Stavební materiály

Maltoviny

Maltoviny jsou anorganická prášková pojiva, která s vodou dávají zpracovatelnou směs, vykazující po určité době dostatečnou pevnost tvorbou nových sloučenin.

➢ **vzdušné**

- tuhnou a tvrdnou a jsou stálé na vzduchu, ve vodě se rozpadají
- sádra
- vzdušné vápno
- hořečnatá maltovina

➢ **hydraulické**

- po utuhnutí jsou stálé na vzduchu i pod vodou
- cement
- hydraulické vápno
- speciální pojiva (pucolány)

Sádra

- 7000 let př. n. l. – úpravy stěn
- 2000 let př. n. l. – zdící malty v pyramidách
- Římané – využití sádry v dekorativních prvcích
- 16. a 17. století – náhrada mramoru (sádra, vápno, klih, pigmenty), Paříž – protipožární ochrana dřevěných staveb (“Plaster de Paris”)

- 18. a 19. století – štuky v interiérech, s fermežovým nátěrem i do exteriéru
- dodnes – vnitřní omítky (pigmenty), sádrokartonové, sádrovláknité desky

➢ **rychletuhnoucí sádra** – $CaSO_4 \cdot ½H_2O$ (α, β)

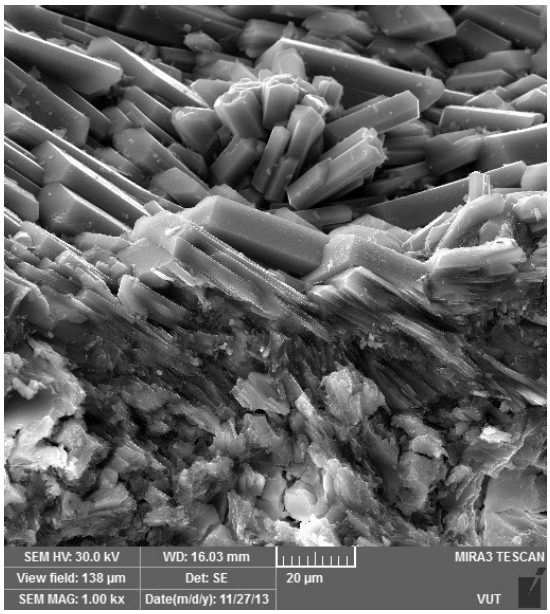
➢ **pomalutuhnoucí sádra** – směs $CaSO_4$, $CaSO_4 \cdot ½H_2O$ a CaO

➢ **anhydritová pojiva** – na bázi $CaSO_4$

➢ **směsné sádrové maltoviny** – de Wyldova, Scottova, Pariánská, Keenův cement

Suroviny pro výrobu sádry

Sádrovec **$CaSO_4 \cdot 2H_2O$** – **přírodní** (v usazených horninách) – bývá znečištěn $CaCO_3$, hlinitany, jíly, NaCl, Na_2SO_4; krystaluje v jednoklonné soustavě (tabulkovité krystaly), krystalická forma selenit – vláknitý, v ČR jediné naleziště u Kobeřic na Opavsku (obsah sádrovce 60–85 %), znečištěn jílovými minerály – **průmyslový** – *chemosádrovec* – odpad chemických výrob (! organické látky, těžké kovy), fosfosádrovec, titanosádrovec.



$CaO + H_2SO_4 + H_2O \longrightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O$

energosádrovec – odsiření spalin tepelných elektráren a tepláren, velmi čistý produkt

$$SO_2 + CaCO_3 + 1/2\ O_2 + 2\ H_2O \longrightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O + CO_2$$

Výroba sádry

Tepelný rozklad sádrovce probíhá ve dvou fázích

$CaSO_4 \cdot 2H_2O \longrightarrow CaSO_4 \cdot ½H_2O + 1½\ H_2O$ T = 105–170 °C

$CaSO_4 \cdot ½H_2O \longrightarrow CaSO_4 + ½\ H_2O$ T = 170–1000 °C

α-$CaSO_4 \cdot ½H_2O$ („zubařská sádra“)

$CaSO_4 \cdot 2H_2O \longrightarrow CaSO_4 \cdot ½H_2O + 1½\ H_2O$

T = 115–125 °C, p = 130 kPa (přetlak), autokláv, prostředí nasycené vodní párou

⇒ voda se uvolňuje kapalná, netvoří se poruchy mřížky ⇒ nižší spotřeba záměsové vody, velké krystaly – pomalejší rozpustnost – delší doba zpracovatelnosti – vysoká pevnost ztvrdlé sádry ⇒ dražší výroba

β-$CaSO_4 \cdot ½H_2O$ (běžně používaná sádra)

$CaSO_4 \cdot 2H_2O \longrightarrow CaSO_4 \cdot ½H_2O + 1½\ H_2O$

T = 105–160 °C, p = 101,3 kPa (normální tlak), rotační nebo šachtové pece

⇒ voda se uvolňuje v plynné fázi ⇒ nastává mechanické porušení mřížky, nakypření, menší krystaly ⇒ potřeba více záměsové vody – má větší povrch – vyšší hydratační teplo

Tuhnutí a tvrdnutí

- $CaSO_4 \cdot ½H_2O$ se rozpouští ve vodě (700 mg ve 100 g vody) – nasycený roztok hemihydrátu a přesycený roztok dihydrátu (256 mg ve 100 g vody) ⇒ krystalizace $CaSO_4 \cdot 2H_2O$

$$CaSO_4 \cdot ½H_2O + 1½\ H_2O \longrightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O$$

- počátek tuhnutí 4–7 min., doba tuhnutí 10–30 min.
- reakci lze zpomalit (klih, kasein, cukr, organické kyseliny, ethanol, ethery celulózy)
  - změna povrchových vlastností krystalů (tvorba filmů – org. kyseliny)
  - zpomalení tvorby krystalizačních zárodků (ovlivnění rozpustnosti hemihydrátu – ethery celulózy)
  - spojování nebo dispergace krystalů

kyselina vinná < kyselina jantarová < kyselina jablečná < kyselina citronová (použití 0,1% roztoku)

- NaCl, K_2SO_4, Na_2SO_4, KOH reakci urychluje – nižší pevnosti

Pevnostní třídy rychletuhnoucí sádry dle ČSN 72 2301

Třída pojiva	Pevnost v tlaku (MPa)	Třída pojiva	Pevnost v tlaku (MPa)	Třída pojiva	Pevnost v tlaku (MPa)
G – 2	2	G – 6	6	G - 16	16
G – 3	3	G – 7	7	G – 19	19
G – 4	4	G – 10	10	G – 22	22
G – 5	5	G – 13	13	G – 25	25

Pevnostní aspekty sádry

- čistota suroviny (sádra z přírodního sádrovce obsahuje jílové minerály, až 40 hm. %, nižší pevnosti)
- vodní součinitel = množství záměsové vody (snižování pevností s vyšším *v/s*), ideálně *v/s* = 0,45
- vlhkost sádry – vysušená má 2 × vyšší pevnosti

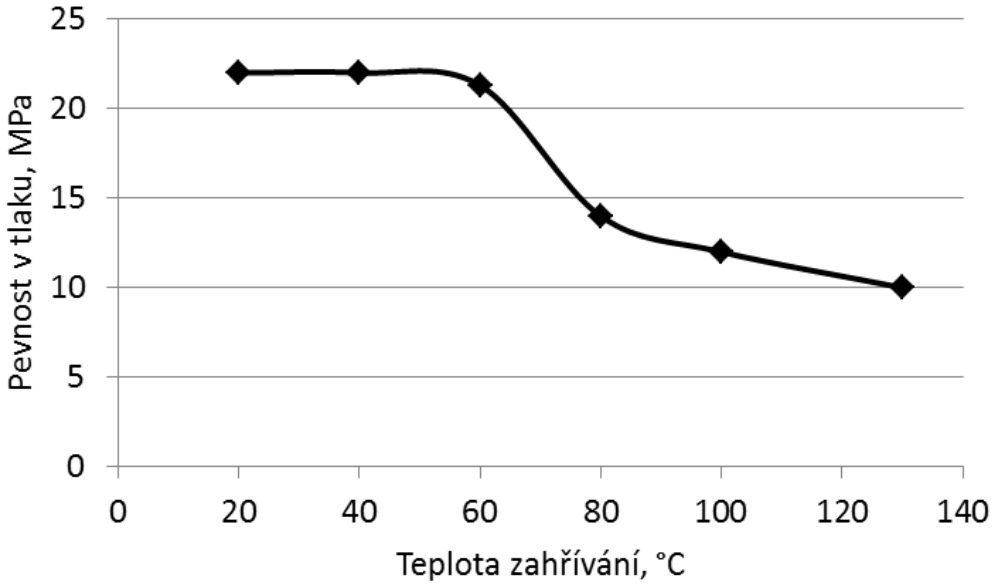
Porozita sádry

porozita = tvar, velikost a množství pórů ve struktuře materiálu

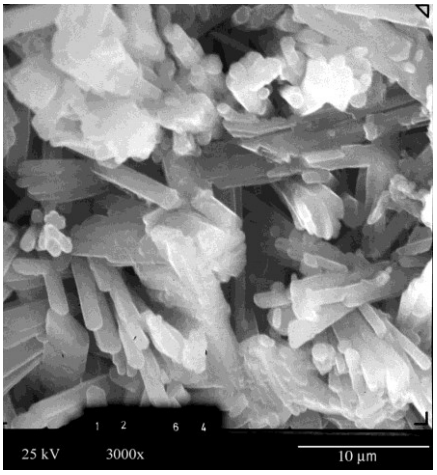
- odvíjí se od vodního součinitele, čím vyšší, tím vyšší porozita; dávku vody lze snížit použitím plastifikátorů – rozdružovací vliv na částice pojiva (obvyklá dávka 0,05–1 hm. %) – melaminformaldehydové pryskyřice, melaminsulfonany, naftalensulfonany, polykarboxyláty

Tepelná stabilita sádry

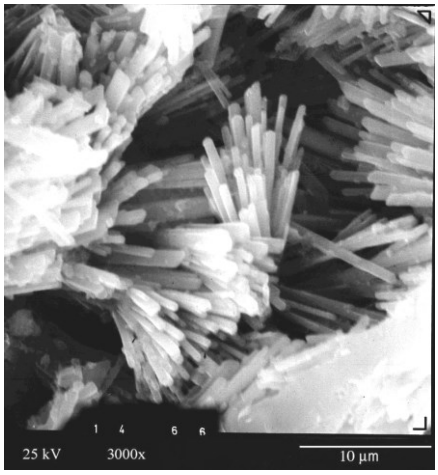
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ – stálý do 50 °C, poté uvolňuje krystalovou vodu ⇒ nelze sádru bez rozkladu dokonale vysušit



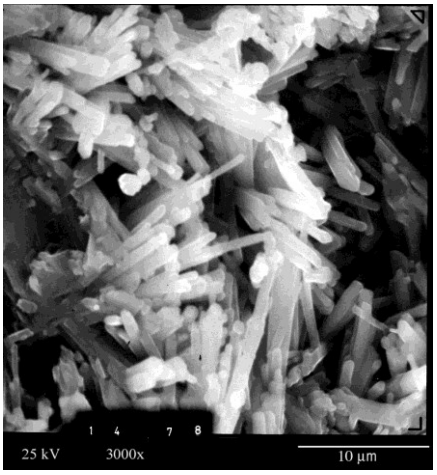
Závislost pevnosti v tlaku na teplotě zahřívání sádry



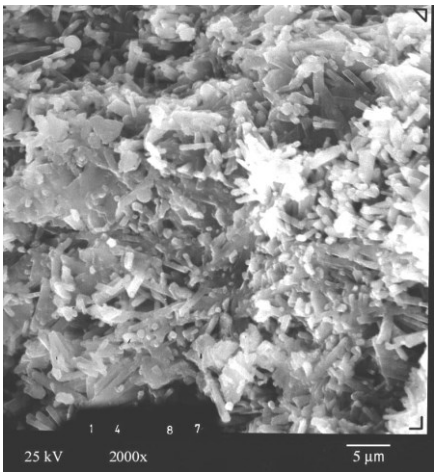
20 °C



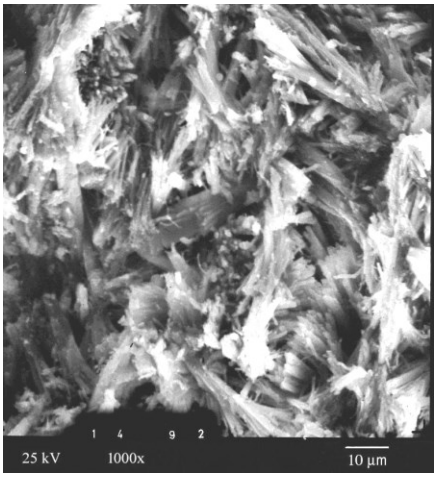
40 °C



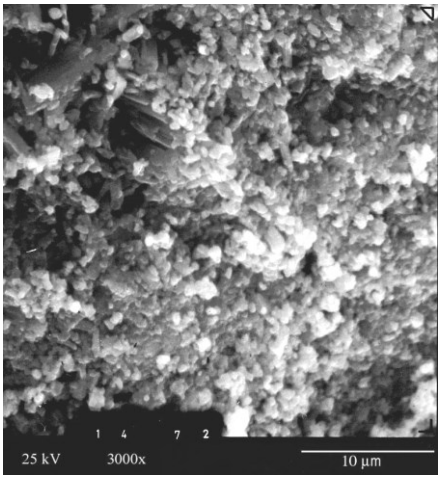
60 °C



80 °C



100 °C



130 °C

Pomalutuhnoucí (vysokoteplotní) sádra

- vyráběla se v minulosti zahříváním kusů sádrovce nad teplotu 600 °C
- velké kusy sádrovce se nerozloží úplně až na anhydrit
- směs $CaSO_4$ (75–85 %), CaO (2–4 %) a $CaSO_4 \cdot ½H_2O$ (8–15 %)
- tuhnutí a tvrdnutí

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + \text{teplo}$$

$$CaSO_4 \cdot ½H_2O + 1½\ H_2O \longrightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O$$

$$CaSO_4 + 2\ H_2O \longrightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O$$

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$$

- počátek tuhnutí 2 až 5 h, doba tuhnutí 4 až 6 h

Použití sádry

- štukatérské práce
- omítky – regulace RH
- opravy; uchycení elektroinstalace
- sádrokartonové desky, sádrovláknité desky
- umělý mramor

Anhydritová maltovina

- anhydritové pojivo = $CaSO_4$ + budič hydratace
- přírodní anhydrit nebo sádrovec vypálený na 750 °C → mletí s budičem
- budiče – síranové ($NaHSO_4$, $KHSO_4$, K_2SO_4, Na_2SO_4)
  – zásadité (CaO, CaO + MgO, granulovaná vysokopecní struska)
  – směsné ($ZnSO_4$ + K_2SO_4, p-cement + Na_2SO_4)

- použití – samonivelační bezespáré podlahy, vnitřní omítky, tepelně izolační výrobky

Směsné sádrové maltoviny

používaly se hlavně v minulosti – zvýšení pevnosti a odolnosti sádrových pojiv

- de Wyldova sádrovina – $CaSO_4 \cdot ½H_2O$ + vodní sklo, zahřátí na 150–250 °C
- Scottova sádrovina – výpal anhydritu s vápnem do slinutí
- Pariánská sádrovina – výpal anhydritu s boraxem na 600 °C
- Keenův cement – výpal sádrovce s kamencem ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$) na 650 °C

Hořečnatá (Sorelova) maltovina

- vzdušná maltovina – směs MgO + ⊙ $MgCl_2$ ($MgSO_4$)
- tvrdne na velmi pevnou hmotu (až 150 MPa) podle plniva

Reakční mechanismus – závisí na poměru surovin a koncentrace ⊙ $MgCl_2$

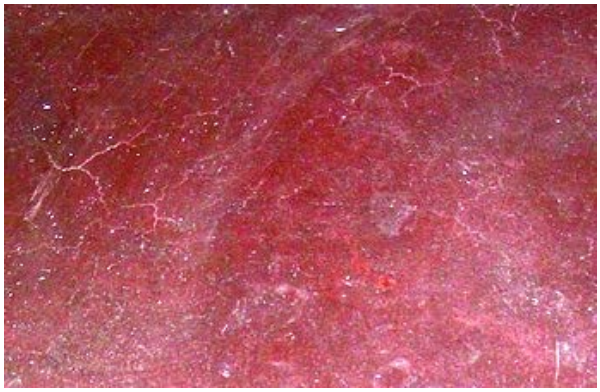
$$x\,MgO + MgCl_2 + y\,H_2O \longrightarrow xMgO \cdot MgCl_2 \cdot yH_2O$$
(x = 3 až 10, y = 7 až 18)

- čím vyšší koncentrace $MgCl_2$, maltovina pomaleji tuhne a má větší pevnost
- maltovina je málo odolná vůči vodě, H^+ a OH^- ⇒ nutno hydrofobizovat
- plniva: SiO_2 písek, SiC, korund – vysokopevnostní výrobky

organická plniva (piliny, korek, kůra) – tepelně izolační výrobky

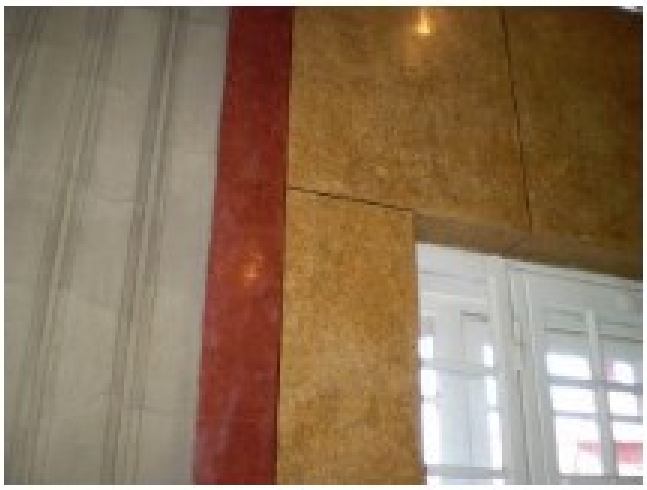
Použití

- mlýnské kameny
- základy pro těžké stroje (dříve)
- podlahy – xylolit



- heraklit – desky z dřevité vlny

- akustolit – jemně drcená pemza (omítkovina)
- dekorativní omítky



Historie výroby vápenných pojiv

- Vápno nalezeno v pojivu staveb datovaných několik tisíc let př. n. l.
- 2650 let př. n. l. Cheopsova pyramida
- Féničané v 10. století př. Kr. – použití pucolánově reagujících příměsí
- Římané – pucolány od Puzzuoli ± 100 let kolem začátku letopočtu
- r. 12-41 – výstavba přístavu v Neapoli
- r. 98-138 – vodovod z Eifelu do Kolína nad Rýnem
- Řecko – pucolány - z ostrova Santorini
- Kolem r. 1200 – Nizozemci používali tras (vyvřelina)
- V Itálii ve středověku rozlišovali
  „slabě vápenné malty“ – ze vzdušného vápna
  „silně vápenné malty“ – z hydraulického vápna
- R. 1520 Biviagarcio – stavěl z vápence znečištěného hydraulickými přísadami

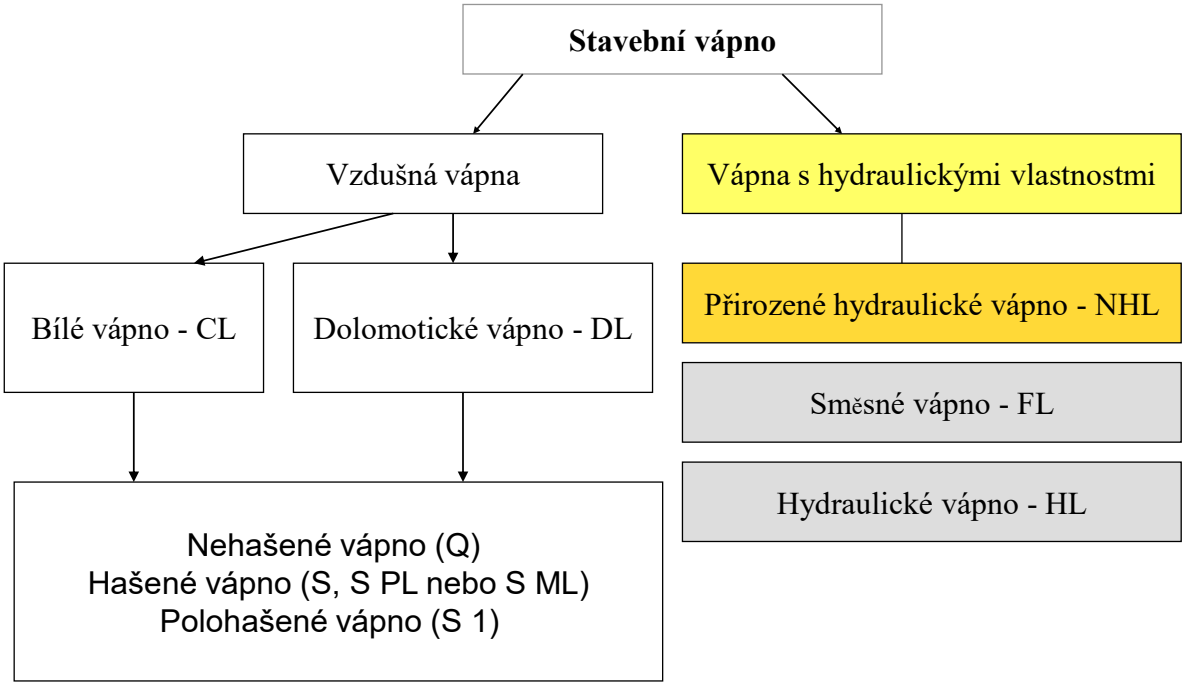
- R. 1570 – Palladio – vápence od Padovy ⇒ začátek výroby přirozeného hydraulického vápna
- 2. pol. 18. stol. – Vicat cíleně přidával při pálení vápna jíl ⇒ hydraulické vápno
- První vápenka na našem území patřila klášteru v Břevnově ~ 999
- Za vlády Karla IV. – těžba a výroba vápna situována do dnešních čtvrtí Prahy: Podolí, Zlíchov, Radlice a Braník
- Branické vápno – známé jako „pasta di Praga“ – hydraulické vlastnosti a užívalo se i pro vodní stavby
- Na území Brna a v okolí – archeologické nálezy pozůstatků vápenek
- V 19. století a v 1. polovině 20. století – velký rozvoj vápenictví
- Historie výroby hydraulického vápna, románského a portlandského cementu se prolínají – mezník: Joseph Aspdin 21. 10. 1824 udělen Britský Patent BP 5022 s názvem *An Improvement in the Mode of Producing an Artificial Stone*
- 1844 I. Ch. Johnson vypálil přesně připravenou směs jílů a vápence až do úplného slinutí (1470 °C) a vyrobil portlandský cement se všemi slínkovými minerály

Vápno

➢ suroviny pro výrobu – vápence nebo dolomitické vápence
  – podle obsahu barvicích oxidů – bílé nebo zbarvené vápno (Fe_2O_3)

➢ vápno - technický název pro CaO o různém stupni čistoty
- vzdušné – vysoký obsah CaO – je stálé na vzduchu
- hydraulické – obsahuje hydraulické složky (SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3) – po utuhnutí tvrdne a je stálé i pod vodou

Druhy vápna podle ČSN EN 459-1



Vápno bílé – vzdušné

Druh bílého vápna	Hodnoty jsou uvedeny v hmotnostních procentech				
	CaO + MgO	MgO	CO_2	SO_3	Volné vápno
CL 90	≥ 90	≤ 5	≤ 4	≤ 2	≥ 80
CL 80	≥ 80	≤ 5	≤ 7	≤ 2	≥ 65
CL 70	≥ 70	≤ 5	≤ 12	≤ 2	≥ 55

Výroba

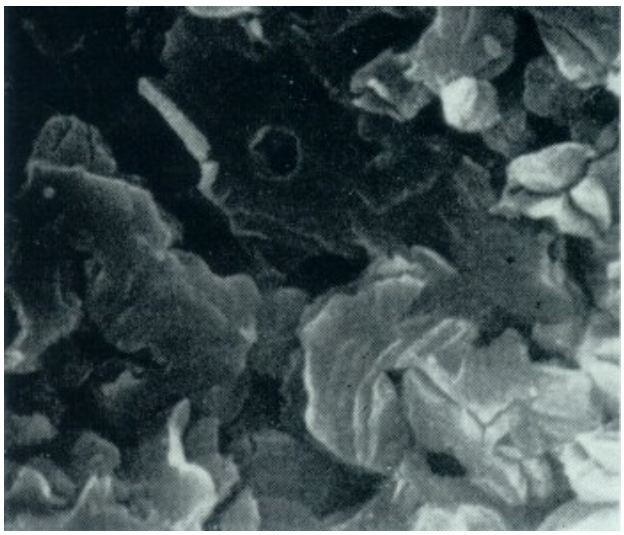
- $CaCO_3$ se rozkládá nad teplotu 800 °C

$$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2 \qquad \Delta H = 174{,}4\ kJ\cdot mol^{-1} \sim 1780\ kJ\cdot kg^{-1}$$

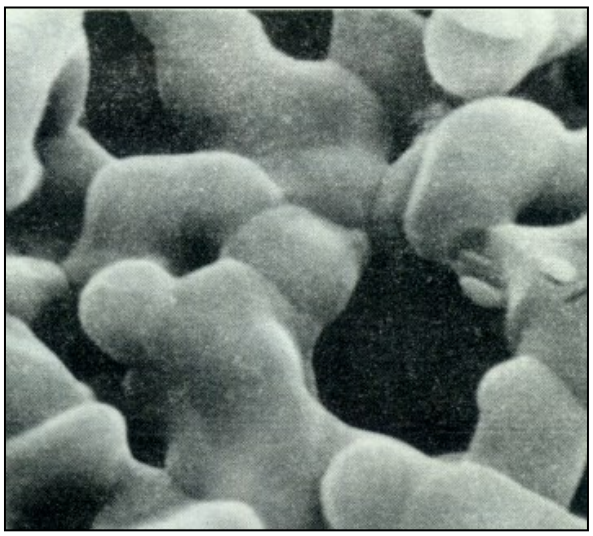
kalcinace nebo též *dekarbonatace*

- rychlost rozkladu závisí na – teplotě
  – relativním tlaku CO_2 v okolí
  – struktuře vápence
  – velikosti zrn

- malá rovnoměrná zrna ⇒ kvalitní vápno
- velká zrna ⇒ přepal – slinutí – pomalá hydratace zrn
  ⇒ nedopal – uzavřený $CaCO_3$ v zrnu
- **měkce pálené vápno** (900–1100 °C) – rychle hydratuje, velký měrný povrch, velká porozita, větší vydatnost vápna a plasticita
- **tvrdě pálené vápno** (1100–1250 °C) – pomalu hydratuje, zatavený povrch, hutnější struktura, nižší vydatnost a plasticita



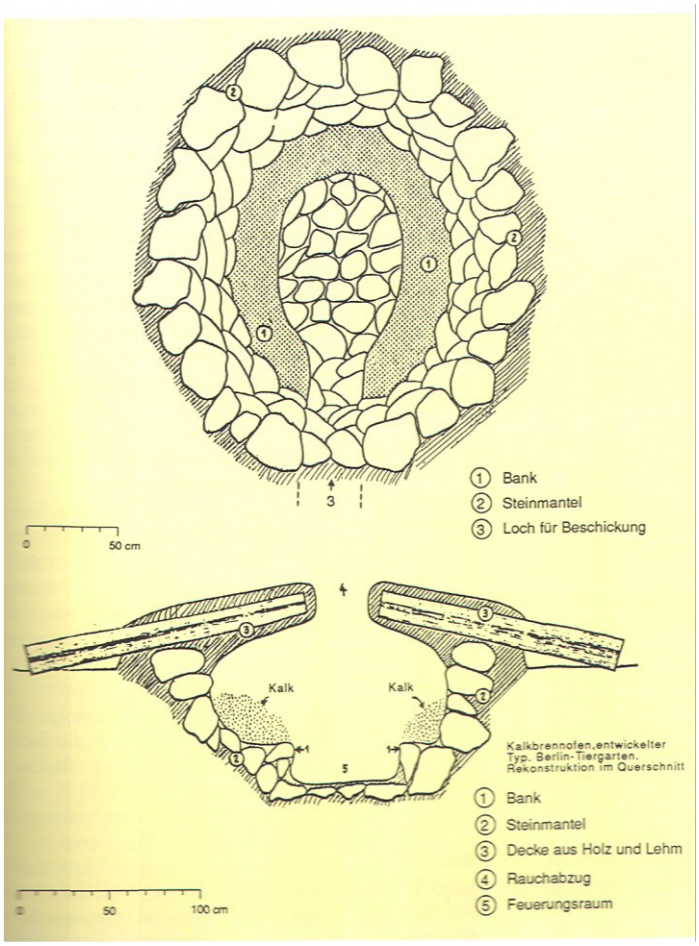
M



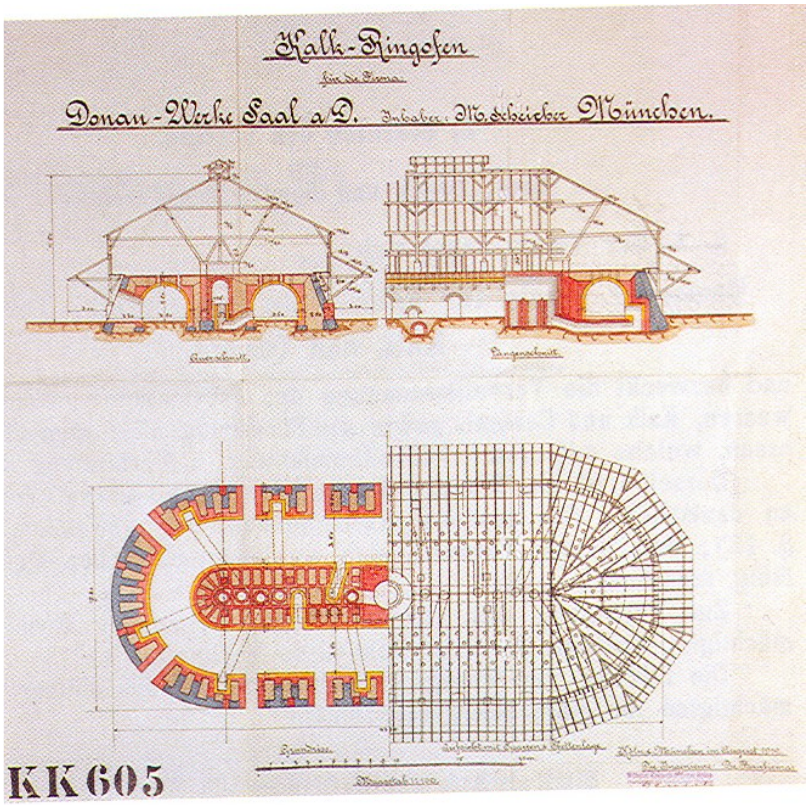
T

Typy vápenických pecí

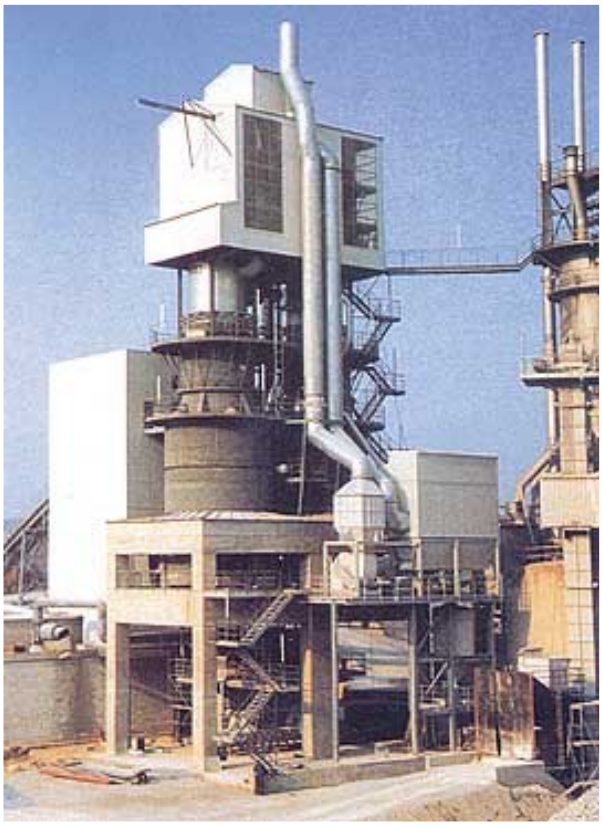
➢ historické

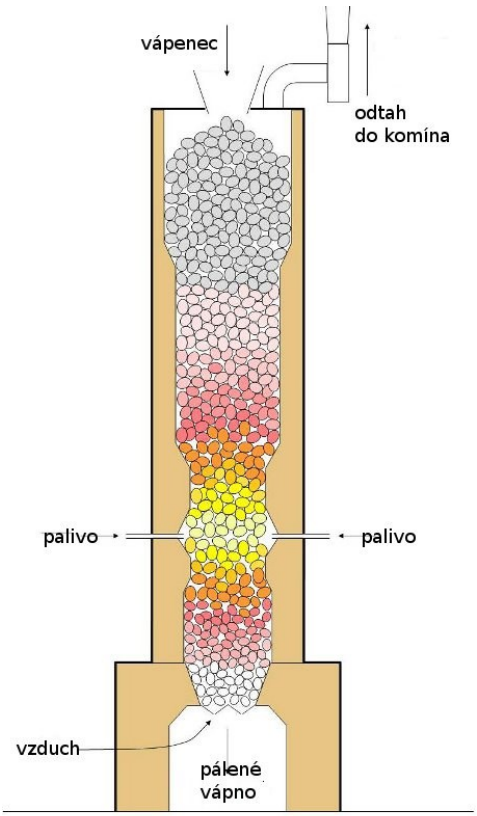


➢ kruhové – malá mechanizace → měkce pálené vápno



- šachtové – automatizace → tvrdě pálené vápno



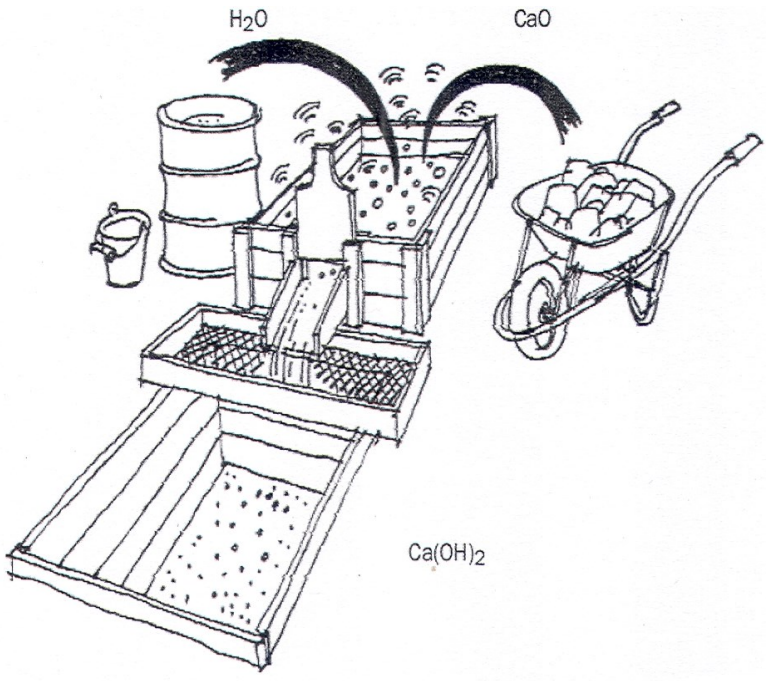


- rotační – automatizovaný provoz → tvrdě pálené

Hašení vápna

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 \qquad \Delta H = -65\ kJ \cdot mol^{-1} \sim 1180\ kJ \cdot kg^{-1}$$

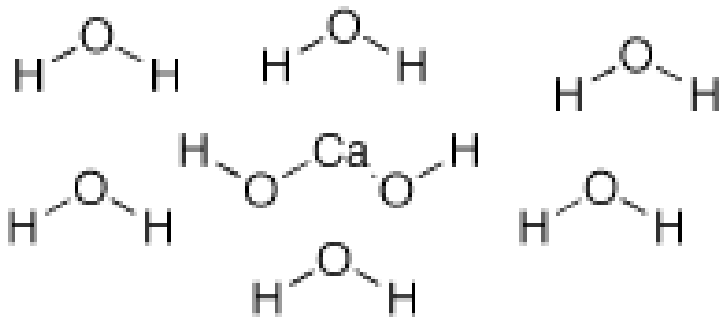
- na 100 kg CaO je třeba 32,14 l vody
- mokrý způsob hašení vápna = příprava vápenné kaše – přebytek vody 240 až 320 l H_2O/100 kg vápna – teplota nesmí přesáhnout 100 °C – vznik shluků nezhydratovaných zrn CaO, nebezpečí dohydratování v omítce či v nátěru ⇒ „vystřelování“ omítek

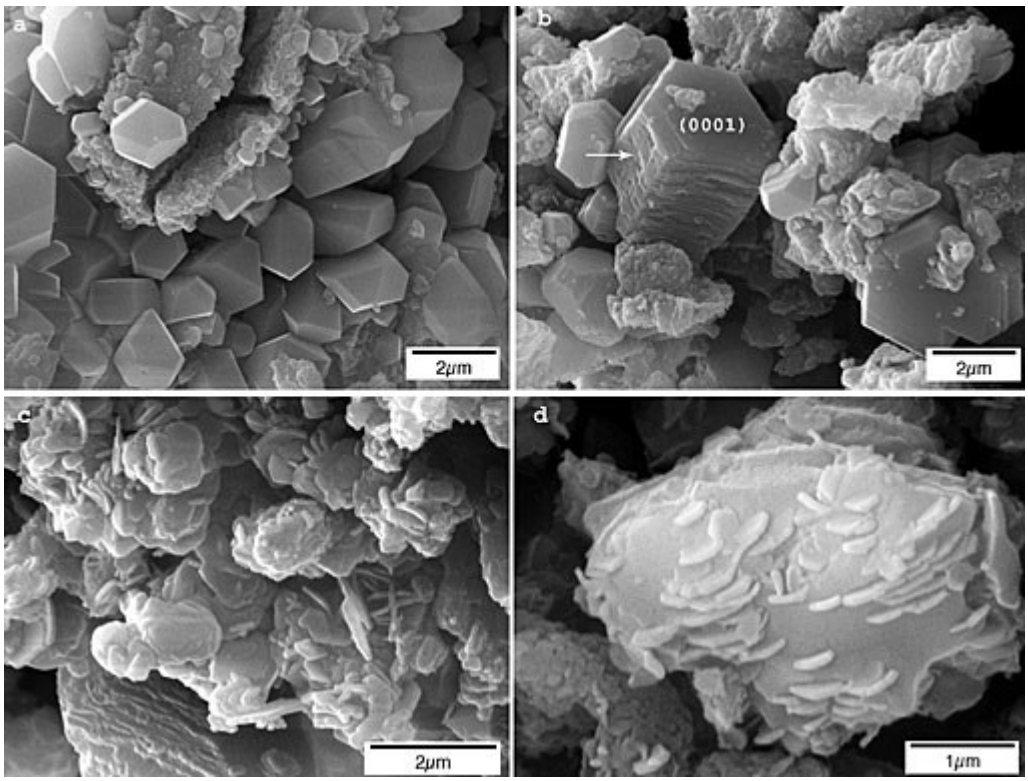


Měkce pálené vápno – 100 kg páleného vápna se vnese do 200–250 l H_2O za intenzivního míchání

Tvrdě pálené vápno – v hasnici se polije menším množstvím vody, po započatí hašení se přidá další voda za intenzivního míchání. Udržuje se při varu, nesmí se „utopit“.

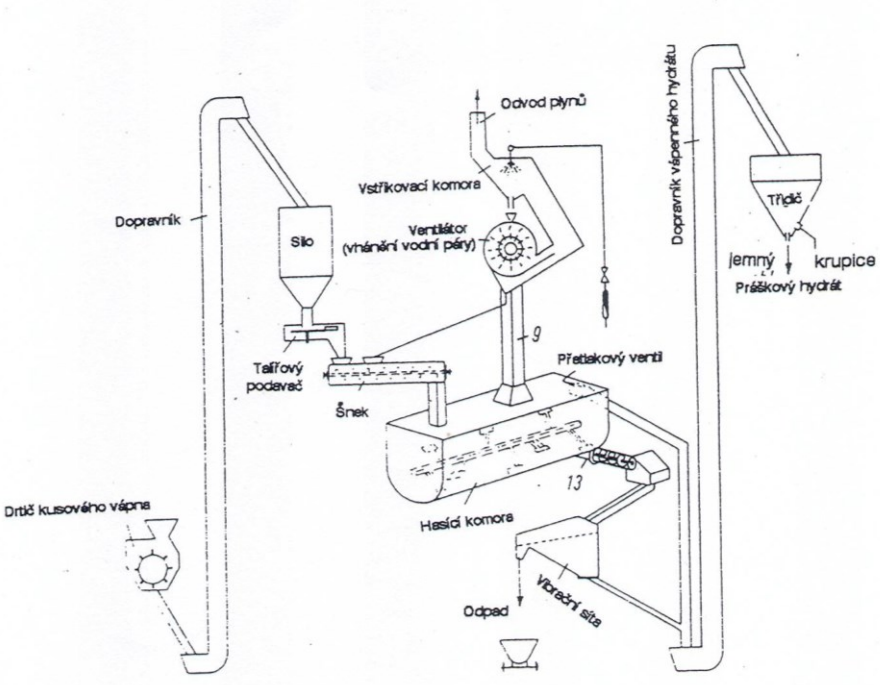
hašené vápno $Ca(OH)_2$ – vzniklý reakcí CaO s vodou ⇒ reaktivní, má charakter hydrogelu





a) čerstvá vápenná kaše
b) 2 měsíce stará vápenná kaše
c) 6 měsíců stará vápenná kaše
d) 2 roky stará vápenná kaše

➢ suchý způsob hašení vápna – ve vápenkách, voda v malém přebytku 60 až 70 l/100 kg vápna → *vápenný hydrát* (práškové hašené vápno), hydratační teplo způsobí odpaření přebytečné vody



Hydroxid vápenatý – $Ca(OH)_2$ - vlastnosti a formy používané ve stavebnictví

- silný hydroxid
- málo rozpustný – rozpustnost klesá s ↑ teplotou

  20 °C ~ 160 mg $Ca(OH)_2$ ve 100 g H_2O

  80 °C ~ 80 mg $Ca(OH)_2$ ve 100 g H_2O

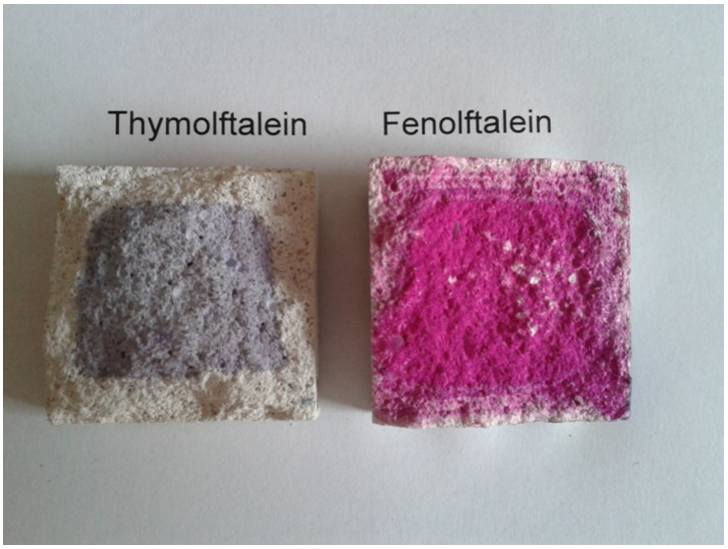
- pH nasyceného ⊙ ~ 12,45 při 25 °C
- snadno reaguje se vzdušným CO_2 za tvorby $CaCO_3$ na povrchu zrn – nutná ochrana

- ve stavebnictví se používá ve formě:
  - *vápenné vody* – čirý roztok $Ca(OH)_2$ (zpevňování vápenných omítek)
  - *vápenného mléka* – suspenze $Ca(OH)_2$ s obsahem sušiny do 20 % (nátěry)
  - *vápenné kaše* – suspenze $Ca(OH)_2$ s obsahem sušiny okolo 50 % (zdící a omítkové malty)
  - *vápenného hydrátu* – práškový $Ca(OH)_2$ (zdící a omítkové malty)

Tuhnutí a tvrdnutí

- odsátí vody porézním materiálem
- karbonatace

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$$



Dolomitické vápno

Dekarbonatace dolomitu probíhá ve dvou stupních:

$CaMg(CO_3)_2 \longrightarrow CaCO_3 \cdot MgO + CO_2$

$CaCO_3 \cdot MgO \longrightarrow CaO \cdot MgO + CO_2$

- obsahuje > 5 % MgO, světlešedé, menší vydatnost a pomalejší reakce s vodou
- hydratací vzniká směs $Ca(OH)_2$ a $Mg(OH)_2$
- nízká rozpustnost $Mg(OH)_2$ omezuje jeho reaktivitu
- karbonatací vzniká $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ a hydromagnezit $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$.

Druh dolomitického vápna	**Hodnoty jsou uvedeny v hmotnostních %**			
	CaO + MgO	**MgO**	**CO_2**	**SO_3**
DL 90-30	**≥ 90**	**≥ 30**	**≤ 6**	**≤ 2**
DL 90-5	**≥ 90**	**> 5**	**≤ 6**	**≤ 2**
DL 85-30	**≥ 85**	**≥ 30**	**≤ 9**	**≤ 2**
DL 80-5	**≥ 80**	**> 5**	**≤ 9**	**≤ 2**

Použití vápna

- malty ke zdění a omítání
- restaurátorské techniky (zpevňování omítek, nátěry)
- vápenokřemičité materiály ($CaO + SiO_2$ – autokláv)
- plynosilikáty ($CaO + SiO_2 + Al$ + cement – autokláv)

Vlastnosti vápna – ČSN EN 459-2

- chemická analýza
- jemnost
- pevnost v tlaku
- objemová stálost
- vydatnost
- reaktivita
- zkoušky na normalizované maltě – penetrace, retence vody, stanovení obsahu vzduchu v čerstvé maltě

Hydraulická vápna (NHL, FL, HL)

Obsahují více než 10 % hydraulických složek – SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3

Přirozené hydraulické vápno (NHL)

Výroba: z vápenců s obsahem jílů – teplota 900– 1100 °C

- při pálení vznikají hydraulické sloučeniny podobně jako v portlandském cementu

  vápenec + jíly $\rightarrow$ CaO + křemičitany a hlinitany vápenaté ($2CaO \cdot SiO_2$ + $3CaO \cdot Al_2O_3$ + $2CaO \cdot Fe_2O_3$ + $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$)
- vzhledem k nižší teplotě pálení neobsahuje $3CaO \cdot SiO_2$

Hydraulický modul

$$M_H = \frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3}$$

$M_H < 1,7 \rightarrow$ Románský cement } nehasí se
$M_H \sim 1,7 – 3 \rightarrow$ silně hydraulické vápno
$M_H = 3–6 \rightarrow$ středně hydraulické vápno } hasí se
$M_H = 6–9 \rightarrow$ slabě hydraulické vápno
$M_H > 9 \rightarrow$ vzdušné vápno

Tuhnutí a tvrdnutí

➢ při tuhnutí a tvrdnutí vznikají obdobné sloučeniny jako při hydrataci cementu

hydraulické složky + H_2O ⟶ CSH-gely + CAH

$Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$

Pevnosti: 2 až 15 MPa (značení NHL 2, NHL 3,5, NHL 5)

Směsné vápno (FL)

➢ vzdušné vápno + hydraulické nebo pucolánové příměsi + doplňující složky (vápenec, organické přísady, anorganické přísady)

➢ tvrdnutí – konkurenční reakce:

- karbonatace

$Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$

- pucolánová reakce

$Ca(OH)_2$ + pucolán + n H_2O ⟶ CSH + CAH

- hydraulická reakce

$Ca(OH)_2$ + hydraulická příměs + n H_2O ⟶ CSH + CAH

➢ vyšší pevnosti než malty na bázi vzdušného vápna

Hydraulické vápno (HL)

směs vápenného hydrátu – min. 4 % a dalších hydraulických a pucolánových příměsí (cement, struska, keramický střep, trass, mikrosilika, popílky)

Pucolány

Pucolán je křemičitý nebo hlinitokřemičitý materiál, který sám o sobě má malé nebo žádné pojivé vlastnosti, ale v jemně mleté formě a v přítomnosti vlhkosti reaguje s hydroxidem vápenatým při běžných teplotách za tvorby sloučenin s významnými pojivými vlastnostmi.

Mohou nahradit část hydraulického pojiva v maltách a betonech, zlepšují mechanické a trvanlivostní vlastnosti vápenných malt.

- v antice při stavbě objektů v kontaktu s vodou (akvadukty, vodovody, přístavní hráze)

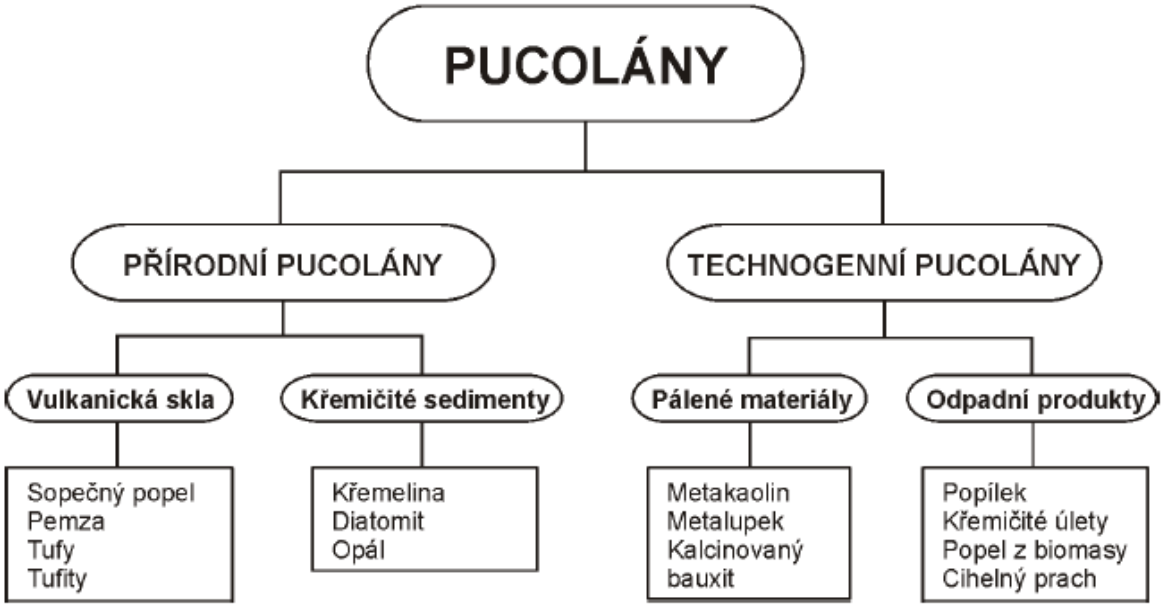
Pucolánová aktivita – míra schopnosti amorfního SiO_2 reakce s $Ca(OH)_2$ za vzniku hydratovaných křemičitanů vápenatých. Udává se v mg $Ca(OH)_2$ na 1 g pucolánu.

$$amorf.\ SiO_2 \xrightarrow[H_2O]{Ca(OH)_2} CSH\ gel$$

$$amorf.\ AS \xrightarrow[H_2O]{Ca(OH)_2} CSH + CAH$$

- pucolány neobsahují žádné nebo jen velmi malé množství CaO – odlišení od hydraulických příměsí (struska)

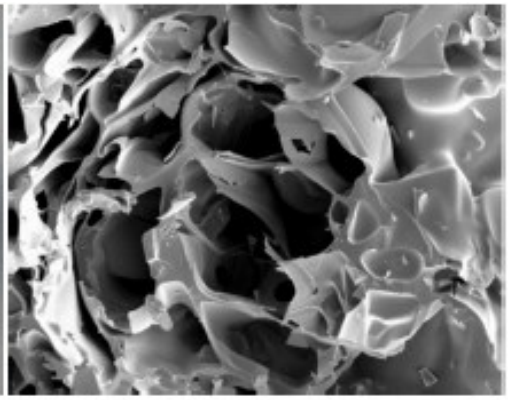
pucolánová aktivita závisí na chemickém a mineralogickém složení, obsahu amorfní fáze, velikosti částic



Přírodní pucolány

- vulkanické: sopečný popel – kousky hornin, minerálů a skla uvolněné při sopečné erupci (velikost < 2 mm)

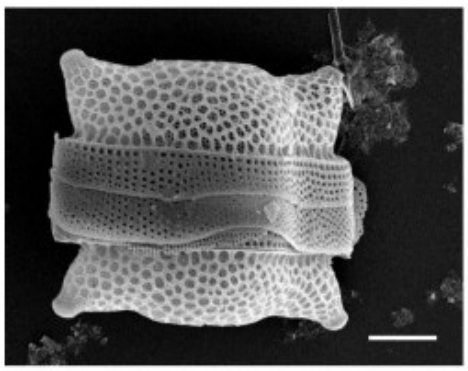
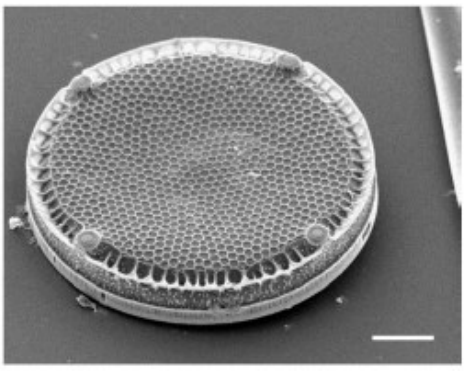
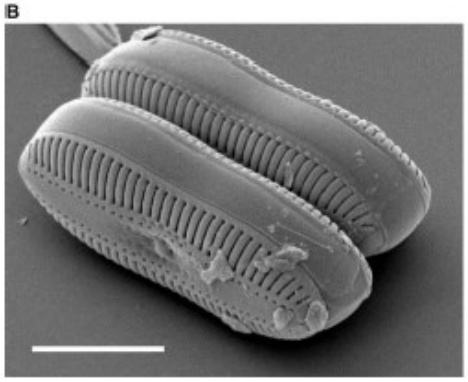
  pemza – rychle zchlazená hornina naplněná plynem – porézní (póry < 100 μm), nízká objemová hmotnost, bílá až šedá s drsným povrchem

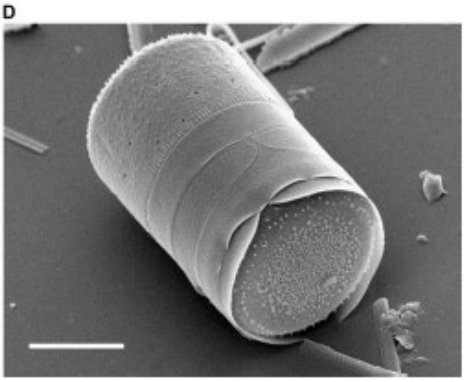


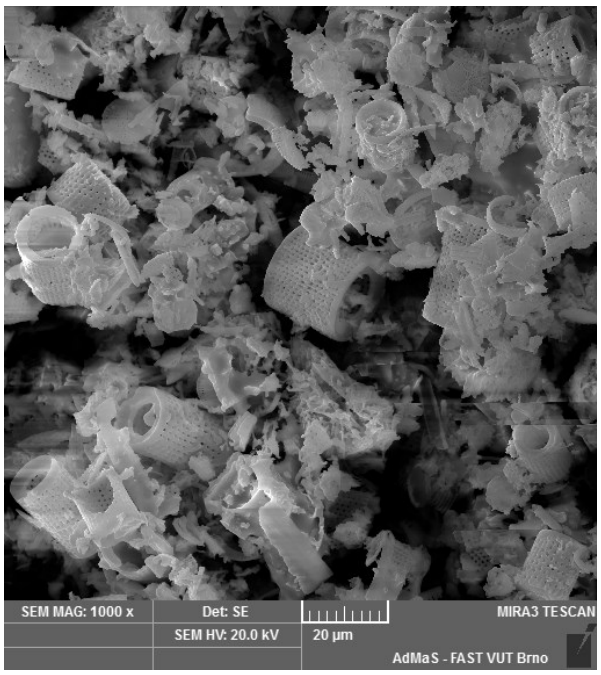
  tufy – horniny ze sopečného popela vyvrženého během sopečné erupce a postupem času zpevněného na souši do jednolité masy (Vesuv, Puzzuoli)

  tufity – zpevněné ve vodě (obsahují jíly)

- sedimentární: křemelina – zemitá forma SiO_2 – schránky jednobuněčných rozsivek + jíly (kaolinit, illit), diatomit – zpevněná hornina vzniklá z křemeliny,





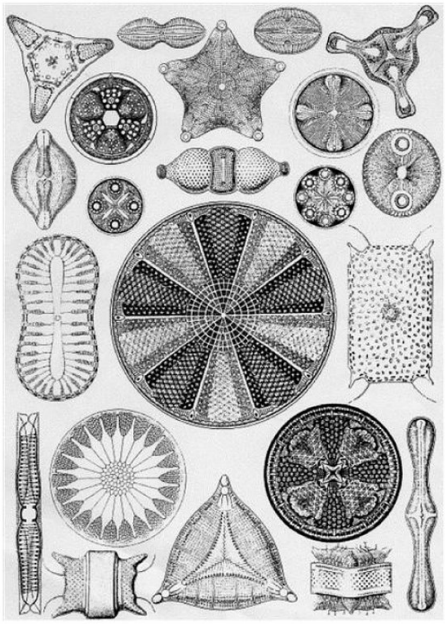


FIGURE 2 The variety of marine diatoms as illustrated by E Haeckel

opál – $SiO_2 \cdot nH_2O$ vznikají druhotnou přeměnou křemičitanů (rozsivky, mořské houby)

chalcedon – dehydratační produkt opálu – kryptokrystalický SiO_2 (přechod mezi amorfním a krystalickým SiO_2)

Technogenní pucolány

- pálení jílových surovin → metakaolin (750 °C)

$$2SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 2H_2O \longrightarrow 2SiO_2 \cdot Al_2O_3 + 2\ H_2O$$

kaolinit *metakaolinit*

- elektrárenské popílky s vysokým obsahem amorfního SiO_2
- popel z biomasy – sláma, rýžové slupky (až 95 % amorfního SiO_2)
- mletý keramický střep
- mikrosilika = amorfní SiO_2 o velikosti částic 0,2 až 2 µm a velkém povrchu – odpad při výrobě FeSi a Si
- skleněný prach

Hydraulicky reagující příměsi

- **vysokopecní granulovaná struska** (zásaditý charakter – obsahuje CaO), vysoký podíl amorfní fáze (SiO_2, Al_2O_3), z minerálů – akermanit (C_2MS_2), gehlenit (C_2AS), merwinit (C_3MS_2), belit (β-C_2S), wollastonit (β-CS)
  - rychle zchlazená = granulovaná (zabránění krystalizace)
  - vykazuje *latentně hydraulické vlastnosti* – v přítomnosti aktivátoru ($Ca(OH)_2$, NaOH, vodní sklo) reaguje za vzniku hydratovaných vápenatých a hořečnatých křemičitanů a hlinitanů, které mají pojivé vlastnosti a pevnost

Modul zásaditosti: $$M_Z = \frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3}$$

Zásadité strusky $M_Z > 1$ – vhodné do betonů, omítek jako aktivní příměs

Kyselé strusky $M_Z < 1$ – nevhodné do betonů a omítek

Strusky mohou podléhat změnám struktury

- silikátový rozpad je přeměna β-C_2S na γ-C_2S – zvětšení objemu o 10 %
- železnatý rozpad nastává při oxidaci FeS, kde Fe^{2+} přejde na Fe^{3+} a objem se zvětší o 40 %
- manganatý rozpad představuje reakci MnS s vodou

$$MnS + 2\ H_2O \longrightarrow Mn(OH)_2 + H_2S$$

pomalé procesy – mohou způsobit vážné poruchy konstrukcí

Jíly

- nezpevněné usazené horniny s obsahem jílových minerálů s velikostí částic menší než 2 μm (zpevněním vznikají jílovce a jílovité břidlice)

- za vlhka jsou plastické a soudržné, po vysušení/vypálení jsou pevné a křehké (sypké)

Typické jílové minerály (hlinitokřemičitany):

- kaolinit – $Al_2Si_2O_5(OH)_4$,
- vermikulit – $(Mg,Fe,Al)_3(Al,Si)_4O_{10}(OH)_2 \cdot 4(H_2O)$,
- illit (jílová slída) – $(K,H_3O)(Al,Mg,Fe)_2(Si,Al)_4O_{10}[(OH)_2,(H_2O)]$
- montmorillonit – $(Ca,Na)MgAl_2(Si_4O_{10})\ (OH)_2 \pm nH_2O$

- vrstevnaté krystalické struktury, střádají se vrstvy hlinitanů a křemičitanů (deskovité krystaly)
- vždy obsahují i jiné doplňkové minerály (křemen, slídy, živce, vápenec)
- ve vlhkém stavu mohou být použity pro podezdívkové malty, dusané podlahy, pojivo hliněných omítek, těsnící vrstva
- obalení stěn a stropů z proutí, rákosí, bambusu, konopí, lnu – izolační materiál
- cihlářství, keramické výrobky

V minulosti výroba **nepálených cihel** (vepřovic)

- smísení hlíny s vysokým obsahem jílů, organického materiálu (plevy, sláma, chlévská mrva) a vody ve vhodném poměru
- naplnění forem a vysychání na slunci
- použití hlavně v interiéru (vysoká nasákavost, nízká mrazuvzdornost, velmi dobré akumulační vlastnosti)

V současnosti znovuobnovení produkce

- cihlářská surovina + písek = plastická hmota
- vytlačování extrudérem přes formu a řezání na požadovaný rozměr
- sušení

Hliněná omítka

Moderní nepálená cihla

Příklady staveb s využitím hliněných aplikací