



Stavební hmoty

Přednáška 8



Beton - dokončení





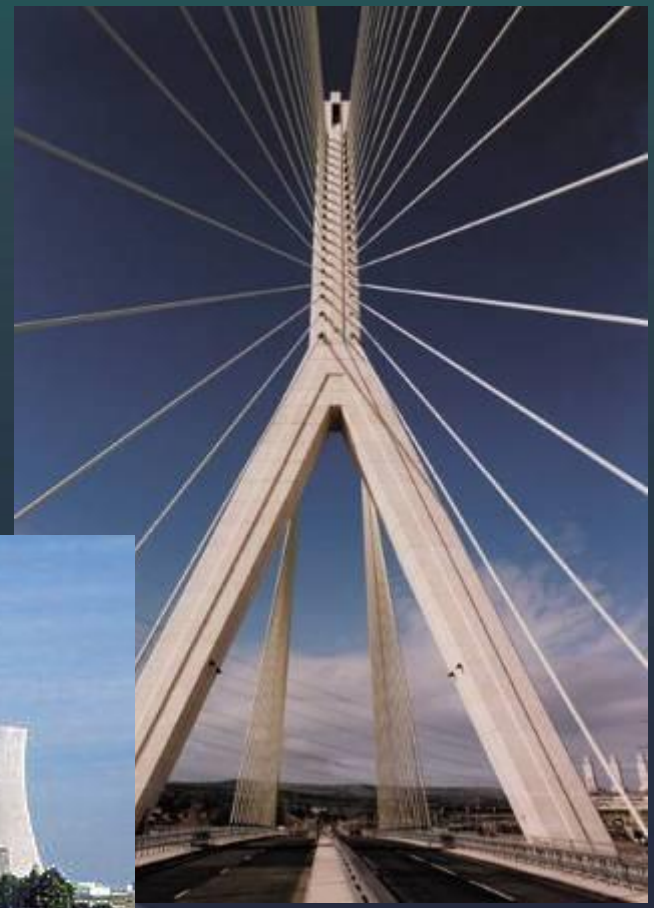
Druhy betonu

- prostý beton
- železobeton
- předpjatý beton
- b. s rozptýlenou výztuží
- lehký b. ($\rho_v < 2000 \text{ kg.m}^3$)
- vysokohodnotné a speciální b.
 - samozhutnitelné
 - vysokopevnostní
 - vodotěsné
 - stříkané





Železobeton a předpjatý beton

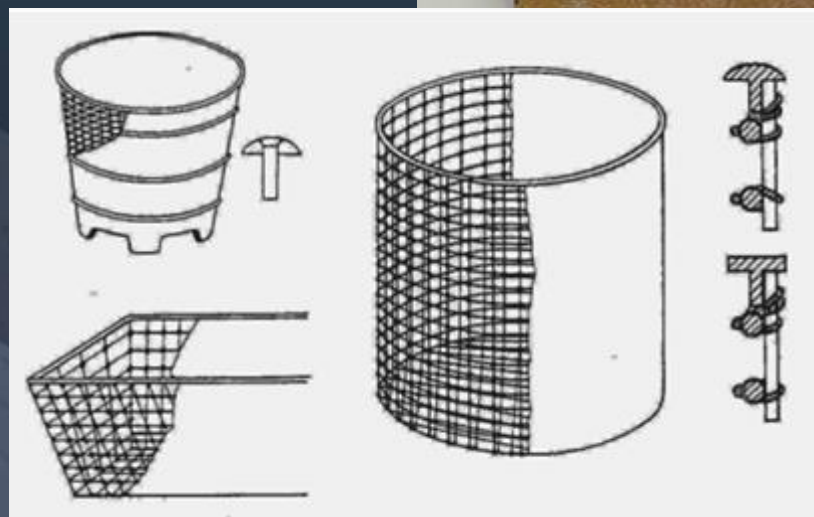




Železobeton

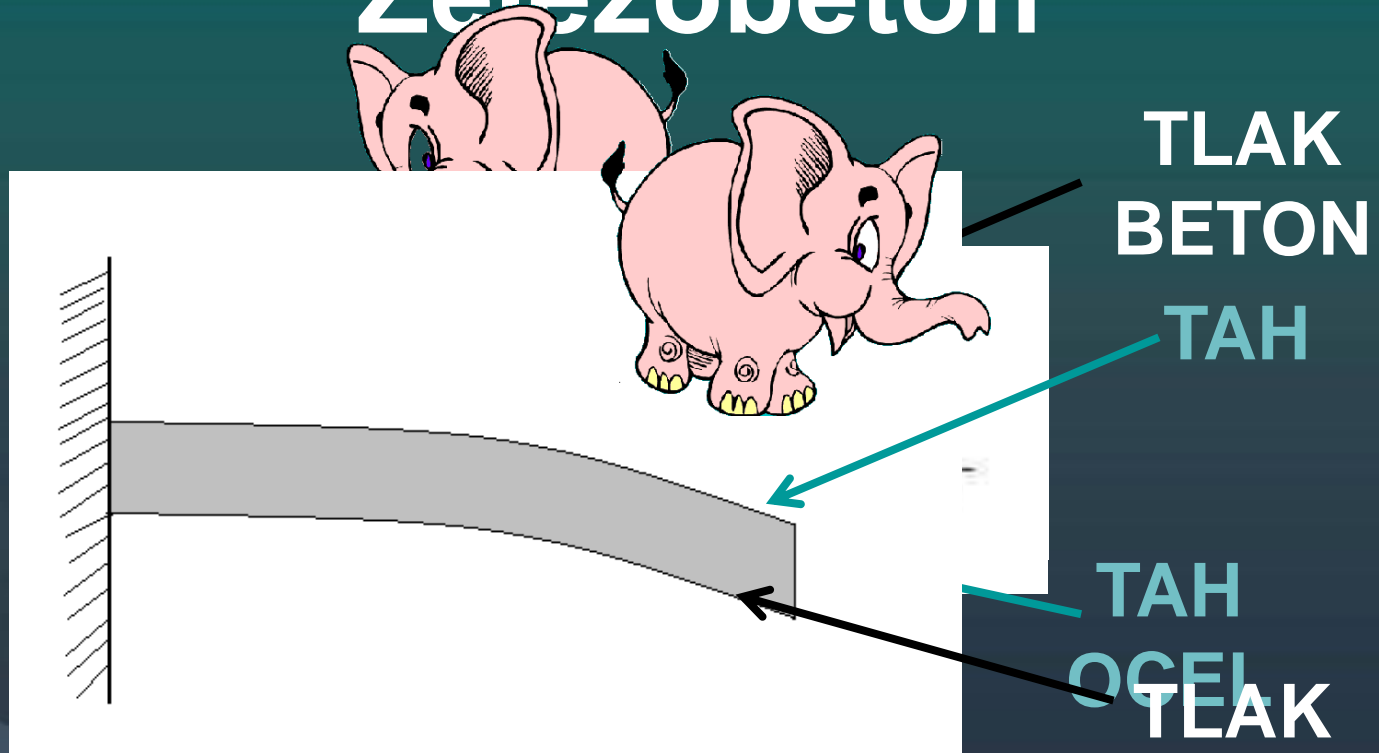


Joseph Monier
1823-1906





Železobeton



- dobrá soudržnost oceli s betonem
- stejná tepelná roztažnost ($\alpha_t \cong 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$)
- vzájemná snášlivost

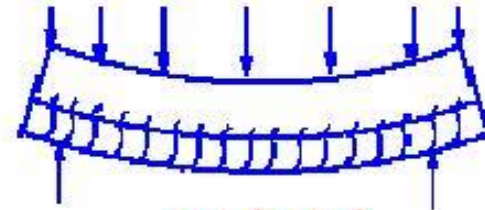


Předpjatý beton

- do prvku je předem vneseno napětí v tlaku



NEZATÍŽENÝ

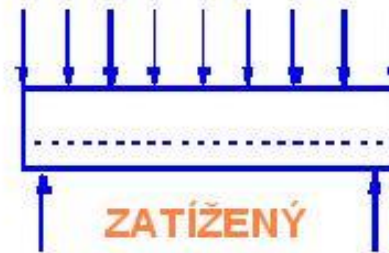


ZATÍŽENÝ

ŽELEZOBETON



NEZATÍŽENÝ



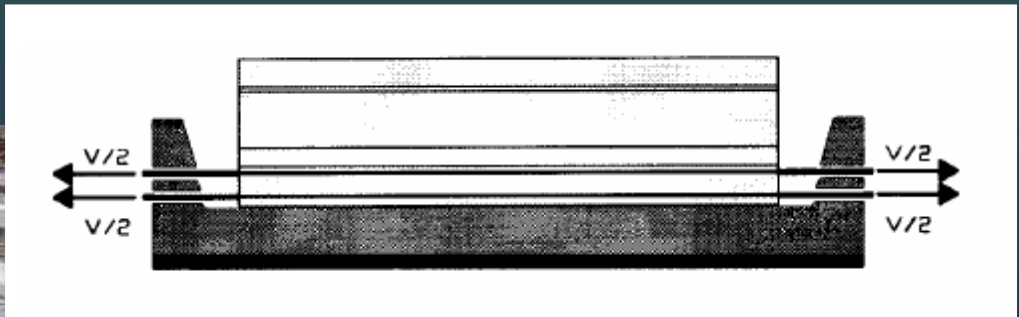
ZATÍŽENÝ

PŘEDPJATÝ BETON



Předpjatý beton

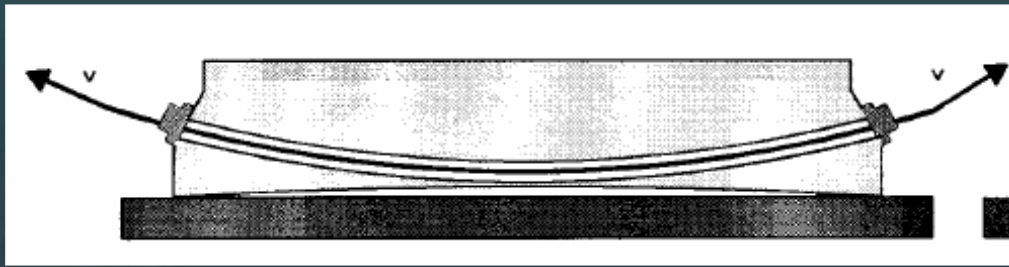
- předem předpjatý





Předpjatý beton

- dodatečně předpjatý





Výztuž v železobetonu

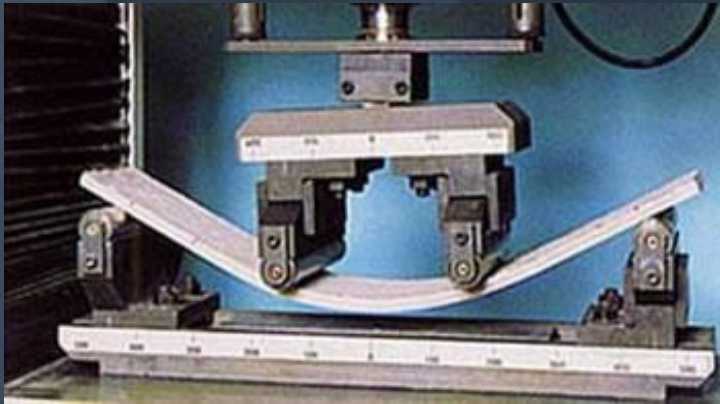
- pruty
- sítě
- drátky
- pramence
(předpínání)





Beton s rozptýlenou výztuží

- > pevnost v tahu (ne vždy) → omezení trhlin
- < deformace (> modul pružnosti)
- < křehkost (> houževnatost a pevnost v rázu)
- > únavová pevnost





Beton s rozptýlenou výztuží

- výztuž:
 - ocelové drátky
 - skelná vlákna (alkalivzdorná)
 - PP vlákna (d.6-12mm, tl.18 μ m)

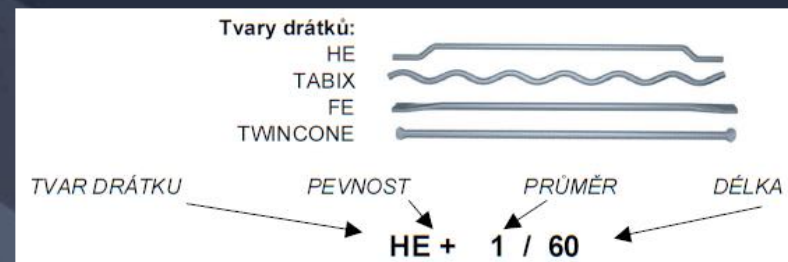
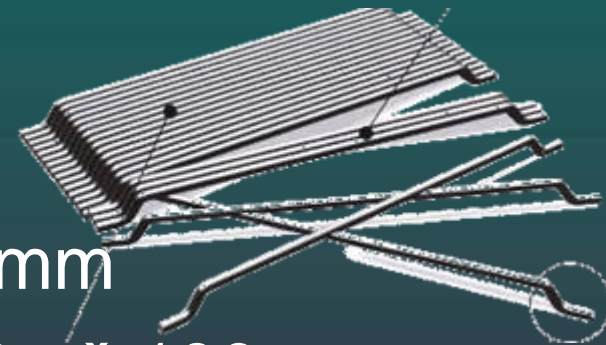




Drátky do betonu

Drátky:

- d. 12-60 mm, tl. 0,25 – 1 mm
- poměr délky k tloušťce 50 až 100.
- různé tvary (zalomená, na koncích zploštělá, ohnutá, profilovaná nebo ocelové třísky z obrábění oceli)
- dávkování 0,8-1,8 % (hladké), 0,3 – 0,9 % (tvarované) → cca 20 - 40 kg na 1 m³





Koroze výztuže





Koroze výztuže

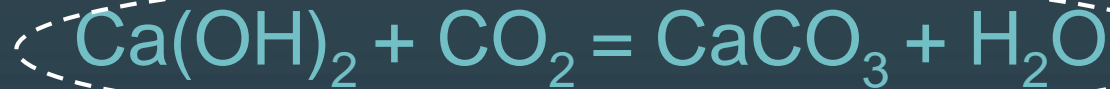
- čerstvý beton je silně alkalický (pH > 12) (vzniká velké množství $\text{Ca}(\text{OH})_2$)
- v alkalickém prostředí je výztuž **pasivována** → nekoroduje





Karbonatace betonu

- beton vlivem CO_2 z ovzduší ztrácí alkalitu ($\text{pH} < 9$)

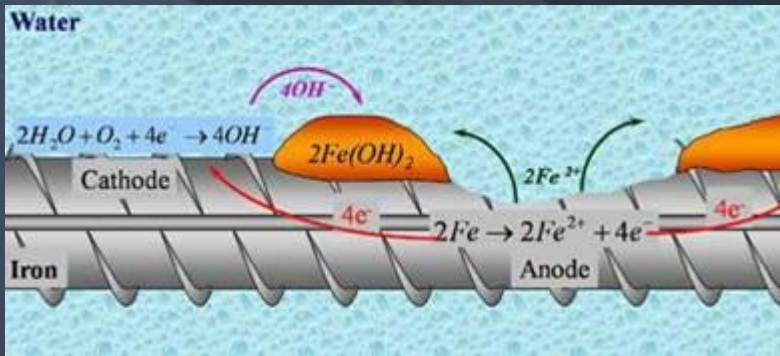


- dochází k vyčerpání **alkalické rezervy** (dobíhající hydratační procesy \rightarrow Ca(OH)_2)
- karbonatace neprobíhá v suchém prostředí (vlhkost $< 30\%$) a pod vodou



Koroze výztuže

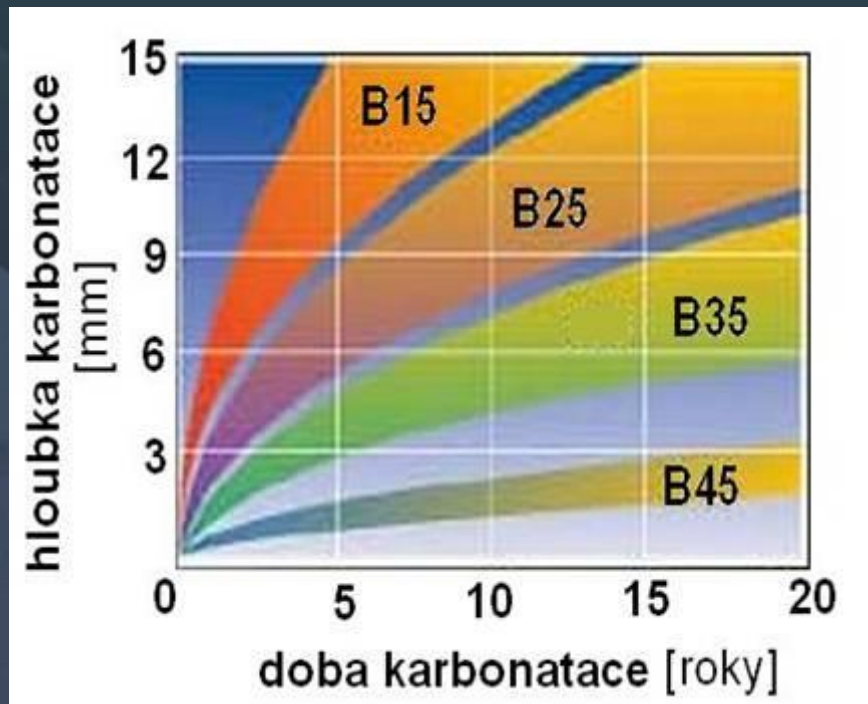
- při $\text{pH} < 9,5$ dochází ke korozi výztuže
$$2\text{Fe} + 1,5\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{FeO}(\text{OH})$$
- vzniklý produkt má **2,5 x větší objem** než Fe





Průběh karbonatace betonu

- hloubka karbonatace: $h_k = k_k \cdot t^{0,5}$
- za 1 rok cca 4 - 8 mm
- za 60-70 let hloubka 30 - 60 mm





Hloubka karbonatace betonu

- zkouška roztokem fenolftaleinu (při $\text{pH} > 9,8$ červený)





Koroze betonu

Agresivní prostředí :

- „hladová voda „ - koroze I. druhu (vyplavování hydroxidu vápenatého)
- **kyselé prostředí** – koroze II. druhu (rozpuštění vápenatých solí, vzniklých z CaCO_3)
- **síranová koroze** - koroze III. druhu–

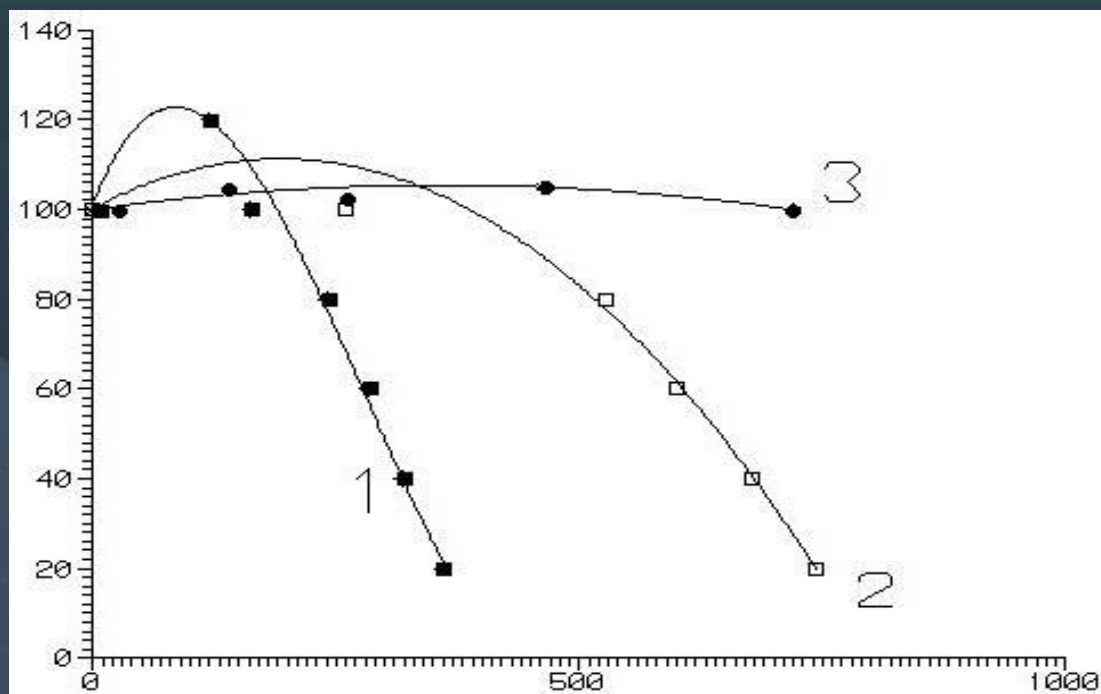




Síranová koroze

- závisí na obsahu C_3A → vznik ettringitu
 $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaSO_4 \cdot 31H_2O$

Relativní
pevnost
[%]



Doba expozice v síranovém roztoku [dny]



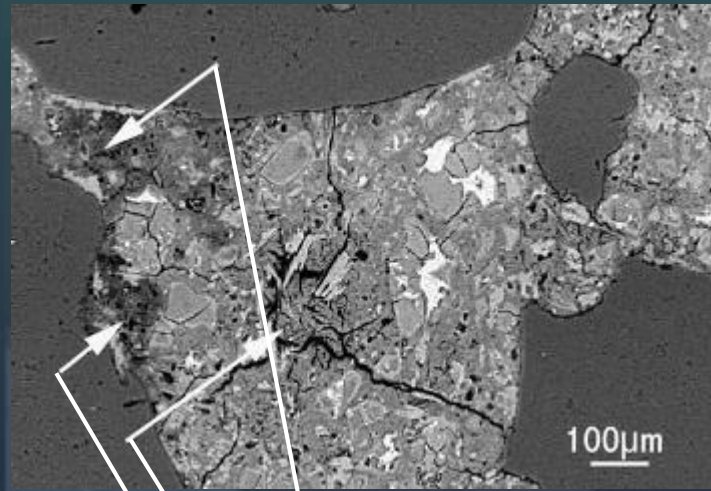
Přípustný obsah C_3A v cementu

- v závislosti na stupni agresivity prostředí

Stupeň agresivity vody	Obsah iontů SO_4^{2-} [mg/dm ³]	Přípustný obsah C_3A [%]
slabě agresivní XA1	200-600	není limitován
středně agresivní XA2	600-3000	max. 3,5
silně agresivní XA3	3000-6000	max. 3,5



Síranová koroze



ettringit



**Katedra materiálového inženýrství
a chemie**

Stavební fakulta ČVUT v Praze



Stavební hmoty



Vysokohodnotné a speciální betony (HPC)





Samozhutnitelný beton (SCC)

- vysoce tekutý beton, nesegreguje
- není třeba vibrovat – menší hluk a pracnost
- vhodný pro složité konstrukce s hustou výztuží
- hladký povrch





Samozhutnitelný beton

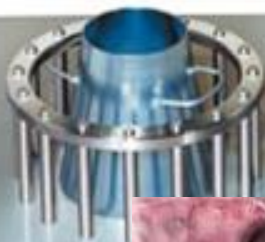
- složení:
 - **cement** (portlandský)
 - **kamenivo** (drobné a hrubé)
 - **jemnozrnné příměsi** (mleté vápence, popílký, strusky a silika)
 - **superplastifikátor** (na bázi polykarboxylátů - PCL)





Samozhutnitelný beton - zkoušení

- rozlití kužele
- L-box, U-box
- J-ring
- Orimet, V-funnel





Vysokopevnostní beton (HSC)

- pevnost v tlaku **60- 90 MPa** (HSC), **100-180 MPa** (UltraHSC)
- vysoký obsah velmi jemných částic
- superplastifikační přísada
- nízký vodní součinitel ($< 0,35$)
- velmi rychlý nárůst pevnosti v tlaku (po 24 hod až 50 MPa)



Burj Khalifa, 824 m



Vodotěsný beton (vodostavební)

- pro konstrukce, které jsou dlouhodobě jednostranně vystaveny vodnímu tlaku
- odolnost vůči agresivnímu prostředí, mrazuvzdornost a odolnost vůči proudění vody





Stříkaný beton

- beton, který je ukládán na podklad pomocí proudu stlačeného vzduchu, čímž vytváří hutnou homogenní vrstvu

Suchá technologie - voda je k suché směsi přidávána v ústí trysky

Mokrá technologie - v ústí trysky přidáván pouze urychlovač





Stříkaný beton



Výhody

- dokonalé přilnutí stříkaného materiálu k podkladu
- vyplnění všech trhlin a nerovností
- vysoká pevnost hotového betonu již po 28 dnech
- úspora bednění
- vysoká vodotěsnost
- jednoduchá volba tloušťky vrstvy podle situace
- rychle proveditelné zpevnění ohrožených konstrukcí



Lehké betony

- objemová hmotnost $< 2000 \text{ kg.m}^3$
 - mezerovité
 - nepřímo lehčené (kamenivo)
 - přímo lehčené (póry, pěna)





Třídy lehkých betonů

- **třídy pevnosti:** LC 8/9, LC 12/13, LC 16/18, LC 20/22.....LC 50/55...LC 80/88

vysokopevnostní lehké betony

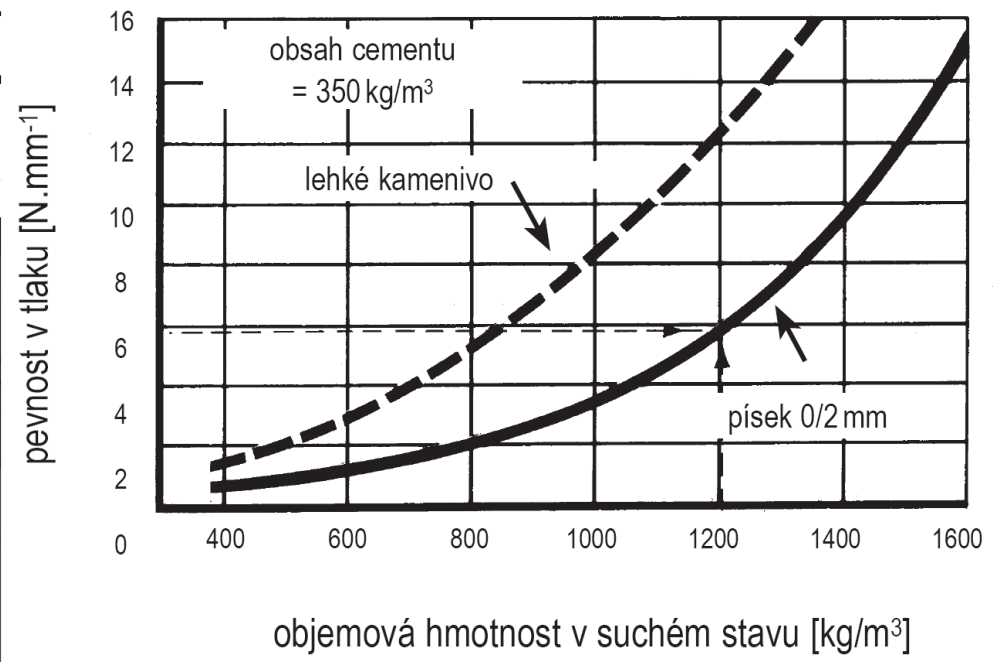
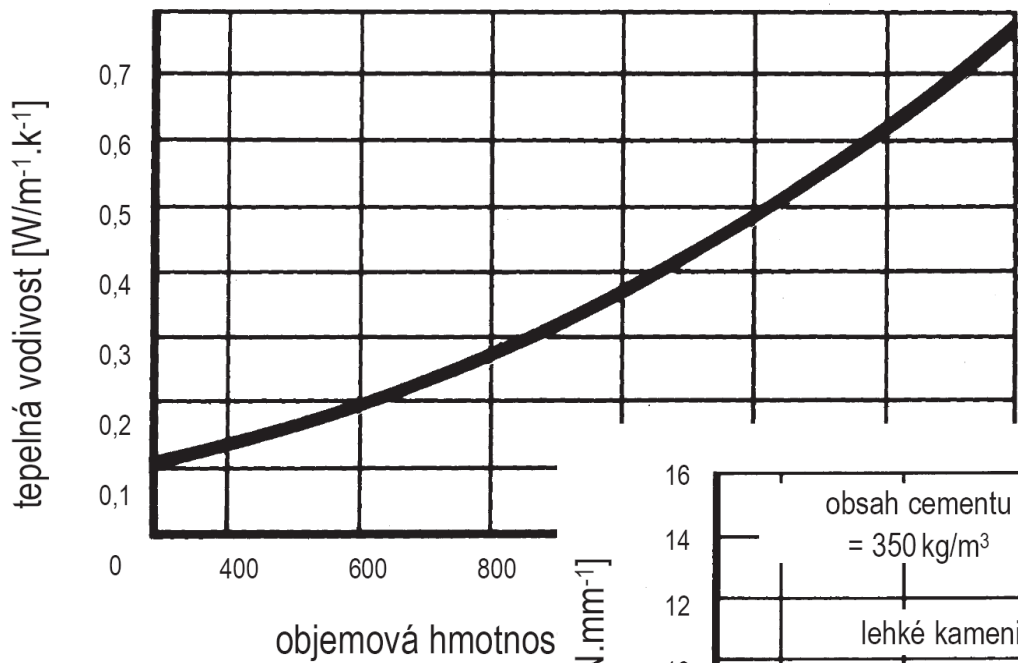
- **třídy objemové hmotnosti:**

třída obj. hmotnosti	D 1,0	D 1,2	D 1,4	D 1,6	D 1,8	D 2,0
[kg.m ⁻³]	≥ 800	≥ 1000	≥ 1200	≥ 1400	≥ 1600	≥ 1800
	≤ 1000	≤ 1200	≤ 1400	≤ 1600	≤ 1800	≤ 2000

* obj. hm. lehkého betonu může být předepsána i jako konkrétní hodnota.



Vlastnosti lehkých betonů





Lehké betony

Podle použití:

- **konstrukční** (monolitické i prefabrikované)
 - $\lambda > 0,5 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$, $R > 15 \text{ MPa}$
- **konstrukčně - tepelněizolační** (tvárnice a dílce)
 - $\lambda = 0,25 - 0,5 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$,
 $R = 3 - 15 \text{ MPa}$
- **tepelněizolační**
($\rho_v < 400 \text{ kg.m}^3$)
 - $\lambda < 0,25 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$, $R < 3 \text{ MPa}$





Mezerovité betony

Výroba:

- vynechání drobných frakcí – monofrakční beton
- snížení obsahu cementového tmelu



Vlastnosti:

- pevnost v tlaku 1-10 MPa
- objemová hmotnost 900 -1400 kg.m³



Mezerovité betony - použití

- povrchy vozovek
- protihlukové stěny
 - rychlé vysychání
 - tlumí hluk

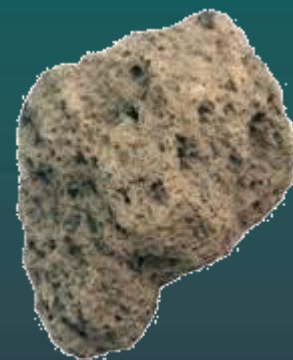




Betony s lehkým kamenivem

Pórovité kamenivo:

- přírodní (pemza, tufy)
- umělé z přír. materiálů (jíly, břidlice, perlit)
- umělé z průmyslových odpadů (škvára, struska, popílek)





Betony s lehkým kamenivem

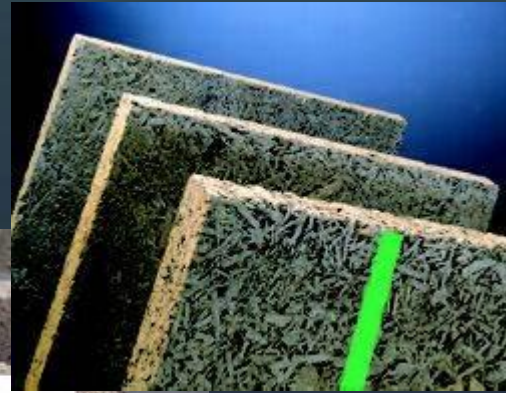
- pevnost v tlaku do 45 MPa
- $\rho_v = 1000 - 2000 \text{ kg.m}^3$
- **vysokopevnostní** lehké betony (LWAC) – pevnost až 90 MPa
- vyšší nasákavost kameniva - vyšší vodní součinitel nebo předvlhčování





Betony s organickým plnivem

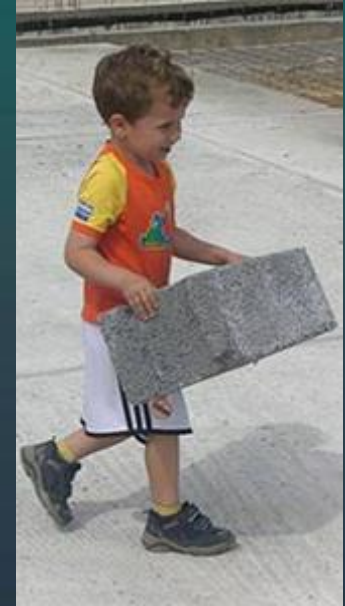
- dřevěné štěrpy, hobliny, třísky
- rostlinná vlákna (pazdeří, juta, konopí)
- polystyren





Polystyrenbeton

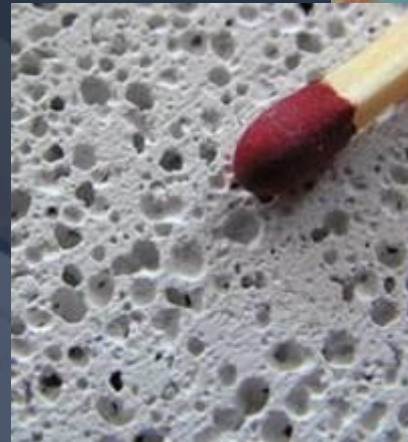
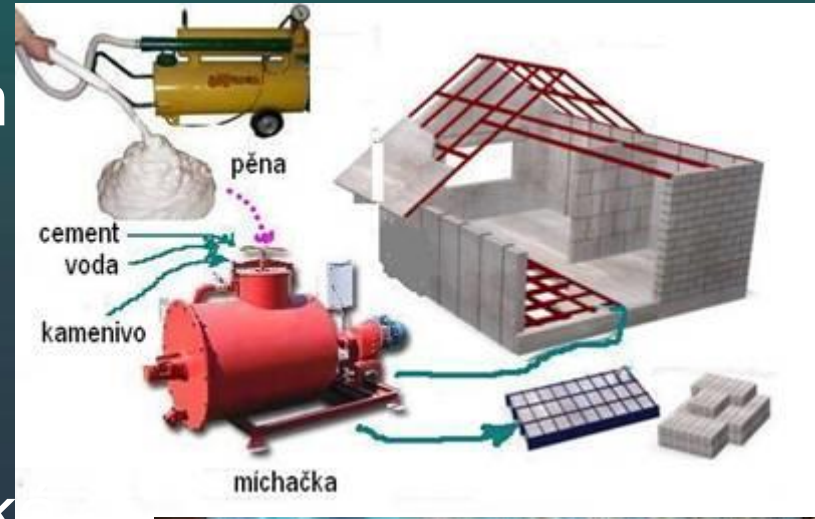
- potěry, vyrovnávací vrstvy
 - $\lambda \cong 0,07 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
 - $\rho_v = 200 - 500 \text{ kg.m}^{-3}$
- tvárnice





Přímo lehčené betony

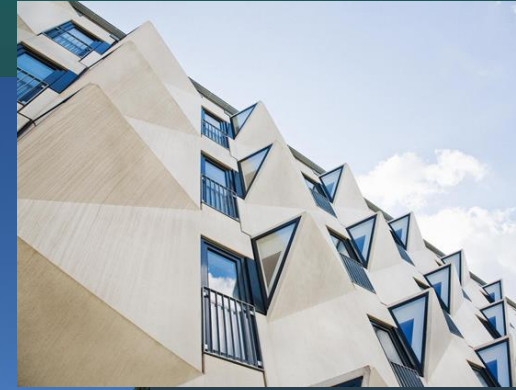
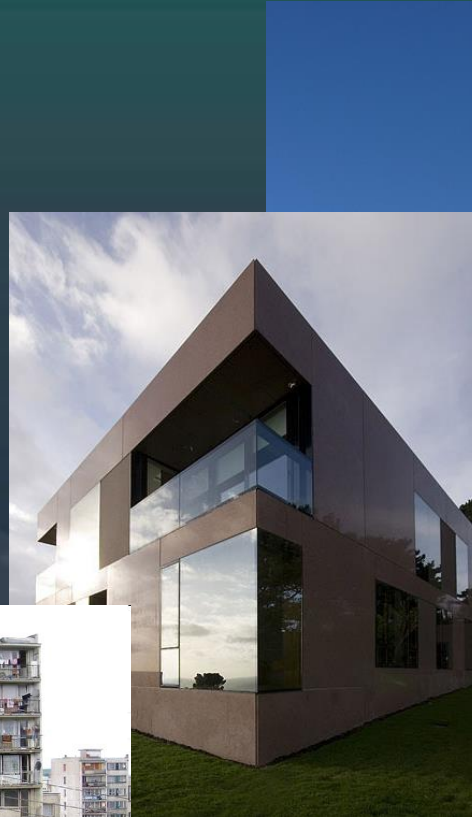
- **pěnobeton** – předem připravená pěna
- **pórobeton** – chemická reakce přímo ve směsi (autoklávovaný pórobeton)





Stavební hmoty

Prefabrikovaný beton



Katedra materiálového inženýrství a chemie

Stavební fakulta ČVUT v Praze



Betonové prefabrikáty

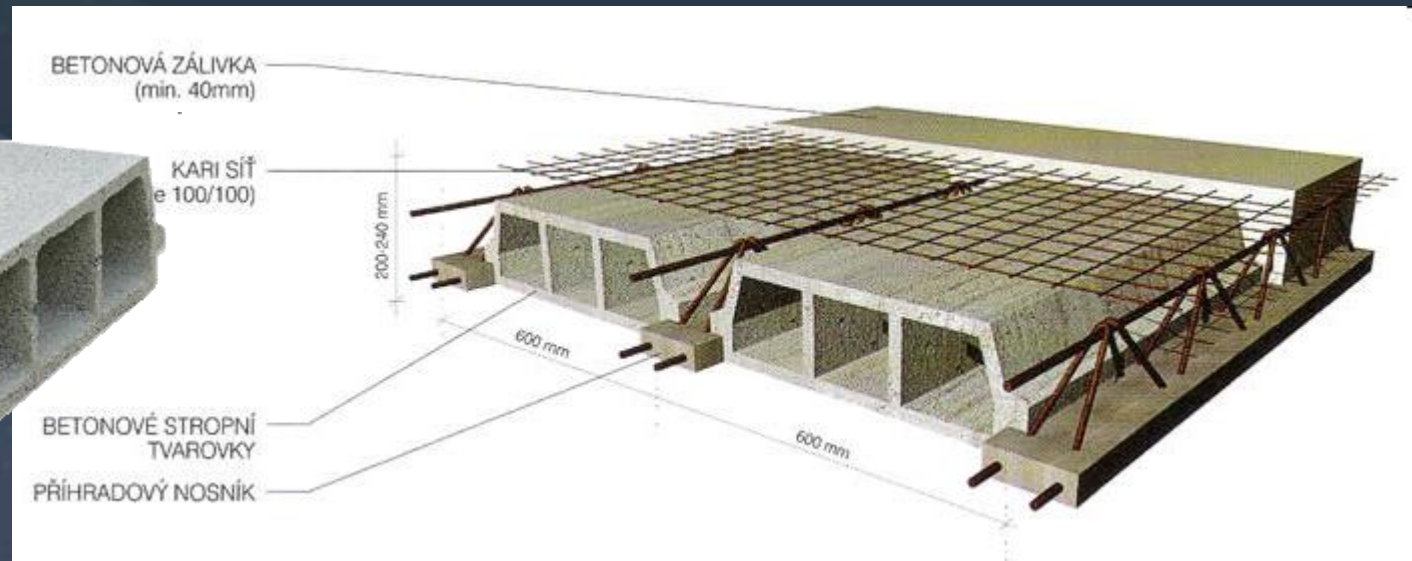
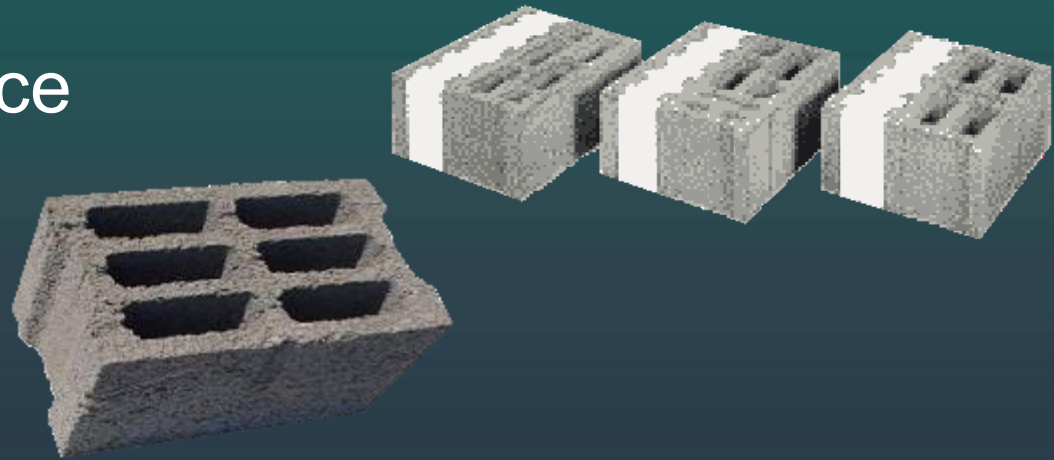
- panely stropní, stěnové
- sloupy
- skruže, roury
- schodiště





Betonová kusová staviva

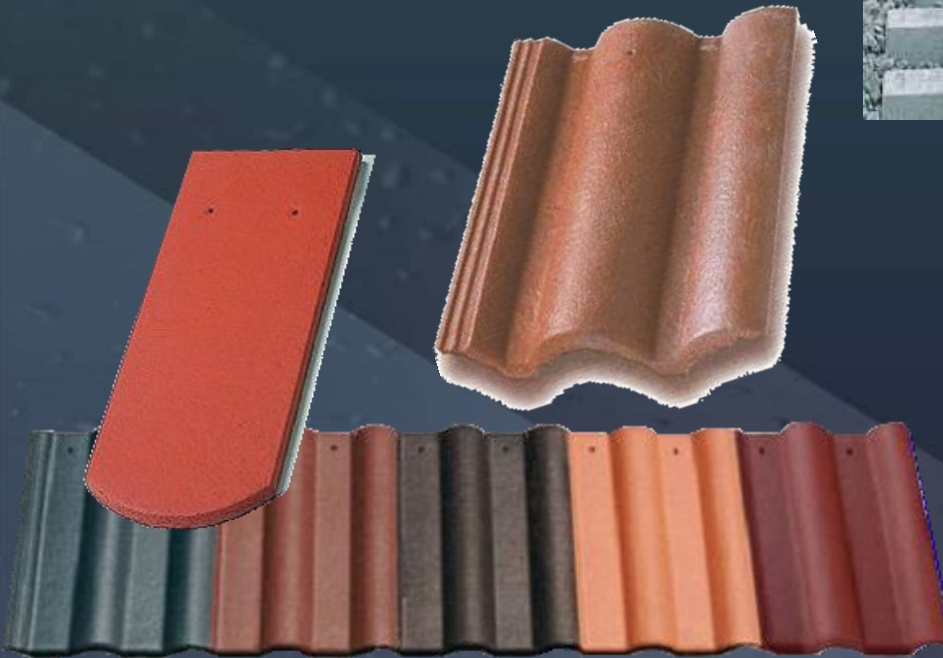
- stěnové tvárnice
- stropní prvky





Betonová kusová staviva

- **střešní krytina** (cca 50 kg/m², jednoduchá pokládka, dlouhá životnost, nestálost vzhledu)
- **dlažba**





Průsvitný beton

- obch. název: **Litracon**
- 4 % optických vláken
- objemová hmotnost 2100 - 2400 kg.m³
- pevnost v tlaku 50 MPa
- cena: tl.100 mm – 1900 € / m²





Grafický beton

- použití speciálního filmu - nanesení zpomalovače tuhnutí (tisk, štětec)
- po sloupnutí folie vymytí neztuhlých částí povrchu rozdílná struktura povrchu



**Katedra materiálového inženýrství
a chemie**

Stavební fakulta ČVUT v Praze

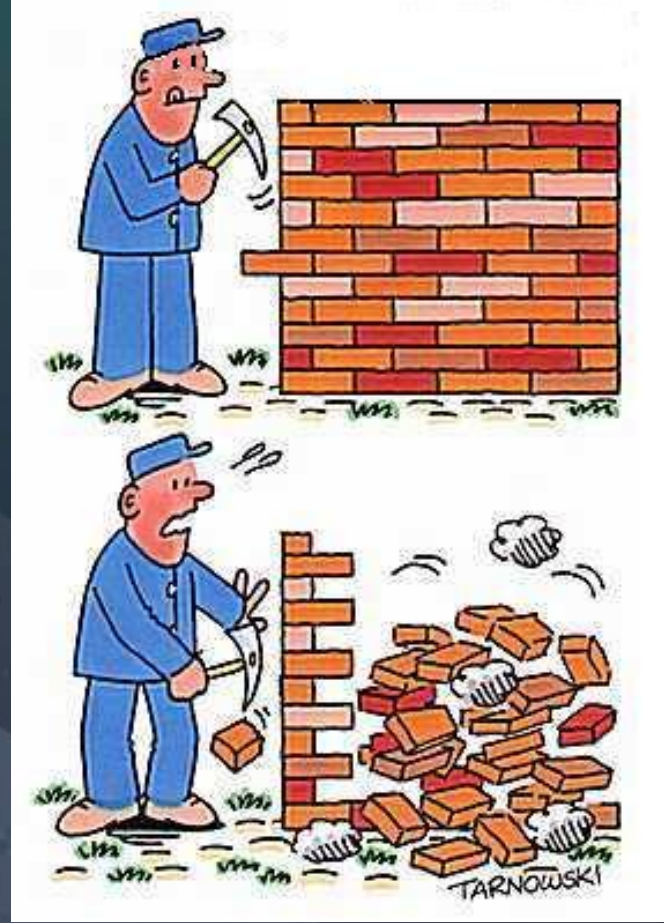


Stavební hmoty





Malty





Malty

- pojivo + drobné kamenivo + (přísady a příměsi) + voda

Podle účelu:

- pro zdění
- pro omítky
- kladení dlažeb, spárování, zálivky, sanační



Podle způsobu výroby:

- staveništní
- suchá maltová směs
- mokrá maltová směs





Složky malt

Pojivo:

- hlína
- cement
- cement + vápno
- vápno
- sádra
- sádra + vápno

Přísady:

- plastifikační (hlína, vápenná kaše)
- pigmenty

Plnivo

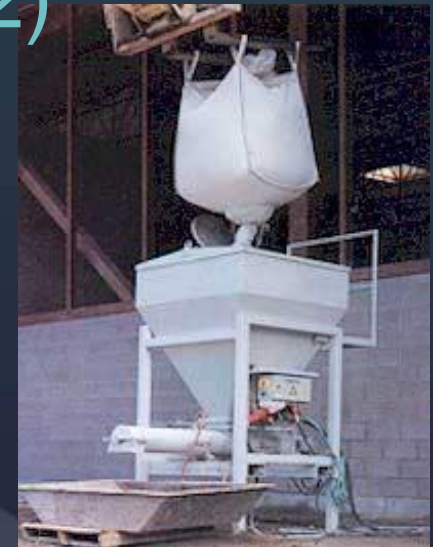
- přírodní kamenivo
- struska
- škvára
- popílek
- perlit
- polystyren



Malty pro zdění



- staveništní
 - písek : cement : vápenný hydrát =
= 6 : 1 : 1
 - písek : cement = 4 : 1
- průmyslové (ČSN EN 998-2)





Malty pro zdění - definice

Podle výroby:

- **návrhová malta** (podle volby výrobce) - malta, pro níž výrobce volí složení a výrobní postup tak, aby byly zajištěny předepsané vlastnosti (záměr užitné hodnoty).
- **předpisová malta** (podle receptury) - malta, která je vyráběna ve stanoveném poměru složek a jejíž vlastnosti se posuzují podle použitého poměru složek (záměr receptury).



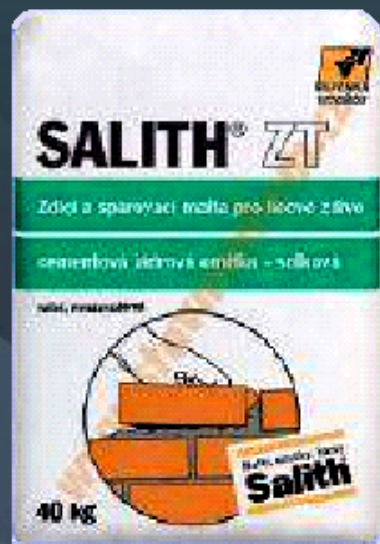
Malty pro zdění - definice


Podle vlastností nebo použití:

- **obyčejná malta pro zdění (G)** - malta, pro níž nejsou předepsány speciální vlastnosti.
- **malta pro zdění pro tenké spáry (T)** - návrhová malta pro zdění s největší zrnitostí kameniva rovnou nebo menší než 2 mm.
- **lehká malta pro zdění (L)** - návrhová malta, jejíž objemová hmotnost v suchém stavu je menší než 1300 kg.m^{-3}

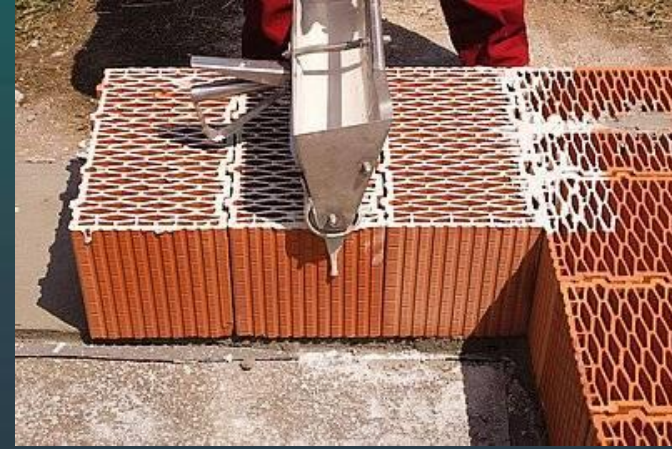


Příklad označení zdící malty



	
Výrobce: Vápenka Vitošov, s.r.o. Hrabová - Vitošov 54, 789 71 Leština	
05	
EN 998-2	
SALITH ZT	
Návrhová obyčejná malta pro zdění (G)	
Pevnost v tlaku po 28 dnech (třída M 15)	min. 15 MPa
Soudržnost (poč. smyková pevnost)	min. 0,3 MPa
Kapilární absorpce vody	max. 0,2 Kg/m ² min.
Objemová hmotnost zatvrdlé malty	1700 - 1850 Kg/m ³
Faktor dif. odporu vodní páry μ	max. 20
Tepelná vodivost	0,83 W/mK Tabulková hodnota
Reakce na oheň	třída A1f
Trvanlivost	min. 25

Maltování vodorovných spár





Malty pro vnější a vnitřní omítky

- **staveništní** – výjimečně (restaurátorské práce)
- **průmyslové**
 - vápenné, cementové, vápenocementové - ČSN EN 998-1
 - sádrové – ČSN EN 13279





Omítkové malty

- **obyčejné malty** pro vnitřní nebo vnější omítky (**GP**)
- **lehké malty** pro vnitřní nebo vnější omítky (**LW**)
- **zabarvené malty** pro vnější omítky (**CR**)
- **malty pro jednovrstvé vnější omítky** (**OC**)
- **tepelně izolační malty** pro vnitřní i vnější omítky (**T**)
- **sanační malty** pro vnitřní i vnější omítky (**R**)



Hliněné malty

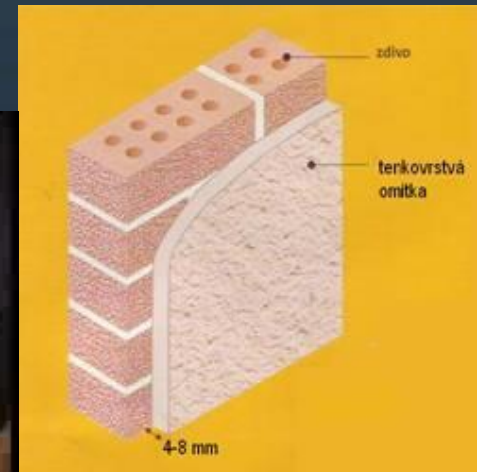
- jíl + písek + (vlákna)
- vnější – restaurátorské práce (můrl)
- vnitřní – i v moderním interiéru (regulace vlhkosti)





Tenkovrstvé omítky

- klasická omítka
 - 15-40 mm
 - (podhoz + jádro + štuk)
- tenkovrstvá omítka
 - 4-8 mm
 - sádrové
 - vápenocementové
 - akrylátové
 - silikonové
 - silikátové





Sanační omítky

- vlhké a zasolené zdivo
- vyšší pórovitost (napěňující přísady, pórovité kamenivo)
- vyšší propustnost vodní páry
- vyšší kapilární nasákavost





Tepelněizolační malty

- **pro zdění** ($\lambda = 0,2 - 0,6 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$)
 - pro tepelněizolační zdivo
- **omítkové** ($\lambda = 0,09 - 0,12 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$)
 - nižší efekt než zateplení (cca 1/4)
- **lehčená plniva** (perlit, keramzit, mikrodutinky, polystyren) nebo **nadouvání**

