

Betonové konstrukce

Přednášky: Prof. Ing. Milan Holický, DrSc.

FA, Ústav nosných konstrukcí, Kloknerův ústav

Cvičení: Ing. Nad'a Holická, CSc., Fakulta stavební

Ing. Jana Markova, Ph.D., Kloknerův ústav


- **Technologie, mechanické vlastnosti**
- **Základy navrhování a zatížení konstrukcí**
- **Dimenzování základních prvků konstrukcí**
 - **železobetonových: deska, trám, sloup**
 - **zděných: pilíř, stěna**

Program přednášek

1. **Betonové konstrukce v architektonické tvorbě.** Přednosti a nedostatky betonových konstrukcí. Technologie betonu.
2. **Mechanické vlastnosti betonu a výztuže.** Podstata železobetonových a předpjatých konstrukcí, rozměry základních prvků.
3. **Zásady navrhování konstrukcí.** Návrhové situace, mezní stavy, metoda dílčích součinitelů, charakteristické hodnoty zatížení a materiálů.
4. **Železobetonová deska.** Konstrukční uplatnění prosté, konzolové a spojité desky, dimenzování, konstruktivní zásady.
5. **Železobetonový nosník.** Konstrukční uplatnění prostého, konzolového a spojitého nosníku, dimenzování na ohyb a smyk, konstruktivní zásady.
6. **Železobetonový sloup.** Konstrukční uplatnění železobetonových sloupů, dimenzování, konstruktivní zásady.
7. **Železobetonový rám.** Konstrukční uplatnění železobetonových rámu, výpočet rámu a dimenzování, konstruktivní zásady.
8. **Železobetonové konstrukce.** Monolitické, montované a kombinované konstrukce vícepodlažní konstrukce.
9. **Železobetonové stěny a skořepiny.** Konstrukční uplatnění železobetonových stěn skořepin, konstruktivní zásady.
10. **Zděné konstrukce.** Konstrukční uplatnění zděných konstrukcí, technologie, zásady dimenzování.
11. **Zděný pilíř a stěna.** Konstrukční uplatnění, dimenzování pilíře a stěny, vzpěr, klenby, konstrukční zásady.
12. **Prostý a slabě vyztužený beton.** Použití, dimenzování základních prvků, konstruktivní zásady.
13. **Nové koncepce železobetonových konstrukcí.** Nové materiály a konstrukční systémy, příklady uplatnění.
14. **Souhrn.** Zásady uplatnění betonových a zděných konstrukcí v současné architektonické tvorbě.



Program cvičení

- 
1. **Výkres tvaru.** Předběžné rozměry a výkres tvaru jednoduché konstrukce.
 2. **Výpočet zatížení.** Výpočet zatížení desky, trámu a sloupu.
 3. **Dimenzování desky.** Výpočet rozměrů a výztuže, výkres výztuže.
 4. **Dimenzování nosníku.** Výpočet rozměrů a výztuže, výkres výztuže.
 5. **Dimenzování sloupu.** Výpočet rozměrů a výztuže, výkres výztuže.
 6. **Dimenzování zděného pilíře.** Výpočet rozměrů pro stanovené materiály.
- Konzultace a zápočet.

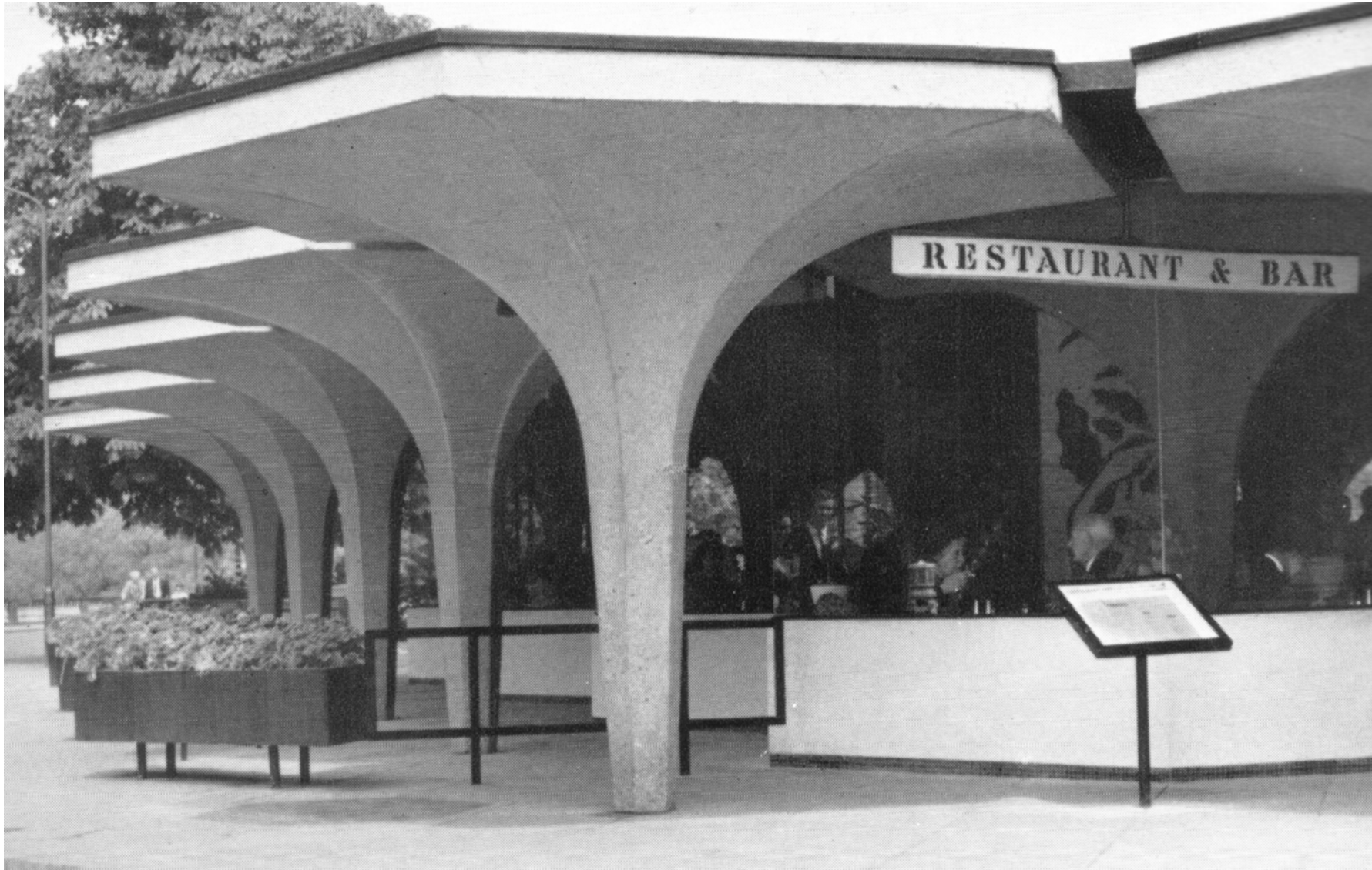
Podmínka pro získání zápočtu je věcně správné (výpočty a výkresy) zpracování uvedených cvičení včetně účasti na cvičeních. Ke zkoušce se lze přihlásit pouze po složení zkoušky ze Statiky II.

Skripta: Jan Kalousek, J.: Betonové konstrukce

Lorenz, K.: Zděné konstrukce

Studnička J., Holický M.: Zatížení konstrukcí (Ocelové k.)

Hyde Park, London



Strop – Vinárna Tereza



Mostní pilíř – Ústí nad Labem



Beton- historický úvod

- 5600 – Starověk, Peršané, Kartaginci, sloupy z umělého kamene
- 2 století – Řím, sopečný popel, puzolánové pojivo, Via Apia, 1 století
- 19 století – VB - Portlandský cement patentován 1828
 - Francie - vyztužený beton (Josef Monier - 1867)
- 20 století – rozvoj železobetonu
 - předpjatý beton (Fressinet - 1928)
 - vysokopecní cement, hlinitanový cement
 - vylehčené betony (plynotvorné a pěnotvorné látky)
 - nové výztužné materiály (vlákna)
 - recyklované materiály (green concrete)

V Čechách

- 1904 – první kniha o betonu
- 1921 – Kloknerův ústav ČVUT (F. Klokner, S. Bechyně)
- 1930 – zhutňování vibrátory

Názvosloví

- Podle hmotnosti: obyčejný beton – 25 kN/m³
lehký beton – 11 až 20 kN/m³
těžký beton – > 25 kN/m³
- Podle hutnosti: hutný beton (10 % pórů)
mezerovitý beton
pórovitý beton
- Podle vyztužení: prostý beton
vyztužený (železový) beton
předpjatý beton
- Podle provedení: monolitické konstrukce
montované konstrukce

Složky betonu

Složky betonu:

cement c , voda v , kamenivo
přísady ($\sim 5\% c$) a příměsi ($\sim c$)

Cementový tmel vzniká hydratací cementu: velmi složitý časově závislý fyzikálně - chemický proces

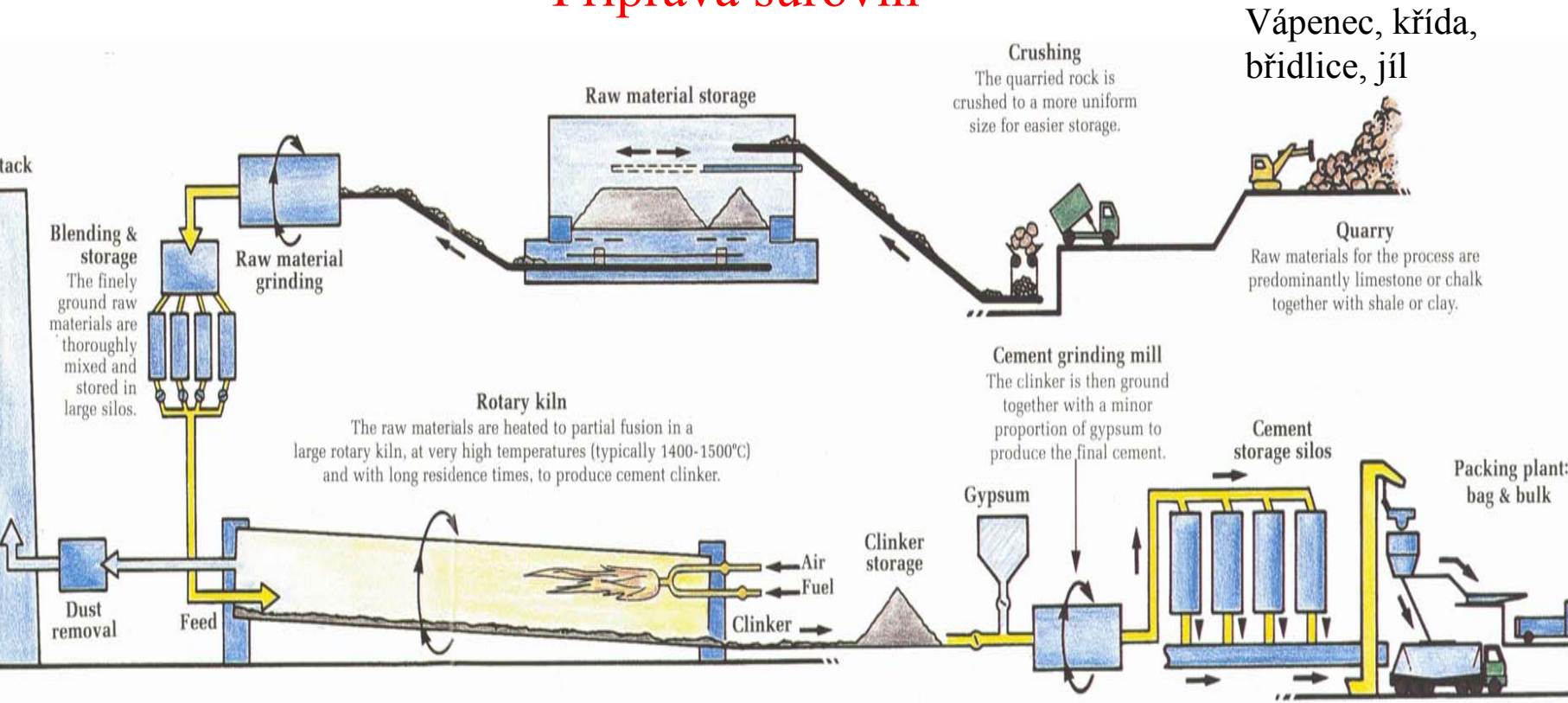
Množství cementu 200 až 500 kg/m³:

nejméně: prostý beton 200 kg/m³

železobeton 240 kg/m³

Výroba cementu

Příprava surovin



Zpracování surovin

Hlavní faktory ovlivňující pevnost

Vnitřní

- pevnost použitých materiálů (surovin)
- poměr složek betonu (voda:cement:kamenivo)
- stáří betonu

Vnější

- zpracování (zhutnění) směsi
- prostředí, teplota, vlhkost
- ošetření (ochrana proti ztrátě vlhkosti, kropení)

Kamenivo

Kamenivo: drobné, do 4 mm

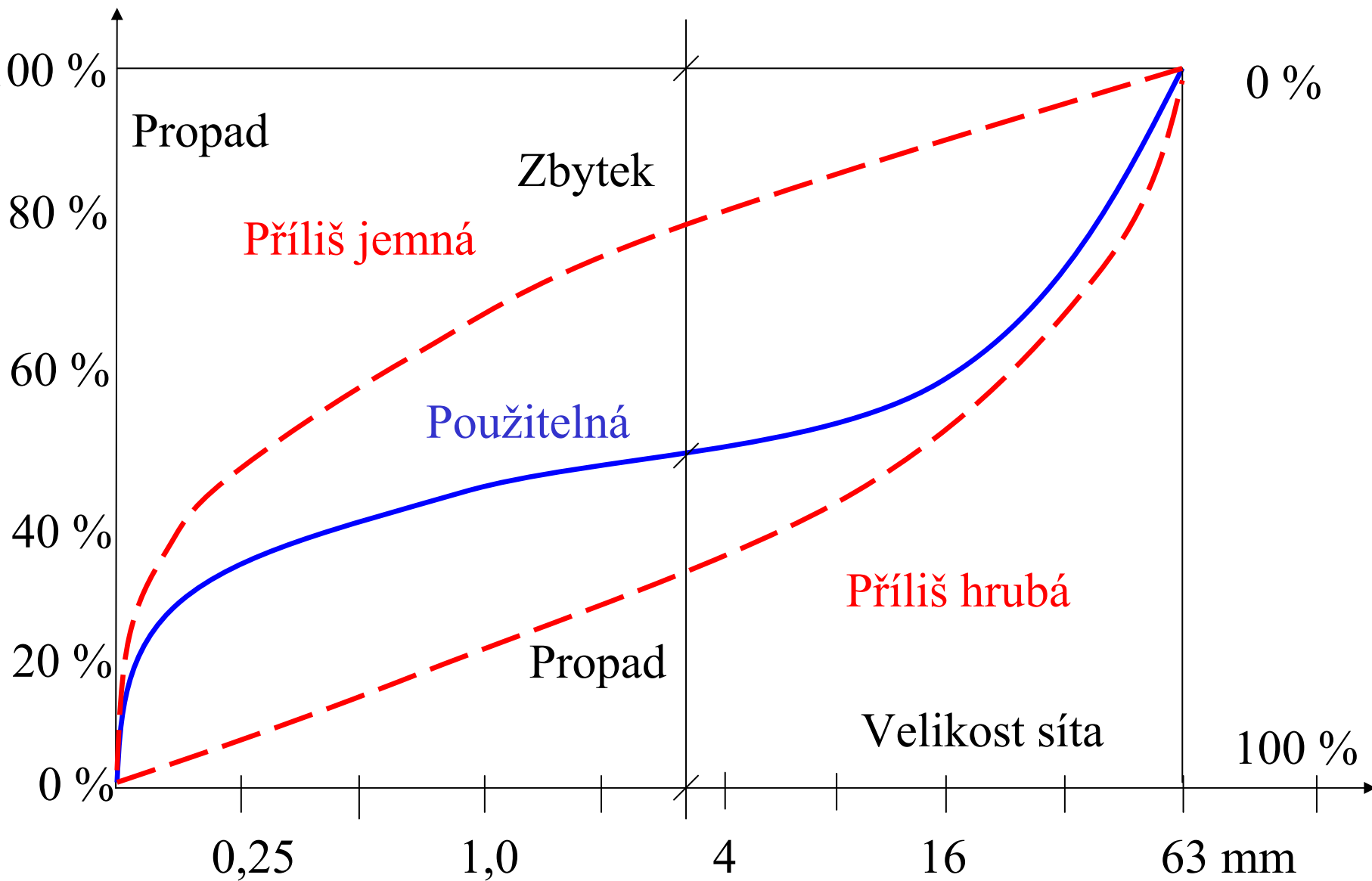
hrubé od 4 mm do 32 (63) mm

Přibližně: hrubé/drobné = 2/1 až 3/1

Ideální poměry: $f_{0-4}/f_{4-8}/f_{8-16} = 28\%/32\%/40\%$

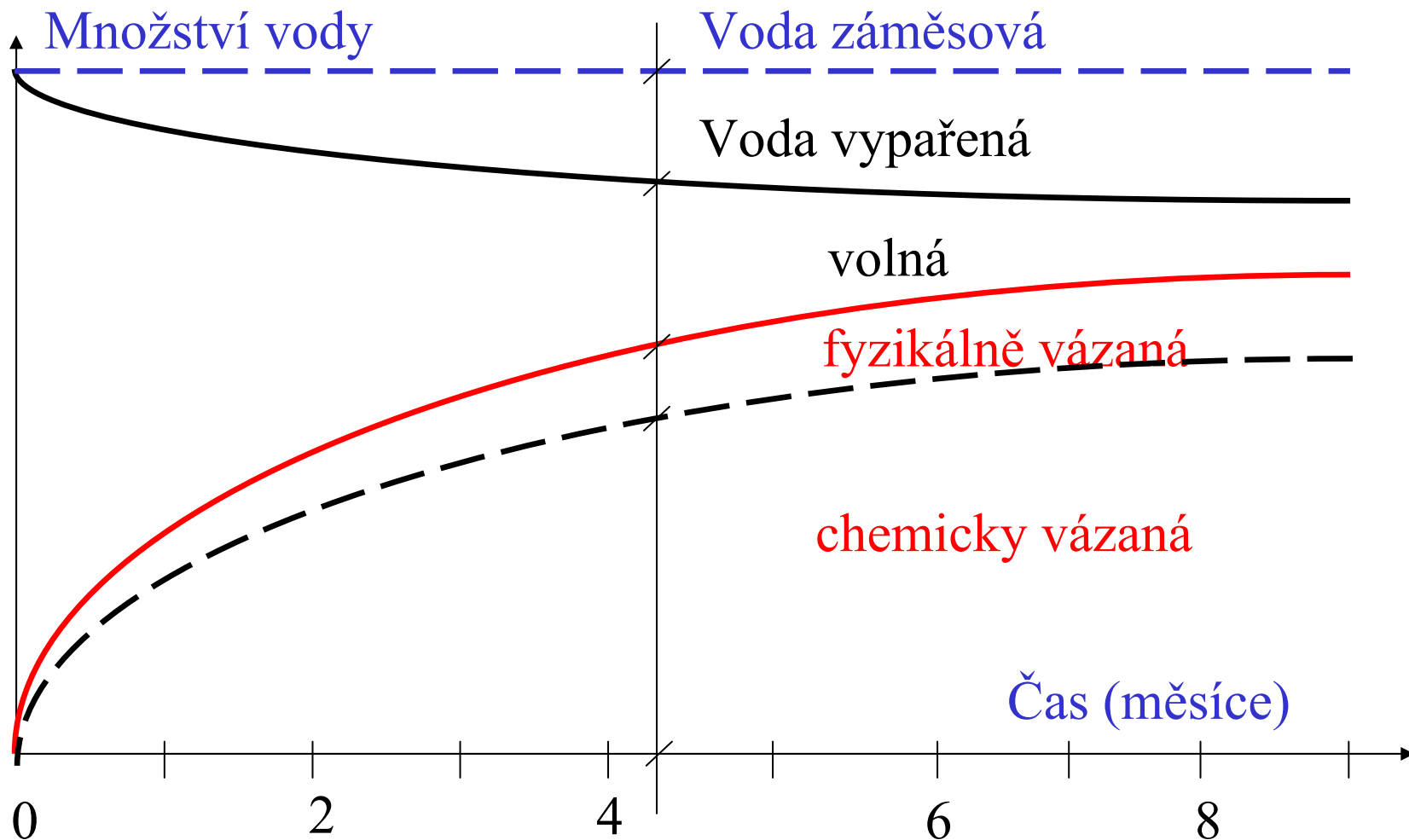
Čára zrnitosti – plynulá, snazší zpracovatelnost
přetržitá, chybí některé frakce

Čára zrnitosti



Záměsová voda pro beton

pH vody ~ 6 až 8, bez solí a minerálů



Zpracování betonu

Způsob zhutnění:

- propichování a poklep na bednění
- vibrování ponorné (vnitřní), povrchové
- vakuování pod tlakem ve zvláštním bednění
- lisování v uzavřených bednění tlakem
- odstředování u dutých výrobků

Vodní součinitel $w = v/c$

Váhový poměr vody a cementu

Minimální – nutný k hydrataci: $w = 0,23$ až $0,25$

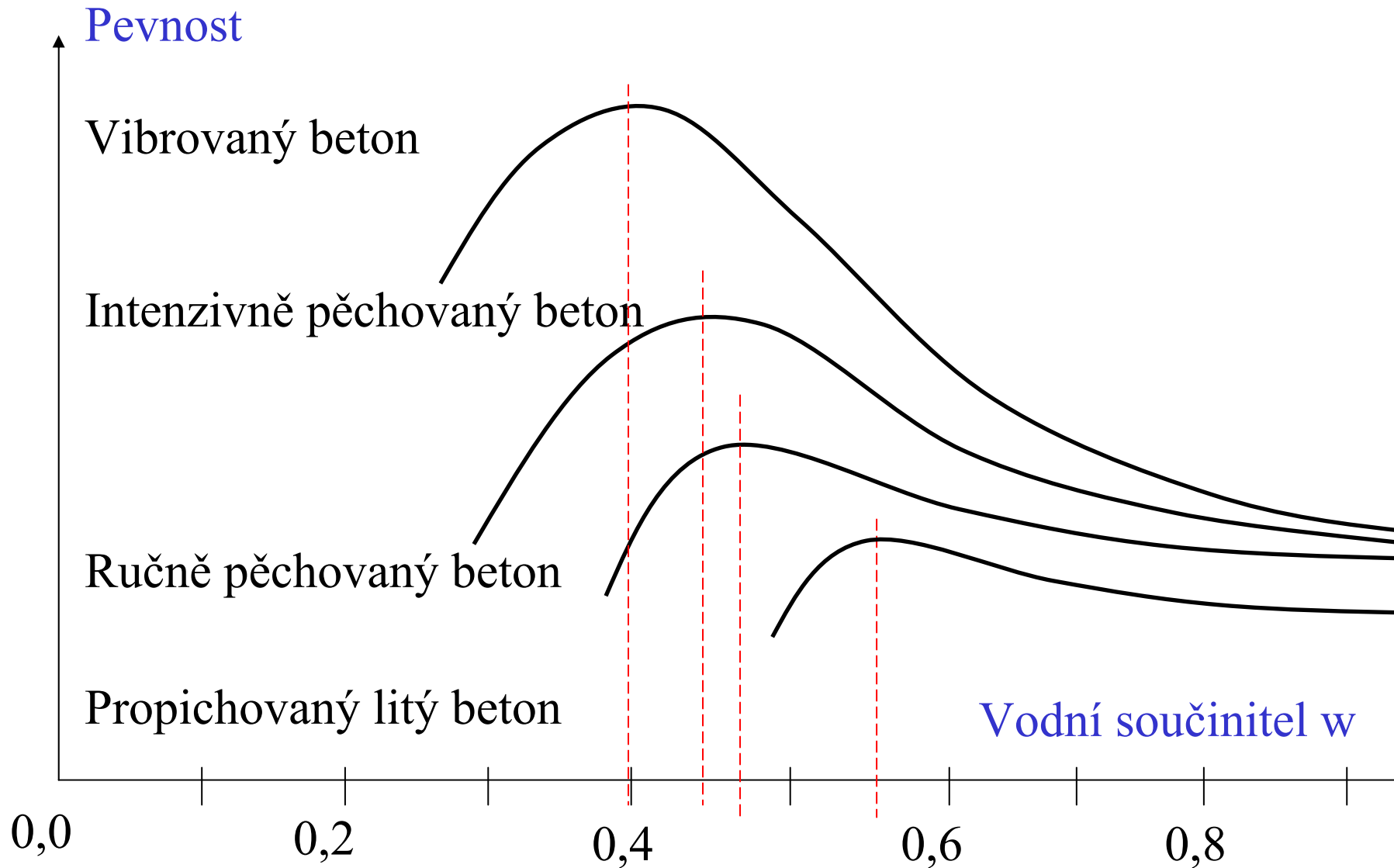
S ohledem na zpracovatelnost: $w = 0,3$ až $0,5$ ($1,0$)

Rozlišují se směsi: velmi tuhé, tuhé ($w = 0,3$ až $0,4$)

zavlhle až měkké ($w = 0,4$ až $0,6$)

velmi měkké až tekuté ($w > 0,6$)

Závislost pevnosti na $w = v/c$



Návrh betonové směsi



Základní požadavky při návrhu betonové směsi

- zpracovatelnost
- materiálové vlastnosti, pevnost, trvanlivost



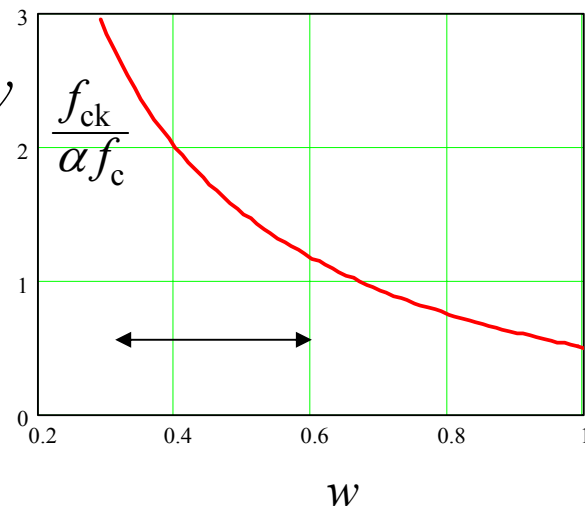
Návrh betonové směsi podle Kennedyho - 1

(1) Pevnostní rovnice: $f_{ck} = \alpha f_c (1/w - 0,5) \rightarrow w$

f_{ck} je charakteristická pevnost betonu

α součinitel jakosti kameniva $\approx 0,5$

f_c vaznost (pevnost) cementu



(2) Mezerovitost $M_{k,t} = 1 - \rho_{t,k} / \rho_{v,k}$

$\rho_{t,k}$ je sypaná hmotnost kameniva v setřeseném stavu

$\rho_{v,k}$ objemová hmotnost kameniva

(3) Specifický povrch kameniva $A_{t,k} = k (\rho_{t,k} / \rho_{v,k}) \sum p_i / d_i$

k součinitel tvaru kameniva, těžené 8, drcené, jemné 10–12

p_i procentní podíl váhového zbytku na uvažovaném síť

d_i průměr velikosti otvoru na uvažovaném síť a otvoru síť nad tímto sítem

Návrh betonové směsi podle Kennedyho - 2

(4) Objem cementového tmelu na 1 m³ střešeného kameniva

$$V_{\text{tm}} = M_{\text{k,t}} + A_{\text{t,k}} \delta$$

δ je tloušťka cementového filmu,

$$\text{pro } w < 0,45 \quad \delta = 3 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$\text{pro } w > 0,55 \quad \delta = 1 \times 10^{-5} \text{ m}$$

(5) Množství tmelu z 1 kg cementu

$$V_{\text{tm},1} = 1 / \rho_{\text{v,c}} + w / \rho_{\text{v,v}}$$

$\rho_{\text{v,c}}$ objemová hmotnost cementu 3050 – 3100 kg/m³, $\rho_{\text{v,v}}$ vody

(6) Množství cementu potřebné na V_{tm}

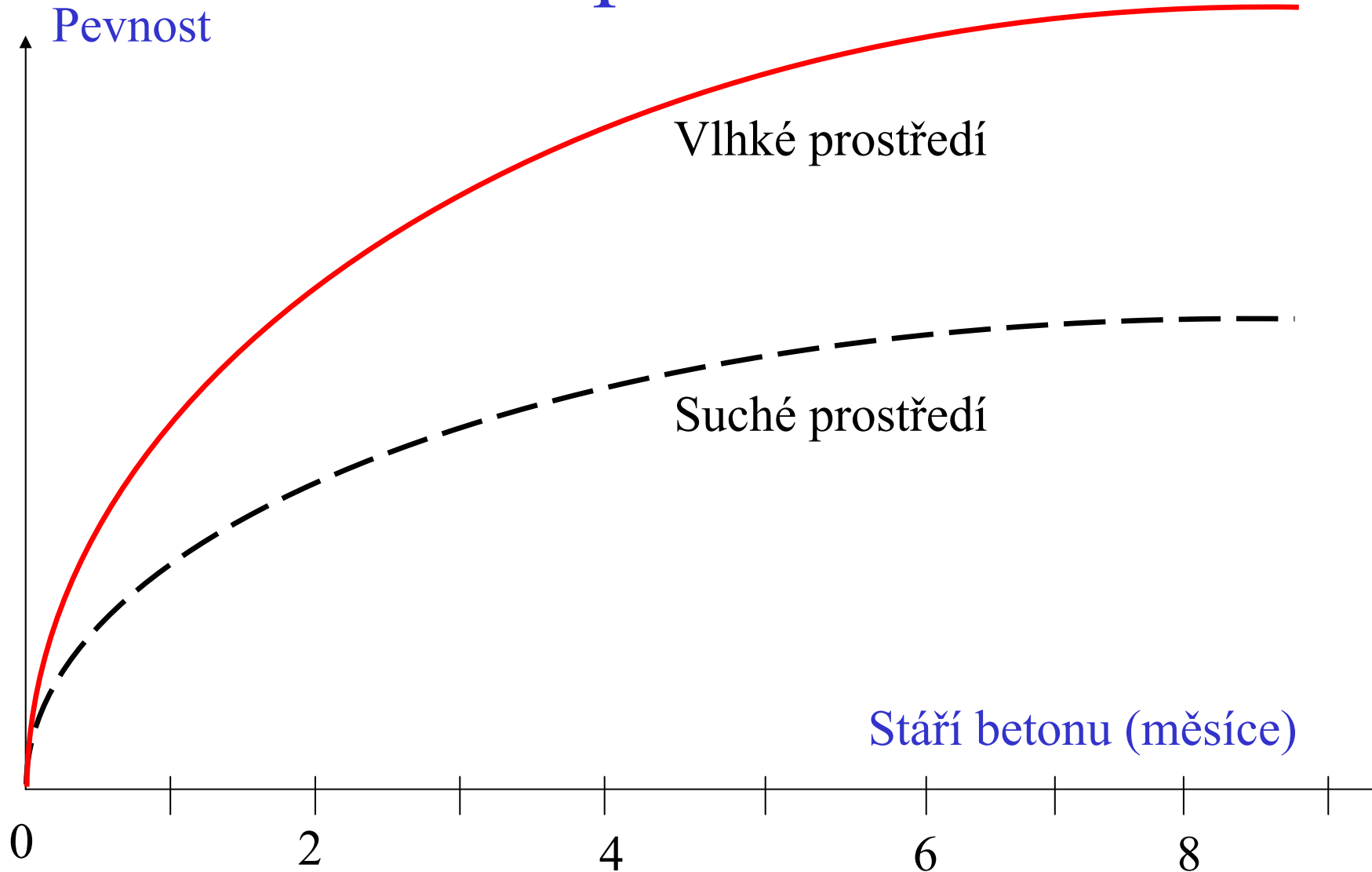
$$m_{\text{c},1} = V_{\text{tm}} / V_{\text{tm},1}$$

(7) Množství vody a kameniva

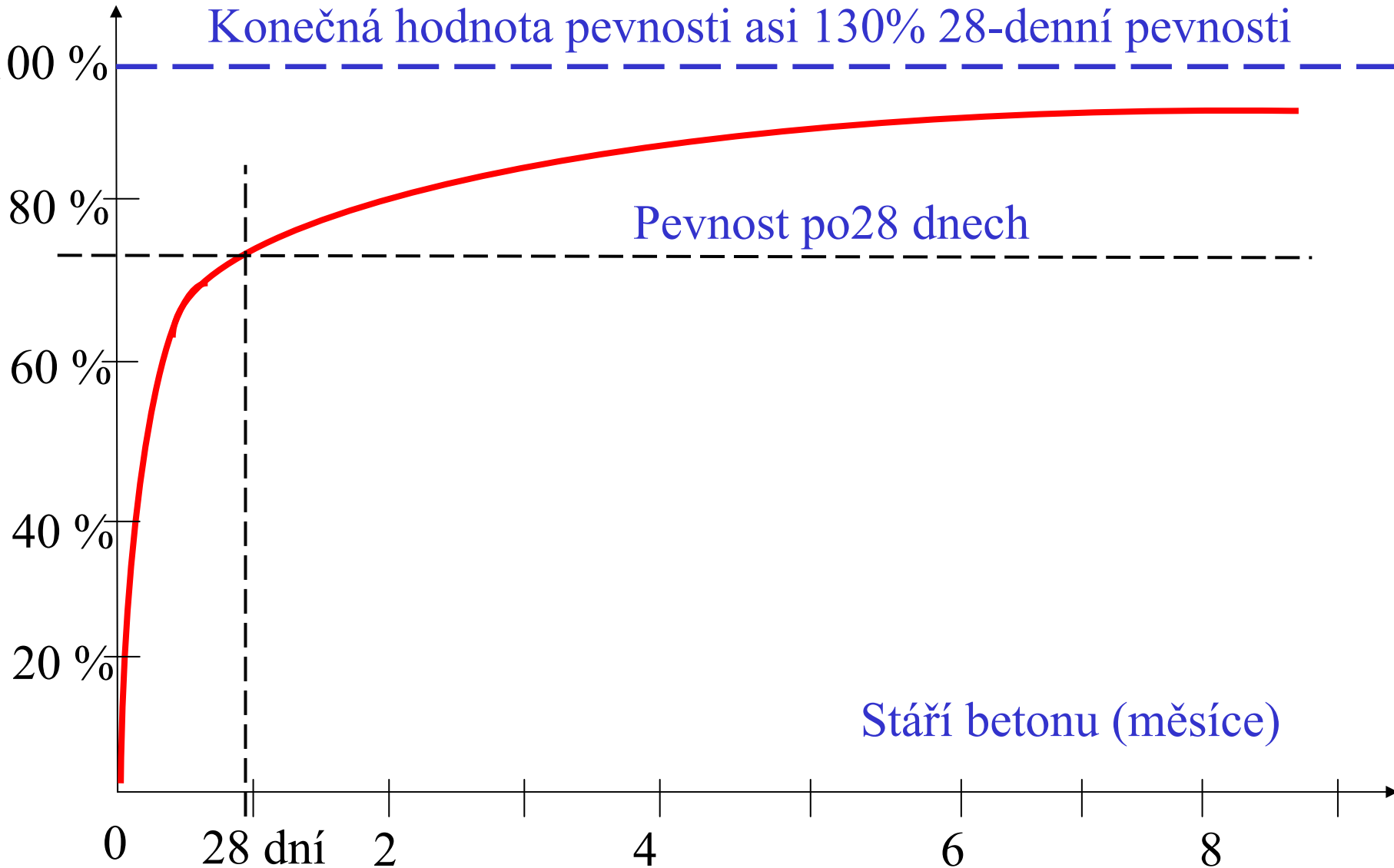
$$m_{\text{v},1} = m_{\text{c},1} w, \quad m_{\text{k},1} = \rho_{\text{t,k}}$$

(8) Množství jednotlivých složek se přepočte na 1 m³ betonu

Vliv prostředí



Vliv stáří betonu



Přednosti a nedostatky

Přednosti	Nedostatky
Pevnost v tlaku 20 až 200 MPa	Malá pevnost v tahu 1/10 pevnosti v tlaku
Trvanlivost	Velká hmotnost
Mrazuvzdornost	Pracnost
Vodotěsnost	Doprava
Plynotěsnost	Ekologické faktory
Tvarová rozmanitost	Barva

Otázky ke zkoušce

1. Složky betonu
2. Vodní součinitel, vliv na pevnost
3. Záměsová voda
4. Vliv vlhkosti prostředí na pevnost
5. Kamenivo, čára zrnitosti
6. Návrh betonové směsi
7. Vliv stáří betonu na pevnost
8. Přednosti a nedostatky

Obytné objekty – Itálie, B.Morassutti



Imperial College, London, R. Shepaard

