

ZÁKLADY STAVITELSTVÍ

7. Přednáška **Beton**

Ing. Tomáš Kadlíček, Ph.D.

OBSAH

- **ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ**
- **CEMENT**
- **SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU**
- **PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM
BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ**
- **ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE**
- **OBJEMOVÉ ZMĚNY BETONU**
- **VYSOKOHODNOTNÉ BETONY**

- **ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ**
- **CEMENT**
- **SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU**
- **PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM
BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ**
- **ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE**
- **OBJEMOVÉ ZMĚNY BETONU**
- **VYSOKOHODNOTNÉ BETONY**

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON:	umělý slepenec, ve kterém je jako plniva zpravidla použito přírodního kamene a jako pojiva zpravidla cementu
ČERSTVÝ BETON:	směs složek betonu po jejich promíchání. Často je také označuje na betonová směs
MLADÝ BETON:	beton o stáří do 28 dnů
ZRALÝ BETON:	beton o stáří nad 28 dnů

*Vlastnosti betonu jsou závislé nejen na vlastnostech složek betonu, ale také na stáří betonu.

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON:	umělý slepenec, ve kterém je jako plniva zpravidla použito přírodního kamene a jako pojiva zpravidla cementu
ČERSTVÝ BETON:	směs složek betonu po jejich promíchání. Často je také označuje na betonová směs
MLADÝ BETON:	beton o stáří do 28 dnů
ZRALÝ BETON:	beton o stáří nad 28 dnů

*Vlastnosti betonu jsou závislé nejen na vlastnostech složek betonu, ale také na stáří betonu.

VÝHODY:

- Lze zhotovit libovolný tvar konstrukce
- Jednoduchá technologie výroby
- Možnost recyklace
- Vysoká pevnost v tlaku, trvanlivost a odolnost

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON:	umělý slepenec, ve kterém je jako plniva zpravidla použito přírodního kamene a jako pojiva zpravidla cementu
ČERSTVÝ BETON:	směs složek betonu po jejich promíchání. Často je také označuje na betonová směs
MLADÝ BETON:	beton o stáří do 28 dnů
ZRALÝ BETON:	beton o stáří nad 28 dnů

*Vlastnosti betonu jsou závislé nejen na vlastnostech složek betonu, ale také na stáří betonu.

VÝHODY:

- Lze zhotovit libovolný tvar konstrukce
- Jednoduchá technologie výroby
- Možnost recyklace
- Vysoká pevnost v tlaku, trvanlivost a odolnost

NEVÝHODY:

- Vysoká hmotnost
- Vysoká tepelná vodivost
- Náročnost rekonstrukce

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON: umělý slepenec, ve kterém je jako plniva **zpravidla** použito přírodního kamene a jako pojiva **zpravidla** cementu

ČERSTVÝ BETON: směs složek betonu po jejich promíchání. Často je také označuje na **betonová směs**

MLADÝ BETON: beton o stáří do 28 dnů

ZRALÝ BETON: beton o stáří nad 28 dnů

*Vlastnosti betonu jsou závislé nejen na vlastnostech složek betonu, ale také na stáří betonu.

VÝHODY:

- Lze zhotovit libovolný tvar konstrukce
- Jednoduchá technologie výroby
- Možnost recyklace
- Vysoká pevnost v tlaku, trvanlivost a odolnost

NEVÝHODY:

- Vysoká hmotnost
- Vysoká tepelná vodivost
- Náročnost rekonstrukce

BETON DLE OBJEMOVÉ TÍHY:

- Lehký $\gamma < 2000 \text{ kg/m}^3$
- Obyčejný $2000 \text{ kg/m}^3 < \gamma < 2600 \text{ kg/m}^3$
- Těžký $\gamma > 2600 \text{ kg/m}^3$

BETON DLE KONSTRUKCE A FUNKCE

- Nosný
- Izolační
- Výplňový
- Kombinované a jiné funkce

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON DLE ZPŮSOBU VYZTUŽENÍ

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON DLE ZPŮSOBU VYZTUŽENÍ

- **PROSTÝ**
 - Bez vyztužení. Používá se hlavně u masivních tlakově zatížených prvků. Křehké porušené konstrukce.

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON DLE ZPŮSOBU VYZTUŽENÍ

- **PROSTÝ**
 - Bez vyztužení. Používá se hlavně u masivních tlakově zatížených prvků. Křehké porušené konstrukce.
- **SLABĚ ZTUŽENÝ**
 - Vyztužený jen malým množstvím výztuže. Porušení konstrukce je křehké

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON DLE ZPŮSOBU VYZTUŽENÍ

- **PROSTÝ**
 - Bez vyztužení. Používá se hlavně u masivních tlakově zatížených prvků. Křehké porušené konstrukce.
- **SLABĚ ZTUŽENÝ**
 - Vyztužený jen malým množstvím výztuže. Porušení konstrukce je křehké
- **VYZTUŽENÝ BETON**
 - 1) Beton vyztužený soustředěnou výztuží**
 - Beton vyztužený ocelovými tyčemi nebo lany. Beton má v tahu cca 10x menší pevnost než v tlaku.

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON DLE ZPŮSOBU VYZTUŽENÍ

- **PROSTÝ**
 - Bez vyztužení. Používá se hlavně u masivních tlakově zatížených prvků. Křehké porušené konstrukce.
- **SLABĚ ZTUŽENÝ**
 - Vyztužený jen malým množstvím výztuže. Porušení konstrukce je křehké
- **VYZTUŽENÝ BETON**
 - 1) Beton vyztužený soustředěnou výztuží**
 - Beton vyztužený ocelovými tyčemi nebo lany. Beton má v tahu cca 10x menší pevnost než v tlaku.
 - a) Železobeton** – Přebírá tahová napětí z okolního betonu až v důsledku zatížení (deformace) konstrukce. Podmínkou spolehlivého spolupůsobení betonu a oceli je zaručující přenesení napětí mezi betonem a ocelí. Z tohoto důvodu se často betonářská ocel opatřuje povrchovou úpravou pro zvýšení tření. Beton ochraňuje výztuž před korozi v průběhu své životnosti.

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON DLE ZPŮSOBU VYZTUŽENÍ

- **PROSTÝ**
 - Bez vyztužení. Používá se hlavně u masivních tlakově zatížených prvků. Křehké porušené konstrukce.
- **SLABĚ ZTUŽENÝ**
 - Vyztužený jen malým množstvím výztuže. Porušení konstrukce je křehké
- **VYZTUŽENÝ BETON**
 - 1) Beton vyztužený soustředěnou výztuží**
 - Beton vyztužený ocelovými tyčemi nebo lany. Beton má v tahu cca 10x menší pevnost než v tlaku.
 - a) Železobeton** – Přebírá tahová napětí z okolního betonu až v důsledku zatížení (deformace) konstrukce. Podmínkou spolehlivého spolupůsobení betonu a oceli je zaručující přenesení napětí mezi betonem a ocelí. Z tohoto důvodu se často betonářská ocel opatřuje povrchovou úpravou pro zvýšení tření. Beton ochraňuje výztuž před korozi v průběhu své životnosti.
 - b) Předpjatý beton** – Výztuž vnáší do prvků tlakové napětí ještě před samotným zatížením konstrukce. Snahou předpínací výztuže je buď značně omezit nebo zcela zabránit vzniku tahových napětí v průřezu betonového prvku.

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON DLE ZPŮSOBU VYZTUŽENÍ

- **PROSTÝ**
 - Bez vyztužení. Používá se hlavně u masivních tlakově zatížených prvků. Křehké porušené konstrukce.
- **SLABĚ ZTUŽENÝ**
 - Vyztužený jen malým množstvím výztuže. Porušení konstrukce je křehké
- **VYZTUŽENÝ BETON**
 - 1) Beton vyztužený soustředěnou výztuží**
 - Beton vyztužený ocelovými tyčemi nebo lany. Beton má v tahu cca 10x menší pevnost než v tlaku.
 - a) Železobeton** – Přebírá tahová napětí z okolního betonu až v důsledku zatížení (deformace) konstrukce. Podmínkou spolehlivého spolupůsobení betonu a oceli je zaručující přenesení napětí mezi betonem a ocelí. Z tohoto důvodu se často betonářská ocel opatřuje povrchovou úpravou pro zvýšení tření. Beton ochraňuje výztuž před korozí v průběhu své životnosti.
 - b) Předpjatý beton** – Výztuž vnáší do prvků tlakové napětí ještě před samotným zatížením konstrukce. Snahou předpínací výztuže je buď značně omezit nebo zcela zabránit vzniku tahových napětí v průřezu betonového prvku.
 - 2) Beton vyztužený rozptýlenou výztuží**
 - Beton vyztužený náhodně rozmístěnými ocelovými nebo plastovými vlákny k zlepšení tahových vlastností betonu. Používá se zejména k zabránění vzniku menších trhlinek v betonu (Průmyslové podlahy).

*Tvorbu železobetonu umožňuje shodná tepelná roztažnost s betonem $\alpha = 10^{-6} K^{-1}$. Nedochází ke ztrátě napětí.

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON DLE HUTNOSTI

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON DLE HUTNOSTI

- **HUTNÝ BETON**

- Objem vzduchových pórů je ve zhuštěné betonové směsi do 5%. Jejich přítomnost je způsobena nedokonalým zhuštěním betonové směsi. V konstrukčním betonu mají vzduchové póry neblahý vliv na jeho pevnost.

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON DLE HUTNOSTI

- **HUTNÝ BETON**

- Objem vzduchových pórů je ve zhuštěné betonové směsi do 5%. Jejich přítomnost je způsobena nedokonalým zhuštěním betonové směsi. V konstrukčním betonu mají vzduchové póry neblahý vliv na jeho pevnost.

- **PROVZDUŠNĚNÝ BETON**

- Objem vzduchových pórů je 5-10%. Vznik pórů je záměrný a má zlepšit vlastnosti betonové směsi (zpracovatelnost) nebo betonu (mrazuvzdornost) a jejich rozložení v betonu je rovnoměrné (mrazuvzdorné betony).

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON DLE HUTNOSTI

- **HUTNÝ BETON**

- Objem vzduchových pórů je ve zhuťné betonové směsi do 5%. Jejich přítomnost je způsobena nedokonalým zhuťněním betonové směsi. V konstrukčním betonu mají vzduchové póry neblahý vliv na jeho pevnost.

- **PROVZDUŠNĚNÝ BETON**

- Objem vzduchových pórů je 5-10%. Vznik pórů je záměrný a má zlepšit vlastnosti betonové směsi (zpracovatelnost) nebo betonu (mrazuvzdornost) a jejich rozložení v betonu je rovnoměrné (mrazuvzdorné betony).

- **PÓROVITÝ BETON**

- Objem vzduchových pórů je nad 10%. Póry snižují jak objemovou hmotnost tak pevnost betonu, ale zvyšují jeho tepelně izolační schopnost (pórobetonové tvárnice).

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON DLE HUTNOSTI

- **HUTNÝ BETON**

- Objem vzduchových pórů je ve zhuštěné betonové směsi do 5%. Jejich přítomnost je způsobena nedokonalým zhuštěním betonové směsi. V konstrukčním betonu mají vzduchové póry neblahý vliv na jeho pevnost.

- **PROVZDUŠNĚNÝ BETON**

- Objem vzduchových pórů je 5-10%. Vznik pórů je záměrný a má zlepšit vlastnosti betonové směsi (zpracovatelnost) nebo betonu (mrazuvzdornost) a jejich rozložení v betonu je rovnoměrné (mrazuvzdorné betony).

- **PÓROVITÝ BETON**

- Objem vzduchových pórů je nad 10%. Póry snižují jak objemovou hmotnost tak pevnost betonu, ale zvyšují jeho tepelně izolační schopnost (pórobetonové tvárnice).

- **MEZEROVITÝ BETON**

- Pro beton je charakteristický velký podíl hrubého kameniva, které po obalení cementovou maltou vytváří navzájem propojené póry (drenážní betony pro jezdové plochy).

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON DLE POUŽITÉHO POJIVA

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON DLE POUŽITÉHO POJIVA

- **CEMENTOVÁ POJIVA**

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON DLE POUŽITÉHO POJIVA

- CEMENTOVÁ POJIVA

- **BETONY Z PORTLANDSKÉHO CEMENTU**

- vysoká pevnost a rychlost zrání betonu (rychlý nárůst pevnosti), intenzivní vývin hydratačního tepla v počáteční fázi hydratace. Je drahý a málo odolný vůči agresivnímu prostředí.

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON DLE POUŽITÉHO POJIVA

- **CEMENTOVÁ POJIVA**

- **BETONY Z PORTLANDSKÉHO CEMENTU**

- vysoká pevnost a rychlost zrání betonu (rychlý nárůst pevnosti), intenzivní vývin hydratačního tepla v počáteční fázi hydratace. Je drahý a málo odolný vůči agresivnímu prostředí.

- **BETONY ZE SMĚSNÝCH CEMENTŮ**

- vysoká pevnost a pomalý nárůst pevnosti betonu, menší vývin hydratačního tepla. Je levnější a odolnější vůči agresivnímu prostředí.

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON DLE POUŽITÉHO POJIVA

- **CEMENTOVÁ POJIVA**

- **BETONY Z PORTLANDSKÉHO CEMENTU**

- vysoká pevnost a rychlost zrání betonu (rychlý nárůst pevnosti), intenzivní vývin hydratačního tepla v počáteční fázi hydratace. Je drahý a málo odolný vůči agresivnímu prostředí.

- **BETONY ZE SMĚSNÝCH CEMENTŮ**

- vysoká pevnost a pomalý nárůst pevnosti betonu, menší vývin hydratačního tepla. Je levnější a odolnější vůči agresivnímu prostředí.

- **BETONY Z JINÝCH CEMENTŮ**

- síranovzdorné, hlinitanové, barevné...

- * Hlinitanové betonu jsou v ČR zakázané. Může u nich dojít k reskrystalizaci a ztrátě pevnosti.

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON DLE POUŽITÉHO POJIVA

- **CEMENTOVÁ POJIVA**

- **BETONY Z PORTLANDSKÉHO CEMENTU**

- vysoká pevnost a rychlost zrání betonu (rychlý nárůst pevnosti), intenzivní vývin hydratačního tepla v počáteční fázi hydratace. Je drahý a málo odolný vůči agresivnímu prostředí.

- **BETONY ZE SMĚSNÝCH CEMENTŮ**

- vysoká pevnost a pomalý nárůst pevnosti betonu, menší vývin hydratačního tepla. Je levnější a odolnější vůči agresivnímu prostředí.

- **BETONY Z JINÝCH CEMENTŮ**

- síranovzdorné, hlinitanové, barevné...

- * Hlinitanové betonu jsou v ČR zakázané. Může u nich dojít k reskrystalizaci a ztrátě pevnosti.

- **POJIVA Z UMĚLÝCH PRYSKYŘIC**

- vysoká pevnost, rychlý nárůst pevnosti a odolnost vůči agresivnímu prostředí.

- obtížná technologie a vysoká cena

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON DLE POUŽITÉHO POJIVA

- **CEMENTOVÁ POJIVA**

- **BETONY Z PORTLANDSKÉHO CEMENTU**

- vysoká pevnost a rychlost zrání betonu (rychlý nárůst pevnosti), intenzivní vývin hydratačního tepla v počáteční fázi hydratace. Je drahý a málo odolný vůči agresivnímu prostředí.

- **BETONY ZE SMĚSNÝCH CEMENTŮ**

- vysoká pevnost a pomalý nárůst pevnosti betonu, menší vývin hydratačního tepla. Je levnější a odolnější vůči agresivnímu prostředí.

- **BETONY Z JINÝCH CEMENTŮ**

- síranovzdorné, hlinitanové, barevné...

- * Hlinitanové betonu jsou v ČR zakázané. Může u nich dojít k reskrystalizaci a ztrátě pevnosti.

- **POJIVA Z UMĚLÝCH PRYSKYŘIC**

- vysoká pevnost, rychlý nárůst pevnosti a odolnost vůči agresivnímu prostředí.

- obtížná technologie a vysoká cena

- **ŽIVIČNÁ A ASFALTOVÁ POJIVA**

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON DLE POUŽITÉHO POJIVA

- **CEMENTOVÁ POJIVA**

- **BETONY Z PORTLANDSKÉHO CEMENTU**

- vysoká pevnost a rychlost zrání betonu (rychlý nárůst pevnosti), intenzivní vývin hydratačního tepla v počáteční fázi hydratace. Je drahý a málo odolný vůči agresivnímu prostředí.

- **BETONY ZE SMĚSNÝCH CEMENTŮ**

- vysoká pevnost a pomalý nárůst pevnosti betonu, menší vývin hydratačního tepla. Je levnější a odolnější vůči agresivnímu prostředí.

- **BETONY Z JINÝCH CEMENTŮ**

- síranovzdorné, hlinitanové, barevné...

- * Hlinitanové betonu jsou v ČR zakázané. Může u nich dojít k reskrystalizaci a ztrátě pevnosti.

- **POJIVA Z UMĚLÝCH PRYSKYŘIC**

- vysoká pevnost, rychlý nárůst pevnosti a odolnost vůči agresivnímu prostředí.

- obtížná technologie a vysoká cena

- **ŽIVIČNÁ A ASFALTOVÁ POJIVA**

- **POJIVA NA BÁZI SÍRY**

- odolné vůči agresivnímu prostředí s rychlým nárůstem pevnosti

- při zvýšení teploty ztrácí svou pevnost a jsou hořlavé

ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ

BETON DLE POUŽITÉHO POJIVA

- **CEMENTOVÁ POJIVA**

- **BETONY Z PORTLANDSKÉHO CEMENTU**

- vysoká pevnost a rychlost zrání betonu (rychlý nárůst pevnosti), intenzivní vývin hydratačního tepla v počáteční fázi hydratace. Je drahý a málo odolný vůči agresivnímu prostředí.

- **BETONY ZE SMĚSNÝCH CEMENTŮ**

- vysoká pevnost a pomalý nárůst pevnosti betonu, menší vývin hydratačního tepla. Je levnější a odolnější vůči agresivnímu prostředí.

- **BETONY Z JINÝCH CEMENTŮ**

- síranovzdorné, hlinitanové, barevné...

- * Hlinitanové betonu jsou v ČR zakázané. Může u nich dojít k reskrystalizaci a ztrátě pevnosti.

- **POJIVA Z UMĚLÝCH PRYSKYŘIC**

- vysoká pevnost, rychlý nárůst pevnosti a odolnost vůči agresivnímu prostředí.

- obtížná technologie a vysoká cena

- **ŽIVIČNÁ A ASFALTOVÁ POJIVA**

- **POJIVA NA BÁZI SÍRY**

- odolné vůči agresivnímu prostředí s rychlým nárůstem pevnosti

- při zvýšení teploty ztrácí svou pevnost a jsou hořlavé

- **SÁDROVÁ POJIVA** - používají se zejména jako betony výplňové a tam kde nedochází ke styku s vodou

- **ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ**
- **CEMENT**
- **SLOŽENÍ BETONU**
- **PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM
BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ**
- **ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE**
- **OBJEMOVÉ ZMĚNY BETONU**
- **VYSOKOHODNOTNÉ BETONY**

- ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ
- **CEMENT**
- SLOŽENÍ BETONU
- PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM
BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ
- ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE
- OBJEMOVÉ ZMĚNY BETONU
- VYSOKOHODNOTNÉ BETONY

CEMENT

VÝROBA CEMENTU

- 1) Těžba surovin - Vápenec, jíl, ...

CEMENT

VÝROBA CEMENTU

- 1) Těžba surovin - Vápenec, jíl, ...
- 2) Drcení surovin - Drcení na velikost cca 4 cm

CEMENT

VÝROBA CEMENTU

- 1) Těžba surovin - Vápenec, jíl, ...
- 2) Drcení surovin - Drcení na velikost cca 4 cm
- 3) Prehomogenizace - Promíšení směsi surovin

CEMENT

VÝROBA CEMENTU

- 1) Těžba surovin - Vápenec, jíl, ...
- 2) Drcení surovin - Drcení na velikost cca 4 cm
- 3) Prehomogenizace - Promíšení směsi surovin
- 4) Mletí surovin
 - Suroviny se v kontrolovaných poměrech melou a mísí na požadované chemické složení.
 - Mletí suché – při mletí se využívá výstupních plynů z pece, je energeticky méně náročná
 - Mletí mokré – pokud má surovina více než 20% vlhkosti

CEMENT

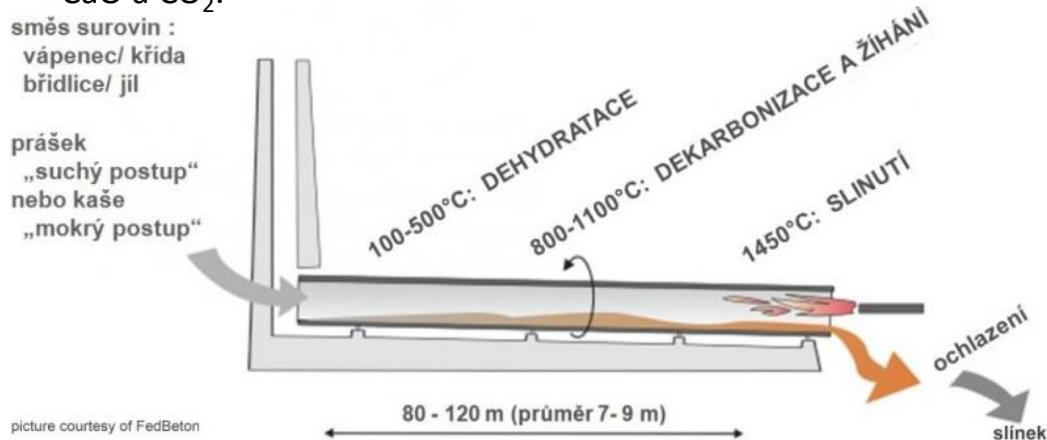
VÝROBA CEMENTU

- 1) Těžba surovin - Vápenec, jíl, ...
- 2) Drcení surovin - Drcení na velikost cca 4 cm
- 3) Prehomogenizace - Promíšení směsi surovin
- 4) Mletí surovin - Suroviny se v kontrolovaných poměrech melou a mísí na požadované chemické složení.
- Mletí suché – při mletí se využívá výstupních plynů z pece, je energeticky méně náročná
- Mletí mokré – pokud má surovina více než 20% vlhkosti
- 5) Homogenizace

CEMENT

VÝROBA CEMENTU

- 1) Těžba surovin - Vápenec, jíl, ...
- 2) Drcení surovin - Drcení na velikost cca 4 cm
- 3) Prehomogenizace - Promíšení směsi surovin
- 4) Mletí surovin
 - Suroviny se v kontrolovaných poměrech melou a mísí na požadované chemické složení.
 - Mletí suché – při mletí se využívá výstupních plynů z pece, je energeticky méně náročná
 - Mletí mokré – pokud má surovina více než 20% vlhkosti
- 5) Homogenizace
- 6) Výpal slínku
 - Směs se proměňuje ve slínek v pomalu se otáčejících pecích. Slínek má cca 3-4 cm
 - Kalcinace – při 900° dochází k rozkladu uhličitany vápenatého CaCO_3 na oxid vápenatý CaO a CO_2 .



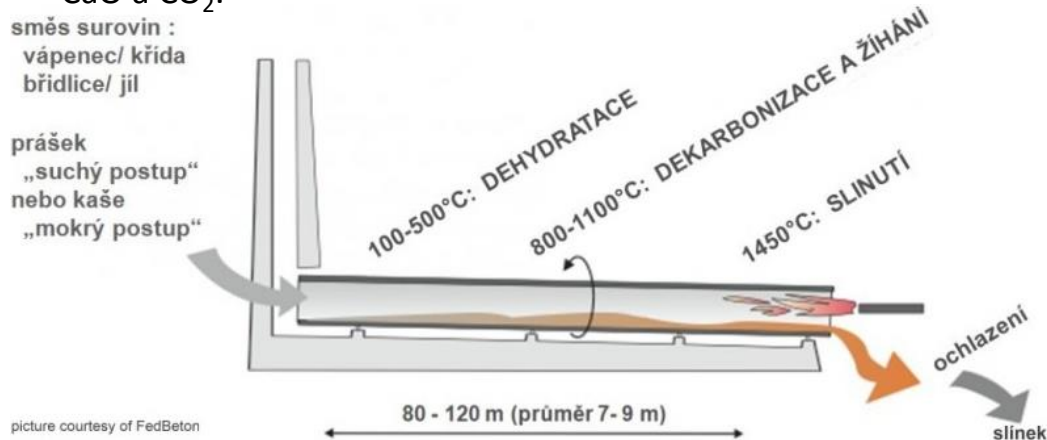
Zdroj: ebeton.cz

- při 1400° reaguje CaO s dalšími oxidy a vzniká slínek

CEMENT

VÝROBA CEMENTU

- 1) Těžba surovin - Vápenec, jíl, ...
- 2) Drcení surovin - Drcení na velikost cca 4 cm
- 3) Prehomogenizace - Promíšení směsi surovin
- 4) Mletí surovin
 - Suroviny se v kontrolovaných poměrech melou a mísí na požadované chemické složení.
 - Mletí suché – při mletí se využívá výstupních plynů z pece, je energeticky méně náročná
 - Mletí mokré – pokud má surovina více než 20% vlhkosti
- 5) Homogenizace
- 6) Výpal slínku
 - Směs se proměňuje ve slínek v pomalu se otáčejících pecích. Slínek má cca 3-4 cm
 - Kalcinace – při 900° dochází k rozkladu uhličitanu vápenatého CaCO_3 na oxid vápenatý CaO a CO_2 .



- 7) Mletí
 - při 1400° reaguje CaO s dalšími oxidy a vzniká slínek
 - Do Portlanského cementu se při mletí slínku přidává sádrovec (do 5%) jako regulátor tuhnutí. Do směsných cementů se přidává vysokopecní struska, popílek...

CEMENT

SLINKOVÉ MINERÁLY

Při výrobě cementu vzniká množství oxidu, tzv. slinkových minerálů. Čtyři nejvýznačnější slinkové minerály jsou:

CEMENT

SLINKOVÉ MINERÁLY

Při výrobě cementu vzniká množství oxidu, tzv. slinkových minerálů. Čtyři nejvýznačnější slinkové minerály jsou:

Trikalciumaluminát

$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$

10%

- Přispívá k rychlému tuhnutí a tvrdnutí a rychlému vývinu hydratačního tepla, avšak dosahuje malých pevností. Z důvodu rychlého nástupu tuhnutí, které negativně ovlivňuje zpracovatelnost betonové směsi, se přidává **sádrovec**.

- Chemická reakce $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 3(\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) + 26\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$

Hydratací vzniká na povrchu zrn tzv. **etringit**, který zpomaluje hydrataci. Ten později přechází na

$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O} + 2(4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3) \longrightarrow 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

CEMENT

SLINKOVÉ MINERÁLY

Při výrobě cementu vzniká množství oxidu, tzv. slinkových minerálů. Čtyři nejvýznačnější slinkové minerály jsou:

Trikalciumaluminát $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 10%

- Přispívá k rychlému tuhnutí a tvrdnutí a rychlému vývinu hydratačního tepla, avšak dosahuje malých pevností. Z důvodu rychlého nástupu tuhnutí, které negativně ovlivňuje zpracovatelnost betonové směsi, se přidává **sádrovec**.
- Chemická reakce $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 3(\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) + 26\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$
Hydratací vzniká na povrchu zrn tzv. **etringit**, který zpomaluje hydrataci. Ten později přechází na $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O} + 2(4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3) \longrightarrow 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

Tetrakalciumaluminátferit (celit) $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ 10%

- Malý vývin hydratačního tepla a přispívá k nárustu pevnosti po delší době
- Je odolný vůči chemickým látkám a u chemicky odolných cementů je jeho obsah větší
- Chemická reakce $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{CaO} \cdot (\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot 18\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{CaO} \cdot (\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

CEMENT

SLINKOVÉ MINERÁLY

Při výrobě cementu vzniká množství oxidu, tzv. slinkových minerálů. Čtyři nejvýznačnější slinkové minerály jsou:

CEMENT

SLINKOVÉ MINERÁLY

Při výrobě cementu vzniká množství oxidu, tzv. slinkových minerálů. Čtyři nejvýznačnější slinkové minerály jsou:

Trikalciumsilikát (Alit)

- Přispívá k nárustu počáteční pevnosti a způsobuje rychlé tuhnutí betonové směsi.

- Je málo odolný vůči chemickému prostředí.

- Chemická reakce

$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

$2 (3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2) + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{Ca}(\text{OH})_2$

Hydroxid vápenatý (Hašené vápno)

Kalcium hydrosilikáty (C-S-H minerály)

65%

$3\text{CaO}(\text{OH})_2$

- Minerály vzniklé z hydratace cementu.

Jsou nositelem pevnosti vyzrálého betonu

CEMENT

SLINKOVÉ MINERÁLY

Při výrobě cementu vzniká množství oxidu, tzv. slinkových minerálů. Čtyři nejvýznačnější slinkové minerály jsou:

Trikalciumsilikát (Alit)

$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

65%

- Přispívá k nárůstu počáteční pevnosti a způsobuje rychlé tuhnutí betonové směsi.
- Je málo odolný vůči chemickému prostředí.
- Chemická reakce

$2(3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2) + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{Ca}(\text{OH})_2$

Hydroxid vápenatý (Hašené vápno)

$3\text{CaO}(\text{OH})_2$

Kalcium hydrosilikáty (C-S-H minerály)

- Minerály vzniklé z hydratace cementu.

Jsou nositelem pevnosti vyzrálého betonu

Dikalciomsilikát (Belit)

$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

20%

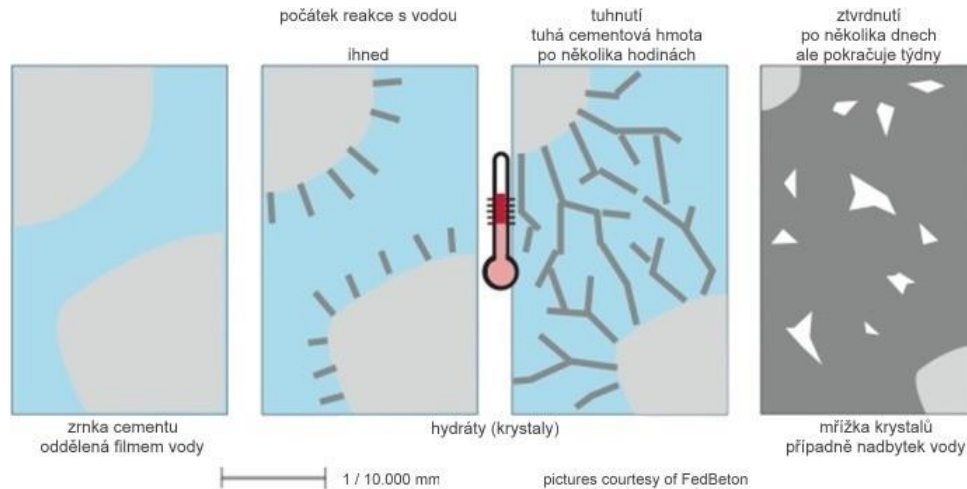
- Pomalý nárůst počátečních pevností, avšak přispívá k vysokým dlouhodobým pevnostem.
- Je odolnější vůči agresivnímu prostředí.
- Chemická reakce

$2(2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2) + 4\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2$

CEMENT

HYDRATACE CEMENTU

- chemická reakce, při které po smíchání cementu s vodou vznikají nové minerály. Krystaly se postupně rozrůstají a postupně prorůstají, čímž cement tvrdne.

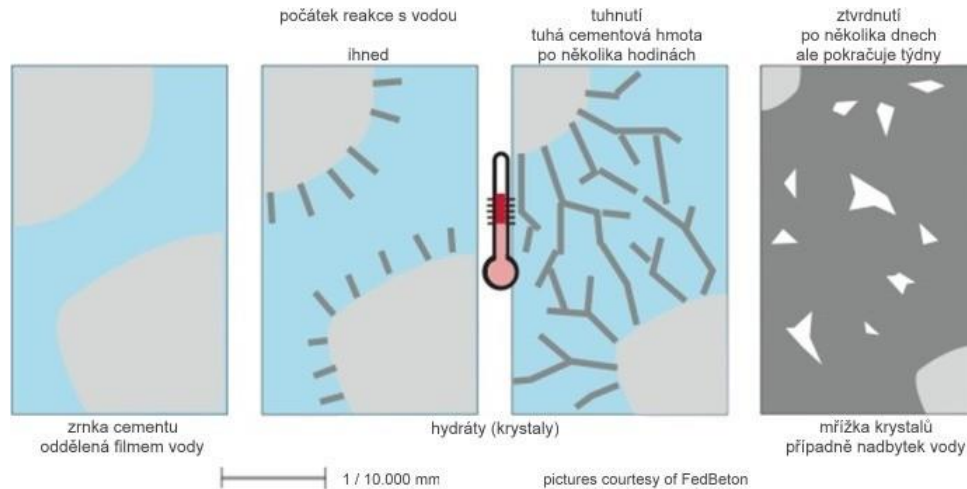


Zdroj: ebeton.cz

CEMENT

HYDRATACE CEMENTU

- chemická reakce, při které po smíchání cementu s vodou vznikají nové minerály. Krystaly se postupně rozrůstají a postupně prorůstají, čímž cement tvrdne.



Zdroj: ebeton.cz

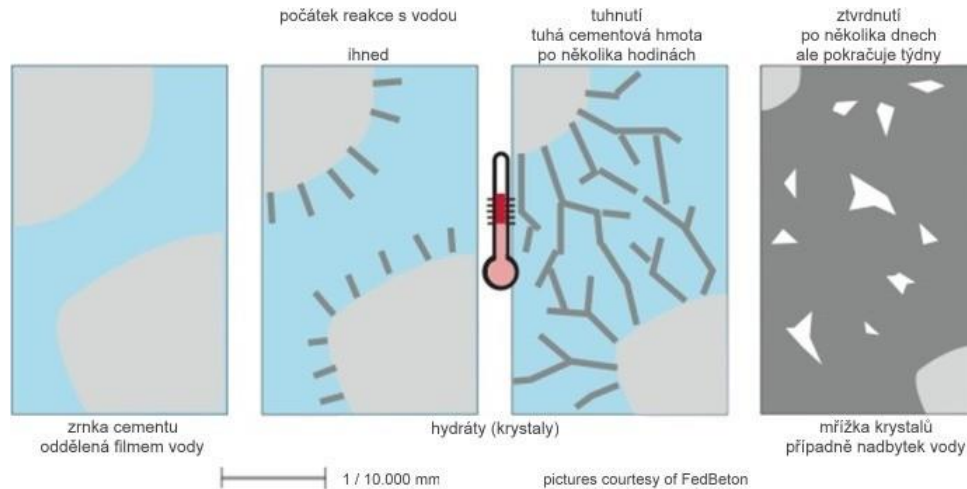
Během hydratace vzniká značné množství Ca(OH)_2 , který vytváří v betonu značně zásadité prostředí $\text{pH} > 12$. Toto prostředí chrání ocelovou výztuž před korozí. Ve styku se vzduchem dochází k chemické reakci, tzv. **karbonataci** a snižování pH.



CEMENT

HYDRATACE CEMENTU

- chemická reakce, při které po smíchání cementu s vodou vznikají nové minerály. Krystaly se postupně rozrůstají a postupně prorůstají, čímž cement tvrdne.



Zdroj: ebeton.cz

Během hydratace vzniká značné množství Ca(OH)_2 , který vytváří v betonu značně zásadité prostředí $\text{pH} > 12$. Toto prostředí chrání ocelovou výztuž před korozí. Ve styku se vzduchem dochází k chemické reakci, tzv. **karbonataci** a snižování pH.



Ke korozi výztuže dochází již při $\text{pH} = 10$. Při $\text{pH} = 9$ dochází k rozkladu hutných oxidů na hranici ocel/beton a tzv. **depasivaci** výztuže a následné korozi.

Karbonatace betonu postupuje rychlostí cca 1 mm za rok.

CEMENT

- **DRUHY CEMENTŮ**
 - CEM I** Portlandský cement
 - CEM II** Portlandský směsný cement
 - CEM III** Vysokopeční cement
 - CEM IV** Pucolánový cement
 - CEM V** Směsný cement
- **PEVNOSTNÍ TŘÍDY CEMENTŮ (PO 28 DNECH)**
 - 32,5**
 - 42,5**
 - 52,5**
- **POČÁTEČNÍ PEVNOSTI CEMENTU (PO 2 A 7 DNECH)**
 - R** – Rychlovazné cementy
 - L** – Cementy s nízkou počáteční pevností
 - N** – Standartní počáteční pevností

Pevnostní třída	Pevnost v tlaku [MPa]				Počátek tuhnutí [minut]	Objemová stálost (rozepnutí) [mm]
	Počáteční pevnost		Normalizovaná pevnost			
	2 dny	7 dnů	28 dnů			
32,5 N	---	≥ 16,0	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 75	≤ 10
32,5 R	≥ 10,0	---				
42,5 N	≥ 10,0	---	≥ 42,5	≤ 62,5	≥ 60	
42,5 R	≥ 20,0	---				
52,5 N	≥ 20,0	---	≥ 52,5	---	≥ 45	
52,5 R	≥ 30,0	---				

Zdroj: ebeton.cz

CEMENT

- **DRUHY CEMENTŮ**

- CEM I** Portlandský cement
- CEM II** Portlandský směsný cement
- CEM III** Vysokopecní cement
- CEM IV** Pucolánový cement
- CEM V** Směsný cement

- **PEVNOSTNÍ TŘÍDY CEMENTŮ (PO 28 DNECH)**

- 32,5
- 42,5
- 52,5

- **POČÁTEČNÍ PEVNOSTI CEMENTU (PO 2 A 7 DNECH)**

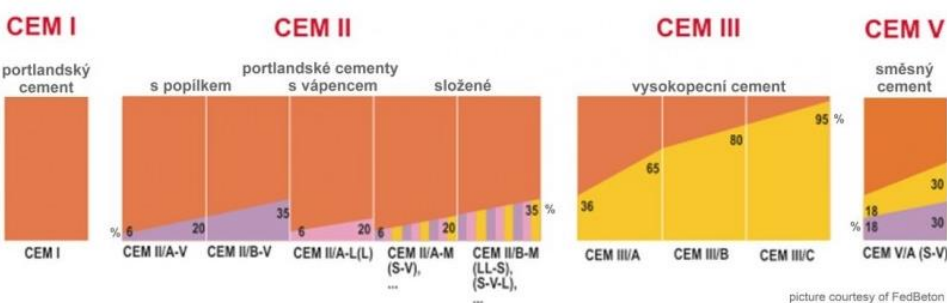
- R** – Rychlovazné cementy
- L** – Cementy s nízkou počáteční pevností
- N** – Standartní počáteční pevností

- **DRUHY PŘÍMĚSÍ:**

- K** - Slínek
- S** - Vysokopecní struska
- D** - Křemičitý úlet
- P** - Přírodní pucolány
- V** - Křemičité popílký
- W** - Vápenaté popílký
- T** - Kalcinovaná břidlice
- LL, L** – Vápence

- **MNOŽSTVÍ PŘÍMĚSÍ**

- A** – 6% až 20%
- B** – 21% až 35%



Zdroj: ebeton.cz

Pevnostní třída	Pevnost v tlaku [MPa]				Počátek tuhnutí [minut]	Objemová stálost (rozepnutí) [mm]
	Počáteční pevnost		Normalizovaná pevnost			
	2 dny	7 dnů	28 dnů			
32,5 N	---	≥ 16,0	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 75	≤ 10
32,5 R	≥ 10,0	---				
42,5 N	≥ 10,0	---	≥ 42,5	≤ 62,5	≥ 60	
42,5 R	≥ 20,0	---				
52,5 N	≥ 20,0	---	≥ 52,5	---	≥ 45	
52,5 R	≥ 30,0	---				

Zdroj: ebeton.cz

CEMENT

- **DRUHY CEMENTŮ**
 - CEM I** Portlandský cement
 - CEM II** Portlandský směsný cement
 - CEM III** Vysokopecní cement
 - CEM IV** Pucolánový cement
 - CEM V** Směsný cement
- **PEVNOSTNÍ TŘÍDY CEMENTŮ (PO 28 DNECH)**
 - 32,5**
 - 42,5**
 - 52,5**
- **POČÁTEČNÍ PEVNOSTI CEMENTU (PO 2 A 7 DNECH)**
 - R** – Rychlovazné cementy
 - L** – Cementy s nízkou počáteční pevností
 - N** – Standartní počáteční pevností

CEM II / A – M (S-L-V) 42,5 R

- **DRUHY PŘÍMĚSÍ:**
 - K** - Slínek
 - S** - Vysokopecní struska
 - D** - Křemičitý úlet
 - P** - Přírodní pucolány
 - V** - Křemičité popílký
 - W** - Vápenaté popílký
 - T** - Kalcinovaná břidlice
 - LL, L** – Vápence
- **MNOŽSTVÍ PŘÍMĚSÍ**
 - A** – 6% až 20%
 - B** – 21% až 35%

Pevnostní třída	Pevnost v tlaku [MPa]				Počátek tuhnutí [minut]	Objemová stálost (rozepnutí) [mm]
	Počáteční pevnost		Normalizovaná pevnost			
	2 dny	7 dnů	28 dnů			
32,5 N	---	≥ 16,0	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 75	≤ 10
32,5 R	≥ 10,0	---				
42,5 N	≥ 10,0	---	≥ 42,5	≤ 62,5	≥ 60	
42,5 R	≥ 20,0	---				
52,5 N	≥ 20,0	---	≥ 52,5	---	≥ 45	
52,5 R	≥ 30,0	---				

Zdroj: ebeton.cz

CEMENT

- **DRUHY CEMENTŮ**

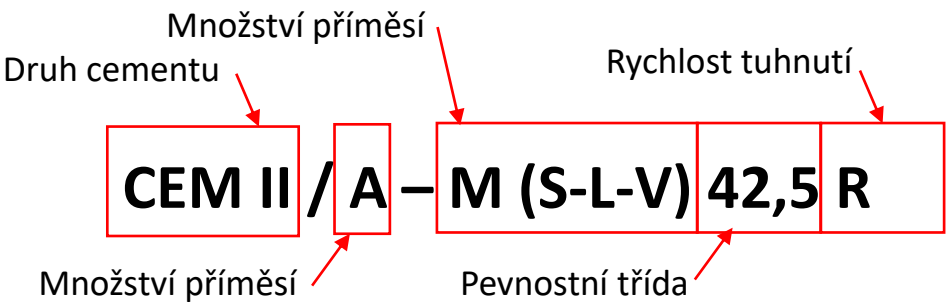
- CEM I** Portlandský cement
- CEM II** Portlandský směsný cement
- CEM III** Vysokopecní cement
- CEM IV** Pucolánový cement
- CEM V** Směsný cement

- **PEVNOSTNÍ TŘÍDY CEMENTŮ (PO 28 DNECH)**

- 32,5**
- 42,5**
- 52,5**

- **POČÁTEČNÍ PEVNOSTI CEMENTU (PO 2 A 7 DNECH)**

- R** – Rychlovazné cementy
- L** – Cementy s nízkou počáteční pevností
- N** – Standartní počáteční pevností



- **DRUHY PŘÍMĚSÍ:**

- K** - Slínek
- S** - Vysokopecní struska
- D** - Křemičitý úlet
- P** - Přírodní pucolány
- V** - Křemičité popílky
- W** - Vápenaté popílky
- T** - Kalcinovaná břidlice
- LL, L** – Vápence

- **MNOŽSTVÍ PŘÍMĚSÍ**

- A** – 6% až 20%
- B** – 21% až 35%

Pevnostní třída	Pevnost v tlaku [MPa]				Počátek tuhnutí [minut]	Objemová stálost (rozepnutí) [mm]
	Počáteční pevnost		Normalizovaná pevnost			
	2 dny	7 dnů	28 dnů			
32,5 N	---	≥ 16,0	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 75	≤ 10
32,5 R	≥ 10,0	---				
42,5 N	≥ 10,0	---	≥ 42,5	≤ 62,5	≥ 60	
42,5 R	≥ 20,0	---				
52,5 N	≥ 20,0	---	≥ 52,5	---	≥ 45	
52,5 R	≥ 30,0	---				

- **ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ**
- **CEMENT**
- **SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU**
- **PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM
BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ**
- **ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE**
- **OBJEMOVÉ ZMĚNY BETONU**
- **VYSOKOHODNOTNÉ BETONY**

- ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ
- CEMENT
- **SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU**
- PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM
BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ
- ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE
- OBJEMOVÉ ZMĚNY BETONU
- VYSOKOHODNOTNÉ BETONY

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

- **POJIVO**
 - složka betonu zaručující vytvoření umělého slepence.

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

- **POJIVO**

- složka betonu zaručující vytvoření umělého slepence.

- **PLNIVO**

- Ve většině případů se jedná o přírodní kamenivo. Plnivo zabírá v betonu cca 2/3 objemu. Pro ideální vyplnění betonu se používají minimálně 3 frakce (písek 0-4 mm, jemný štěrk 4-8 mm, hrubý štěrk 8-16 mm nebo 8-22 mm)

- Typy plniva:

- Přírodní kamenivo – jen výjimečně dostupné, vysoká pevnost

- Přírodní drcené – dražší než přírodní kvůli nutnosti jeho úpravy

- Umělé – Expandované jíly (lehké betony), cihly, elektrárenský popílek, mikrosilika

- Recyklovaný beton – Vhodné pokud není potřeba vysokých pevností

- Znovu použité kamenivo

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

- **POJIVO**

- složka betonu zaručující vytvoření umělého slepence.

- **PLNIVO**

- Ve většině případů se jedná o přírodní kamenivo. Plnivo zabírá v betonu cca 2/3 objemu. Pro ideální vyplnění betonu se používají minimálně 3 frakce (písek 0-4 mm, jemný štěrk 4-8 mm, hrubý štěrk 8-16 mm nebo 8-22 mm)

- Typy plniva:

- Přírodní kamenivo – jen výjimečně dostupné, vysoká pevnost

- Přírodní drcené – dražší než přírodní kvůli nutnosti jeho úpravy

- Umělé – Expandované jíly (lehké betony), cihly, elektrárenský popílek, mikrosilika

- Recyklovaný beton – Vhodné pokud není potřeba vysokých pevností

- Znovu použité kamenivo

- **VODA**

- nevhodné vody jsou agresivní, například síranové, popřípadě vody s nedostatkem inertních solí (hladové vody). Voda slouží k:

- hydrataci betonu – chemická reakce, cca 0,23l vody na 1kg cementu

- zpracovatelnosti betonové směsi – voda, která nezůstane chemicky vázána v betonu.

- Zvyšuje objem pórů v betonu a tím snižuje jeho pevnost a trvanlivost, proto by měl být podíl této vody co nejmenší

- vyplnění pórů v kamenivu

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

- **PŘÍSADY**

- jsou to látky, kterých se dává do betonu mále množství, cca dg na kg cementu. Vzhledem k malému množství je nutné naprosto promíchat s betonovou směsí, aby byla směs homogenní. Při kombinaci přísad je třeba pamatovat, že často ovlivňují více vlastností betonu, byť jednu dominantněji.

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

- **PŘÍSADY**

- jsou to látky, kterých se dává do betonu mále množství, cca dg na kg cementu. Vzhledem k malému množství je nutné naprosto promíchat s betonovou směsí, aby byla směs homogenní. Při kombinaci přísad je třeba pamatovat, že často ovlivňují více vlastností betonu, byť jednu dominantněji.

Druhy přísad:

- **plastifikační a ztekucující** – zvyšují zpracovatelnost betonové směsi a snižují tak množství záměsové vody. V betonu tak vzniká méně pórů a zvyšuje se pevnost. Plastifikační přísady snižují množství záměsové hmoty o 15%, ztekucující (superplastifikátory) přísady nad tuto hranici.

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

- **PŘÍSADY**

- jsou to látky, kterých se dává do betonu mále množství, cca dg na kg cementu. Vzhledem k malému množství je nutné naprosto promíchat s betonovou směsí, aby byla směs homogenní. Při kombinaci přísad je třeba pamatovat, že často ovlivňují více vlastností betonu, byť jednu dominantněji.

Druhy přísad:

- **plastifikační a ztekucující** – zvyšují zpracovatelnost betonové směsi a snižují tak množství záměsové vody. V betonu tak vzniká méně pórů a zvyšuje se pevnost. Plastifikační přísady snižují množství záměsové hmoty o 15%, ztekucující (superplastifikátory) přísady nad tuto hranici.
- **provzdušňovací** – přísady vytváří v betonu velké množství navzájem oddělených pórů (<10%), které přerušují kapilární cesty. Beton je tak **méně nasákavý** a tím pádem trvanlivější. Musí se používat všude tam, kde dochází ke styku nechráněného betonu a vnějšího prostředí (silnice). Přísada také zlepšuje zpracovatelnost betonové směsi.

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

- **PŘÍSADY**

- jsou to látky, kterých se dává do betonu mále množství, cca dg na kg cementu. Vzhledem k malému množství je nutné naprosto promíchat s betonovou směsí, aby byla směs homogenní. Při kombinaci přísad je třeba pamatovat, že často ovlivňují více vlastností betonu, byť jednu dominantněji.

Druhy přísad:

- **plastifikační a ztekucující** – zvyšují zpracovatelnost betonové směsi a snižují tak množství záměsové vody. V betonu tak vzniká méně pórů a zvyšuje se pevnost. Plastifikační přísady snižují množství záměsové hmoty o 15%, ztekucující (superplastifikátory) přísady nad tuto hranici.
- **provzdušňovací** – přísady vytváří v betonu velké množství navzájem oddělených pórů (<10%), které přerušují kapilární cesty. Beton je tak **méně nasákavý** a tím pádem trvanlivější. Musí se používat všude tam, kde dochází ke styku nechráněného betonu a vnějšího prostředí (silnice). Přísada také zlepšuje zpracovatelnost betonové směsi.
- **zpomalující tuhnutí** – nesmí snížit více než 5% z 28 denní charakteristické pevnosti betonu. Často se používá u konstrukcí, kde je nutné prodloužit zpracovatelnost nebo snížit vývin hydratačního tepla. Dále při dopravě betonové směsi na dlouhé vzdálenosti nebo za vyšších denních teplot. Být je počáteční pevnost betonu nižší než u betonu bez této přísady, je konečná pevnost betonu s přísadou často vyšší než u betonu bez přísady.

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

- **PŘÍŠADY**

- jsou to látky, kterých se dává do betonu mále množství, cca dg na kg cementu. Vzhledem k malému množství je nutné naprosto promíchat s betonovou směsí, aby byla směs homogenní. Při kombinaci přísad je třeba pamatovat, že často ovlivňují více vlastností betonu, byť jednu dominantněji.

Druhy přísad:

- **urychlující tuhnutí a tvrdnutí** – urychlují počáteční nárůst pevnosti betonu, konečnou pevnou však snižují. Často se používá při betonážích v zimních měsících nebo u stříkaného betonu.

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

- **PŘÍSADY**

- jsou to látky, kterých se dává do betonu mále množství, cca dg na kg cementu. Vzhledem k malému množství je nutné naprosto promíchat s betonovou směsí, aby byla směs homogenní. Při kombinaci přísad je třeba pamatovat, že často ovlivňují více vlastností betonu, byť jednu dominantněji.

Druhy přísad:

- **urychlující tuhnutí a tvrdnutí** – urychlují počáteční nárůst pevnosti betonu, konečnou pevnou však snižují. Často se používá při betonážích v zimních měsících nebo u stříkaného betonu.
- **stabilizační přísady** – zlepšují vlastnosti betonové směsi, pokud se použije příliš mnoho záměsové vody a hrozí oddělení frakcí betonu.

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

- **PŘÍSADY**

- jsou to látky, kterých se dává do betonu mále množství, cca dg na kg cementu. Vzhledem k malému množství je nutné naprosto promíchat s betonovou směsí, aby byla směs homogenní. Při kombinaci přísad je třeba pamatovat, že často ovlivňují více vlastností betonu, byť jednu dominantněji.

Druhy přísad:

- **urychlující tuhnutí a tvrdnutí** – urychlují počáteční nárůst pevnosti betonu, konečnou pevnou však snižují. Často se používá při betonážích v zimních měsících nebo u stříkaného betonu.
- **stabilizační přísady** – zlepšují vlastnosti betonové směsi, pokud se použije příliš mnoho záměsové vody a hrozí oddělení frakcí betonu.
- **plynotvorné**
- **protikorozní**
- **biocidní** – brání vzniku plísní
- **barvící, těsnící, protizmrazovací...**

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

- **PŘÍMĚSI**

- jsou to látky, kterých se dává do betonu velké množství, řádově jako cementu.

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

- **PŘÍMĚSI**

- jsou to látky, kterých se dává do betonu velké množství, řádově jako cementu.

- Příměsi inertní**

- nezúčastňují se hydratačního procesu, ale podílejí se na tvorbě slepence. Mohou snížit mezerovitost betonu a tím snížit spotřebu cementu. Zlepšují zpracovatelnost betonové směsi. Patří sem:

- Kamenná moučka
 - Pigmenty

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

- **PŘÍMĚSI**

- jsou to látky, kterých se dává do betonu velké množství, řádově jako cementu.

Příměsi inertní

- nezúčastňují se hydratačního procesu, ale podílejí se na tvorbě slepence. Mohou snížit mezerovitost betonu a tím snížit spotřebu cementu. Zlepšují zpracovatelnost betonové směsi. Patří sem:

- Kamenná moučka
 - Pigmenty

Příměsi latentně hydraulické

- aktivně se účastní hydratačního procesu (sami ji nezpůsobují), ale mají schopnost reagovat s CaOH_2 za přítomnosti vody. Patří sem:

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

- **PŘÍMĚSI**

- jsou to látky, kterých se dává do betonu velké množství, řádově jako cementu.

Příměsi inertní

- nezúčastňují se hydratačního procesu, ale podílejí se na tvorbě slepence. Mohou snížit mezerovitost betonu a tím snížit spotřebu cementu. Zlepšují zpracovatelnost betonové směsi. Patří sem:

- Kamenná moučka
 - Pigmenty

Příměsi latentně hydraulické

- aktivně se účastní hydratačního procesu (sami ji nezpůsobují), ale mají schopnost reagovat s CaOH_2 za přítomnosti vody. Patří sem:

- Vysokopecní struska – jako přísada do betonu se používá rychle schlazená struska, čímž se zabrání její postupné krystalizaci a zachovají se její latentně hydraulické vlastnosti.

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

- **PŘÍMĚSI**

- jsou to látky, kterých se dává do betonu velké množství, řádově jako cementu.

Příměsi inertní

- nezúčastňují se hydratačního procesu, ale podílejí se na tvorbě slepence. Mohou snížit mezerovitost betonu a tím snížit spotřebu cementu. Zlepšují zpracovatelnost betonové směsi. Patří sem:

- Kamenná moučka
 - Pigmenty

Příměsi latentně hydraulické

- aktivně se účastní hydratačního procesu (sami ji nezpůsobují), ale mají schopnost reagovat s CaOH_2 za přítomnosti vody. Patří sem:

- Vysokopecní struska – jako přísada do betonu se používá rychle schlazena struska, čímž se zabrání její postupné krystalizace a zachovají se její latentně hydraulické vlastnosti.
 - Popílek – zlepšuje reologické vlastnosti betonu a zlepšuje odolnost vůči agresivnímu prostředí. Může zastoupit cement až ve 30% a tak snížit cenu betonu. Vhodnost popílku se odvíjí zejména od obsahu SiO_2 .

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

- **PŘÍMĚSI**

- jsou to látky, kterých se dává do betonu velké množství, řádově jako cementu.

Příměsi latentně hydraulické

- Mikrosilika – též silikový prach nebo křemičitý úlet, je SiO_2 vzniklý jako odpad z metalurgického průmyslu, kdy je ruda společně s křemenem tavena v peci a SiO_2 po odpaření znovu kondenzuje. Měrný povrch dosahuje více než 15 000 m^2/kg (cement 280-350 m^2/kg). **Výrazně zvyšuje pevnost betonu.** Zabraňuje odmíšení vody z betonové směsi a zlepšuje odolnost vůči agresivnímu prostředí. Mikrosilika **snižuje pH**, proto se doporučuje maximální poměr mikrosilika/cement $\leq 0,11$.

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

- **PŘÍMĚSI**

- jsou to látky, kterých se dává do betonu velké množství, řádově jako cementu.

Příměsi latentně hydraulické

- Mikrosilika – též silikový prach nebo křemičitý úlet, je SiO_2 vzniklý jako odpad z metalurgického průmyslu, kdy je ruda společně s křemenem tavena v peci a SiO_2 po odpaření znovu kondenzuje. Měrný povrch dosahuje více než 15 000 m^2/kg (cement 280-350 m^2/kg). **Výrazně zvyšuje pevnost betonu.** Zabraňuje odmíšení vody z betonové směsi a zlepšuje odolnost vůči agresivnímu prostředí. Mikrosilika **snižuje pH**, proto se doporučuje maximální poměr mikrosilika/cement $\leq 0,11$.
- Nanosilika – měrný povrch až 80 000 m^2/kg

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

- **PŘÍMĚSI**

- jsou to látky, kterých se dává do betonu velké množství, řádově jako cementu.

Příměsi latentně hydraulické

- Mikrosilika – též silikový prach nebo křemičitý úlet, je SiO_2 vzniklý jako odpad z metalurgického průmyslu, kdy je ruda společně s křemenem tavena v peci a SiO_2 po odpaření znovu kondenzuje. Měrný povrch dosahuje více než 15 000 m^2/kg (cement 280-350 m^2/kg). **Výrazně zvyšuje pevnost betonu.** Zabraňuje odmíšení vody z betonové směsi a zlepšuje odolnost vůči agresivnímu prostředí. Mikrosilika **snižuje pH**, proto se doporučuje maximální poměr mikrosilika/cement $\leq 0,11$.
- Nanosilika – měrný povrch až 80 000 m^2/kg
- Pucolány – sopečný popel s obsahem křemičitých nebo hlinito-křemičitých látek. Popel sám o sobě netvrdne, ale reaguje s CaOH_2

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

- **PŘÍMĚSI**

- jsou to látky, kterých se dává do betonu velké množství, řádově jako cementu.

Příměsi latentně hydraulické

- Mikrosilika – též silikový prach nebo křemičitý úlet, je SiO_2 vzniklý jako odpad z metalurgického průmyslu, kdy je ruda společně s křemenem tavena v peci a SiO_2 po odpaření znovu kondenzuje. Měrný povrch dosahuje více než 15 000 m^2/kg (cement 280-350 m^2/kg). **Výrazně zvyšuje pevnost betonu.** Zabraňuje odmíšení vody z betonové směsi a zlepšuje odolnost vůči agresivnímu prostředí. Mikrosilika **snižuje pH**, proto se doporučuje maximální poměr mikrosilika/cement $\leq 0,11$.
- Nanosilika – měrný povrch až 80 000 m^2/kg
- Pucolány – sopečný popel s obsahem křemičitých nebo hlinito-křemičitých látek. Popel sám o sobě netvrdne, ale reaguje s CaOH_2
- Metakaolin – materiál vlastnostmi podobný pucolánu vyrobený vypálením kaolinických jílu

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

PEVNOSTNÍ TŘÍDY BETONU

Betony

C 20/25

Lehké betony

LC 20/25

Drátkobeton

F20/3.2

*Charakteristická hodnota pevnosti – 5% dolní kvantil

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

PEVNOSTNÍ TŘÍDY BETONU

Betony

Concrete

C 20/25

Charakteristická pevnost v tlaku po 28 dnech
krychle a = 150 mm

Starší norma označovala
B5 – B60

Lehké betony

Light

LC 20/25

Charakteristická pevnost v tlaku po 28 dnech
válcø150 mm a výšky 300 mm

Drátkobeton

Fibre

F20/3.2

Charakteristická pevnost v tahu po 28 dnech
krychle a = 150 mm

Charakteristická pevnost v tlaku po 28 dnech
krychle a = 150 mm

*Charakteristická hodnota pevnosti – 5% dolní kvantil

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

	Pevnostní třídy betonu														Analytické vztahy/ vysvětlivky
f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
$f_{ck\ cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
f_{cm} (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	$f_{cm} = f_{ck} + 8$ (MPa)
f_{ctm} (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5	$f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{(2/3)} \leq C50/60$ $f_{ctm} = 2,12 \cdot \ln(1+(f_{cm}/10)) > C50/60$
$f_{ctk,0,05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2	2,2	2,5	2,7	2,9	3	3,1	3,2	3,4	3,5	$f_{ctk,0,05} = 0,7 \times f_{ctm}$ 5% kvantil
$f_{ctk,0,95}$ (MPa)	2	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6	6,3	6,6	$f_{ctk,0,95} = 1,3 \times f_{ctm}$ 95% kvantil
E_{cm} (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44	$E_{cm} = 22(f_{cm}/10)^{0,3}$ (f_{cm} v MPa)
ε_{c1} (‰)	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20	2,25	2,30	2,40	2,45	2,50	2,60	2,70	2,80	2,80	viz obrázek 3.2 $\varepsilon_{c1}^0/100 = 0,7 f_{cm}^{0,31} < 2,8$
ε_{cu1} (‰)	3,50									3,20	3,00	2,80	2,80	2,80	viz obrázek 3.2 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{cu1}^0/100 = 2,8 + 27[(98 - f_{cm})/100]^4$
ε_{c2} (‰)	2,00									2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	viz obrázek 3.3 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{c2}^0/100 = 2,0 + 0,085(f_{ck} - 50)^{0,53}$
ε_{cu2} (‰)	3,50									3,10	2,90	2,70	2,60	2,60	viz obrázek 3.3 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{cu2}^0/100 = 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$
n	2,00									1,75	1,60	1,45	1,40	1,40	pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $n = 1,4 + 23,4[(90 - f_{ck})/100]^4$
ε_{c3} (‰)	1,75									1,80	1,90	2,00	2,20	2,30	viz obrázek 3.4 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{c3}^0/100 = 1,75 + 0,55[(f_{ck} - 50)/40]$
ε_{cu3} (‰)	3,50									3,10	2,90	2,70	2,60	2,60	viz obrázek 3.4 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{cu3}^0/100 = 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$

Zdroj: ČSN EN 1992

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

STUPNĚ VLIVU PROSTŘEDÍ

Označení stupně	Popis prostředí	Informativní příklady výskytu stupně prostředí
1 Bez nebezpečí koroze nebo napadení		
X0	pro beton bez výztuže nebo zabudovaných kovových vložek: – všechny vlivy s výjimkou střídavého působení mrazu a rozmrazování, obrusu nebo chemicky agresivního prostředí pro beton s výztuží nebo zabudovanými kovovými vložkami: – velmi suché	beton uvnitř budov s velmi nízkou vlhkostí vzduchu
2 Koroze vyvolaná karbonatací		
XC1	suché nebo stále mokré	beton uvnitř budov s nízkou vlhkostí vzduchu; beton trvale ponořený ve vodě
XC2	mokré, občas suché	povrchy betonů vystavených dlouhodobému působení vody; většina základů
XC3	středně vlhké	beton uvnitř budov se střední nebo velkou vlhkostí vzduchu; venkovní beton chráněný proti dešti
XC4	střídavě mokré a suché	povrchy betonů ve styku s vodou, které nejsou zahrnuty ve stupni vlivu prostředí XC2

Zdroj: ČSN EN 1991

Označení stupně	Popis prostředí	Informativní příklady výskytu stupně prostředí
3 Koroze vyvolaná chloridy		
XD1	středně vlhké	povrchy betonů vystavených chloridům rozptýleným ve vzduchu
XD2	mokré, občas suché	plavecké bazény; betonové prvky vystavené působení průmyslových vod obsahujících chloridy
XD3	střídavě mokré a suché	části mostů vystavených postřikům obsahujícím chloridy; vozovky; betonové povrchy parkovišť
4 Koroze vyvolaná chloridy z mořské vody		
XS1	vystavení slanému vzduchu, ale ne v přímém styku s mořskou vodou	konstrukce blízko mořského pobřeží nebo na pobřeží
XS2	trvalé ponoření do vody	části námořních konstrukcí
XS3	smáčení a ostříkávání přílivem	části námořních konstrukcí
5 Střídavé působení mrazu a rozmrazování (mrazové cykly)		
XF1	středně nasycené vodou bez rozmrazovacích prostředků	svislé betonové povrchy vystavené dešti a mrazu
XF2	středně nasycené vodou s rozmrazovacími prostředky	svislé betonové povrchy konstrukcí pozemních komunikací vystavené mrazu a rozmrazovacím prostředkům rozptýleným ve vzduchu
XF3	značně nasycené vodou bez rozmrazovacích prostředků	vodorovné betonové povrchy vystavené dešti a mrazu
XF4	značně nasycené vodou s rozmrazovacími prostředky nebo mořskou vodou	vozovky a mostovky vystavené rozmrazovacím prostředkům; betonové povrchy vystavené přímému ostříku rozmrazovacími prostředky a mrazu; smáčené části námořních konstrukcí vystavených mrazu
6 Chemické působení		
XA1	slabě agresivní chemické prostředí podle EN 206-1, tabulka 2	přírodní zemina a podzemní voda
XA2	středně agresivní chemické prostředí podle EN 206-1, tabulka 2	přírodní zemina a podzemní voda
XA3	vysoce agresivní chemické prostředí podle EN 206-1, tabulka 2	přírodní zemina a podzemní voda

Zdroj: ČSN EN 1991

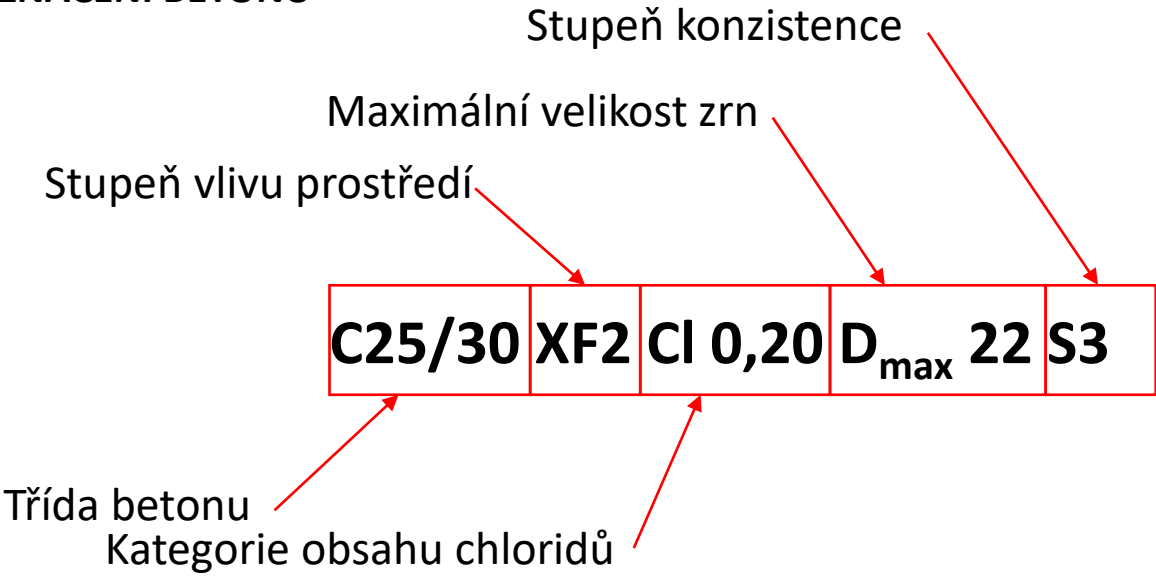
SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

OZNAČENÍ BETONU

C25/30 XF2 Cl 0,20 D_{max} 22 S3

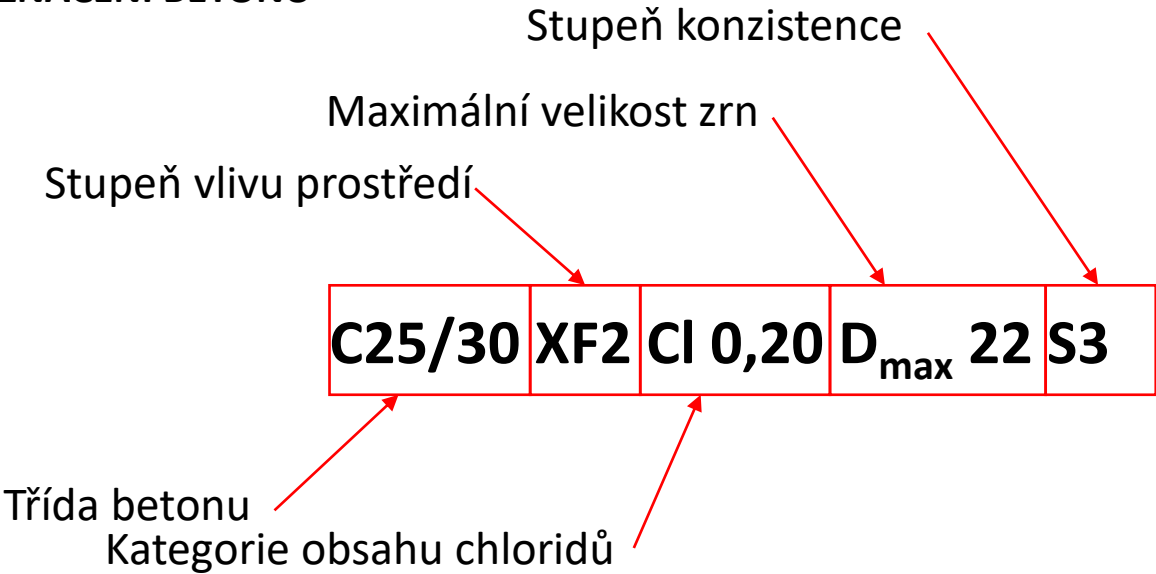
SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

OZNAČENÍ BETONU



SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

OZNAČENÍ BETONU



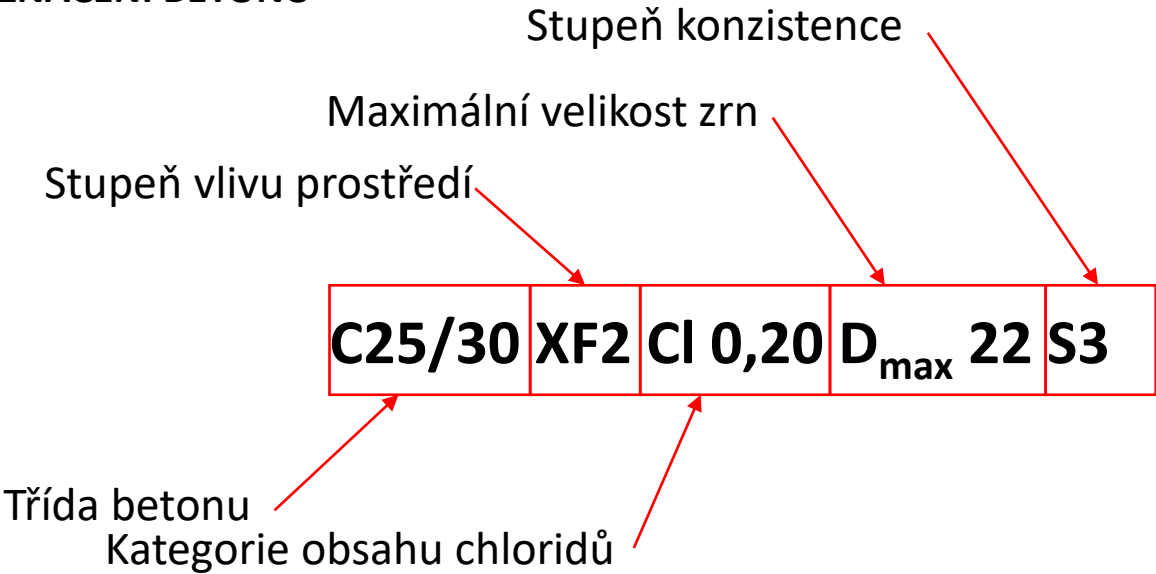
Maximální obsah chloridů

Beton	Obsah chloridu kategorie	Maximální obsah Cl ⁻ k hmotnosti Cementu
Bez ocelové výztuže nebo jiných kovových vložek, s výjimkou korozivzdorných závěsných háků	Cl 1,0	1,0%
S ocelovou výztuží nebo jinými kovovými vložkami	Cl 0,4	0,4%
S předpjatou ocelovou výztuží	Cl 0,2	0,2%

*Chlorid vápenatý a přísady na bázi chloridů se nesmějí použít do betonu s ocelovou výztuží, s předpjatou ocelovou výztuží a s jinými kovovými vložkami.

SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU

OZNAČENÍ BETONU



Maximální obsah chloridů

Beton	Obsah chloridu kategorie	Maximální obsah Cl ⁻ k hmotnosti Cementu
Bez ocelové výztuže nebo jiných kovových vložek, s výjimkou korozivzdorných závěsných háků	Cl 1,0	1,0%
S ocelovou výztuží nebo jinými kovovými vložkami	Cl 0,4	0,4%
S předpjatou ocelovou výztuží	Cl 0,2	0,2%

*Chlorid vápenatý a přísady na bázi chloridů se nesmějí použít do betonu s ocelovou výztuží, s předpjatou ocelovou výztuží a s jinými kovovými vložkami.

Klasifikace dle sednutí betonového kužele*

Stupeň	Sednutí [mm]
S1	10 – 40
S2	50 – 90
S3	100 – 150
S4	150 – 210
S5	≥ 210

*Klasifikace dle sednutí kužele je jednou z možných. Další jsou:

- Vebe
- Podle zhutnitelnosti
- Rozlití

- ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ
- CEMENT
- **SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU**
- PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM
BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ
- ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE
- OBJEMOVÉ ZMĚNY BETONU
- VYSOKOHODNOTNÉ BETONY

- ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ
- CEMENT
- SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU
- PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM
BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ
- ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE
- OBJEMOVÉ ZMĚNY BETONU
- VYSOKOHODNOTNÉ BETONY

PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

- DÁVKOVÁNÍ SLOŽEK
- MÍCHÁNÍ SLOŽEK
- DOPRAVA BETONOVÉ SMĚSI
- PROVÁDĚNÍ BEDNĚNÍ
- PROVÁDĚNÍ VYZTUŽOVÁNÍ
- UKLÁDÁNÍ BETONOVÉ SMĚSI
- HUTNĚNÍ BETONOVÉ SMĚSI
- OŠETŘOVÁNÍ ČERSTVÉHO BETONU

PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

DOPRAVA BETONOVÉ SMĚSI

V případě překročení předepsané doby dopravy hrozí zhoršení zpracovatelnosti betonové směsi. Při dopravě nesmí unikat záměsová voda, popřípadě musí být zabráněno vniknutí nežádoucích látek.

- Primární doprava – z místa výroby (betonárky) do místa spotřeby (staveniště).



Autodomíchač
Zdroj: bpknord.cz



Sklápěč
Zdroj: bpknord.cz

- Sekundární doprava – vnitrostaveništní doprava z primární dopravy na místo uložení



Čerpadlo s výložníkem
Zdroj: cemex.cz

PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

PROVÁDĚNÍ BEDNĚNÍ

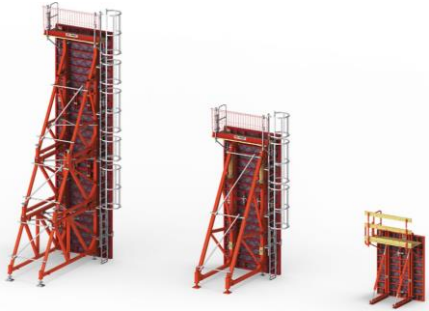
Je to forma, která určuje tvar prvku nebo konstrukce. Bednění musí být dostatečně tuhé, aby nedocházelo k jejímu vyboulení nebo jiné deformaci, která by mohla nepříznivě ovlivnit funkčnost budoucí konstrukce. Z bednění nesmí unikat záměsova voda a jeho povrch musí být nenasákavý. V opačném případě hrozí odebrání vody nutné pro hydrataci. Odbedňovat svislé konstrukce zpravidla lze po dosažení pevnosti 5 MPa (1-3 dny). U vodorovných konstrukcí je nutné počkat až 21 dní.

PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

PROVÁDĚNÍ BEDNĚNÍ

Je to forma, která určuje tvar prvku nebo konstrukce. Bednění musí být dostatečně tuhé, aby nedocházelo k jejímu vyboulení nebo jiné deformaci, která by mohla nepříznivě ovlivnit funkčnost budoucí konstrukce. Z bednění nesmí unikat záměsova voda a jeho povrch musí být nenasákavý. V opačném případě hrozí odebrání vody nutné pro hydrataci. Odbedňovat svislé konstrukce zpravidla lze po dosažení pevnosti 5 MPa (1-3 dny). U vodorovných konstrukcí je nutné počkat až 21 dní.

- Systémové bednění



Zdroj: peri.cz



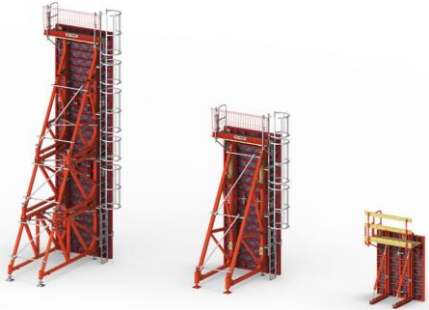
Zdroj: peri.cz

PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

PROVÁDĚNÍ BEDNĚNÍ

Je to forma, která určuje tvar prvku nebo konstrukce. Bednění musí být dostatečně tuhé, aby nedocházelo k jejímu vyboulení nebo jiné deformaci, která by mohla nepříznivě ovlivnit funkčnost budoucí konstrukce. Z bednění nesmí unikat záměsova voda a jeho povrch musí být nenasákavý. V opačném případě hrozí odebrání vody nutné pro hydrataci. Odbedňovat svislé konstrukce zpravidla lze po dosažení pevnosti 5 MPa (1-3 dny). U vodorovných konstrukcí je nutné počkat až 21 dní.

- Systémové bednění



Zdroj: peri.cz



Zdroj: peri.cz

- Tradiční bednění



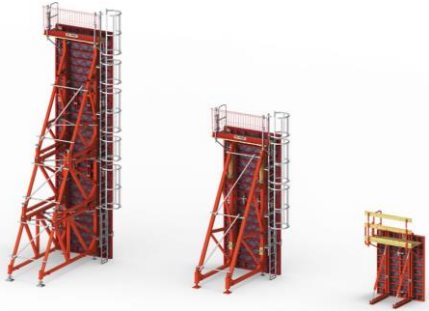
Zdroj: drevostavitel.cz

PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

PROVÁDĚNÍ BEDNĚNÍ

Je to forma, která určuje tvar prvku nebo konstrukce. Bednění musí být dostatečně tuhé, aby nedocházelo k jejímu vyboulení nebo jiné deformaci, která by mohla nepříznivě ovlivnit funkčnost budoucí konstrukce. Z bednění nesmí unikat záměsova voda a jeho povrch musí být nenasákavý. V opačném případě hrozí odebrání vody nutné pro hydrataci. Odbedňovat svislé konstrukce zpravidla lze po dosažení pevnosti 5 MPa (1-3 dny). U vodorovných konstrukcí je nutné počkat až 21 dní.

- Systémové bednění



Zdroj: peri.cz



Zdroj: peri.cz

- Tradiční bednění



Zdroj: drevostavitel.cz

- Ztracené bednění

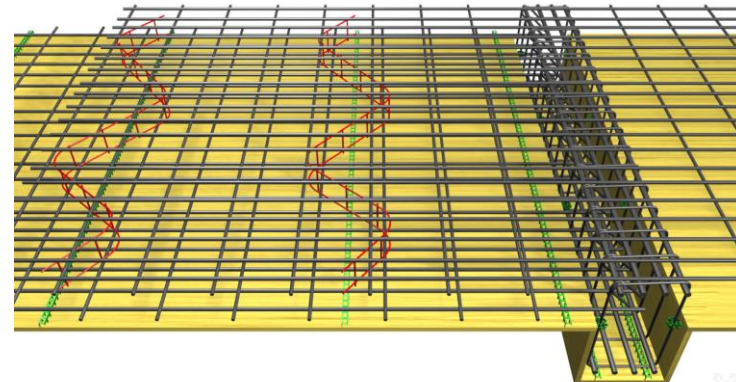


Zdroj: presbeton.cz

PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

PROVÁDĚNÍ VYZTUŽOVÁNÍ (ARMOVÁNÍ)

K vyztužování je možné použít pouze materiály předepsané projektem v rozsahu předepsaný projektem. Výztuž nesmí být znečištěna dalšími odpadními látkami jako je zemina, olej, atd. Naopak, omezený výskyt **koroze** na povrchu výztuže **zlepšuje kvalitu spolupůsobení výztuže a betonu**.

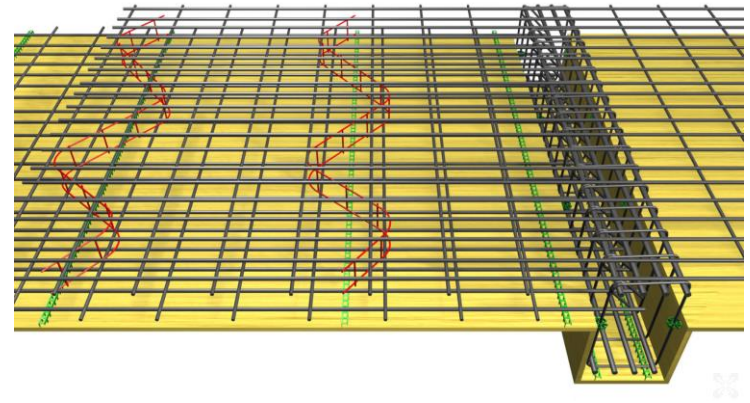


Zdroj: debug.pi.gr

PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

PROVÁDĚNÍ VYZTUŽOVÁNÍ (ARMOVÁNÍ)

K vyztužování je možné použít pouze materiály předepsané projektem v rozsahu předepsaný projektem. Výztuž nesmí být znečištěna dalšími odpadními látkami jako je zemina, olej, atd. Naopak, omezený výskyt **koroze** na povrchu výztuže **zlepšuje kvalitu spolupůsobení výztuže a betonu**.



Zdroj: debug.pi.gr

UKLÁDÁNÍ BETONOVÉ SMĚSI

Betonová směs musí být ukládána z takové výšky ($<1,5$ m), aby nedocházelo k jejímu rozmíšení. Rychlost a postup ukládání směsi musí být proveden tak, aby nedocházelo k významným rozdílům ve stáří betonu. Pevnost dříve uloženého betonu nesmí **překročit 3,5 MPa**. V případě, že je podmínka nesplněna je nutné betonáž ukončit a vytvořit **pracovní spáru**. Pokračovat pak lze až po 18 hodinách, jelikož hrozí porušení dříve uloženého čerstvého betonu a porušení soudržnosti výztuže a betonu vlivem vibrování. Pracovní spáry jsou předepsány projektem. Často se prování pod stropní konstrukcí u horní části podlaží nebo při ukončování konstrukčního celku.



Zdroj: jswcement.in

PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

HUTNENÍ BETONOVÉ SMĚSI

Cílem zpracování betonové směsi je odstranění vzduchovým mezer a pórů z betonové směsi a vytvoření homogenních vlastností betonu v prvku, popřípadě konstrukci.

PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

HUTNENÍ BETONOVÉ SMĚSI

Cílem zpracování betonové směsi je odstranění vzduchovým mezer a pórů z betonové směsi a vytvoření homogenních vlastností betonu v prvku, popřípadě konstrukci.

- **PONORNÉ VIBRÁTORY**

- zdaleka nejčastější způsob zpracování betonové směsi a technologicky nenáročná na provedení
- při vibrování je **nesmí** vibrátory dotýkat výztuže. Dochází tak k odtlačení plniva od výztuže, čímž dochází ke snížení spolupůsobení výztuže a betonu, jelikož je výztuž uložena v cementové maltě, nikoliv v betonu.

PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

HUTNENÍ BETONOVÉ SMĚSI

Cílem zpracování betonové směsi je odstranění vzduchovým mezer a pórů z betonové směsi a vytvoření homogenních vlastností betonu v prvku, popřípadě konstrukci.

- **PONORNÉ VIBRÁTORY**

- zdaleka nejčastější způsob zpracování betonové směsi a technologicky nenáročná na provedení
- při vibrování je **nesmí** vibrátory dotýkat výztuže. Dochází tak k odtlačení plniva od výztuže, čímž dochází ke snížení spolupůsobení výztuže a betonu, jelikož je výztuž uložena v cementové maltě, nikoliv v betonu.

- **PŘÍLOŽNÉ VIBRÁTORY**

- Příložné vibrátory mohou být součástí bednění, například při betonáži prefabrikovaných dílů v prefách, nebo se mohou použít ruční příložné vibrátory používané na stavbě.

PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

HUTNENÍ BETONOVÉ SMĚSI

Cílem zpracování betonové směsi je odstranění vzduchovým mezer a pórů z betonové směsi a vytvoření homogenních vlastností betonu v prvku, popřípadě konstrukci.

- **PONORNÉ VIBRÁTORY**

- zdaleka nejčastější způsob zpracování betonové směsi a technologicky nenáročná na provedení
- při vibrování je **nesmí** vibrátory dotýkat výztuže. Dochází tak k odtlačení plniva od výztuže, čímž dochází ke snížení spolupůsobení výztuže a betonu, jelikož je výztuž uložena v cementové maltě, nikoliv v betonu.

- **PŘÍLOŽNÉ VIBRÁTORY**

- Příložné vibrátory mohou být součástí bednění, například při betonáži prefabrikovaných dílů v prefách, nebo se mohou použít ruční příložné vibrátory používané na stavbě.

- **VIBROLISOVÁNÍ**

- kombinace vibrování a vysokého tlaku. Tento způsob zpracování lze použít při výrobě malých betonových dílců v prefách, například betonová dlažba. Pro výrobu lze použít betonovou směs s výrazně nízkým obsahem záměsové vody. Tím vzniká výrazně méně pórů v betonu.

PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

HUTNENÍ BETONOVÉ SMĚSI

Cílem zpracování betonové směsi je odstranění vzduchovým mezer a pórů z betonové směsi a vytvoření homogenních vlastností betonu v prvku, popřípadě konstrukci.

- **PONORNÉ VIBRÁTORY**

- zdaleka nejčastější způsob zpracování betonové směsi a technologicky nenáročná na provedení
- při vibrování je **nesmí** vibrátory dotýkat výztuže. Dochází tak k odtlačení plniva od výztuže, čímž dochází ke snížení spolupůsobení výztuže a betonu, jelikož je výztuž uložena v cementové maltě, nikoliv v betonu.

- **PŘÍLOŽNÉ VIBRÁTORY**

- Příložné vibrátory mohou být součástí bednění, například při betonáži prefabrikovaných dílů v prefách, nebo se mohou použít ruční příložné vibrátory používané na stavbě.

- **VIBROLISOVÁNÍ**

- kombinace vibrování a vysokého tlaku. Tento způsob zpracování lze použít při výrobě malých betonových dílců v prefách, například betonová dlažba. Pro výrobu lze použít betonovou směs s výrazně nízkým obsahem záměsové vody. Tím vzniká výrazně méně pórů v betonu.

- **VAKUOVÁNÍ**

- odsává se přebytečná voda z povrchových vrstev betonové směsi, například u betonových podlah.

- **PŮSOBENÍ Odstředivé síly**

PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

HUTNENÍ BETONOVÉ SMĚSI

- **PROPISCHOVÁNÍ BETONOVÉ SMĚSI NEBO POKLEPÁNÍ PO BEDNĚNÍ**
- **DUSÁNÍ**
 - metoda vhodná pro směsi s menším obsahem záměsové vody. Stavba svépomocí
- **VÁLCOVÁNÍ**
 - způsob zpracování pro konstrukce velkých objemů, jako jsou přehrady. Směs má velmi malý obsah záměsové vody a plnivem s extrémně velkou velikostí zrna. Vrstva až o hmotnosti 1 m se pojíždí strojním válcem.

PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

HUTNENÍ BETONOVÉ SMĚSI

- **PROPISCHOVÁNÍ BETONOVÉ SMĚSI NEBO POKLEPÁNÍ PO BEDNĚNÍ**
- **DUSÁNÍ**
 - metoda vhodná pro směsi s menším obsahem záměsové vody. Stavba svépomocí
- **VÁLCOVÁNÍ**
 - způsob zpracování pro konstrukce velkých objemů, jako jsou přehrady. Směs má velmi malý obsah záměsové vody a plnivem s extrémně velkou velikostí zrna. Vrstva až o hmotnosti 1 m se pojíždí strojním válcem.
- **SAMOZHUTNITELNÉ BETONOVÉ SMĚSI**
 - tyto směsi do značné míry odstraňují práce spojené s hutněním betonové směsi. Další výhodou je odstranění nekvalitního prostředí (hluk, vibrace). Ve samozhutnitelných směsích se často používá většího podílu frakce s malým průměrem zrn, například mikrosilika, a ztekucujících přísad.

PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

OŠETŘOVÁNÍ ČERSTVÉHO BETONU

Pro zaručení požadovaných vlastností betonové konstrukce je třeba čerstvý beton ošetřovat zejména v počátečních fázích hydratace zajištěním požadované teploty a množství vody. Během ošetřování betonu se snažíme:

PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

OŠETŘOVÁNÍ ČERSTVÉHO BETONU

Pro zaručení požadovaných vlastností betonové konstrukce je třeba čerstvý beton ošetřovat zejména v počátečních fázích hydratace zajištěním požadované teploty a množství vody. Během ošetřování betonu se snažíme:

- **Zabránit plastickému smrštění** (Ztráta vody ještě před nastartováním hydratace)
 - Beton ponecháme v bednění, vlhčením přilehlých konstrukcí, vlhčením betonu

PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

OŠETŘOVÁNÍ ČERSTVÉHO BETONU

Pro zaručení požadovaných vlastností betonové konstrukce je třeba čerstvý beton ošetřovat zejména v počátečních fázích hydratace zajištěním požadované teploty a množství vody. Během ošetřování betonu se snažíme:

- **Zabránit plastickému smrštění** (Ztráta vody ještě před nastartováním hydratace)
 - Beton ponecháme v bednění, vlhčením přilehlých konstrukcí, vlhčením betonu
- **Zaručit dostatečnou trvanlivost a pevnost povrchové vrstvy**
 - Povrch betonu vlhčíme a chráníme proti vysychání, zakryjeme parotěsnými plachtami nebo vlhčenými tkaninami. Povrch můžeme opatřit speciálními nástřiky zpomalující vypařování.

PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

OŠETŘOVÁNÍ ČERSTVÉHO BETONU

Pro zaručení požadovaných vlastností betonové konstrukce je třeba čerstvý beton ošetřovat zejména v počátečních fázích hydratace zajištěním požadované teploty a množství vody. Během ošetřování betonu se snažíme:

- **Zabránit plastickému smrštění** (Ztráta vody ještě před nastartováním hydratace)
 - Beton ponecháme v bednění, vlhčením přilehlých konstrukcí, vlhčením betonu
- **Zaručit dostatečnou trvanlivost a pevnost povrchové vrstvy**
 - Povrch betonu vlhčíme a chráníme proti vysychání, zakryjeme parotěsnými plachtami nebo vlhčenými tkaninami. Povrch můžeme opatřit speciálními nástřiky zpomalující vypařování.
- **Zabránit zastavení hydratace vlivem nízkých teplot**
 - **minimální teplota pro betonáž je +5°C!** Hydratace se hranicí 5°C výrazně zpomaluje a za 0 °C se zcela zastaví.

PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

OŠETŘOVÁNÍ ČERSTVÉHO BETONU

Pro zaručení požadovaných vlastností betonové konstrukce je třeba čerstvý beton ošetřovat zejména v počátečních fázích hydratace zajištěním požadované teploty a množství vody. Během ošetřování betonu se snažíme:

- **Zabránit znehodnocení konstrukce vlivem nízkých teplot**
 - V čerstvém betonu může působit vlivem rozdílně objemové hmotnosti vody a ledu (9%) značné pnutí, které může narušit jeho integritu. Dle normy ČSN EN 13670 nesmí povrchová teplota betonové konstrukce klesnout pod 0°C, pokud její pevnost nedosáhla minimálně **5 MPa**.
 - Pro betonáž za nízkých teplot se doporučuje používat Portlandský cement CEM I (vysoký vývin hydratačního tepla, rychlý nárůst pevnosti), ohřát betonovou směs (kamenivo, vodu), použít plastifikační přísady a přísady urychlující tvrdnutí.
 - Doporučuje se udržet teplotu čerstvého betonu nad 5°C po dobu 72 hodin.

PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

OŠETŘOVÁNÍ ČERSTVÉHO BETONU

Doba nezbytná pro ošetřování je dána **Třídou ošetřování**, která musí být předepsána v projektové dokumentaci společně s minimálním požadavkem na pevnost povrchové vrstvy. Ověření povrchové pevnosti betonu je možno stanovit na základě nedestruktivních zkoušek nebo na základě Tabulky pro nejkratší dobu ošetřování dle ČSN EN 206-1.

	Min % charakteristické pevnosti v povrchové vrstvě
Třída ošetřování 1	- (min doba ošetřování 12 h)
Třída ošetřování 2	35
Třída ošetřování 3	50
Třída ošetřování 4	70

PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

OŠETŘOVÁNÍ ČERSTVÉHO BETONU

Teplota povrchu betonu T [°C]	Nejkratší doba ošetřování ve dnech *			
	Vývoj pevnosti betonu $r = f_{cm2}/f_{cm28}$			
	Rychlý $r \geq 0,5$	Střední $r = 0,3$	Pomalý $r = 0,15$	Velmi pomalý $r < 0,15$
$t \geq 25$	1	1,5	2	3
$25 \geq t \geq 15$	1	2	3	5
$15 \geq t \geq 10$	2	4	7	10
$10 \geq t \geq 5^{3)}$	3	6	10	15

* + 5 hodin pro dobu tuhnutí

- ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ
- CEMENT
- SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU
- PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM
BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ
- ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE
- OBJEMOVÉ ZMĚNY BETONU
- VYSOKOHODNOTNÉ BETONY

- **ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ**
- **CEMENT**
- **SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU**
- **PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM
BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ**
- **ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE**
- **OBJEMOVÉ ZMĚNY BETONU**
- **VYSOKOHODNOTNÉ BETONY**

ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE

STŘÍKANÝ BETON / TORKRETOVÝ BETON



Zdroj: muj-beton.cz

ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE

STŘÍKANÝ BETON / TORKRETOVÝ BETON

Během nanášení torkretového betonu může docházet k odražení hrubých zrn od podkladu. Složení betonové směsi tak nemusí odpovídat složení betonové konstrukce.

beton se provádí dvěma způsoby:



Zdroj: muj-beton.cz

ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE

STŘÍKANÝ BETON / TORKRETOVÝ BETON

Během nanášení torkretového betonu může docházet k odražení hrubých zrn od podkladu. Složení betonové směsi tak nemusí odpovídat složení betonové konstrukce.

beton se provádí dvěma způsoby:

- a) Nástřik za sucha – voda se dostává do styku se suchou směsí až při ústí hadice. Množství záměsové vody je možno regulovat. Během nástřiku je může docházet ke zhoršení kvality prostřední vlivem úniku prachových částic.



Zdroj: muj-beton.cz

ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE

STŘÍKANÝ BETON / TORKRETOVÝ BETON

Během nanášení torkretového betonu může docházet k odražení hrubých zrn od podkladu. Složení betonové směsi tak nemusí odpovídat složení betonové konstrukce.

beton se provádí dvěma způsoby:

- a) Nástřik za sucha – voda se dostává do styku se suchou směsí až při ústí hadice. Množství záměsové vody je možno regulovat. Během nástřiku je může docházet ke zhoršení kvality prostřední vlivem úniku prachových částic.
- b) Nástřik za mokra – do ústí hadice je dopravována čerpadlem kompletní směs. Betonová směs je lépe provlhčená a dochází k menšímu odražení zrn kameniva.



Zdroj: muj-beton.cz

ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE

STŘÍKANÝ BETON / TORKRETOVÝ BETON

Během nanášení torkretového betonu může docházet k odražení hrubých zrn od podkladu. Složení betonové směsi tak nemusí odpovídat složení betonové konstrukce.

beton se provádí dvěma způsoby:

- a) Nástřik za sucha – voda se dostává do styku se suchou směsí až při ústí hadice. Množství záměsové vody je možno regulovat. Během nástřiku je může docházet ke zhoršení kvality prostřední vlivem úniku prachových částic.
- b) Nástřik za mokra – do ústí hadice je dopravována čerpadlem kompletní směs. Betonová směs je lépe provlhčená a dochází k menšímu odražení zrn kameniva.

Tato technologie je vhodná zejména při zhotovování primárních ostění tunelů, zpevňování povrchu svahů a skalních těles nebo při rekonstrukci betonových konstrukcí



Zdroj: muj-beton.cz

ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE

STŘÍKANÝ BETON / TORKRETOVÝ BETON

Během nanášení torkretového betonu může docházet k odražení hrubých zrn od podkladu. Složení betonové směsi tak nemusí odpovídat složení betonové konstrukce.

beton se provádí dvěma způsoby:

- a) Nástřik za sucha – voda se dostává do styku se suchou směsí až při ústí hadice. Množství záměsové vody je možno regulovat. Během nástřiku je může docházet ke zhoršení kvality prostřední vlivem úniku prachových částic.
- b) Nástřik za mokra – do ústí hadice je dopravována čerpadlem kompletní směs. Betonová směs je lépe provlhčená a dochází k menšímu odražení zrn kameniva.

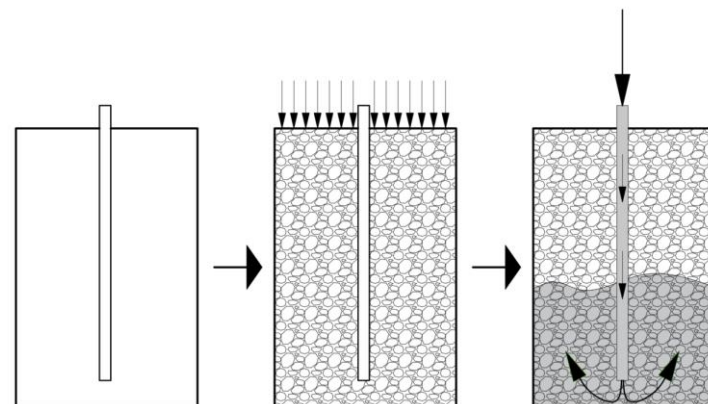
Tato technologie je vhodná zejména při zhotovování primárních ostění tunelů, zpevňování povrchu svahů a skalních těles nebo při rekonstrukci betonových konstrukcí

ODDĚLENÁ BETONÁŽ (PREPACT BETON)

Forma nebo výkop je nejprve vyplněn kamenivem a uhuťněn. Následně je provedena injektáž cementovou maltou uvnitř kameniva. Tento způsob se často provádí u mohutných základových konstrukcí. Tím, že se jednotlivé zrna kameniva dotýkají, dochází k minimálnímu dotvarování betonu.



Zdroj: muj-beton.cz



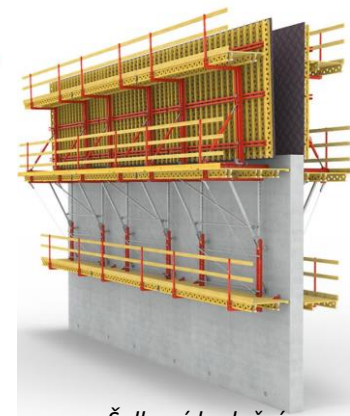
ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE

BETONÁŽ DO POSUVNÉHO BEDNĚNÍ

Tato metoda vyžaduje sladění rychlosti betonáže, hydratačního procesu, tvrdnutí betonu a rychlost posunu bednění. Čerstvý beton podpírá posuvné bednění a musí tak nabývat dostatečné pevnosti. Výhodou technologie je vyloučení pracovní spáry. Touto metodou je možno zhotovit chladicí věže nebo mostní konstrukce.



*Bednění pro letmou betonáž
Zdroj: peri.cz*



*Šplhavé bednění
Zdroj: peri.cz*

ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE

BETONÁŽ DO POSUVNÉHO BEDNĚNÍ

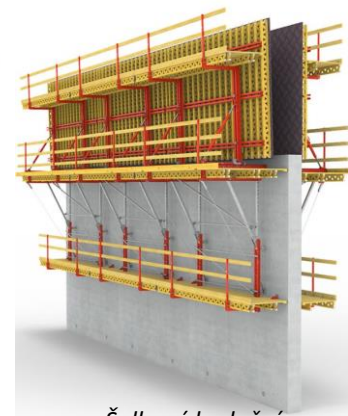
Tato metoda vyžaduje sladění rychlosti betonáže, hydratačního procesu, tvrdnutí betonu a rychlost posunu bednění. Čerstvý beton podpírá posuvné bednění a musí tak nabývat dostatečné pevnosti. Výhodou technologie je vyloučení pracovní spáry. Touto metodou je možno zhotovit chladicí věže nebo mostní konstrukce.

BETONÁŽ POD OCHRANOU BENTONITOVÉ SUSPENZE

Výkop je vyplněn vodou, ve které je rozptýlen bentonit. Tato suspenze má zabraňovat uvolňování bloků zeminy nebo zhroucení stěn výkopu. Zásada ponoření ústí potrubí do betonové směsi platí stejně jako u betonáže pod hladinou podzemní vody. Tento typ betonáže se provádí například při betonáži podzemních stěn a pilot.



*Bednění pro letmou betonáž
Zdroj: peri.cz*



*Šplhavé bednění
Zdroj: peri.cz*



*Bednění pro letmou betonáž
Zdroj: zakládánístavieb.cz*

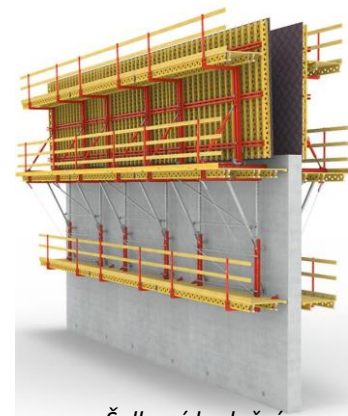
ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE

BETONÁŽ DO POSUVNÉHO BEDNĚNÍ

Tato metoda vyžaduje sladění rychlosti betonáže, hydratačního procesu, tvrdnutí betonu a rychlost posunu bednění. Čerstvý beton podpírá posuvné bednění a musí tak nabývat dostatečné pevnosti. Výhodou technologie je vyloučení pracovní spáry. Touto metodou je možno zhotovit chladicí věže nebo mostní konstrukce.



*Bednění pro letmou betonáž
Zdroj: peri.cz*



*Šplhavé bednění
Zdroj: peri.cz*

BETONÁŽ POD OCHRANOU BENTONITOVÉ SUSPENZE

Výkop je vyplněn vodou, ve které je rozptýlen bentonit. Tato suspenze má zabraňovat uvolňování bloků zeminy nebo zhroucení stěn výkopu. Zásada ponoření ústí potrubí do betonové směsi platí stejně jako u betonáže pod hladinou podzemní vody. Tento typ betonáže se provádí například při betonáži podzemních stěn a pilot.

PROKLÁDANÝ BETON

Jednoduchý způsob betonáže, kdy se na dno uloží vrstva betonové směsi, následně se do této vrstvy uloží větší kusy plniva. Proces se opakuje až do dovršení požadované výšky konstrukce (základu).



*Bednění pro letmou betonáž
Zdroj: zakládánístaveb.cz*

ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE

BETONÁŽ POD HLADINOU VODY

- Betonáž je možno provádět pouze v neproudící vodě, aby nedošlo k rozmíšení betonové směsi. V případě, že se betonář nachází v místě s proudící vodou, je třeba proudu zabránit. V případě, že omezení proudu není možné lze provádět betonáž pod ochranou speciálního kesonu, ve kterém se voda přetlakem odstraní.

ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE

BETONÁŽ POD HLADINOU VODY

- Betonáž je možno provádět pouze v neproudící vodě, aby nedošlo k rozmíšení betonové směsi. V případě, že se betonář nachází v místě s proudící vodou, je třeba proudu zabránit. V případě, že omezení proudu není možné lze provádět betonáž pod ochranou speciálního kesonu, ve kterém se voda přetlakem odstraní.
- V případě betonáže pod hladinou vody musí být ústí potrubí ponořeno v betonové směsi. Čerstvá betonová směs je tak vytlačována vzhůru. Účelem je zabránit promíšení záměsové a okolní vody. V kontaktu s okolní vodou je pouze jedna část betonové směsi.



ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE

BETONÁŽ POD HLADINOU VODY

- Další možností provádění betonových konstrukcí pod hladinou podzemní vody jsou tzv. **offshore** konstrukce. Konstrukce je vybetonována pod ochranou suchého doku. Po dosažení požadované hodnoty pevnosti se dok zaplaví a konstrukce je dopravena na místo určení. To je výhodné zejména u základových konstrukcí umístěných v moři, jelikož soli způsobují korozi výztuže. Betonovat konstrukci v suchém doku také umožňuje spolehlivou kontrolu betonované konstrukce.

Výstavba „Adriatic LNG Terminal“



VÝSTAVBA V SUCHÉM DOKU



ZAPLAVENÍ SUCHÉHO DOKU



DOPRAVENÍ KONSTRUKCE NA MÍSTO URČENÍ



ZAPLAVENÍ SUCHÉHO DOKU Zdroj: arup.com

- **ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ**
- **CEMENT**
- **SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU**
- **PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM
BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ**
- **ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE**
- **OBJEMOVÉ ZMĚNY BETONU**
- **VYSOKOHODNOTNÉ BETONY**

- **ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ**
- **CEMENT**
- **SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU**
- **PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM
BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ**
- **ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE**
- **OBJEMOVÉ ZMĚNY BETONU**
- **VYSOKOHODNOTNÉ BETONY**

OBJEMOVÉ ZMĚNY BETONU

OBJEMOVÉ ZMĚNY NEZÁVISLÉ NA ZATÍŽENÍ

Vlivy objemových změn nezávislých na zatížení:

OBJEMOVÉ ZMĚNY BETONU

OBJEMOVÉ ZMĚNY NEZÁVISLÉ NA ZATÍŽENÍ

Vlivy objemových změn nezávislých na zatížení:

- **ZMĚNA TEPLoty** - tepelná roztažnost betonu $\alpha = 10^{-6}K^{-1}$, oceli $\alpha = 12^{-6}K^{-1}$
- **PLASTICKÉ SMRŠŤOVÁNÍ** - smršťování vlivem úbytku volné vody v betonu před začátkem tuhnutí
- **VYSYCHÁNÍ/BOBTNÁNÍ BETONU**
- **JINÉ CHEMICKÉ REAKCE**

OBJEMOVÉ ZMĚNY BETONU

OBJEMOVÉ ZMĚNY NEZÁVISLÉ NA ZATÍŽENÍ

Vlivy objemových změn nezávislých na zatížení:

- **ZMĚNA TEPLoty** - tepelná roztažnost betonu $\alpha = 10^{-6}K^{-1}$, oceli $\alpha = 12^{-6}K^{-1}$
- **PLASTICKÉ SMRŠŤOVÁNÍ** - smršťování vlivem úbytku volné vody v betonu před začátkem tuhnutí
- **VYSYCHÁNÍ/BOBTNÁNÍ BETONU**
- **JINÉ CHEMICKÉ REAKCE**
- **PRŮBĚH HYDRATACE**

Hydratace je exotermická chemická reakce mezi cementovými minerály a vodou. V průběhu hydratace dochází k chemickému vázání vody a vzniku cementového kamene. V průběhu hydratace dochází k úbytku betonu a tím tzv. **chemickému/pravému smršťování**. Velikost smrštění je závislá na:

- množství cementu v betonu
- množství vody v betonu
- obsah pórů v betonu
- jemnosti mletí cementu

Ošetřování nemá zásadní vliv na konečnou velikost smrštění, avšak v době ve které je beton udržován v prostředí o vlhkosti 100% razantně snižuje velikost smrštění až do doby, kdy beton nabyde vyšší pevnost a dokáže odolávat objemovým změnám.

OBJEMOVÉ ZMĚNY BETONU

OBJEMOVÉ ZMĚNY ZÁVISLÉ NA ZATÍŽENÍ

OBJEMOVÉ ZMĚNY BETONU

OBJEMOVÉ ZMĚNY ZÁVISLÉ NA ZATÍŽENÍ

a) OKAMŽITÝ ÚČINEK ZATÍŽENÍ

Účinek zatížení vyjádřený například pracovním diagramem betonu. Deformace vzniklé od zatížení lze rozdělit na plastické (nevratné) a pružné (vratné).

OBJEMOVÉ ZMĚNY BETONU

OBJEMOVÉ ZMĚNY ZÁVISLÉ NA ZATÍŽENÍ

a) OKAMŽITÝ ÚČINEK ZATÍŽENÍ

Účinek zatížení vyjádřený například pracovním diagramem betonu. Deformace vzniklé od zatížení lze rozdělit na plastické (nevratné) a pružné (vratné).

b) ZPOŽDĚNÝ ÚČINEK ZATÍŽENÍ – DOTVAROVÁNÍ

Nárůst deformace vlivem dlouhodobého zatížení. Dotvarování se dělí na **základní dotvarování** a **dotvarování spojené s vysycháním**. Základní dotvarování vzniká při nárůstu deformace za současného zamezení výměny vlhkosti mezi betonem a okolním prostředím, a je tedy závislé pouze na vlastnostech betonu a zatížení. Dotvarování spojené s vysycháním je způsobené vytlačováním vody z cementové pasty. Dotvarování je větší u:

- betonu s větším obsahem cementové pasty
- mladšího betonu s déle působícím zatížením
- většího zatížení v suchém prostředí
- méně hutného betonu
- betonu bez ošetřování s vyšším počtem pórů

OBJEMOVÉ ZMĚNY BETONU

OBJEMOVÉ ZMĚNY ZÁVISLÉ NA ZATÍŽENÍ

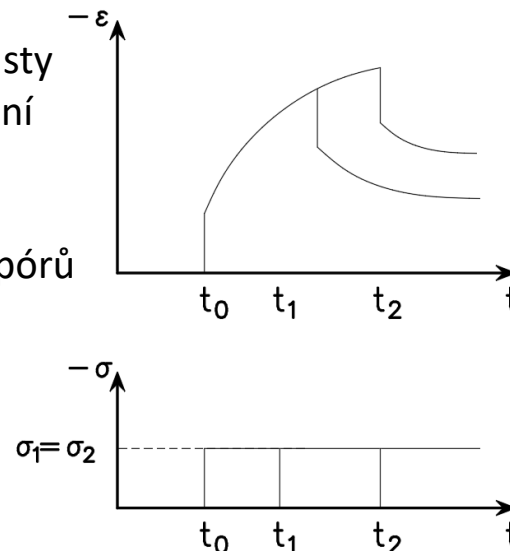
a) OKAMŽITÝ ÚČINEK ZATÍŽENÍ

Účinek zatížení vyjádřený například pracovním diagramem betonu. Deformace vzniklé od zatížení lze rozdělit na plastické (nevratné) a pružné (vratné).

b) ZPOŽDĚNÝ ÚČINEK ZATÍŽENÍ – DOTVAROVÁNÍ

Nárůst deformace vlivem dlouhodobého zatížení. Dotvarování se dělí na **základní dotvarování** a **dotvarování spojené s vysycháním**. Základní dotvarování vzniká při nárůstu deformace za současného zamezení výměny vlhkosti mezi betonem a okolním prostředím, a je tedy závislé pouze na vlastnostech betonu a zatížení. Dotvarování spojené s vysycháním je způsobené vytlačováním vody z cementové pasty. Dotvarování je větší u:

- betonu s větším obsahem cementové pasty
- mladšího betonu s déle působícím zatížením
- většího zatížení v suchém prostředí
- méně hutného betonu
- betonu bez ošetřování s vyšším počtem pórů



OBJEMOVÉ ZMĚNY BETONU

OBJEMOVÉ ZMĚNY ZÁVISLÉ NA ZATÍŽENÍ

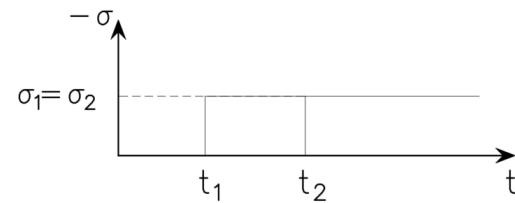
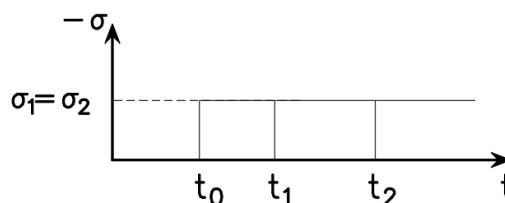
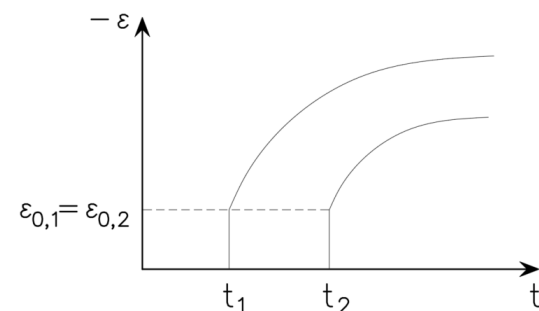
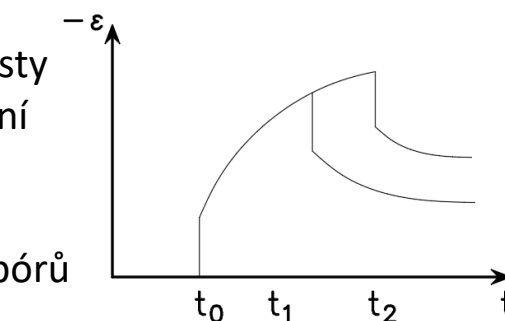
a) OKAMŽITÝ ÚČINEK ZATÍŽENÍ

Účinek zatížení vyjádřený například pracovním diagramem betonu. Deformace vzniklé od zatížení lze rozdělit na plastické (nevratné) a pružné (vratné).

b) ZPOŽDĚNÝ ÚČINEK ZATÍŽENÍ – DOTVAROVÁNÍ

Nárůst deformace vlivem dlouhodobého zatížení. Dotvarování se dělí na **základní dotvarování** a **dotvarování spojené s vysycháním**. Základní dotvarování vzniká při nárůstu deformace za současného zamezení výměny vlhkosti mezi betonem a okolním prostředím, a je tedy závislé pouze na vlastnostech betonu a zatížení. Dotvarování spojené s vysycháním je způsobené vytlačováním vody z cementové pasty. Dotvarování je větší u:

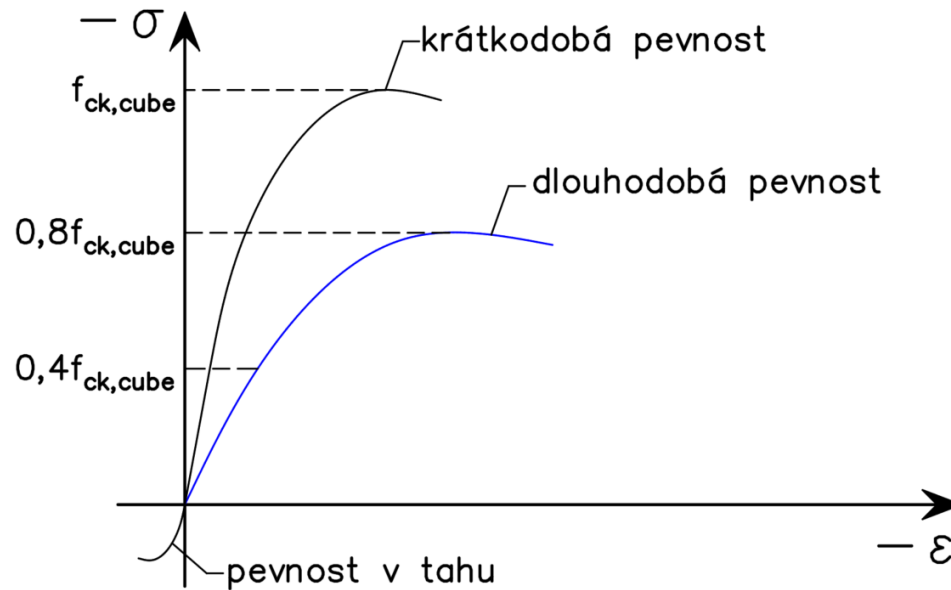
- betonu s větším obsahem cementové pasty
- mladšího betonu s déle působícím zatížením
- většího zatížení v suchém prostředí
- méně hutného betonu
- betonu bez ošetřování s vyšším počtem pórů



OBJEMOVÉ ZMĚNY BETONU

b) ZPOŽDĚNÝ ÚČINEK ZATÍŽENÍ – DOTVAROVÁNÍ

Vliv rychlostí zatížení má zásadní vliv na pevnost betonu. Dlouhodobá pevnost betonu odpovídá cca 80% krátkodobé pevnosti betonu, která se měří při laboratorních zkouškách. Překročením 80% krátkodobé pevnosti dohází k nárůstu deformací a zhroutení konstrukce. Oblastí mezi 100% a 80% $f_{ck,cube}$ se tak nazývá oblast neustálených deformací.



- **ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ**
- **CEMENT**
- **SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU**
- **PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM
BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ**
- **ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE**
- **OBJEMOVÉ ZMĚNY BETONU**
- **VYSOKOHODNOTNÉ BETONY**

- **ZÁKLADNÍ POJMY A ROZDĚLENÍ**
- **CEMENT**
- **SLOŽENÍ A TŘÍDY BETONU**
- **PRÁCE SPOJENÉ S PROVÁDĚNÍM
BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ**
- **ZVLÁŠTNÍ ZPŮSOBY BETONÁŽE**
- **OBJEMOVÉ ZMĚNY BETONU**
- **VYSOKOHODNOTNÉ BETONY**

VYSOKOHODNOTNÉ BETONY

VYSOKOHODNOTNÝ BETON (HPC)– beton odpovídající pevnostním třídám C 55/67 až C 90/105 s dalšími vlastnostmi (trvanlivost, vodotěsnost, obrusuvzdornost) překračujícími běžné betony. Nižší vodní součinitel $m = \frac{voda}{cement} = 0,35 - 0,4$ (běžný beton $m = 0,3 - 0,6$) často vyžaduje použití plastifikátorů.

VYSOKOHODNOTNÉ BETONY

VYSOKOHODNOTNÝ BETON (HPC)– beton odpovídající pevnostním třídám C 55/67 až C 90/105 s dalšími vlastnostmi (trvanlivost, vodotěsnost, obrusuvzdornost) překračujícími běžné betony. Nižší vodní součinitel $m = \frac{voda}{cement} = 0,35 - 0,4$ (běžný beton $m = 0,3 - 0,6$) často vyžaduje použití plastifikátorů.

- **VYSOKOPEVNOSTNÍ BETON** – beton obyčejný nebo těžký odpovídající pevnostním třídám C 55/67 až C 90/105

VYSOKOHODNOTNÉ BETONY

VYSOKOHODNOTNÝ BETON (HPC)– beton odpovídající pevnostním třídám C 55/67 až C 90/105 s dalšími vlastnostmi (trvanlivost, vodotěsnost, ohrusuvzdornost) překračujícími běžné betony. Nižší vodní součinitel $m = \frac{voda}{cement} = 0,35 - 0,4$ (běžný beton $m = 0,3 - 0,6$) často vyžaduje použití plastifikátorů.

- VYSOKOPEVNOSTNÍ BETON – beton obyčejný nebo těžký odpovídající pevnostním třídám C 55/67 až C 90/105
- VYSOKOPEVNOSTNÍ LEHKÝ BETON – lehký beton objemové hmotnosti nižší než 2000 kg/m³ odpovídající pevnostním třídám vyšším než LC 50/55

VYSOKOHODNOTNÉ BETONY

VYSOKOHODNOTNÝ BETON (HPC)– beton odpovídající pevnostním třídám C 55/67 až C 90/105 s dalšími vlastnostmi (trvanlivost, vodotěsnost, obrusuvzdornost) překračujícími běžné betony. Nižší vodní součinitel $m = \frac{voda}{cement} = 0,35 - 0,4$ (běžný beton $m = 0,3 - 0,6$) často vyžaduje použití plastifikátorů.

- VYSOKOPEVNOSTNÍ BETON – beton obyčejný nebo těžký odpovídající pevnostním třídám C 55/67 až C 90/105
- VYSOKOPEVNOSTNÍ LEHKÝ BETON – lehký beton objemové hmotnosti nižší než 2000 kg/m³ odpovídající pevnostním třídám vyšším než LC 50/55

VELMI VYSOKOHODNOTNÉ BETONY (VHPC)– beton odpovídající pevnostním třídám C 100/115 až C 135/155 s dalšími vlastnostmi překračujícími běžné betony. Vodní součinitel odpovídá $m = 0,25 - 0,35$. Používá se kamenivo vysoké pevnosti s modulem pružnosti blízkým modulu pružnosti cementové pasty a maximální velikosti 10-12 mm. Podmínkou je přítomnost ztekucovačů (superplastifikátorů) a latentně hydraulický příměsi zlepšující vlastnosti betonu jako mikrosilika, nanosilika, metakaolin.

VYSOKOHODNOTNÉ BETONY

VYSOKOHODNOTNÝ BETON (HPC)– beton odpovídající pevnostním třídám C 55/67 až C 90/105 s dalšími vlastnostmi (trvanlivost, vodotěsnost, ohrusuvzdornost) překračujícími běžné betony. Nižší vodní součinitel $m = \frac{voda}{cement} = 0,35 - 0,4$ (běžný beton $m = 0,3 - 0,6$) často vyžaduje použití plastifikátorů.

- VYSOKOPEVNOSTNÍ BETON – beton obyčejný nebo těžký odpovídající pevnostním třídám C 55/67 až C 90/105
- VYSOKOPEVNOSTNÍ LEHKÝ BETON – lehký beton objemové hmotnosti nižší než 2000 kg/m³ odpovídající pevnostním třídám vyšším než LC 50/55

VELMI VYSOKOHODNOTNÉ BETONY (VHPC)– beton odpovídající pevnostním třídám C 100/115 až C 135/155 s dalšími vlastnostmi překračujícími běžné betony. Vodní součinitel odpovídá $m = 0,25 - 0,35$. Používá se kamenivo vysoké pevnosti s modulem pružnosti blízkým modulu pružnosti cementové pasty a maximální velikosti 10-12 mm. Podmínkou je přítomnost ztekucovačů (superplastifikátorů) a latentně hydraulický příměsí zlepšující vlastnosti betonu jako mikrosilika, nanosilika, metakaolin.

ULTRA VYSOKOHODNOTNÉ BETONY (UHPC)– beton odpovídající pevnostním třídám nad C 135/155 s dalšími vlastnostmi překračujícími běžné betony. Vodní součinitel $m = \frac{voda}{cement} = 0,15 - 0,3$. V těchto betonech je často rozmístěno velké množství rozptýlené výztuže.

*Pro velmi ani ultra hodnotné betony neplatí předpisy EN ČSN 1992

VYSOKOHODNOTNÉ BETONY

POUŽITÍ:

- Prvky mostních konstrukcí
- Predpjaté prefabrikáty
- Prefabrikáty silně namáhaných konstrukcí
- Prvky vystavené silnému agresivnímu prostředí nebo prvky s vysokými nároky na životnost

VYSOKOHODNOTNÉ BETONY

POUŽITÍ:

- Prvky mostních konstrukcí
- Predpjaté prefabrikáty
- Prefabrikáty silně namáhaných konstrukcí
- Prvky vystavené silnému agresivnímu prostředí nebo prvky s vysokými nároky na životnost

VÝHODY:

- Zeštíhlení konstrukcí o 20% až 30%, které vede k dalšímu snížení zatížení vlastní tíhou konstrukce
- Zkrácení doby betonáže a provádění konstrukcí ve větších celcích (letmá betonáž)
- Možnost větších rozpětí vodorovných nosníků
- Výrazně vyšší trvanlivost konstrukce (vodotěsnost, odolnost vůči mrazu, chloridům, snížená karbonatace...)
- Vysoká počáteční pevnost (>17,5 MPa za 4 hodiny)
- Snížení nákladů na údržbu!

VYSOKOHODNOTNÉ BETONY

POUŽITÍ:

- Prvky mostních konstrukcí
- Predpjaté prefabrikáty
- Prefabrikáty silně namáhaných konstrukcí
- Prvky vystavené silnému agresivnímu prostředí nebo prvky s vysokými nároky na životnost

VÝHODY:

- Zeštíhlení konstrukcí o 20% až 30%, které vede k dalšímu snížení zatížení vlastní tíhou konstrukce
- Zkrácení doby betonáže a provádění konstrukcí ve větších celcích (letmá betonáž)
- Možnost větších rozpětí vodorovných nosníků
- Výrazně vyšší trvanlivost konstrukce (vodotěsnost, odolnost vůči mrazu, chloridům, snížená karbonatace...)
- Vysoká počáteční pevnost (>17,5 MPa za 4 hodiny)
- Snížení nákladů na údržbu!

NEVÝHODY:

- Vysoká cena
- Větší nároky na dodržení pracovního postupu

VYSOKOHODNOTNÉ BETONY

KAMENIVO

Pro HCP se používá kvalitní hutné kamenivo s plynulou křivkou zrnitosti jehož požadovaným vlastnostem nemusí odpovídat lokální zdroj. Pevnost použitého kameniva musí být vyšší než pevnost cementového tmele.

Pro HPC se dále používají menší frakce s $D_{\max}$, jelikož smrštěním cementové tmele dochází ke vzniku prasklinek na rozhraní cement/kamenivo. Dohází tak k většímu smrštění i dotvarování betonu.

Použité kamenivo musí být mrazuvzdorné a nepoužívá se recyklované kamenivo.

VYSOKOHODNOTNÉ BETONY

KAMENIVO

Pro HCP se používá kvalitní hutné kamenivo s plynulou křivkou zrnitosti jehož požadovaným vlastnostem nemusí odpovídat lokální zdroj. Pevnost použitého kameniva musí být vyšší než pevnost cementového tmele.

Pro HPC se dále používají menší frakce s $D_{\max}$, jelikož smrštěním cementové tmele dochází k vzniku prasklinek na rozhraní cement/kamenivo. Dohází tak k většímu smrštění i dotvarování betonu.

Použité kamenivo musí být mrazuvzdorné a nepoužívá se recyklované kamenivo.

CEMENT

Jako pojivo se předně používá CEM I 42,5, CEM I 52,5, CEM II 42,5, CEM II 52,5 v objemu 400–450kg/m³ (běžné betony <350 kg/m³).

VYSOKOHODNOTNÉ BETONY

KAMENIVO

Pro HCP se používá kvalitní hutné kamenivo s plynulou křivkou zrnitosti jehož požadovaným vlastnostem nemusí odpovídat lokální zdroj. Pevnost použitého kameniva musí být vyšší než pevnost cementového tmele.

Pro HPC se dále používají menší frakce s $D_{\max}$, jelikož smrštěním cementové tmele dochází k vzniku prasklinek na rozhraní cement/kamenivo. Dohází tak k většímu smrštění i dotvarování betonu.

Použité kamenivo musí být mrazuvzdorné a nepoužívá se recyklované kamenivo.

CEMENT

Jako pojivo se předně používá CEM I 42,5, CEM I 52,5, CEM II 42,5, CEM II 52,5 v objemu 400–450kg/m³ (běžné betony <350 kg/m³).

PŘÍSADY

Kvůli snížení obsahu vody a zajištění zpracovatelnosti se používají plastifikační přísady

VYSOKOHODNOTNÉ BETONY

KAMENIVO

Pro HCP se používá kvalitní hutné kamenivo s plynulou křivkou zrnitosti jehož požadovaným vlastnostem nemusí odpovídat lokální zdroj. Pevnost použitého kameniva musí být vyšší než pevnost cementového tmele.

Pro HPC se dále používají menší frakce s $D_{\max}$, jelikož smrštěním cementové tmele dochází k vzniku prasklinek na rozhraní cement/kamenivo. Dohází tak k většímu smrštění i dotvarování betonu.

Použité kamenivo musí být mrazuvzdorné a nepoužívá se recyklované kamenivo.

CEMENT

Jako pojivo se předně používá CEM I 42,5, CEM I 52,5, CEM II 42,5, CEM II 52,5 v objemu 400–550kg/m³ (běžné betony <350 kg/m³).

PŘÍSADY

Kvůli snížení obsahu vody a zajištění zpracovatelnosti se používají plastifikační přísady

PŘÍMĚSI

Jako přísada se ve velké míře používá mikrosilika nebo metakaolin, která má být 10 – 15 % hmotnosti cementu. Jejich použití je podmíněno použitím plastifikačních přísad pro zvýšení zpracovatelnosti.

VYSOKOHODNOTNÉ BETONY

OŠETŘOVÁNÍ

Ošetřování výrazně ovlivňuje vývoj mikrotrhlin a tím trvanlivost a životnost betonu. U HPC nejsou požadované žádné zvláštní ošetřovací metody. Ošetřování HPC betonů je delší než u běžných betonů vlivem rychlého vývinu hydratačního tepla a značného chemického smršťování - hrozí porušení betonu trhlinkami. Vzniku trhlin vlivem chemického smrštění lze rovněž předejít použitím rozptýlené výztuže.