanowy	<b>CEM IV/A</b> <b>CEM IV/B</b>	<b>11 – 35</b> <b>36 – 55</b>	Budownictwo ogólne, specjalistyczne, wodno-inżynierskie, betony narażone na agresję chemiczną
cement wieloskładnikowy	<b>CEM V/A</b> <b>CEM V/B</b>	<b>36 – 60</b> <b>60 – 80</b>	Budownictwo ogólne, specjalistyczne, wodno-inżynierskie

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

W zależności od składu klinkieru wyróżnia się cementy powszechnego użytku:

- cement portlandzki czysty CEM I (bez dodatków)
- cementy portlandzkie z dodatkami CEM II:
  - ✓ cement portlandzki żużlowy (S)  
CEM II/A-S i CEM II/B-S
  - ✓ cement portlandzki krzemionkowy (D)  
CEM II/A-D

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

- ✓ cement portlandzki popiołowy (V-krzemionkowy, W-wapienny)  
CEM II/A-V, CEM II/B-V  
CEM II/A-W, CEM II/B-W
- ✓ cement portlandzki łupkowy (T)  
CEM II/A-T, CEM II/B-T,
- ✓ cement portlandzki wapienny (L, LL)  
CEM II/A-L, CEM II/B-L,  
CEM II/A-LL, CEM II/B-LL
- ✓ cement portlandzki wieloskładnikowy (M)  
CEM II/A-M, CEM II/B-M

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

- cement hutniczy CEM III  
CEM III/A, CEM III/B, CEM III/C
- cement pucolanowy CEM IV  
CEM IV/A, CEM IV/B
- cement wieloskładnikowy CEM V  
CEM V/A, CEM V/B

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

Litery A, B i C w symbolach są przypisane różnym zakresom zawartości składników głównych.

Cementy portlandzkie różnią się między sobą cechami wytrzymałościowymi, które obrazuje **klasa wytrzymałości cementu**

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

**Klasa wytrzymałości cementu** - jest to symbol cyfrowy, który liczbowo odpowiada minimalnym wymaganiom wytrzymałościowym na ściskanie, po 28 dniach twardnienia zaprawy cementowej o normowym składzie i wyrażony jest w MPa.

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

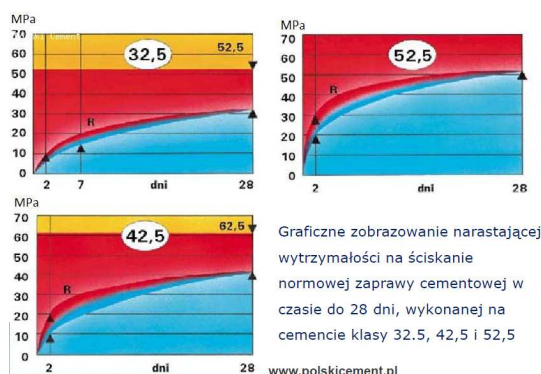
Wyróżnia się trzy klasy:

**32,5      42,5      52,5.**

Cementy o szybkim przyroście wytrzymałości w początkowym okresie twardnienia dodatkowo są oznaczone literą:

- **R – np. 42,5R**
- a normalnie twardniejące literą **N – np. 52,5N**

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT



## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

## Cementy portlandzkie - przykłady zapisu

- cement portlandzki  
PN-EN 197-1 CEM I 32,5R
- cement portlandzki  
PN-EN 197-1 CEM I 42,5R
- cement portlandzki  
PN-EN 197-1 CEM I 52,5R
- cement portlandzki biały  
CEM I 42,5

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

## Cementy portlandzkie z dodatkami

- cement portlandzki żużlowy  
PN-EN 197-1 CEM II/B-S 32,5R
- cement portlandzki żużlowy  
PN-EN 197-1 CEM II/B-S 42,5N
- cement portlandzki żużlowy  
PN-EN 197-1 CEM II/B-S 52,5N
- cement portlandzki wieloskładnikowy  
PN-EN 197-1 CEM II/B-M (V-LI) 32,5R

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

Klasa wytrzymałości cementu	Wytrzymałość na ściskanie, MPa			Czas wiązania		Stołość objętości
	wczesna		normowa	początek	koniec	
	2 dni	7 dni	28 dni	min	h	
32,5N 32,5R	- ≥ 10	≥ 16 -	≥ 32,5 ≤ 52,5	≥ 60	≤ 12	≤ 10
42,5N 42,5R	≥ 10 ≥ 20	- -	≥ 42,5 ≤ 62,5			
52,5N 52,5R	≥ 20 ≥ 30	- -	≥ 52,5	≥ 45	≥ 10	

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

Cementy specjalne

Wg PN-B-19707:2003 Cement. Cement specjalny. Skład, wymagania i kryteria zgodności cementy specjalne są klasyfikowane w zależności od ich właściwości, jako:

- cement o niskim cieple hydratacji - LH
- cement o wysokiej odporności na siarczany - HSR
- cement o niskiej zawartości alkaliów - NA

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

Ze względu na sposób i szybkość wiązania wyróżniamy cementy specjalne:

- cement ekspansywny,
- cement szybkotwardniejący,
- cement tamponażowy.



## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

Klasyfikacja nie jest ograniczona do jednej tylko cechy użytkowej, a zatem możliwe jest zakwalifikowanie cementu jako specjalnego ze względu na dwie lub trzy właściwości specjalne np. cement specjalny o wysokiej odporności na siarczany i o niskiej zawartości alkaliów.

**Uwaga! Cementy specjalne muszą spełniać podstawowe wymagania normowe stawiane cementom powszechnego użytku zgodnie z normą PN-EN 197-1**

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

Podstawowe wymagania dotyczą podziału cementu ze względu na:

- rodzaje i klasy wytrzymałości,
- rodzaje i właściwości składników,
- właściwości mechaniczne, fizyczne i chemiczne
- kryteria zgodności tych właściwości.

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

## Przykład zapisu

- cement portlandzki popiołowy  
**PN-B 19707 CEM II/B-V 32,5R - HSR**
- Cementy hutnicze
- cement hutniczy  
**PN-B 19707 CEM III/A 32,5N - LH/HSR/NA**
- cement hutniczy  
**PN-B 19707 CEM III/A 42,5N - NA**
- cement hutniczy  
**PN-B 19707 CEM III/B 32,5N - LH/HSR/NA**

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

## Inne spoiwa cementowe

- **cement murarski** – otrzymuje się przez wspólne zmielenie klinkieru, kamienia gipsowego oraz nienormowanych ilości dodatków hydraulicznych, pucolanowych i kamienia wapiennego. *Cement murarski 15 (PN-81/B-30003, PN-81/B-30003/A1:1996 oraz PN-81/B-30003/A2:1997) stosuje się do zapraw murarskich i tynkarskich, a także do sporządzania betonów niskich klas.*

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

## Inne spoiwa cementowe

- **cement portlandzki biały** (PN-90/B-30010, PN-90/B-30010/A1:1996 oraz PN-90/B-30010/A2:1997, PN-90/B-30010/Az3:2002) - zawiera minimalne ilości tlenków żelaza, tytanu i manganu (mniejsze jak 0,2%). Stosuje się go do robót elewacyjnych, dekoracyjnych, do produkcji elementów budowlanych oraz produkcji cementu kolorowego.

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

## Inne spoiwa cementowe

- **cement portlandzki ekspansywny** - wykazuje rozszerzalność (zwiększa objętość podczas wiązania). Stosowany do uszczelniania rur betonowych, łączenia elementów budowlanych.

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

## Inne spoiwa cementowe

- **cement glinowy** - otrzymywany z surowca bogatego w  $Al_2O_3$  (boksyt). Drugim surowcem jest wypalony  $CaO$ .

**Cement glinowy charakteryzuje:**

- wysoka wytrzymałość, krótki czas wiązania,
- nie jest odporny na działanie alkaliów
- stosowany przy pracach remontowych.

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

## Hydratacja cementu

- Cement po zetknięciu z wodą ulega hydratacji, czyli uwodnieniu
- Niezbędna ilość wody do hydratacji cementu waha się od 20 do 25% jego masy

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

- W początkowym okresie **gliniany wapniowe (CA)** uwadniają się **bardzo szybko** - zjawisko to należy hamować tak, aby nie dopuścić do przedwczesnego tężenia zaczynu
- Dodatek **siarczanu wapniowego (gips lub anhydryt)** powoduje spowolnienie tych procesów poprzez utworzenie uwodnionych siarczano-glinianów wapniowych otaczających ziarna glinianów.
- **Krzemiany wapniowe (CS)** ulegają wolniej uwodnieniu niż gliny, a procesowi hydratacji towarzyszy powstawanie wodorotlenku wapniowego i bardzo trwałej struktury uwodnionych krzemianów wapniowych (CSH).

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

- Żużel wielkopiecowy i popiół lotny wchodzi w reakcję chemiczną z utworzonym wodorotlenkiem wapniowym tworząc także uwodnione krzemiany wapniowe. Powstałe hydraty zagęszczają strukturę wpływając korzystnie na trwałość zaczynu cementowego

## Spoiwa hydrauliczne – CEMENT

## EFEKTY CIEPLNE

- Procesom hydratacji towarzyszy wydzielanie ciepła. Cementy portlandzkie wysokich klas w porównaniu z cementami zawierającymi dodatki, wydzielają znacznie większe ilości ciepła. W przypadku wznoszenia dużych maszyn betonowych należy stosować cementy o niskim cieple hydratacji, by nie dopuścić do powstania naprężeń termicznych prowadzących do powstania rys i mikrospekkań

Dziękuję za uwagę